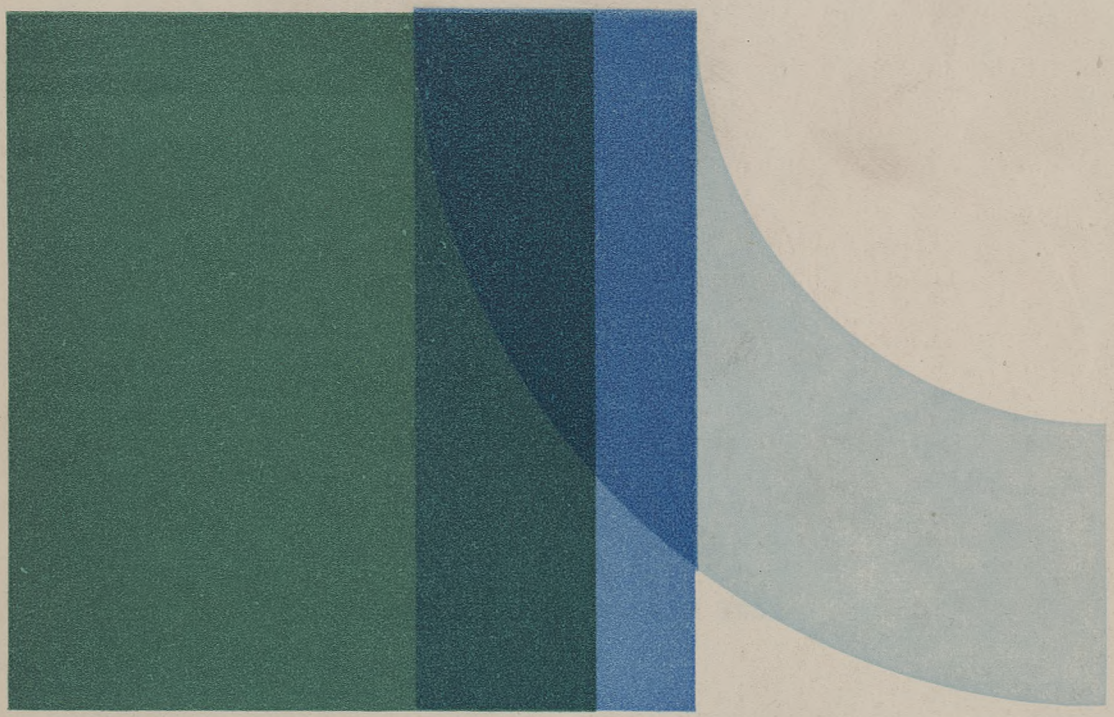
Cassa per il Mezzogiorno

Dodici anni 1950-1962

3 Parte prima Acquedotti e fognature



G. De Marchi
P. Celentani-Ungaro
B. Faloci
G. Ippolito
L. Rotundi
M. Iacopetti
L. Baj
M. Crocco
U. Messina
E. Galantini Novi-Lena
M. Cutino

Editori Laterza

CASSA PER IL MEZZOGIORNO
DODICI ANNI 1950-1962

VOLUME III - PARTE I

Scritti di:

Giulio De Marchi
Pietro Celentani Ungaro
Biagio Faloci
Girolamo Ippolito
Leonardo Rotundi
Mario M. Jacopetti
Luigi Baj
Mario Crocco
Umberto Messina
Eugenio Galantini Novi-Lena
Mario Cutino

Collaboratori:

Alfonso Visconti
Giuseppe Consiglio
Pietro Pescione
Guglielmo Zingale

ACQUEDOTTI
E
FOGNATURE

PARTE PRIMA

EDITORI LATERZA - BARI 1962

Proprietà letteraria riservata
Casa editrice Gius. Laterza & Figli, Bari, Via A. Gimma, 73

Prof. Ing. Giulio De Marchi
preside della facoltà d'ingegneria del politecnico di milano

INTRODUZIONE

Ho accolto con piacere l'invito della Cassa per il Mezzogiorno ad aprire con una mia relazione introduttiva il presente volume, nel quale viene esposta ed illustrata l'opera dalla « Cassa » nel campo degli acquedotti e delle fognature nei dodici anni trascorsi dalla istituzione al 1962.

E penso che, prima ancora di entrare *in medias res*, non sia inutile indicare le ragioni di questo mio piacere.

Sei anni or sono, nel 1956, mi era stato chiesto di tenere una breve comunicazione alla RAI, proprio sullo stesso argomento, ma con la ovvia limitazione al solo primo quinquennio di attività della « Cassa »: ed allora avevo preso come fonte di informazione e base della mia comunicazione il grosso volume, pubblicato nel 1955 col titolo *La Cassa per il Mezzogiorno. Primo quinquennio 1950-1955.*

L'esame di quel volume mi aveva dato modo di valutare l'importanza e la vastità dei compiti affidati dalla legge istitutiva alla Cassa per il Mezzogiorno, nel campo del rifornimento d'acqua potabile. Avevo pure constatato, con viva soddisfazione, come per la prima volta nella storia dell'Italia unita, il problema di fornire acqua potabile alle regioni meridionali fosse stato affrontato nel suo insieme, con criteri puramente obiettivi, considerando in una visione unitaria, da un canto bisogni attuali e futuri di questo vasto e variatissimo territorio, dall'altro le possibilità da esso offerte: voglio dire le risorse idriche ivi disponibili ai fini dell'approvvigionamento idrico della popolazione. Apprezzai la validità dei concetti con i quali il problema era stato impostato, e sane ed opportune trovai le direttive dell'attività realizzatrice prontamente avviata.

È ben facile comprendere come mi facesse piacere tornare ad occuparmi dell'argomento a distanza di sei anni: tanto più che nel frattempo studi e realizzazioni avevano avuto sviluppi pienamente corrispondenti alle aspettative, e sapevo *a priori* di trovarmi a parlare di

un insieme di attività del massimo interesse tecnico e di eccezionale importanza per il paese.

Nell'animo di ogni uomo maturo, secondo un noto felice pensiero di Sainte Beuve, sopravvive lo spirito di un poeta morto giovane. Dentro me stesso, invecchiato tra questioni e problemi di ingegneria idraulica, lo spirito del mio poeta personale — spirito molto tranquillo e morto giovanissimo — si è prontamente risvegliato appena presi conoscenza del vasto disegno tecnico in via di realizzazione, e del poderoso lavoro già compiuto.

I problemi di ingegneria esercitano un'attrattiva particolare, direi un fascino, in chi sappia sentire e gustare l'elemento artistico, implicito in ogni felice soluzione tecnica, che la distingue dalle molte altre sempre possibili. Di fronte alla chiara ed esauriente documentazione, offerta nei vari capitoli del presente volume, dell'imponente attività in corso e dei miglioramenti già in atto, per l'approvvigionamento idrico delle terre del Mezzogiorno, chi scrive è ben lieto di vedere confermate le favorevoli impressioni di sei anni or sono. Ed è anche lieto di poter dare aperta testimonianza della sua soddisfazione, che è insieme quella essenzialmente estetica con la quale il tecnico sa valutare le fondate impostazioni e le felici soluzioni, e anche quella del contribuente della regione settentrionale, onde proviene una parte rilevante delle somme spese, il quale constata che queste somme sono saviamente ed utilmente impiegate.

È ben noto come le condizioni climatiche prevalenti nel Mezzogiorno conferiscano un particolare aspetto al problema del rifornimento dell'acqua potabile.

La scarsezza delle precipitazioni, che si manifesta con maggiore gravità nella Puglia e nelle isole, le lunghe siccità estive e il ricorrere di anni consecutivi con piogge inferiori alle normali hanno come inevitabile conseguenza la generale scarsità delle sorgenti utilizzabili per l'alimentazione di acquedotti; queste mancano quasi nelle isole, per non parlare della Puglia, mentre i lunghi periodi di siccità riducono gravemente anche le portate, normalmente abbondanti, delle sorgenti alimentate dai poderosi massicci calcarei che costituiscono l'ossatura di importanti nuclei dell'Appennino centro-meridionale.

Che in condizioni siffatte territori assai vasti dell'Italia meridionale potessero rimanere praticamente privi di acqua da bere al ricorrere di ogni lungo periodo di siccità si comprende facilmente: mentre è forse meno facile capire come si dovesse arrivare agli ultimi decenni

del secolo decimonono, prima che venisse affrontato il problema di approvvigionare almeno i maggiori centri abitati. Rimontano infatti a quell'epoca l'acquedotto del Serino per l'alimentazione di Napoli, e quello di Scillato per Palermo: proprio durante una visita ai lavori della lunga conduttura di quest'ultimo il settantatreenne F. Brioschi venne colto, sulla fine del 1896, dal malore che lo doveva portare alla tomba nel gennaio dell'anno successivo. Solo al principio del nostro secolo, dopo molti studi e lunghe discussioni, veniva iniziata quell'opera memorabile e grandiosa che è l'acquedotto pugliese, a mezzo del quale nel 1915 arrivarono a Bari le prime acque del Sele. Nello stesso giro di anni veniva intrapresa la costruzione degli acquedotti lucani: onde è pur doveroso riconoscere che il giovane Stato italiano non può essere accusato di aver tardato ad affrontare i problemi più urgenti dell'approvvigionamento idrico, e nemmeno di avere fatto poco per porre rimedio alla dolorosa eredità lasciata dal governo borbonico in questo campo, non meno che in parecchi altri.

Ma è pure innegabile che fino al termine dell'ultima guerra non si ebbero a registrare che isolate iniziative, per l'alimentazione di centri urbani molto importanti e di regioni assolutamente prive di risorse, come la Puglia e parte della Lucania.

Soltanto con la istituzione della Cassa per il Mezzogiorno il problema dell'acqua potabile fu posto allo studio nel suo insieme, indipendentemente dalle suddivisioni amministrative e dai vincoli conseguenti, in un unico quadro tecnico per l'intero territorio meridionale, del continente e delle isole.

La necessità di una visione unitaria sarebbe manifesta anche per altre zone del nostro paese, perché i consumi di acqua potabile vanno rapidamente aumentando ovunque, e già ora in parecchi luoghi le risorse disponibili sono inadeguate ai bisogni.

Essa era oramai urgente nel Mezzogiorno ove le sorgenti relativamente abbondanti sono concentrate nelle parti alte dei bacini dell'Appennino, fino al Sele per il versante tirrenico, e fino al Biferno per quello adriatico; mentre, fuori del territorio raggiungibile tecnicamente ed economicamente con le acque di quelle sorgenti, e nelle isole di Sicilia e specialmente di Sardegna, in troppi casi non resta che far capo a costosi bacini di accumulazione.

La relazione dell'ing. Pietro Celentani Ungaro, con la quale si apre il presente volume, espone con grande chiarezza i concetti secondo i quali la Cassa per il Mezzogiorno ha impostato e affrontato il problema, e le direttive alle quali ha adeguato la propria attività. Dalla emana-

zione della legge istitutiva, del luglio 1950, limiti e caratteristiche dell'intervento sono stati progressivamente ampliati e resi meglio rispondenti alle esigenze delle situazioni con le due leggi del 1952 e del 1957: e correlativamente venne ampliato l'iniziale piano decennale di interventi, fino alla definizione del *piano di normalizzazione,* che è presentemente in corso di avanzata realizzazione.

Il termine « normalizzazione » è stato assunto sostanzialmente a indicare il risultato finale che la « Cassa » si propone di conseguire nel campo dell'approvvigionamento di acqua potabile alle popolazioni del territorio affidatole, e vuol precisare nel contempo modalità e limiti dell'intervento.

Tutti sanno, infatti, che il dimensionamento di un nuovo acquedotto non viene mai commisurato al fabbisogno del momento: raramente un'opera, una volta costruita, può essere facilmente modificata o ampliata, e in generale deve dal principio essere adeguata ad esigenze e consumi di un futuro abbastanza lontano.

La « Cassa » ha convenuto che le distribuzioni di acqua potabile, esistenti o da costruire nelle regioni meridionali, per essere ritenute « normali », dovessero essere commisurate alle situazioni di futuro sviluppo ragionevolmente prevedibili per l'anno 2000, valutando in modo opportuno la popolazione da servire ed assumendo pure in modo opportuno le dotazioni da assicurare in quell'anno.

Le dotazioni previste vanno da minimi fra 40 e 80 litri al giorno per abitante per le case sparse e i centri minori, a massimi da 150 a 350 litri, sempre per abitante al giorno, per città con oltre 80 mila abitanti: e non si può non riconoscere la larghezza di questi numeri, specialmente ove si tenga conto che i territori del Mezzogiorno sono generalmente poveri d'acqua e fino ad ora hanno avuto a disposizione quantità assai minori, spesso enormemente più piccole.

La popolazione da servire nell'anno 2000 è stata valutata con le consuete formule di capitalizzazione, deducendo dai dati degli ultimi censimenti i tassi unitari d'incremento, senza trascurare i prevedibili effetti dell'azione antidepressiva esercitata dalla « Cassa ». Può essere utile dire che la popolazione attuale del territorio da servire è risultata di 18 milioni e 742 mila abitanti: e che i progetti sono stati svolti con riferimento ad una popolazione futura di 29 milioni e 708 mila abitanti.

Se si fa caso alle tendenze generali dello sviluppo demografico, e se si tiene conto del marcato movimento migratorio che si è manifestato negli anni più recenti dal Sud verso il Nord, pare fuori di dubbio che le soluzioni tecniche alle quali portano le convenzioni fatte, oltre ad essere

di tutto riposo per la generazione attuale, risulteranno largamente stabilite anche rispetto ai bisogni dell'anno 2000, pure nel caso — che pure *a priori* non può essere escluso, e che comunque non potrebbe oggi formare oggetto di previsioni fondate — di spostamenti di qualche rilievo della popolazione nell'ambito delle stesse regioni meridionali.

Fissato in ogni modo il criterio anzidetto, la « Cassa » affrontava subito due ordini di indagini, intese a fornire le basi per i piani di normalizzazione di zona e per le conseguenti progettazioni, di massima ed esecutive. Occorreva infatti provvedere a riconoscere, da una parte lo stato di consistenza e la funzionalità degli acquedotti esistenti, dall'altra le risorse idrauliche (sorgenti, acque sotterranee e possibilità di accumulazione di acque superficiali) disponibili per integrare l'alimentazione degli acquedotti esistenti ed assicurare quella dei nuovi.

La prima indagine, conclusa nel 1958 con una spesa complessiva di 380 milioni circa, ha posto in dolorosa evidenza come le opere esistenti in troppi casi fossero in condizioni di deplorevole abbandono, e il loro esercizio raramente rispondesse alle esigenze più elementari.

Gli elementi raccolti hanno consentito di formare un preciso quadro d'insieme della situazione che la Cassa per il Mezzogiorno ha trovato nel territorio affidatole: situazione che, all'infuori di qualche grossa città e della zona servita dall'acquedotto pugliese, non risultava consolante. Per importanti centri urbani, che si ritenevano sufficientemente dotati di acqua potabile, si è constatato che nella realtà non era coperto con la necessaria continuità nemmeno il fabbisogno minimo: e taluni acquedotti in esercizio, per i quali erano state spese somme rilevanti, furono trovati in gravi condizioni di abbandono, tali da farne in qualche caso un pericolo igienico per la popolazione.

Mentre dall'inchiesta condotta dall'Alto Commissario per l'Igiene e la Sanità nel 1950 era risultato che l'83% dei comuni meridionali era dotato di acquedotti (contro la media nazionale del 70% soltanto), gli accertamenti compiuti dimostrarono la necessità di un intervento « totale », e cioè di addurre l'« intera » portata di fabbisogno per il 43% dei comuni (con il 23,7% della popolazione), mentre solo per il 4,6% dei comuni (3,4% della popolazione) l'approvvigionamento già ora presentava tutti i requisiti occorrenti a farlo ritenere normale. Nei comuni rimanenti (52,4%), con circa i tre quarti della popolazione meridionale, occorreva un intervento, di varia estensione ed importanza a seconda dei casi.

Sulle deduzioni che bisogna trarre dalle non liete constatazioni precedenti mi riservo di tornare.

Sono ancora in corso studi e accertamenti intesi a completare il riconoscimento delle possibili fonti di alimentazione e in ispecie a valutare disponibilità e regime delle sorgenti ritenute utilizzabili. Però, già nei dodici anni trascorsi è stato compiuto, in collaborazione col Servizio Idrografico dei Lavori Pubblici, un lavoro veramente poderoso e di vasta portata che, avvalendosi del censimento di tutte le manifestazioni sorgentizie esistenti nel 43% del territorio nazionale, fatto dal detto Servizio, ha fornito dati utilissimi ai fini delle progettazioni effettuate e in corso. Merita, credo, porre l'accento sopra alcune cifre molto significative: il numero delle sorgenti che hanno formato oggetto di ripetute misure è vicino a 9.000, supera i 100.000 il numero delle misure compiute a tutto il 1961 con una spesa che va oltre i 400 milioni. Cifre più ingenti, che oramai superano alquanto i tre miliardi, sono state impiegate in lavori alle sorgenti, spinti nei casi di riconosciuta utilizzabilità, fino alla esecuzione di vere opere di captazione. Se si aggiungono le spese sostenute per lo studio delle acque e per la determinazione dei loro caratteri fisici, chimici e batteriologici, ci si avvicina oramai a 5 miliardi.

Non so se lo Stato italiano prima d'ora avesse mai destinato somma così elevata alla raccolta e all'analisi di dati relativi ad una caratteristica idrogeologica del paese; e dubito che il meccanismo della nostra legislazione e le pesanti procedure che essa impone alle pubbliche amministrazioni avrebbero mai consentito di svolgere nel giro di un decennio, senza interruzioni e discontinuità, una serie così vasta e coordinata di indagini e di rilievi.

Che questo sia riuscito alla Cassa per il Mezzogiorno, mi pare fatto degno di particolare rilievo. Mi sia permesso di formulare il voto che il vasto materiale raccolto ed elaborato non resti negli archivi, venga bensì pubblicato tutto, possibilmente nella preziosa serie dei volumi sulle sorgenti italiane, costituente la « Pubblicazione 14 » del Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici. Aperta oltre trent'anni or sono col primo censimento delle sorgenti della Sicilia, questa pubblicazione, cogli 8 volumi finora usciti, dei quali 2 promossi dalla Cassa per il Mezzogiorno, costituisce già ora un originale e utilissimo apporto alla conoscenza idrologica e geografica del nostro paese.

Mentre venivano avviati i due ordini di indagini ora detti, si provvedeva allo studio del piano generale di normalizzazione dell'approvvigionamento idrico: il territorio meridionale fu, a tal fine, suddiviso, attraverso precisazioni e perfezionamenti successivi, in un certo numero di zone (45), definite con criterio puramente tecnico e senza alcun riguardo alle tradizionali divisioni regionali e alle vigenti delimitazioni amministrative, in modo che per rapporto alla provvista di acqua potabile ogni zona risultasse autonoma, e indipendente dalle altre, con proprie fonti di alimentazione e propri sistemi di adduzione ai centri abitati della zona.

È certo che in Italia non era mai stato affrontato uno studio paragonabile, per vastità di disegno e per razionalità di criteri, a quello compiuto dalla Cassa per il Mezzogiorno, e non mi risulta nemmeno che alcunché di simile sia stato fatto in altri paesi su scala altrettanto vasta. Ma fuori di dubbio, mi pare, che solo attraverso la visione d'insieme era possibile preparare una soluzione del problema, che fosse lecito chiamare « definitiva », almeno con le limitazioni con le quali è concesso usare questo aggettivo quando si parla di soluzioni tecniche di problemi che riguardano collettività numerose in continua evoluzione.

Le difficoltà da superare erano parecchie, talune derivanti dalla natura delle cose, altre create da concezioni diffuse e tenacemente radicate. Il problema più delicato era, forse, quello di studiare e realizzare la più conveniente ripartizione della grande risorsa costituita dalle acque accumulate nei massicci calcarei dell'Appennino centro-meridionale, che dànno alimento a sorgenti copiose sui due versanti, tirrenico e adriatico. Da mezzo secolo, le acque della sorgente di Caposele, *caput fluminis* del Sele, per la portata media di circa 4 mc./sec., erano state deviate dal versante Tirreno, per portarle ad alimentare l'acquedotto pugliese: e ancor prima dell'ultima guerra era stata riconosciuta la convenienza di integrarne la portata fino alla massima capacità del canale principale (6,7 mc./sec.), convogliando a Caposele anche le acque delle sorgenti di Cassano Irpino, nell'alto Calore, ed era stata avviata la progettazione delle opere relative.

La diversione di così rilevanti volumi da un versante all'altro non aveva incontrato serie opposizioni, perché verso l'Adriatico era troppo evidente e urgente la necessità di servire la popolatissima regione pugliese, priva di ogni altra risorsa, mentre sul corrispondente versante tirrenico, prevalentemente montuoso e con popolazione relativamente scarsa, le stesse acque non avrebbero potuto trovare un impiego altrettanto utile.

Più a nord si presenta la situazione opposta, e cioè un addensamento eccezionale di popolazione verso il Tirreno nella zona pianeggiante che ha per centro Napoli, mentre mancano città popolose e nemmeno sussistono possibilità di insediamenti molto numerosi sul corrispondente versante adriatico, atteso il carattere prevalentemente montano del territorio molisano. Era logica, quindi, la soluzione verso la quale la « Cassa » si orientò subito, di far convergere verso la pianura campana, in aggiunta alle acque del Serino, che da quasi un secolo alimentano Napoli, le acque di tutte le numerose sorgenti affioranti alla base della montagna del Matese, comprese quelle di Boiano, dalle quali trae origine il Biferno.

Ma le opposizioni sono state vivaci e tenaci, nonostante che per l'approvvigionamento idrico del Molise fosse stata subito iniziata la costruzione di tutti gli acquedotti necessari, tra cui i due grandi complessi, in destra e in sinistra del Biferno, che sono attualmente in corso di avanzata realizzazione, e già ora provvedono alla alimentazione di circa 250.000 abitanti su quattrocentomila. E poiché con altre opere, inquadrate in un piano concretamente studiato, la « Cassa » si propone di compensare mediante l'invaso di acque superficiali la sottrazione delle acque sorgentizie di Boiano, lo spassionato osservatore non sa nascondere l'impressione che la sincera persuasione di difendere un importante interesse locale, non fosse disgiunta, negli oppositori, da una vena di inconsapevole campanilismo.

Ad ogni modo, la « Cassa » ha prontamente avviato lo studio dei piani di normalizzazione per ognuna delle 45 zone nelle quali era arrivata a suddividere il proprio territorio, e oramai li ha praticamente definiti per tutte.

Anche a questo proposito sarà utile citare qualche dato, atto a dare una idea della vastità del lavoro compiuto. Nel loro insieme, i piani di normalizzazione hanno fino ad oggi comportato la definizione di 386 progetti (in media, come osserva l'ing. Celentani, un progetto ogni dieci giorni circa). Essi interessano una popolazione attuale (1951) di circa 15 milioni di abitanti, che saliranno a 24 milioni nel duemila. Gli acquedotti progettati convoglieranno ad un insieme di circa 4.500 centri abitati la portata di 35 mc./sec., corrispondente alla dotazione media di circa 125 litri al giorno nel 2000 (oltre 200 con la popolazione attuale).

L'acqua sarà fornita per tre quarti da sole sorgenti, per un altro 20% da sorgenti associate a falde sotterranee o a serbatoi per accumulazione di deflussi superficiali; per un 5% da soli serbatoi (questi sono

previsti, e in parte già costruiti, particolarmente in Sicilia, in Sardegna e in Calabria).

Quanto alla spesa, sembrano significative le cifre seguenti: ammontare di previsione del piano di normalizzazione: 374 miliardi; ammontare dei progetti esecutivi approvati, in istruttoria o in istudio al 31 dicembre 1961: 288 miliardi, che già superano il fondo di 283 miliardi complessivamente destinato agli acquedotti (fino all'ultima legge, del luglio 1957).

Dell'importo complessivo dei progetti approvati (222.738 milioni di lire) sono stati redatti direttamente dagli uffici tecnici della « Cassa » i tre decimi circa (65.135 milioni) e da terzi (enti acquedottistici, consorzi, privati) i setti decimi rimanenti: attesa la vastità del lavoro da compiere e la necessità di rispettare i termini fissati dalla legge, è stato certamente opportuno e pratico chiamare a collaborare una numerosa schiera di tecnici, dei quali peraltro la « Cassa » ha diretto e coordinato studi e lavoro.

I progetti comprendono, in linea generale, le opere di presa, le condotte di adduzione fino ai serbatoi di distribuzione, proporzionati alle dotazioni giornaliere previste per la popolazione dell'anno duemila, gli eventuali impianti idroelettrici o di sollevamento, le eventuali capacità di riserva, e infine le condotte di avvicinamento, dal serbatoio alla rete di ogni centro servito, dimensionate per portate da 1,25 a 5 volte quelle dell'adduzione.

Fino alla emanazione della legge del luglio 1957 erano rimaste affidate ai comuni le reti urbane di acquedotto, al pari degli impianti di fognatura: onde solo da data recente la « Cassa » ha potuto cominciare una benefica azione di intervento anche nel campo della distribuzione. Ma su questo argomento, che pure riveste importanza capitale, perché del tutto inutili restano lavori e spese di adduzione fino a che l'acqua non è posta a diretta disposizione del consumo, mi riservo di tornare più avanti.

Dirò intanto che lo svolgimento dei progetti ha dato luogo ad una serie di studi collaterali di singolare importanza, che vanno dalla scelta del materiale più adatto caso per caso per le condotte e le altre opere, alla definizione delle norme di accettazione e di collaudo e alla protezione delle condotte metalliche contro le azioni aggressive delle acque dei terreni e delle correnti vaganti.

Con tutti questi studi e con la vasta e molteplice sua attività la « Cassa » ha indubbiamente promosso l'aggiornamento e un netto perfezionamento della tecnica acquedottistica nazionale.

Provvida iniziativa è stata pure, a questo proposito, quella di finanziare appositi corsi di specializzazione in ingegneria sanitaria, per ingegneri laureati, presso l'Università di Napoli, ove dal 1956 funziona un corso permanente in tale materia; perché era veramente necessario formare il corpo dei tecnici specializzati, indispensabile ora per la progettazione e la costruzione delle opere, e non meno indispensabile in futuro per la gestione e l'esercizio di esse [1].

Non meno ampia, e nella sostanza ben più imponente, si presenta l'opera che la « Cassa » ha svolto nel campo esecutivo che fu subito affrontato, di mano in mano che le opere progettate ottenevano le prescritte approvazioni.

La relazione dell'ing. Celentani, e le numerose altre che le seguono nel presente volume ne forniscono un quadro completo. A me basterà segnalare, anche a questo proposito, qualche cifra più indicativa, con riferimento al dicembre 1961: opere di presa costruite n. 796, per una complessiva portata di 15,7 mc./sec.; sviluppo delle condutture, di vario diametro e materiale, poste in opera 7.543 chilometri (quasi tre volte lo sviluppo delle condotte dell'acquedotto pugliese); serbatoi di accumulazione costruiti in numero di 1.432, per la complessiva capacità di 1.058.112 di metri cubi; impianti di sollevamento 142 per la complessiva potenza di oltre 13.880 kw; laghi artificiali n. 6 con capacità di invaso di oltre 50 milioni di metri cubi.

Grazie a questi lavori erano stati raggiunti con le condotte esterne e di avvicinamento 1.330 centri abitati in 828 comuni, con una popolazione di 5,3 milioni di abitanti.

Sempre alla data del 31 dicembre 1961 l'importo dei lavori appaltati ammontava a 202 miliardi, dei quali 107 in amministrazione diretta e i 95 rimanenti in concessione ad enti diversi, mentre i pagamenti effettuati salivano a 150 miliardi.

Notevole (288 miliardi) era, infine, l'importo dei progetti esecutivi

[1] Sia tuttavia permessa una osservazione: le borse di studio conferite dalla « Cassa » sono riservate a ingegneri nati nelle regioni meridionali. È giusta e opportuna una simile limitazione? La « Cassa » è un ente statale, che funziona in grandissima parte con fondi provenienti dalle regioni settentrionali e centrali: perché agli ingegneri di queste regioni deve essere preclusa la possibilità di concorrere a quelle borse? È assai probabile che nessuno di essi, nelle presenti condizioni dello sviluppo industriale si presenterebbe ai concorsi relativi, ma non mi pare ammissibile che essi ne siano esclusi *a priori*, anche perché la necessità di persone preparate in materia di acquedotti non è meno sentita nel Settentrione che nel Mezzogiorno.

studiati o in istudio a quella data; mentre avevano già ottenuto le approvazioni di legge progetti per circa 223 miliardi.

Sono cifre che fanno riflettere per la loro imponenza, e che il tecnico specializzato apprende con rispetto, perché sa e comprende quale mole di studi, di rilievi, di lavoro intellettuale e materiale trovi in esse una fredda traduzione numerica.

Non sarebbe certo il caso che io mi soffermassi a parlare singolarmente delle opere che, pure, presentano particolarità tecniche e costruttive interessanti; esse sono ampiamente descritte nei vari capitoli del presente volume ed a tali descrizioni mi basterà a fare richiamo.

Mi sembra tuttavia di non poter fare a meno dal porre l'accento su alcune opere che emergono dal quadro generale per la loro importanza intrinseca e per l'interesse tecnico delle strutture connesse, e sono indubbiamente destinate a segnare una data nello sviluppo delle realizzazioni idrauliche nel nostro paese.

La portata convogliata e distribuita è in linea generale il primo elemento al quale viene rapportato il significato di un acquedotto come indice espressivo del beneficio che può recare alla popolazione.

Se ci si riferisce alla portata, fra le molte centinaia di acquedotti che la « Cassa » viene realizzando spicca decisamente quello campano, che trarrà alimento dalle numerose sorgenti affioranti attorno al poderoso massiccio calcareo del Matese e le convoglierà verso la Terra di Lavoro e Napoli, a integrare lo storico acquedotto del Serino, oramai insufficiente con i suoi 2 mc./sec. di portata a coprire anche il solo fabbisogno del grande centro urbano meridionale. Le sorgenti del Matese apporteranno 6,3 mc./sec., ed altri 0,5 mc. saranno tratti dalle sorgenti del Sarno, onde la disponibilità totale futura salirà a 8,8 mc./sec.; questa ingente portata è destinata ad assicurare l'approvvigionamento idrico di una popolazione attuale di 3 milioni di abitanti e futura di 4,5, ripartita fra 172 comuni, fra cui Caserta e Napoli.

Opera di alto impegno è, fra le altre, l'asta principale, dello sviluppo di 45 km. con importanti strutture e impianti connessi, che fa capo al manufatto di S. Clemente dal quale partono le condotte di avvicinamento.

Poiché con l'acquedotto campano fanno sistema i due acquedotti molisani in sinistra e in destra Biferno, e la costruzione di un serbatoio per accumulazione di acque superficiali, in sostituzione e a compenso della diversione delle sorgenti di Boiano, il complesso così realizzato, nella sua eccezionale importanza, troverà in Italia un paragone soltanto nell'acquedotto pugliese: inferiore per l'estensione della zona servita e

lo sviluppo delle condotte di adduzione e distribuzione, lo supererà per l'entità della portata distribuita, e al pari di esso resterà opera memorabile della tecnica nazionale contemporanea.

E non credo di poter lasciare sotto silenzio quel mirabile dettaglio dell'acquedotto campano che è l'acquedotto sottomarino, da tre anni funzionante, per le isole di Procida e Ischia: realizzazione tecnica senza precedenti paragonabili, alla quale (col bacino di carenaggio di Napoli) è stata accordato, ben meritatamente, l'alto e ambito riconoscimento del premio ANIAI per l'anno 1958, alla migliore opera italiana di ingegneria idraulica.

Se l'acquedotto campano sarà certo la maggiore realizzazione della « Cassa » nel campo degli acquedotti, il piano in corso di esecuzione ne comprende parecchie altre molto importanti e interessanti: mi limito a ricordare l'integrazione dell'acquedotto pugliese con le acque del Calore, a mezzo di una galleria di versante della lunghezza di oltre 16 km., e con altri acquedotti complementari, grazie ai quali nel sistema normalizzato la portata distribuita risulterà praticamente raddoppiata, salendo a 9 mc./sec.: e ricordo pure il complesso imponente dei lavori avviati per normalizzare l'approvvigionamento di Palermo, comprendente anche un serbatoio di accumulazione della capacità di 17 milioni di mc., creato sbarrando il corso dell'Eleuterio, e i grandi acquedotti del Giardino e del Verde in Abruzzo e dell'Alaco in Calabria. E non vado oltre, per non oltrepassare i limiti ammissibili per una semplice introduzione.

Non credo di poter chiudere il mio dire senza esporre qualche considerazione e qualche riflessione suggeritemi dall'esame compiuto.

Anzitutto, è evidente e fuori discussione l'imponenza dell'opera svolta dalla « Cassa »; le sue benefiche ripercussioni appaiono già chiare ora, si renderanno sempre più evidenti nel prossimo avvenire e recheranno un decisivo contributo all'elevamento delle regioni meridionali, le quali, comunque, vengono già ora a trovarsi sotto questo rispetto in condizioni decisamente migliori di molte e vaste zone del Centro e del Settentrione. In nessuna grande città del Mezzogiorno il rifornimento idrico procede con le difficoltà e le alee che incontra, ad esempio a Genova e per l'intera Liguria, e per molti territori dell'Italia centrale sarebbe auspicabile un'azione di intervento, analoga a quella in corso nel Mezzogiorno.

Dei rapidi e brillanti risultati conseguiti credo di dover riconoscere la naturale spiegazione in diversi ordini di fatti. Al primo posto porrei l'organizzazione della « Cassa » e la provvida autonomia accor-

datale: grazie ad essa, non solo è stato possibile studiare dei piani di lavoro di ampio respiro, ma l'esecuzione di essi è stata condotta e procede con una coerenza di indirizzo e una continuità di azione, delle quali praticamente mai possono usufruire le amministrazioni dello Stato; non la consentono le leggi vigenti, e ne aggravano la mancanza, da una parte la deplorevole lentezza con la quale in troppi casi esse vengono applicate, dall'altra i frequenti cambiamenti di governo e i cambiamenti, purtroppo quasi altrettanto frequenti, che di conseguenza subiscono le direttive dell'azione governativa.

Nell'ambito della Cassa per il Mezzogiorno non si verificherà mai, per citare un esempio, quello che è accaduto per la sistemazione del Po tra foce Adda e foce Mincio, che venne iniziata intorno al 1925 col programma di ultimarla entro dieci anni, e alla data di oggi si trova compiuta per 4/5, e nessuno sa dire con certezza quando arriverà alla fine. Se lo Stato usasse contabilizzare un interesse sia pure modesto per le somme ingenti che per tanto tempo sono rimaste, e tuttora sono inutilmente immobilizzate in questo lavoro, si otterrebbero cifre da far spavento.

Al secondo posto deve porsi, a mio giudizio, una circostanza fortunata: quella che, specialmente in seno all'Ente per l'acquedotto pugliese, si erano formati, prima dell'istituzione della « Cassa », dei gruppi di tecnici specializzati nel campo degli acquedotti; di qui è stato tratto il primo nucleo, intorno al quale si è costituita e progressivamente rafforzata l'*équipe* tecnica che ora conduce con evidente successo l'azione della « Cassa » in quel campo. I nomi dei dirigenti di quella *équipe* compaiono in gran parte, nelle testate dei vari capitoli della presente pubblicazione. Nel suo insieme essa costituisce una attrezzatura umana di insostituibile valore nella quale chi, al pari di me, come già ricordai, ai problemi dell'ingegneria idraulica ha dedicato gran parte della propria vita, non ha difficoltà a riconoscere un decisivo elemento di successo. Le grandi amministrazioni pubbliche, che inevitabilmente tendono a classificare gli uomini in base a titoli essenzialmente giuridici e ad utilizzarli soprattutto con riferimento alla loro posizione gerarchica, ben raramente possono affidare ad analoghe *équipes* di tecnici affiatati e sicuramente competenti, l'organizzazione e l'esecuzione dei lavori statali, e quando fortunate circostanze abbiano consentito di formarle, le sanno poi salvaguardare, sottraendole al gioco delle promozioni e delle carriere ed agli interventi politici. Ritengo vada ascritto a particolare merito della « Cassa » l'attrezzatura umana che essa ha saputo formare nel campo degli acquedotti, e sono certo che grandi servigi questa

non mancherà di rendere in avvenire, quando si dovrà provvedere ad assicurare un regolare e vantaggioso esercizio dell'imponente sistema degli acquedotti del Mezzogiorno.

Ho avuto occasione di accennare alle non liete constatazioni fatte a proposito dello stato di conservazione degli acquedotti preesistenti alla istituzione della « Cassa ». Ancora una volta è risultato evidente che le amministrazioni locali, in linea generale, e con poche lodevoli eccezioni, avevano completamente trascurato la manutenzione e provvedevano nel modo meno soddisfacente all'esercizio di quegli acquedotti; mentre in condizioni senza confronto migliori sono stati trovati i complessi acquedottistici affidati ad enti dotati delle necessarie autonomie, e con azione su zone abbastanza vaste e popolate, così da consentire l'organizzazione e il funzionamento di adeguati uffici tecnici ed amministrativi.

La completa attuazione delle opere in corso di esecuzione è destinata a risolvere il problema dell'acqua potabile in tutto il Mezzogiorno per almeno mezzo secolo, e la soluzione avrà ogni titolo per essere considerata definitiva. Gli italiani tutti saranno lieti, e potranno andare orgogliosi di questo risultato: ma hanno ogni diritto di pretendere che nessuna delle opere, eseguite col contributo dell'intero paese, e specialmente delle regioni non meridionali, rimanga abbandonata al suo destino, come purtroppo in troppi casi accadde nel recente passato. Non senza sgomento si legge, per citare un solo esempio fra molti, che nelle quattro province d'Abruzzi più della metà delle condotte esistenti, per oltre 1.200 km., sono state trovate in condizioni tali da non risultare più utilizzabili, e dovranno essere abbandonate.

Mantenere tutte le nuove opere in permanente efficienza e gestirle bene non è meno importante, né meno necessario che averle eseguite, e costituirà un dovere e un debito d'onore per i Governi italiani dei prossimi decenni.

Con vivo piacere apprendo che la Cassa per il Mezzogiorno ha preso nella più attenta considerazione questo problema, e da vari anni ha richiamato su di esso l'attenzione del Governo, segnalando la necessità e l'urgenza di provvedere senza indugio alla costituzione di adeguati organismi per la gestione di tutti gli acquedotti costruiti fuori delle zone di competenza dei pochi enti di gestione attualmente esistenti: che sono poi sostanzialmente l'Ente Autonomo per l'Acquedotto Pugliese, funzionante oramai da quasi mezzo secolo, l'Ente Acquedotti Si-

ciliani, in funzione da circa un ventennio, e l'Ente Sardo Acquedotti e Fognature, di costituzione affatto recente.

Mi sia tuttavia consentito esprimere il voto che le proposte della « Cassa » trovino in sede politica e al più presto, completo accoglimento. La necessità è così evidente ed urgente che, fermamente lo spero, la adozione della soluzione richiesta non sarà ritardata da quel velo di incomprensione che troppo spesso si interpone fra tecnici e politici, necessariamente specializzati i primi, e fatalmente generici i secondi.

Ed oso anche formulare la fiduciosa speranza che cessi ogni residua opposizione da parte delle amministrazioni locali, le quali non dovrebbero tardare a rendersi conto che non è il caso di sollevare questioni di competenza o di prestigio, quando si tratta di assicurare la permanente efficienza tecnica e sanitaria di un vitale servizio pubblico, come quello dell'acqua potabile.

Vorrei, inoltre, esprimere una raccomandazione: i servizi d'acqua potabile di quasi tutte le città italiane vanno in crisi nei periodi più caldi della stagione estiva, quando i consumi unitari salgono ai massimi valori, superando di molto le dotazioni previste. Sarebbe a mio giudizio assai opportuno, e questa è la raccomandazione, che la « Cassa » prendesse in esame anche il problema delle tariffe di vendita dell'acqua agli utenti, con l'intendimento di prevenire quelle crisi: forse basterebbe rendere molto cara l'acqua consumata oltre la dotazione stabilita come normale. Comunque, limitare gli sprechi è una necessità pratica e anche un obbligo morale; nessun acquedotto è in grado di far fronte, senza che una parte delle abitazioni resti senza acqua, al consumo eccessivo e indiscriminato delle giornate molto calde, le quali mettono in difficoltà perfino le distribuzioni urbane della pianura subalpina, che pure attingono direttamente alla abbondante falda acquifera che imbeve il potente banco alluvionale sul quale sono costruite. Nelle reti alimentate da lunghi acquedotti è assolutamente necessario prevenire le punte eccessive di consumo, e penso che il solo modo sia quello di renderle molto costose a chi le provoca.

Dirò, infine, che non mi sono fermato sul lavoro svolto nel campo delle fognature, non perché ritenga secondaria l'importanza dei problemi inerenti, ma solo perché nel quadro generale esso si presenta come un complemento, sia pure essenziale, a quello per l'approvvigionamento idrico; talché vi ha trovato impiego non più del 10% delle somme spese finora dal Servizio Acquedotti e Fognature. Dirò tuttavia che anche nel campo delle fognature sono stati conseguiti risultati che meriterebbero di essere ricordati, soprattutto nei rapporti dei maggiori centri urbani.

2 — *Cassa per il Mezzogiorno*, III, 1.

Nel mio, forse troppo lungo, discorso ho avuto ripetute occasioni di esprimere apprezzamenti e dar voce ad impressioni sulle attività che venivo sinteticamente lumeggiando: e costantemente furono apprezzamenti favorevoli e impressioni di cordiale consenso.

Diciannove secoli or sono, Sesto Giulio Frontino, *curator aquarum* di Roma ai tempi di Nerva e Traiano, descrivendo gli acquedotti grandiosi dell'Urbe, ad essi paragonava con pacato orgoglio le oziose piramidi ed i famosi ma inerti edifici innalzati dai Greci: *' tot aquarum tam multis necessariis molibus piramidas videlicet otiosas aut caetera inertia sed fama celebrata opera Graecorum '.*

Ritengo che con lo stesso pacato orgoglio noi, cittadini italiani, abbiamo ogni diritto di considerare le opere costruite e in costruzione per dare acqua potabile alle regioni meridionali, i risultati che esse hanno già fornito e quelli che matureranno negli anni prossimi a venire; e ne dobbiamo essere grati alla Cassa per il Mezzogiorno, e agli uomini che alla « Cassa » hanno prestato la loro opera fattiva.

Dott. Ing. Pietro Celentani Ungaro

VICE DIRETTORE GENERALE
CAPO DEL SERVIZIO ACQUEDOTTI E FOGNATURE

L'OPERA DELLA « CASSA » PER GLI ACQUEDOTTI E LE FOGNATURE

PREMESSA

1. - Finalità dell'intervento della « Cassa »

L'intervento della « Cassa » nel settore acquedotti e fognature è *totale* in quanto diretto a *normalizzare* i complessi acquedotti-fogne in tutti i centri abitati del Mezzogiorno e delle isole con opere di nuova costruzione, in alcuni casi integrative di quelle esistenti, idonee a coprire i fabbisogni prevedibili al termine di un cinquantennio. Esso si articola nell'intervento a completo carico della « Cassa », a norma di quanto previsto dall'art. 5, comma 3, della legge istitutiva, per gli acquedotti esterni (fino alla rete interna esclusa), e nell'intervento integrativo di quello che lo Stato compie direttamente attraverso il Ministero dei LL. PP. per le reti urbane di distribuzione di acqua e le reti ed impianti di fognatura, nei comuni fino a 75.000 abitanti, mentre per le città maggiori la « Cassa » ha assunto a suo carico il contributo stabilito dalla legge 3 agosto 1949 n. 589 per le reti urbane e le fognature, capitalizzandolo al tasso stabilito secondo legge.

Senza possibilità di dubbio, questo intervento totale è il primo esempio, non solo italiano, di mettere a punto, in tempo relativamente breve e con disegno coordinato in ogni sua parte, i servizi acquedotti-fogne in un territorio così vasto, uguale al 43% della superficie dello Stato.

2. - Evoluzione del criterio d'intervento della « Cassa » per gli acquedotti e le fognature

È di notevole interesse seguire il processo di formazione del criterio d'intervento nella sua evoluzione, dal 1950 — legge istitutiva della

« Cassa » — al 1957, quando con la legge n. 634 del 29 luglio ne fu completata la definizione nella misura e nei modi illustrati in apertura.

Nella legge istitutiva — 10 agosto 1950 n. 646 — l'intervento per gli acquedotti era stabilito in correlazione con gli interventi nel settore dell'agricoltura.

Derivava dalla necessità in primo luogo di costituire o migliorare i due servizi pubblici fondamentali dei centri abitati, e, in secondo luogo, di provvedere d'acqua potabile le campagne, operando così direttamente all'aumento della produzione agricola, di solito connessa nel Mezzogiorno a profonda trasformazione dell'agricoltura e all'insediamento umano nelle campagne.

Questa correlazione degli interventi per l'incremento produttivo agricolo (e in linea derivata per lo sviluppo industriale), i quali interventi già nella prima impostazione erano limitati ad alcuni comprensori, con quelli diretti a migliorare i servizi, acquedotti, fogne, strade, congiuntamente al criterio della organicità dei complessi di opere stabilito dalla legge istitutiva, portò a comprendere nel « piano decennale », oltre ad acquedotti rurali per una spesa di 35 miliardi di lire, 53 acquedotti a servizio prevalentemente urbano (per 968 comuni con 9.240.000 abitanti), come dalla seguente tabella, per il previsto importo di circa 105 miliardi di lire, tutti direttamente o indirettamente connessi agli interventi della « Cassa » negli altri settori.

TAB. 1 — *Comuni — e relativa popolazione — per i quali era previsto l'intervento per acquedotti nel piano decennale.*

Regioni	Comuni	Abitanti
Toscana	1	15.000
Lazio	60	350.000
Abruzzi e Molise	189	890.000
Campania	267	2.820.000
Calabria	48	385.000
Puglia	233	2.950.000
Basilicata	62	300.000
Sicilia	66	1.200.000
Sardegna	42	330.000
Totale	968	9.240.000

Il piano stesso riservava una somma assai minore, pari a circa 5 miliardi di lire, alla costruzione di fognature per le città di Bari, Cagliari, Catania e Napoli.

La successiva legge 25 luglio 1952 n. 949, modificò sostanzialmente questo criterio di intervento per gli acquedotti, liberandolo dal vincolo dell'appartenenza ai complessi organici e consentendo quindi di attuarlo a beneficio di tutti i centri del territorio meridionale per i quali fosse da normalizzare il rifornimento idrico.

Si riconosceva, così, proprio nel settore degli acquedotti, la esigenza di considerare il Mezzogiorno come un comprensorio unico nei riguardi dello straordinario intervento rinnovatore affidato alla « Cassa », esigenza che è andata in seguito sempre più determinandosi e che deriva dalla condizione stessa delle cose e dagli scopi che si vogliono raggiungere.

La legge n. 634 del luglio 1957, oltre ad assegnare ulteriori fondi per questo più vasto programma, con la norma degli artt. 6 e 7, completò il programma stesso stabilendo che la « Cassa » potesse integrare i contributi assegnati dal Ministero dei Lavori Pubblici, a norma della legge n. 589 del 3 agosto 1949, per la costruzione e il completamento delle reti di distribuzione d'acqua e delle opere di fognatura, che sono le parti utilizzatrici degli acquedotti, senza le quali di ben scarsa utilità sarebbe risultato il grande lavoro di addurre acqua abbondante fino alle porte degli abitati.

Gli aspetti più notevoli di questa evoluzione del criterio d'intervento si ritrovano — come meglio vedremo — nell'« autocorrezione » che l'intervento ha determinato fin dalle prime attuazioni; nella prontezza del Comitato dei Ministri per il Mezzogiorno e del legislatore, ad assumere questi risultati, a dedurne le necessarie conseguenze, a provvedere alle occorrenti modifiche ai piani, alle leggi e alle maggiori assegnazioni di fondi: essi esprimono con l'evidenza dei fatti il travaglio di tutti quelli che in questo dodicennio hanno operato nel Mezzogiorno, derivato dalla necessità di non procrastinare l'azione mentre gli studi di base dei problemi da risolvere o mancavano o risentivano delle deficienze d'ogni ordine, proprie di quello stato di depressione che si intendeva correggere.

Nella prima attuazione del piano decennale che contemplava, come si è detto, la costruzione o il completamento di determinati acquedotti, di solito impostati o progettati per iniziativa di comuni o loro consorzi, e quasi sempre strettamente limitati ai confini dei territori di questi

comuni e consorzi, la « Cassa » dové constatare che quegli stessi acquedotti avrebbero potuto risolvere, più razionalmente ed economicamente di ogni altro possibile modo, il problema del rifornimento idrico di abitati della stessa zona o di zone prossime, ma non considerati in quei progetti, pur mancando di ogni rifornimento idrico ovvero abbisognevoli di integrazioni di rifornimento già per i bisogni delle popolazioni attuali. In altri casi ci si trovò dinnanzi a progetti studiati indipendentemente l'uno dall'altro per l'alimentazione di zone contigue, che assai più razionalmente ed economicamente potevano avvantaggiarsi di un sistema coordinato di opere.

Fu subito manifesto, in altri termini, che lo studio degli acquedotti, specie in una zona ad alta densità di popolazione e sprovveduta di risorse idriche sufficientemente distribuite (come è, ad esempio, delle grandi piane alluvionali acquifere), se vuol conseguire la massima razionalità tecnica e la maggiore economia deve essere condotto con criterio organico, di piano regolatore del rifornimento di vasti territori, c non deve essere ristretto a delimitazioni di carattere locale e amministrativo, che solo raramente coincidono con le delimitazioni naturali che condizionano l'unità tecnica dello studio: concetto questo troppo evidente e per ciò stesso non nuovo, ma che, in generale, non era stato potuto prima rispettare a causa della impostazione stessa che la materia degli acquedotti ha nella nostra legislazione e della conseguente limitazione territoriale, e del naturale scaglionamento nel tempo con cui tali problemi venivano posti. Questo concetto solo raramente aveva trovato applicazione attraverso leggi speciali (es. acquedotto pugliese) o per lungimirante iniziativa di amministratori, di tecnici, di industriali (es. acquedotto Monferrato, acquedotto istriano) [1].

Inoltre le prime indagini ai margini delle zone che si prevedeva di alimentare con gli acquedotti del piano decennale dimostrarono che

[1] Vale ricordare che questo problema dell'utilità degli acquedotti a vasto raggio in confronto ad acquedotti a servizio locale va ponendosi in tutti i paesi, in sede di sistemazione e rinnovamento delle opere di rifornimento idrico. La situazione derivata dalla evoluzione storica, che ha dato origine a un gran numero di servizi d'acqua locali, viene studiata, dovunque, da un punto di vista critico e corretta soprattutto ai fini del più razionale sfruttamento delle risorse d'acqua, della economia delle costruzioni e di quella della manutenzione ed esercizio, oltre che della maggiore garanzia di regolarità e sicurezza delle gestioni che raramente sono conseguibili in piccoli acquedotti a servizio locale. (Cfr. anche relazione generale nel tema *Les problèmes qui posent les reseaux d'alimentation en eau potable locaux et regioneaux*, al « V Congrès International des Distributions d'Eaux », Berlino, 1961.)

molti abitati che risultavano già serviti da acquedotti erano di fatto, come si vedrà in seguito, o del tutto non riforniti d'acqua, o assai malamente, per lo stato di fatiscenza delle opere mai sottoposte alle indispensabili manutenzioni.

D'altra parte la « Cassa », per l'intento di organicità che il legislatore aveva voluto perseguire con la sua istituzione, per la sua stessa essenza di strumento amministrativo nuovo, non soggetto a molti dei vincoli che impediscono di fare altrettanto e con pari efficacia in sede ordinaria, possedeva la necessaria elasticità per condurre con la dovuta ampiezza e indipendenza gli studi e definire le conseguenti soluzioni dei vari problemi: il Comitato dei Ministri per il Mezzogiorno, peraltro, prontamente riconobbe l'importanza delle prime risultanze dell'esame effettuato dalla « Cassa » e consentì ad estendere gli schemi degli acquedotti del piano decennale a centri non compresi nei primitivi progetti: autorizzò, inoltre, sempre su proposta della « Cassa », il rilevamento di dettaglio dello stato di consistenza e di efficienza di tutti gli acquedotti e delle fognature dei centri del Mezzogiorno e delle isole.

I dati di questo vasto e faticoso rilevamento, mai prima eseguito, confermarono uno stato di deficienza ben più grave di quanto era risultato dalle più recenti inchieste che avevano preceduto la istituzione della « Cassa ». Il criterio assunto dal Servizio Acquedotti e Fognature (SAF) di adeguare le dimensioni degli acquedotti del piano decennale ai fabbisogni d'acqua prevedibili al termine di un cinquantennio accresceva, poi, la misura e il numero delle deficienze da sanare.

Si veniva così delineando nettamente uno stato di fatto dei servizi acquedotti-fogne negli abitati del Mezzogiorno, tale da convincere che ogni azione antidepressiva sarebbe stata vana, o di scarso rendimento, se non si fosse provveduto a dotare le popolazioni dei due basilari servizi igienici urbani. Il Mezzogiorno, si ripete, si presentava — a questo riguardo — come un comprensorio unico dove l'intervento in materia per essere organico doveva essere totale e, come si è detto sopra, l'organo di Governo deputato alla pianificazione intervenne prontamente a portare le necessarie modifiche ed estensioni al piano decennale, ed il legislatore a modificare e integrare le norme di legge e gli stanziamenti di fondi.

3. - Stato degli acquedotti e delle fognature nel Mezzogiorno e nelle Isole

Nel 1950 si disponeva di diversi rilevamenti sulla consistenza degli acquedotti e delle fognature in Italia compiuti in varie epoche [2].

L'inchiesta più recente, quella dell'Alto Commissario per l'Igiene e la Sanità (ACIS) (1950) poneva in evidenza che la situazione del Mezzogiorno e delle isole era migliore di quella media nazionale; risultava dotato d'acquedotti l'83,3% dei comuni nel Sud contro la media nazionale del 69,97%.

La punta massima, la regione più servita, era la Lucania col 99,21% dei comuni, la meno servita la Campania con 69,44%.

L'indagine condotta nel 1940 dal Gruppo Acquedotti e Fognature del Sindacato Ingegneri, non pubblicata per il Sud, e che riportava più esattamente la condizione tecnica dei servizi, registrava come serviti d'acquedotto il 75,2% dei comuni del Sud [3].

In sostanza, una condizione di opere per questi servizi tutt'altro che di zona depressa se si confronta con quella di altri paesi e con quella stessa di importanti regioni del Nord d'Italia, di tal che l'intervento della « Cassa » come stabilito nel piano decennale, destinato a normalizzare il rifornimento idrico in 968 comuni su 2.639 (e cioè nel 36,5%

[2] *Inchiesta sulle acque potabili dei comuni del Regno al 31 dicembre 1903*, Roma, Officina poligrafica italiana, 1906.

Indagine sulle acque potabili nei comuni del Regno (*dicembre 1925*), a cura dell'Associazione dei comuni italiani in Roma e dell' Unione statistica delle città italiane in Firenze (febbraio 1926) di Ugo Giusti e Santino Veratti.

Dati statistici degli acquedotti privati d'Italia, a cura della Federazione Nazionale Fascista Industriale Gas ed Acquedotti.

Acquedotti fascisti, di Ezio Cingolani, Giacomo di Castelnuovo e Vincenzo Lucci, vol. II, Soc. An. Tip. Luzzatti, Roma, 1937.

Acquedotti e fognature in Italia. Rassegna descrittiva e statistica, vol. I, Italia settentrionale, Roma, 1940, a cura della Reggenza Nazionale dei Gruppi acquedotti e fognature del Sindacato Nazionale Fascista Ingegneri; vol. II, Italia centrale, Roma, 1955, a cura dell'Associazione Nazionale di Ingegneria Sanitaria (ANDIS).

Atti del XIC Congresso dell'Associazione Italiana per l'Igiene, Viareggio 21-24 settembre 1950, Roma, Tipografia Regionale, 1951.

[3] Più in dettaglio risultava servito totalmente di acquedotto il 46% dei comuni; non totalmente servito il 22% e non servito d'acquedotto il 25% in numero di 749 comuni aventi popolazione complessiva pari al 14% di quella totale del Sud e delle isole. Il grado del servizio — totale o parziale — riguardava, peraltro, più lo sviluppo delle reti interne di distribuzione e di fornimento di centri del comune diversi del capoluogo, che il rapporto tra volume d'acqua fornito dagli acquedotti e volume necessario a coprire i fabbisogni.

dei comuni) con 9.240.000 abitanti (censimento 1951) su 18.742.471 abitanti di tutto il territorio d'intervento della « Cassa », avrebbe ben potuto rappresentare un intervento risolutivo.

La situazione effettiva risultata dagli accertamenti di dettaglio fatti dalla « Cassa », quella cioè del servizio che le opere esistenti *così come sono state ridotte dal cattivo uso* possono rendere, è però — come si è accennato — ben diversa ed è riassunta nella constatata necessità di intervento totale, e cioè dell'*adduzione di tutta la portata di fabbisogno con opere nuove*, per 1.143 comuni sul totale di 2.639 comuni del Mezzogiorno e delle isole e quindi per il 43%, valore più che doppio della percentuale dei comuni che risultavano non serviti da acquedotto nella ricordata inchiesta dell'ACIS. Inoltre il numero dei comuni nei

TAB. 2 — *Comuni (e relativa popolazione) secondo il grado di intervento per la normalizzazione dell'approvvigionamento idrico.*

Regioni	Numero dei comuni compresi nel territorio di intervento	Intervento « Cassa »					
		Non previsto (*a*)		Integrativo (*b*)		Totale (*c*)	
		N. dei comuni	Popolazione al 1951	N. dei comuni	Popolazione al 1951	N. dei comuni	Popolazione al 1951
Toscana . .	10	—	—	9	29.709	1	2.233
Lazio . . .	148	3	11.212	72	548.255	73	290.460
Abruzzi e Marche . .	324	5	15.273	168	992.393	151	433.719
Molise . .	136	—	—	34	137.186	102	269.637
Campania . .	538	6	16.812	316	3.480.538	216	848.914
Puglia . .	247	—	—	241	3.205.943	6	14.542
Basilicata . .	126	—	—	73	418.380	53	209.206
Calabria . .	406	4	17.688	96	689.353	306	1.337.246
Sicilia . .	370	95	389.919	188	3.309.827	87	587.003
Sardegna . .	334	9	22.036	177	896.562	148	357.425
Totale	2.639	122	672.940	1374	13.719.146	1143	4.350.385

(a) *Non previsto* in quanto gli acquedotti esistenti sono in grado di fornire le portate necessarie a coprire i fabbisogni prevedibili tra un cinquantennio.
(b) *Integrativo* riguarda tutti o parte dei seguenti tipi d'intervento: 1) captazione di nuove acque; 2) opere di adduzione integrative; 3) estensione dell'adduzione a centri non serviti; 4) opere complementari (serbatoi, ecc.); 5) sistemazione di acquedotti esistenti riconosciuti utilizzabili.
(c) *Totale* quando si adduce al centro con opere nuove tutta la portata di cui abbisogna tra un cinquantennio essendo il centro sprovvisto di acquedotto o essendo inutilizzabili le opere esistenti.

quali non è stato previsto intervento alcuno è solo di 122, pari al 4,6% del totale, e cioè appena un decimo di quelli che risultavano serviti totalmente secondo le ricordate indagini del Sindacato Ingegneri.

La tabella 2 indica per le varie regioni la misura dell'intervento di normalizzazione per gli acquedotti esterni così come è risultato degli accertamenti fatti dalla « Cassa » e come, conseguentemente, è stato previsto nel piano di normalizzazione di cui si dirà dopo.

PARTE PRIMA

OPERE ESTERNE DEGLI ACQUEDOTTI

I

CRITERI BASE DELL'INTERVENTO

Liberata, come si è detto al paragrafo 3 delle premesse, l'azione della « Cassa » per gli acquedotti dai limiti del piano decennale, il Comitato dei Ministri stabilì che l'intervento doveva essere esteso a tutti i centri ove fosse necessario e fu, così, definito il criterio della *normalizzazione* del rifornimento di acqua potabile con che — come si è detto — s'intende: costruzione di nuove opere di acquedotto ed, in alcuni casi, integrazione e sistemazione di quelle esistenti riconosciute utilizzabili, in modo da assicurare la copertura dei fabbisogni per le popolazioni previste tra un cinquantennio in tutti i centri abitati del Sud.

Questo intervento poteva essere condotto nel rispetto della massima organicità dello studio in quanto la « Cassa » per le sue particolari caratteristiche era in grado di seguire tale organico metodo di realizzazione: doveva quindi derivare da piani regolatori che attribuissero al rifornimento idrico di determinati gruppi di abitati le risorse idriche che risultasse più utile destinarvi sotto il duplice profilo della razionalità tecnica e della convenienza economica, sia di costruzione che di esercizio, tenendo conto delle altre utilizzazioni per usi agricoli e per quelli industriali che la « Cassa » poteva prevedere per quelle risorse, e, naturalmente, delle utilizzazioni in atto.

Questi piani regolatori denominati « *piani di normalizzazione* » nel loro insieme formano il « Piano di normalizzazione » dell'approvvigionamento idrico che la « Cassa » sta attuando nel Sud.

È opportuno sottolineare che quando questi criteri presero forma ed ebbero avvio sistematico di realizzazione (nel 1952, in base alla ricordata legge 25 luglio 1952 n. 949), la disponibilità dei fondi non appariva sufficiente a risolvere integralmente il problema, che a quella data non poteva neanche essere definito con sufficiente approssimazione nei suoi termini di spesa a causa della incompletezza e inesattezza dei rilevamenti delle opere esistenti allora disponibili; la « Cassa » tuttavia,

confortata dalla approvazione del Comitato dei Ministri, decise di condurre gli studi secondo il criterio organico già esposto e di portare ugualmente avanti tutta la « progettazione » delle opere indicate nel piano di normalizzazione, in modo che se fossero venuti meno i maggiori mezzi finanziari occorrenti all'integrale attuazione del piano di normalizzazione sarebbe stato pronto, per le future attuazioni, un corpo di progetti coordinati con le soluzioni date ai problemi territorialmente vicini. A questo scopo fu destinato un fondo di 1 miliardo di lire.

E mentre tutto questo schema di lavoro andava definendosi e svolgendosi, non si poteva rinviare l'azione; la costituzione della « Cassa » aveva sollecitato le secolari aspettative del Mezzogiorno e l'attesa delle realizzazioni era diventata impaziente e non più contenibile. Anche a questa legittima esigenza fu possibile soddisfare e senza mai venir meno *fin dal primo giorno di attività* al criterio sopra esposto: furono messe in esecuzione anzitutto le opere del piano decennale esattamente definite dalle condizioni geografiche nei limiti della loro utilità, poi quelle i cui progetti furono potuti estendere ed adeguare secondo il nuovo criterio con relativa sollecitudine per la più esatta conoscenza che si aveva dei bisogni delle zone interessate e delle disponibilità idriche, e, mano a mano, quelle che più profonde modifiche dovettero subire e, infine, gli acquedotti non compresi nel piano decennale.

II

LIMITI E CRITERI PRINCIPALI DELLA NORMALIZZAZIONE

1. - Periodo assunto per i calcoli di fabbisogno

Per il calcolo dei fabbisogni fu stabilito, come si è detto, il termine di un cinquantennio. Questo periodo è il più ampio di quelli che di solito si considerano nella progettazione degli acquedotti, né conveniva assumerne uno minore sia per il carattere straordinario dell'intervento della « Cassa », che ha lo scopo fondamentale di modificare le condizioni depresse del Mezzogiorno con azione che non può non avere effetti maturantisi a lungo tempo, sia per la caratteristica tecnica, prevalente negli acquedotti del Sud, dell'ampio raggio di servizio e la conseguente prevalenza delle opere di adduzione per le quali non è conveniente in genere rinviare gli ampliamenti (canali in galleria, grosse condotte cementizie, ecc.), e più in generale, per i rigorosi criteri di progetto e di costruzione diretti ad assicurare la più lunga durata in servizio delle opere. Il riferimento a periodo minore è stato fatto solo in alcuni casi quando concorrevano condizioni particolarmente indicative della convenienza di questa riduzione.

2. - Limiti dell'intervento

Gli abitati da normalizzare a totale carico della « Cassa » sono i « centri » secondo la definizione dell'Istituto Centrale di Statistica (ISTAT). Tale definizione [1] individua i « centri » negli « aggregati di case contigue o vicine con interposte strade, piazze e simili, o, comunque, brevi soluzioni di continuità, caratterizzati dall'esistenza di servizi

[1] Cfr. ISTAT, *IX Censimento generale della popolazione al 4 novembre 1951*, vol. II.

o esercizi pubblici determinanti un luogo di raccolta ove sogliono concorrere anche gli abitanti dei luoghi vicini, per ragioni di culto, istruzione, affari, approvvigionamento e simili ».

Nel territorio di azione della « Cassa » ricadono 2.639 comuni che comprendono 5.567 centri (censimento 1951). Il tempo intercorso dalla data del censimento a quello dei singoli interventi della « Cassa » e le molteplici provvidenze realizzate dallo Stato attraverso la « Cassa » stessa, hanno — però — prodotto mutamenti nella struttura degli aggregati di abitazioni, tanto che molti nuclei abitati (e cioè minori aggregati di abitazioni non classificati nel 1951 come centri), hanno acquistato le caratteristiche di centri abitati secondo la definizione anzidetta. Il numero di questi nuclei trasformati in centri che allo stato delle cose risultano aggiunti ai centri classificati come tali al 1951 è di 1.497. La « Cassa » ha considerato anche questi nuovi centri tra gli aggregati di abitazione da normalizzare a totale suo suo carico: in complesso, alla data della presente pubblicazione, la « Cassa » prevede l'intervento per 7.064 centri.

Le opere di acquedotto cui si estende l'intervento *a totale carico* della « Cassa » sono:

— le opere di alimentazione;

— le opere di adduzione in tutte le loro parti fino ai serbatoi di distribuzione;

— le opere di accumulazione (serbatoi);

— le condotte di avvicinamento (dai serbatoi di distribuzione alla periferia dei centri serviti);

vale a dire tutte le parti degli acquedotti che in breve sono chiamate « *opere esterne* ».

3. - Popolazione

La popolazione dei 2.639 comuni del territorio di intervento, secondo il censimento 1951 era di 18.742.471, distribuita in 5.567 centri con 15.709.126 abitanti (84% del totale), 10.427 nuclei abitati con 773,944 abitanti (4% del totale) [2] e 2.232.423 abitanti in case sparse (12% del totale).

[2] Di questi nuclei abitati 1.497 con popolazione agglomerata di 309.790 abitanti sono stati considerati come « centri ».

L'intervento della « Cassa » per le opere esterne si estende, come accennato, fino ai centri abitati.

La popolazione assunta nei calcoli di dimensionamento delle opere è, però, quella « totale » dei comuni e comprende, quindi, oltre quella dei centri, quella dei nuclei abitati e delle case sparse nelle campagne. Le portate di calcolo sono addotte fino ai centri: per i nuclei e le case sparse, pertanto, ove risulti necessario o conveniente rispetto ad altre soluzioni (ad es. rifornimenti locali), le portate di fabbisogno possono essere derivate o dalle condotte di adduzione o a valle dei serbatoi di distribuzione dei centri, con acquedotti rurali (finanziati secondo le leggi sulla bonifica integrale o sulla montagna) o con estensioni di reti urbane di distribuzione (finanziate ai sensi della legge 3 agosto 1949 n. 589 e degli artt. 6 e 7 della legge n. 634 del luglio 1957).

Per i comprensori di trasformazione fondiaria di intervento della « Cassa », quando si è riconosciuta la necessità o la convenienza di servirli con acquedotti derivati da quelli urbani, le portate di fabbisogno (calcolate per la popolazione rurale prevista nei piani di trasformazione), sono addotte fino ai punti di derivazione degli acquedotti rurali propriamente detti.

Il calcolo della popolazione futura è stato fatto con i metodi consueti, e, di solito, è stata adottata la formula di capitalizzazione [3]. Il confronto con i risultati di altri metodi di calcolo è stato condotto per gli acquedotti maggiori, così come per le città più grandi è stato tenuto debito conto anche del risultato fornito dalla formula del Pearl.

Nel determinare il tasso unitario d'incremento (r nella formula) in base ai dati dei precedenti censimenti non si è trascurato di considerare il prevedibile effetto dell'azione antidepressiva della « Cassa »: si sono, specie in alcuni casi, assunti tassi di incremento superiori a quelli risultati dai dati censiti.

La popolazione calcolata al termine di un cinquantennio, quale risulta dal piano di normalizzazione è di 29.708.000 abitanti. Il tasso di incremento medio del cinquantennio (incremento annuo percentuale medio), è risultato uguale al 9 per mille e per le singole regioni è riportato nella seguente tabella.

È stato di recente pubblicato dalla SVIMEZ il volume *Un secolo di statistiche italiane Nord e Sud 1861-1961*. Nel capitolo II (tavola 74)

[3] $Pn = Po\ (1 + r)^n$ ove Pn = popolazione al termine del periodo di n anni; Po = popolazione all'inizio del periodo di n anni; r = tasso d'incremento annuo ricavato dai dati dei precedenti censimenti di popolazione.

sono riportate le previsioni demografiche fino al 2.001, anno che coincide con il termine del cinquantennio assunto nei calcoli di popolazione futura fatti dalla « Cassa ».

TAB. 3 — *Popolazione dei comuni compresi nel territorio di intervento: al 1951 e calcolata al termine di un cinquantennio.*

Regioni	Censimento 1951		Popolazione al 2000	Tasso di incremento medio (r) della formula $P_n = P_o (1 + r)^n$
	N. comuni	Popolazione		
Toscana	10	31.942	53.000	10,2 ‰
Lazio	148	860.927	1.500.000	11,0 ‰
Abruzzi e Marche	324	1.441.385	2.100.000	7,5 ‰
Molise, Campania, Puglia	921	7.973.572	13.060.000	10,0 ‰
Basilicata	126	627.586	1.118.000	11,5 ‰
Calabria	406	2.044.287	3.310.000	9,7 ‰
Sicilia	370	4.486.749	6.367.000	7,1 ‰
Sardegna	334	1.276.023	2.200.000	10,9 ‰
Totale	2.639	18.742.471	29.708.000	9,0 ‰

La popolazione calcolata al 2001, nel volume citato, per il Mezzogiorno e che comprende quelle della Campania, Abruzzi e Molise, Puglia, Basilicata, Calabria, Sicilia, Sardegna è di 23.378.000 abitanti. Quella calcolata dalla « Cassa », escluso la Toscana e il Lazio (cfr. tabella precedente) è di 28.155.000 abitanti [29.708.000 - (53.000 + 1.500.000)], e può essere confrontata con la precedente.

Risulta dal confronto che la previsione di popolazione della « Cassa » supera quella della SVIMEZ (derivata dal movimento della popolazione al netto dei movimenti migratori) di circa il 20%.

Pur con la incertezza propria di questi calcoli di previsione il confronto giova a mettere in luce la larghezza tenuta dalla « Cassa » nei dati fondamentali dei propri progetti: l'eccesso nel calcolo della popolazione, se non troverà conferma nella realtà futura, si risolverà in un aumento automatico delle dotazioni individuali di cui al seguente paragrafo 4.

4. - Dotazioni

Le dotazioni assegnate (litri per abitante e per giorno di massimo consumo) tengono il dovuto conto delle caratteristiche delle singole zone, di quelle attuali e di quelle di sviluppo e di presumibile trasformazione, anche con riferimento agli interventi della « Cassa » negli altri settori: variano da un minimo di 40 l./ab./g. per le case isolate sparse valutando a parte i consumi per il bestiame, ad un massimo di 350 l./ab./g. per le città maggiori (Napoli, Palermo, ecc.) [4].

Dividendo i comuni per classi di popolazione (futura), i limiti in cui variano le dotazioni, a seconda delle caratteristiche della zona risultano dalla seguente tabella.

Tab. 4 — *Dotazione giornaliera per classe di ampiezza dei centri (litri per abitante).*

Centri abitati	Dotazione giornaliera
Case sparse e centri minori	40 ÷ 80
Centri da 1.000 a 5.000 abitanti	60 ÷ 120
» da 5.000 a 10.000 »	80 ÷ 150
» da 10.000 a 20.000 »	100 ÷ 200
» da 20.000 a 80.000 »	120 ÷ 200
Città con oltre 80.000 abitanti	150 ÷ 350

[4] Questi valori di dotazione sono sensibilmente maggiori di quelli che si era soliti assegnare in Italia e superano anche i valori maggiori assunti dalla Commissione per i piani regolatori degli acquedotti e delle fognature, costituita nel 1941 dal Ministero LL. PP., Commissione che dopo il 1950 ha svolto il suo lavoro per il Mezzogiorno e le isole con riferimento al lavoro della « Cassa ».

Se si tiene conto che il Mezzogiorno è territorio povero d'acqua, si constata che la « Cassa » ha operato con larghezza proprio per correggere con opere adeguate le conseguenze di questa condizione non favorevole.

Per il caso particolare dell'acquedotto pugliese si rimanda alla parte del presente volume a cura del dr. ing. Galantini Novi Lena.

III

RILEVAMENTO DEGLI ELEMENTI DI BASE DEL PIANO DI NORMALIZZAZIONE

Il fondo di un miliardo di lire per lo studio del piano di normalizzazione (piani regolatori di zona) e per la conseguente progettazione di massima ed esecutiva, è stato anzitutto impiegato per rilevare e raccogliere gli elementi di base necessari per lo studio dei piani, vale a dire per:

a) rilevamenti di dettaglio dello stato di consistenza e della funzionalità degli acquedotti esterni esistenti (completato da elementi relativi alle reti interne di distribuzione e alle fognature);

b) studio sistematico delle fonti di alimentazione (sorgenti, acque sotterranee, acque superficiali).

Questi rilievi ebbero inizio — come già accennato — fin dal primo momento dell'attività della « Cassa » allo scopo di completare, in sede di esame di istruttoria, i dati che erano stati assunti nei progetti pervenuti alla « Cassa »: furono poi estesi a tutti i comuni, come si è già riferito, e sono durati fino al 30 giugno 1958 per la prima parte, mentre per le fonti di alimentazione lo studio sistematico continua tuttora anche se limitato — come si dirà in seguito — alle fonti prescelte per l'alimentazione degli acquedotti ancora da costruire.

a) Per i rilevamenti di cui al punto a) sono stati spesi (cfr. tabella 4 del capitolo II) al 30 giugno 1958 L. 379.154.800 e, precisamente, L. 344.852.800 fino all'esercizio 1955-56 e L. 34.302.000 nei due esercizi fino al 1957-58. I rilevamenti sono stati condotti o direttamente dalla « Cassa » con tecnici degli uffici centrali e periferici del proprio Servizio Acquedotti e Fognature o con tecnici esterni incaricati dalla « Cassa », ovvero (e per oltre il 50% della spesa), da enti acquedottistici costituiti (Ente Autonomo Acquedotto Pugliese, Ente Acquedotti Siciliani), da quei consorzi di comuni che davano le necessarie garanzie, e in qualche caso dagli stessi uffici tecnici dei comuni.

Tale rilevamento ha messo in evidenza, come accennato, uno stato

di deficienza delle opere e dei servizi che ha superato le più pessimistiche previsioni che era possibile fare in base alle precedenti inchieste.

Le cause di questa situazione (in corrispondenza, pari, se non peggiore, è la situazione delle reti di distribuzione interna e delle fognature) risiedono per gli acquedotti esterni sia, in difetti (od errori) di impostazione e progettazione degli impianti dovuti ad evidente non conoscenza della tecnica specializzata, sia in difetti di costruzione e, infine, con carattere di sconfortante generalità, nel pressoché assoluto abbandono in cui le opere sono state lasciate dopo la costruzione da parte dei comuni o consorzi responsabili di nome delle gestioni, *ma che di fatto non hanno compiuta nessuna opera di manutenzione*, e alcune volte con qualche intervento hanno peggiorato lo stato delle opere nella manifesta ignoranza di ogni criterio tecnico.

b) Lo studio sistematico delle fonti di alimentazione ha costituito, come è evidente, un impegno ancora maggiore che, come si è detto, dura tuttora.

Nella parte seguente [1], è dato conto in dettaglio dei criteri e dei risultati di questo studio, che la « Cassa » ha condotto con la determinante collaborazione delle sezioni di Bologna, Pisa, Pescara, Roma, Napoli, Bari, Catanzaro, Palermo e Cagliari del Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici.

Al 31 dicembre 1961 risultano impegnate (e per buona parte già spese) per misure sistematiche di portata delle sorgenti, di corsi d'acqua e di eduzioni di acqua sotterranea 434 milioni di lire.

Anche lo studio delle fonti di alimentazione è stato fatto o direttamente dalla « Cassa » o dagli enti acquedottistici insieme al Servizio Idrografico, ovvero direttamente da quest'ultimo.

A dare una misura di questa ingente massa di studi preliminari, che costituisce una delle caratteristiche di questo intervento della « Cassa » per gli acquedotti, basta ricordare che sono state sottoposte a misura, in totale, a tutto il 31 dicembre 1961, 8.894 sorgenti ed eseguite 115.333 misure. Il massimo annuale di queste misure è relativo all'anno 1956, nel vivo cioè del lavoro di pianificazione. Per il 1961 le misurazioni hanno riguardato 1.177 sorgenti: il graduale esaurirsi della indagine e la definizione degli schemi di alimentazione dei piani regolatori hanno infatti ridotto la misurazione alle sole sorgenti previste di

[1] A cura del dr. ing. Biagio Faloci, Capo dell'Ufficio Tecnico Centrale del Servizio Acquedotti e Fognature della « Cassa ».

utilizzare, allo scopo di acquisire fino al momento della realizzazione delle opere il maggior numero di dati di misura. Corrispondentemente il numero di misure eseguite nell'anno per ogni sorgente è salito da tre (per i mesi intorno alla magra) del 1953 a otto nel 1961, il che consente di conoscere con buona approssimazione il regime delle portate medie mensili.

È importante ricordare che per la maggior parte del Mezzogiorno e per le isole erano già stati pubblicati prima del 1950 (per qualche regione, come il Molise, sono stati pubblicati dopo), i volumi della « Pubblicazione n. 14 » del Servizio Idrografico, che è l'elenco e la descrizione di tutte le sorgenti della zona di competenza delle singole sezioni del Servizio. Tranne che per le sorgenti maggiori e per alcune la cui utilizzazione è in atto, la « Pubblicazione » riporta, però, di solito, per ogni sorgente una sola misura di portata, che qualche volta coincide con quella di magra e spesso, per necessità del rilevamento speditivo, è fatta negli alvei tributari della sorgente e comprende quindi anche acque di altra provenienza. Si comprende l'enorme utilità che ha rappresentato per gli studi della « Cassa » questo precedente lavoro del Servizio Idrografico, se si considera quanto maggiore impegno hanno richiesto gli stessi studi nelle zone non comprese nei volumi già pubblicati (es. Abruzzi) per le quali, pur con l'aiuto di indagini già svolte dal Servizio anzidetto, si sono dovute anche *ricercare* e *individuare* le manifestazioni sorgentizie. E si comprende, altresì, come il riferimento alle portate della « Pubblicazione » — cui di solito veniva limitata nei progetti di acquedotto l'indagine sulle portate — può essere fallace e produrre gravi conseguenze ad opera eseguita, se non si procede a completare per un congruo numero di anni la misura delle sorgenti scelte: la qual cosa è confermata dai numerosi interventi che la « Cassa » deve fare per normalizzare il rifornimento di molti centri serviti da acquedotti anche di recente costruzione, progettati in base ad una o a pochissime misure di portata delle fonti di alimentazione. La indispensabilità dello studio sistematico delle fonti per progettare correttamente un acquedotto — che non è certo nuovo e peregrino criterio tecnico, ma che per le ragioni che diremo in seguito, non è stato sempre rispettato — è ormai entrato nella coscienza dei molti tecnici cui la « Cassa » affida lo studio dei progetti di acquedotto ed è questo indirettamente uno dei non trascurabili risultati del grosso esempio di metodo dato dalla « Cassa » stessa.

Peraltro, non sempre si è potuto limitare lo studio preliminare delle

sorgenti alla misurazione sistematica delle portate. Per molte di esse occorreva poterle individuare meglio di quanto non fossero allo stato naturale, isolando le loro acque da quelle di altra origine che si confondevano con le prime alla emergenza, o immediatamente prima con brevi percorsi sotterranei, e ciò sia ai fini delle misure sia del riconoscimento delle caratteristiche di potabilità; per altre appariva possibile l'aumento di portata della sorgente principale e la conseguente sua utilizzabilità per una determinata alimentazione, solo se fosse stato possibile riunire vene della stessa acqua che andavano naturalmente per altre vie e si disperdevano: senza continuare nella esemplificazione, per molte sorgenti è stato necessario, *fin dagli studi preliminari* in sede di pianificazione, eseguire lavori veri e propri di escavazione, di muratura e di condottamento, che nei casi di riconosciuta sicura utilizzabilità sono stati spinti fino alla vera captazione. Il complesso di questi lavori preliminari di indagine e captazione (parte dei quali — come quelli di completa captazione — sono da considerarsi anticipazioni della spesa di costruzione dell'acquedotto) ammonta, a tutto il 31 dicembre 1961, ad oltre 3 miliardi e 355 milioni di lire.

Così, estese e sistematiche ricerche di acque sotterranee per uso irriguo in alcuni comprensori hanno fornito, con o senza modeste indagini complementari, elementi sufficienti a definire l'utilizzazione di parte di quelle acque per alimentare alcuni acquedotti. Così, alcuni problemi di alimentazione di acquedotti da acque superficiali hanno potuto essere risolti con aumenti di solito modesti, dato il rapporto dei volumi per i due usi, della spesa per la costituzione di grossi invasi irrigui.

Tutto questo va sottolineato per porre in evidenza la non piccola utilità per la economia generale e per la organicità delle soluzioni che la « Cassa » è stata in grado di realizzare in virtù della sua stessa struttura, traducendo in « sistema » quanto in sede ordinaria era stato potuto fare solo nei casi di favorevole concorso di particolari circostanze.

Altre indagini in sede di rilevamenti preliminari, hanno riguardato l'acquisizione degli elementi occorrenti al giudizio igienico delle acque, e quindi le necessarie analisi per determinare i caratteri fisici, chimici, batteriologici e microscopici delle acque: per queste la « Cassa » si è avvalsa dell'opera preziosa dei laboratori provinciali chimici e batteriologici, di quelli di enti particolari e dei medici provinciali.

Altre indagini, sempre preliminari alla progettazione, sono quelle geognostiche condotte da geologi per accertare la realizzabilità di alcuni

schemi dei piani regolatori, con riguardo alla sede delle opere di adduzione (canali all'aperto o in galleria, condotte) o alla possibilità di creare invasi di alimentazione, ecc.

Il complesso di queste indagini preliminari alla progettazione ha portato a tutto il 31 dicembre 1961 alla spesa di circa 1 miliardo e 110 milioni di lire.

IV

CARATTERI GEOGRAFICI GENERALI DEL MEZZOGIORNO INFLUENTI NELLA SOLUZIONE DEI PROBLEMI DI NORMALIZZAZIONE DEL RIFORNIMENTO IDRICO

Abbiamo prima accennato al carattere unitario che il Sud d'Italia presenta rispetto all'intervento straordinario della « Cassa », che può ben dirsi unità nel bisogno di un aiuto eccezionale. Questa unità si ritrova, per quanto riguarda il rifornimento idrico, nella comune povertà delle risorse d'acqua rispetto alla media delle condizioni delle altri parti d'Italia che dipende dalla minore piovosità, dalle altre caratteristiche climatiche e da quelle geomorfologiche del territorio del Sud e delle isole.

Nelle relazioni particolari per le singole zone di intervento viene data notizia dei caratteri geografici particolari: qui basterà limitarsi a ricordare che la precipitazione media anua nel Sud è ragguagliabile a 876 mm. in confronto a mm. 1.064 del territorio dell'Italia centrale e del Nord; che la somma delle portate medie di tutti i fiumi del Mezzogiorno a sud del Tronto (compreso) e del Tevere (escluso) è di circa 800 mc./sec. mentre quella corrispondente dei corsi d'acqua a nord del confine così definito è di 2.700 mc./sec. [1]; che questo rapporto di circa 1/3 si ritrova per le portate minime che però sono fornite nel Sud per circa 2/3 (100 mc./sec. contro 145) da soli 4 fiumi alimentati dalle grosse sorgenti dei massicci calcarei (Pescara, Garigliano, Volturno, Sele); sui 63 corsi d'acqua in osservazione nel Sud ben 28 hanno portate minime, nulle o inferiori a 100 l./sec.

La limitata densità superficiale nel Mezzogiorno delle risorse idriche di qualche rilievo ha naturalmente avuto grandissimo peso nel disegno degli schemi di rifornimento idrico con acquedotto, caratterizzato dalla prevalenza di acquedotti a vasta zona di servizio. Analoga inci-

[1] Si noti che i corsi d'acqua sotto osservazione dal Servizio Idrografico nel Centro e nel Nord d' Italia coprono con i loro bacini l'80% della relativa superficie territoriale.

denza ha avuto la mancanza di grandi pianure alluvionali acquifere, come nel Nord la grande pianura padana, ché quelle di più modesta estensione nel Sud (Tavoliere di Capitanata, piane costiere tirreniche, piane costiere del sud della Puglia e di Calabria, ecc.), per le generali condizioni della scarsa piovosità e di bassa permeabilità dei sedimenti che le formano, possono fornire acqua in misura specifica assai minore, e non è da trascurare l'uso in atto di queste acque per irrigazione (ad es. acque della Conca d'Oro (Palermo), acque subalvee in Sicilia e in Calabria).

Altra condizione generale che deve essere posta in rilievo sta nelle difficili caratteristiche dei terreni del Sud per l'impianto di opere quali sono gli acquedotti: morfologia spesso assai tormentata e caratteristica di instabilità assai diffusa per la predominanza di terreni argillosi ed arenacci del « flysch » che fasciano i fianchi della dorsale appenninica, con franosità assai frequente e in atto, onde la ricerca della sede stabile per un'opera lunga quale un acquedotto, che assicuri l'indispensabile permanenza delle condizioni realizzate all'atto della costruzione, è, sempre, in questi terreni cosa difficile, in alcuni casi assai difficile, e molto spesso, come si è accennato, limitatrice di soluzioni e, sempre, ragione di costi unitari elevati se posti a confronto con quelli di opere analoghe di altri territori.

Nel seguito della presente esposizione e nelle parti che trattano particolarmente i problemi delle singole zone, saranno messi in evidenza altri aspetti delle difficoltà dipendenti dalle condizioni geografiche dovute superare nella costruzione degli acquedotti nel Mezzogiorno.

V

STUDIO DEI PIANI DI NORMALIZZAZIONE PER LE SINGOLE ZONE E RISULTATI

Definite in prima approssimazione le risorse idriche di una zona e tracciato il quadro dei fabbisogni di normalizzazione ad essa relativi è stata in primo luogo esaminata la possibilità di risoluzione del problema all'interno della zona, rilevandone, quando occorreva, l'eccesso o il difetto di disponibilità idriche.

Nella delimitazione preliminare dei confini delle zone da sottoporre a studio nessun peso hanno avuto le circoscrizioni amministrative, comunali, provinciali e anche regionali e si sono seguiti, invece, criteri puramente geografici (oro-idrografici e idrogeologici), in base ai quali sono state tracciate in prima approssimazione le varie zone.

Tale criterio ha naturalmente portato a risolvere insieme anche i problemi di normalizzazione di territori immediatamente a confine con quelle di intervento della « Cassa ». Sono stati, pertanto, considerati nei piani regolatori della « Cassa » (e previsti di servire con acquedotti a servizio comune), abitati della provincia di Rieti (acquedotti delle Verrecchie), della provincia di Roma (acquedotto del Simbrivio), della provincia di Ascoli Piceno (acquedotto del Vettore), ricadenti in territori limitrofi a quello d'intervento della « Cassa ».

Il difetto e l'eccesso di disponibilità idriche ha poi portato, nel prosieguo degli studi, a trasferire acque da una zona all'altra, a modificare, quindi, i confini territoriali precedentemente tracciati, e la stessa cosa è avvenuta quando l'estensione di un acquedotto presentava vantaggi tecnici ed economici rispetto a soluzioni interne alla zona di primo esame.

Tenuto conto delle opere esistenti e del prevedibile grado di utilizzabilità, si è passati quindi a tracciare gli schemi di adduzione, in prima approssimazione destinando ad ogni centro la risorsa idonea più vicina, e poi, con svolgimento successivo, collegando tra loro più centri

quando queste soluzioni si presentavano più razionali ed economiche di quelle con acquedotti singoli.

In moltissimi casi per lo stesso schema di acquedotto l'alimentazione presenta diverse soluzioni, ovvero variazioni non essenziali dello schema consentono alimentazioni alternative: anche in tal caso, come in tutti gli altri numerosissimi di cui per brevità non si parla, la scelta resta affidata sempre alla valutazione degli elementi fondamentali tecnici ed economici sia di costruzione che di esercizio: gli elementi economici vengono introdotti nei confronti come costo complessivo della costruzione e dell'esercizio, quest'ultimo capitalizzato.

Nel valutare il costo di esercizio è stato implicitamente ammesso che, indipendentemente dall'unità tecnica dell'opera, la gestione degli acquedotti di una intera zona fosse condotta da un solo organo: si sono, cioè, assunti costi computati a gestione centralizzata di vasti complessi.

Si è quindi implicitamente operato a favore delle soluzioni singole, in quanto ben diversi e più gravosi per queste soluzioni sarebbero risultati i confronti, se si fosse addebitato a un piccolo acquedotto a servizio di un sol comune la spesa di una propria organizzazione di gestione, per quanto ridotta essa possa ammettersi.

Ciò nonostante un risultato riassuntivo degli studi è che le soluzioni di acquedotto a servizio di più centri sono — come si è detto — prevalenti su quelle di acquedotto a servizio singolo, la qual cosa riflette anche l'accennata condizione di bassa densità superficiale delle risorse idriche nel Sud ed offre vantaggi di vario genere e così evidenti che non è da soffermarsi ad illustrarli.

Naturalmente questo metodo — che potremo chiamare normale — si è adottato nelle zone per le quali nessun progetto importante era stato precedentemente preparato: il metodo è servito invece solo come guida delle operazioni effettivamente condotte in tutte le altre zone per le quali lo studio già compiuto, prima che la « Cassa » iniziasse la propria attività, di progetti di acquedotti di qualche importanza, aveva in qualche modo esaurita una parte degli studi preliminari della zona. A solo titolo di esempio si ricorda, così, che nel Molise i progetti dei due acquedotti, molisano di destra e molisano di sinistra, alimentati rispettivamente dalle sorgenti del fiume Biferno e del fiume Trigno, avevano già delimitato le rispettive zone di servizio ed esclusa la possibilità e la convenienza di soluzioni locali ed erano già stati definiti gli schemi delle due opere. Ma in questo, come in tanti altri casi, di cui si ha traccia nelle illustrazioni particolari dei capitoli che seguono, assunti i progetti esistenti come base, essi sono stati ancora esaminati sotto il profilo

della loro convenienza tecnica ed economica rispetto ad altri possibili schemi e, soprattutto è stata esaminata l'utilità di modificarne la zona di servizio, di solito estendendola ad abitati di altre zone: alcune volte come nel molisano di destra e nello schema di alimentazione della penisola sorrentina, e nello stesso complesso campano ecc., integrandone o mutando le fonti di alimentazione. Questi sono tre esempi di variazioni e completamenti assai interessanti per giudicare, dai risultati raggiunti, la bontà del metodo seguito e per essi si rimanda alle illustrazioni particolari per il Molise e la Campania.

Si cita ancora (vedi la parte relativa alla Sardegna) il caso dell'acquedotto da invaso sul Rio Bidighinzu, che era stato previsto per alimentare la città di Sassari e invece secondo lo schema variato risolve ora il problema della normalizzazione di 28 comuni comprendenti 33 centri abitati.

Gli schemi così tracciati sono stati quindi sottoposti a controlli nel terreno, col riconoscimento sommario dei tracciati, occorrendo con l'ausilio del geologo, e variati quando risultava necessario: alcune volte proprio il terreno ha convinto ad abbandonare gli schemi risultati dallo studio al tavolo e a sostituirli con altri, spesso con diversa soluzione di alimentazione, e che pure erano apparsi nel primo studio meno convenienti dei primi.

I *piani di normalizzazione di zona* sono stati quindi portati alla forma di elaborati completi, di solito formati dai seguenti atti:

a) relazione con indicazione dello stato di conservazione e di funzionalità delle opere esistenti, sviluppo dei dati di confronto e giustificazione delle soluzioni prescelte e, occorrendo, con relazioni di studio geologico;

b) calcoli di popolazione, dotazioni, portate;

c) dati tecnici ed igienici sulle fonti di alimentazione;

d) corografie e profili sommari;

e) stime sommarie e confronti economici.

Quando il piano di una zona ha richiesto per difficoltà naturali studi di maggiore dettaglio per operare sicuramente nelle scelte, ed è stato quindi portato così innanzi da mettere a disposizione quasi tutti i dati necessari a un vero e proprio progetto di massima, si è, senz'altro, a guadagno di tempo, completato il piano fino a trasformarlo in veri e propri progetti di massima. Negli altri casi i piani di zona, isolatamente o insieme a quelli di zone prossime, sono sottoposti alle approvazioni occorrenti.

Nelle illustrazioni particolari dei capitoli che seguono sono indicate le zone in cui ogni regione geografica è stata divisa ai fini dello studio dei piani regolatori e le zone che per i motivi sopra indicati comprendono territori di più regioni contigue [1].

Nella seguente tabella è indicato il numero delle zone in cui è stato così diviso tutto il territorio di intervento.

TAB. 5 — *Zone di studio dei piani regolatori.*

Regioni (*a*)	Numero delle zone
Toscana e Isole minori	1
Lazio	5
Abruzzi e Piceno	3
Campania e Molise	4
Puglia	1
Basilicata	4
Calabria	10
Sicilia	8
Sardegna	9
Totale	45

(a) La divisione in regioni è approssimativa comprendendo, ad esempio, il Lazio anche aree dell'Abruzzo adiacenti all'ex-circondario di Cittaducale, la Puglia anche le zone servite con diramazioni dell'acquedotto pugliese della Basilicata e del Molise.

Al 31 dicembre 1961 i piani di normalizzazione sono completamente definiti per 43 zone; sono ancora in studio quello della parte occidentale della zona della valle del Crati in Calabria e quello di alcune isole minori della Sicilia (Pantelleria, Egadi, ecc.).

La parte dei piani già definita anche con progettazione, tradotta già in opere ovvero in corso di approvazione, riguarda 386 acquedotti a servizio di 14.520.091 abitanti al 1951 (23.863.436 abitanti tra un cinquantennio) che rappresentano il 71% della popolazione al 1951 (18.069.531) nei 2.517 comuni per i quali è previsto l'intervento [2].

Questo dato di avanzamento al termine del primo dodicennio ove si consideri che il criterio dell'intervento normalizzatore totale è stato definito — come accennato — solo nel luglio del 1952 può ben ritenersi

[1] Vedi Atlante, sezione II: *Acquedotti*, Tav. 1.

[2] 2.517 = 2.639 — 122. I comuni per i quali non è necessario l'intervento secondo i piani di normalizzazione sono 122 (cfr. tabella 2).

indicativo dell'intenso lavoro compiuto: peraltro solo la definizione fin dal primo momento dei precisi metodi di cui si è discorso ha potuto consentire di mantenere questo ritmo di produzione (che figurativamente potrebbe misurarsi *in un acquedotto definito ogni 10 giorni*), senza perditempo, senza ritorni e ripensamenti che non siano quelli propri di chi studia problemi complessi e con parecchie soluzioni [3].

Un risultato dello studio dei piani di normalizzazione da mettere in particolare evidenza può dedursi dalla seguente tabella 6, nella quale gli acquedotti sono distinti a seconda che siano a servizio di uno o di più comuni.

TAB. 6 — *Distribuzione degli acquedotti in base al numero di comuni serviti.*

Regioni	Acquedotti a servizio (totale o integr.) di un solo comune		Acquedotti a servizio di più comuni	
	acquedotti (numero)	popolaz. servita al 1951	acquedotti (numero)	popolaz. servita al 1951
Toscana	20	30.095	—	—
Lazio (comprese Ponza e Ventotene)	11	47.320	13	662.890
Abruzzi e Piceno	53	87.725	22	752.340
Molise	12	34.082	8	471.445
Campania	22	63.284	28	3.601.559
Puglia (comprese isole Tremiti)	2	401	1	3.342.977
Basilicata	14	78.117	6	314.604
Calabria	32	95.378	46	206.882
Sicilia (comprese le isole Eolie)	36	806.449	23	2.049.022
Sardegna	17	51.979	20	833.542
Totale	219	1.294.830	167	12.235.261

Dei 386 acquedotti, 219 (il 57%) sono a servizio (totale e integrativo) di un solo comune e 167 (il 43%) a servizio di più comuni, ma la popolazione servita dai primi è solo l'8,8% del totale, mentre il 91,2% della popolazione è alimentata da acquedotti a servizio di più comuni. Questo caratteristico risultato di uno studio fatto organicamente su un vasto territorio, con uniformità di metodo, può ben rite-

[3] È utile a un fondato giudizio sul lavoro svolto, richiamare a confronto di questi 386 acquedotti *definiti* nel dodicennio di attività, i 53 acquedotti del primitivo piano decennale.

nersi indicativo di quanto sia fondata la tendenza attuale di tutti i paesi alla estensione delle zone di servizio degli acquedotti come è stato ricordato precedentemente (vedi nota 1 di p. 24) anche se sul risultato qui esaminato ha influito la già ricordata scarsa distribuzione delle risorse idriche nel territorio.

Altra classificazione che ha rapporto con le caratteristiche orografiche ed idrogeologiche del territorio, è quella che distingue i 386 acquedotti, finora definiti, a seconda del tipo di alimentazione e che è riportato qui di seguito.

La maggior parte degli acquedotti (335 pari all'86%) è alimentata da sorgenti (la loro portata complessiva è di circa 22 mc./sec.); 13 da acque sotterranee con portata complessiva di 772 l./sec. e 12 con portata di circa 1,7 mc./sec., insieme da sorgenti e da acque sotterranee. Da acque superficiali sono alimentati 12 acquedotti dei quali 11 da invasi e 1 (Olbia, in Sardegna) da acque fluenti. Degli 11 invasi, 8 ricadono in Sardegna e 1 in Calabria e sono laghi artificiali costituiti con sbarramenti di corsi di acqua, 2 sono raccolte d'acqua piovana in cisterne (Foresta Umbra sul Gargano e isole Tremiti); 5 acquedotti sono alimentati congiuntamente da acque superficiali e sorgenti; 5 da navi

TAB. 7 — *Distribuzione degli acquedotti secondo il tipo di alimentazione e relative portate.*

Regioni	Sorgenti		Acque sotterranee		Acque superficiali invasate	
	N.	l. sec.	N.	l./sec.	N.	mc/anno 10^3
Toscana	13	26,20	2	6,15	—	—
Lazio	21	1.940,00	1	220,00	—	—
Abruzzo	75	2.130,65	—	—	—	—
Molise	20	837,90	—	—	—	—
Campania	48	11.007,33	1	110,00	—	—
Puglia	—	—	—	—	2	3,50
Basilicata	20	1.082,14	—	—	—	—
Calabria	73	1.994,40	2	291,50	1	556,00
Sicilia	39	2.524,42	5	120,60	—	—
Sardegna	26	303,82	2	23,30	8	1.874,85
Totale	335	21.846,86	13	771,55	11	2.434,35

cisterna (isole Eolie, Capri), 3 con acqua marina dissalata e navi cisterna; uno con acque superficiali invasate e navi cisterna.

Anche in questa distribuzione delle fonti di alimentazione degli acquedotti si ritrova la conseguenza della deficienza di acque sotterranee, di soluzioni, cioè, che di solito consentono breve sviluppo dell'adduzione. Il necessario ricorso ad acque lontane porta subito, data la conformazione orografica del Sud, ad acque alte rispetto al luogo dei maggiori consumi (abitati costieri), ed il confronto tra acque sorgentizie (quando ve ne siano ed in misura sufficiente), in generale ricadenti al contatto della dorsale mesozoica dell'Appennino meridionale con i più giovani terreni inferiori, ed acque superficiali (ove ne sia possibile l'invaso), conduce a riconoscere in molti casi la convenienza tecnica ed economica del ricorso alle sorgenti.

L'adduzione di acque lontane consente, poi, di servire con diramazioni dalle aste principali, con minore spesa e maggiori garanzie d'esercizio rispetto a soluzioni locali, centri medi e minori, dislocati sulle falde dell'Appennino a quota più alta dei centri costieri di maggior consumo, da che deriva la preminenza già vista delle soluzioni di acquedotti a vasto raggio.

Diversa è la condizione della Sardegna ove il patrimonio sorgen-

Acque superficiali fluenti		Navi cisterna		Alimentazione mista							
				Sorgenti + acque sotterranee		Sorgenti + acque superficiali		Acque invasate + navi cisterna		Acqua marina potabiliz. + nave cist.	
N.	l./sec.	N.	l./sec.	N.	l./sec.	N.	l./sec.	N.	l./sec.	N.	l./sec.
—	—	—	—	4	35,00	—	—	—	—	1	2,00
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	0,70
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	1	22,60	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	1	5.743,00	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	1	86,00	1	150,00	—	—	—	—
—	—	4	1.90	7	1.641,65	3	2.295,00	1	4,2	—	—
1	41,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	41,00	5	24,50	12	1.762,65	5	8.188,00	1	4,2	3	2,70

tizio è modesto (5.000 l./sec. forniti nel complesso da 5.150 sorgenti) e dove le possibilità di utilizzazione sono limitate dalla bassa quota delle sorgenti più importanti e dalla loro ubicazione rispetto ai centri di maggior consumo: da qui l'esteso ricorso ad acque superficiali che per il regime torrentizio di quei corsi d'acqua debbono essere raccolte in invasi; diverso, e risolto con invasi, il problema di quelle zone della Calabria e della Sicilia laddove difettano acque sorgentizie.

VI

PROGETTAZIONE DI MASSIMA

Tranne nel caso di piccoli acquedotti che già in sede di piano non ammettevano soluzioni alternative, o di interventi di normalizzazione che si esauriscono con sistemazione e semplice integrazione di opere esistenti, e rarissime volte per causa di particolare urgenza degli interventi, la progettazione esecutiva è stata sempre preceduta da quella di massima. L'importo complessivo dei progetti approvati, in istruttoria o in studio in forma direttamente esecutiva ammonta, infatti, al 31 dicembre 1961, al 25% dell'importo complessivo dei progetti esecutivi studiati. L'importo medio dei primi, che sono in numero di 812, è di 90 milioni di lire; quello medio dei progetti esecutivi di sviluppo di progetti di massima, che sono in numero di 794, è 265 milioni di lire.

Questo va sottolineato per riconoscere che il carattere straordinario e intensivo degli interventi della « Cassa » non ha avuto influenza negativa sulla normalità e completezza dello studio degli interventi: che anzi, per il metodo seguito, esse sono state accentuate dal rispetto delle tre fasi dello studio, piani regolatori, progettazione di massima, progetti esecutivi. E non è inopportuno ricordare che da ogni direzione veniva allora la spinta a costruire e che non poca fatica è stata necessaria per convincere gli ambienti locali, legittimamente impazienti, che il miglior modo per far presto, anche per queste opere, è dedicare il necessario tempo alla più accurata progettazione: solo in tal modo è, anzitutto, possibile abbreviare il periodo di costruzione e, quel che più conta, ridurre al minimo gli errori propri di ogni impresa umana.

La progettazione di massima è stata fatta direttamente dalla « Cassa » a mezzo dei propri uffici, oppure dagli uffici degli enti acquedottistici e consorzi che ne hanno dato incarico, occorrendo, ad ingegneri della libera professione.

L'importo dei progetti di massima studiati direttamente dalla

« Cassa » rappresenta il 58% dell'intero importo della progettazione di massima al 31 dicembre 1961.

La tabella 8 indica lo stato della progettazione di massima, e anche di quella esecutiva, al 31 dicembre 1961.

I progetti di massima (già approvati e in istruttoria o in studio) al 31 dicembre 1961 sono 194, per l'importo complessivo (presumibile) di 213.671 milioni di lire, cui aggiungendo l'importo dei progetti direttamente esecutivi (approvati, in istruttoria o in istudio) — di 72.160 milioni — si raggiunge l'importo complessivo della progettazione di massima in 285.831 milioni di lire.

A riguardo dei criteri generali seguiti nella progettazione di massima che pare opportuno indicare in questa sede, si rileva, anzitutto, che gli schemi dei piani di normalizzazione sono stati assunti solo come guida della progettazione stessa quantunque fondati su basi ben più solide e larghe di quanto di solito non si raggiunga in sede di piani regolatori. È stata, infatti ammessa, nello studio dei progetti piena libertà di iniziativa e di proposte di variante agli schemi dei piani, che fossero giustificate dai risultati del più attento studio o, come si è accennato, da completamento con maggior dettaglio dei rilevamenti sia delle fonti di alimentazione, che dei tracciati, sia dallo stato di utilizzabilità delle opere esistenti, sia, infine, della valutazione stessa dei fabbisogni.

Le misure e le analisi igieniche alle sorgenti sono, infatti, continuate durante lo studio dei progetti, e spesso si sono portati avanti lavori di scopertura e di vera captazione: così come hanno proseguito indagini e lavori per la determinazione della consistenza di acque sotterranee di cui si prevedeva l'utilizzazione.

In tutte queste indagini alle fonti di alimentazione, così come in quelle preliminari per l'impianto di dighe di sbarramento, l'ingegnere ha sempre lavorato con l'aiuto del geologo: l'assistenza del geologo è stata, inoltre, sempre richiesta per la definizione dei tracciati che già in sede di massima sono, di norma, riconosciuti e individuati sul terreno.

Si vuole citare questa collaborazione sistematica del geologo già nella progettazione di massima [1] anche per sottolineare lo spirito di collaborazione fattiva che si è riusciti a stabilire tra tecnici di diversa competenza e la bontà dei risultati di questo lavoro in comune che sono

[1] Vedi a questo proposito relazione generale del prof. ing. Francesco Penta sul tema *La funzione del geologo nelle opere di pubblico interesse,* cap. I, al Convegno sulla funzione della geologia nelle opere di pubblico interesse, dell'Associazione Nazionale dei Lincei, Roma, 29-31 maggio 1961.

TAB. 8 — *Situazione della progettazione di massima ed esecutiva al 31 dicembre 1961 (importi in milioni di lire).*

Regioni	Progetti di massima		Progetti esecutivi			
			di sviluppo prog. massima		direttamente esecutivi	
	N.	Importo	N.	Importo	N.	Importo
Approvati						
Toscana	1	710	20	558	3	169
Lazio	8	13.162	37	15.002	34	2.704
Abruzzi	5	18.513	94	16.327	70	3.374
Molise	8	13.216	48	14.572	28	1.750
Campania	23	33.574	164	50.324	157	9.264
Puglia	3	1.703	4	1.712	81	13.770
Basilicata	4	7.799	15	5.791	35	4.328
Calabria	26	23.808	133	24.004	109	6.104
Sicilia	28	27.498	71	20.019	157	12.357
Sardegna	25	20.909	65	17.190	48	4.419
Totali	131	164.892	651	164.499	722	58.239
In istruttoria						
Toscana	—	—	3	139	—	—
Lazio	2	1.700	16	6.699	—	—
Abruzzi	2	98	12	1.938	2	164
Molise	—	—	—	—	—	—
Campania	4	6.633	4	335	2	878
Puglia	2	1.335	—	—	6	1.588
Basilicata	—	—	—	—	7	1.066
Calabria	12	11.410	17	3.262	4	674
Sicilia	6	4.592	8	991	9	534
Sardegna	2	3.000	7	2.556	—	—
Totali	30	28.768	67	15.920	30	4.904
In istudio						
Toscana	1	129	2	218	—	—
Lazio	5	3.200	10	1.076	3	210
Abruzzi	4	2.300	13	3.425	5	1.205
Molise	—	—	—	—	3	200
Campania	2	1.060	12	8.680	4	523
Puglia	—	—	—	—	8	1.470
Basilicata	—	—	3	2.450	9	2.149
Calabria	8	7.315	19	5.849	12	1.240
Sicilia	6	4.250	9	7.969	10	1.765
Sardegna	7	1.757	8	6.176	6	255
Totali	33	20.011	76	35.843	60	9.017

consegnati in un corpo di opere ormai imponente, in perfetta funzione e condizione di stabilità, nonostante la natura generalmente ingrata dei terreni di posa.

Si è ammesso l'impiego di ogni materiale di condotta (acciaio, ghisa, cemento armato ordinario e precompresso, amianto cemento) col solo vincolo della rispondenza tecnica ed economica al caso particolare, valutata sotto il duplice profilo della costruzione e dell'esercizio: questo ha rappresentato, nel momento in cui la « Cassa » ha cominciato ad operare, quasi un fatto nuovo se si ricorda che, anche a causa delle distruzioni di guerra e del conseguente stato di produzione di alcune fabbriche di manufatti tubolari, le progettazioni erano generalmente orientate verso l'impiego sistematico delle tubazioni di acciaio, allora di più facile reperimento, tanto che lo studio del materiale di condotta quasi non rappresentava più un adempimento progettuale, almeno nella coscienza di quei tecnici che avevano cominciato a progettare in quel periodo.

Nella progettazione delle opere d'arte e dei manufatti si è ugualmente lasciato libero il progettista, senza vincolarlo a particolari tipi e modelli di opere, avuto riguardo all'opportunità di sollecitare lo studio attuale dei singoli casi e di ricavare in tal modo dal vasto materiale che man mano si veniva formando, con esame critico esteso anche alla fase di costruzione e soprattutto per le opere d'arte di minore impegno, i tipi che convenisse adottare per le successive progettazioni, aggiornati nella tecnica, e più ancora nei costi, alle condizioni attuali. Questa libertà ai progettisti è stata lasciata soprattutto per gli acquedotti maggiori, a schema vasto di servizio, tali cioè da potersi considerare complessi organici a sé stanti sia come costruzione che come esercizio.

Sono stati invece fissati e dettati alcuni elementi tecnici « normali » quali: valori dei coefficienti di scabrezza per i vari materiali e diametri nella formula di Bazin-Fantoli adottata per il calcolo dei diametri [2]; le altezze minime e massime di ricoprimento delle condotte interrate; la capacità di riserva dei serbatoi di distribuzione (di norma commisurata all'accumulo per 24 ore della portata del giorno di massimo consumo e cioè della portata di calcolo dell'adduzione); i valori del coefficiente di massimo consumo orario per il calcolo delle condotte di avvicinamento dai serbatoi alle reti di distribuzione a seconda delle caratteristiche dei centri abitati serviti, ecc.

[2] CREMONESE, *Manuale dell'ingegnere civile. Costruzioni idrauliche - Acquedotti e Fognature*, Tab. III.

Sono state anche stabilite le scale metriche e i tipi degli allegati grafici di progetto (planimetria e profili).

Si è, in breve, cercato di ottenere che la progettazione di massima rispondesse allo scopo regolamentare di conferma o di giustificata variante degli schemi dei piani regolatori e di base effettiva per la progettazione esecutiva.

I progetti studiati da enti concessionari o da ingegneri della libera professione, vengono — a norma delle convenzioni di affidamento degli incarichi — sottoposti in minuta all'esame preliminare degli uffici competenti del SAF e, assai spesso, particolari problemi che si presentano nello studio sono risolti con sopraluoghi e indagini sul terreno con la partecipazione dei tecnici della « Cassa ». I progetti sono quindi sottoposti all'esame del Consiglio Superiore dei LL. PP. (Delegazione speciale per la Cassa per il Mezzogiorno) a norma dell'art. 4 della legge n. 646 del 10 agosto 1950, sulla base di nota illustrativa e di parere del Servizio.

È da porre in evidenza che il Consiglio Superiore dei LL. PP., pur suggerendo alcune volte varianti e accorgimenti particolari da tener presenti nella progettazione esecutiva, ha espresso *parere favorevole all'approvazione di tutti i progetti di massima* che gli sono stati finora sottoposti per l'esame, molte volte sottolineando, nei voti l'apprezzamento per la organicità del metodo di studio, per la completezza delle indagini e degli esami di confronto tra le diverse possibili soluzioni e compiacendosi soprattutto di riconoscere nell'opera della « Cassa » di coordinare « in complessi organici » l'approvvigionamento potabile di vasti settori del Mezzogiorno, un'importanza che supera l'interesse rivestito dalla progettazione dei singoli acquedotti perché tende a raggiungere la migliore soluzione dei problemi.

VII

PROGETTAZIONE ESECUTIVA

Il numero dei progetti esecutivi *approvati* o *in istruttoria* o *in corso di studio* al 31 dicembre è di 1.606 e, come si rileva dalla tabella 8, 1.373 progetti risultano approvati; 107 all'esame (da parte del Servizio o del Consiglio Superiore dei LL. PP. o del Consiglio di Amministrazione); 136 in corso di studio.

L'importo complessivo di questi progetti esecutivi ammonta a 288 miliardi e 422 milioni di lire, di cui approvati 222 miliardi e 738 milioni, con un importo medio annuo di progetti approvati pari a circa 19 miliardi e 500 milioni di lire.

Nel suo insieme la progettazione esecutiva riguarda il rifornimento idrico di 5.214 centri abitati (4.070 centri censiti + 1.144 centri non censiti come tali al 1951) con una popolazione al 1951 di 13.048.401 abitanti pari a circa i 2/3 della popolazione del territorio di intervento.

Lo studio dei progetti esecutivi è stato di norma affidato direttamente a dottori ingegneri liberi professionisti ovvero agli enti concessionari che vi hanno provveduto con i propri uffici tecnici o a mezzo di incarichi a liberi professionisti. Sono stati, invece, studiati direttamente dagli uffici tecnici della « Cassa » i progetti esecutivi di alcuni degli acquedotti in esecuzione diretta. Così è stato fatto per quasi tutte le opere principali dell'acquedotto campano, per alcuni acquedotti degli Abruzzi, del Lazio e della Sardegna per i quali si rimanda alle illustrazioni particolari di zona. Dell'importo complessivo dei progetti esecutivi finora approvati (222 miliardi e 738 milioni di lire), sono stati studiati dagli uffici tecnici della « Cassa » progetti esecutivi per l'importo di 65 miliardi e 135 milioni e da terzi progetti per l'importo di 157 miliardi e 603 milioni di lire.

La progettazione esecutiva è condotta secondo lo schema di regolamento per la compilazione dei progetti di opere dello Stato di competenza del Ministero dei Lavori Pubblici (D.M. 29 maggio 1895): le

principali norme di detto regolamento sono riprodotte nelle convenzioni di affidamento degli incarichi.

Per i rilievi topografici, in particolare, diretti a definire la posizione planoaltimetrica e il dettaglio costruttivo delle condotte (livellette e pezzi speciali) consentito dalla scala di norma, il progettista è obbligato, prima di cominciare le operazioni di rilievo, ad informarne il Servizio che si riserva di controllare in corso di svolgimento le operazioni stesse e di riconoscere sul terreno il tracciato prescelto. È altresì obbligato: a consegnare alla « Cassa » i libretti di campagna con i dati dei rilievi topografici effettuati e la planimetria quotata delle zone circostanti le opere d'arte; ad apporre i vertici murati lungo i tracciati; a redigere e consegnare l'elenco completo dei caposaldi con le coordinate geografiche e lo « schizzo » per il loro riconoscimento; a fornire l'elenco di tutti i pezzi speciali con la indicazione del tipo e della sezione in cui essi debbono essere installati.

Anche i progetti esecutivi — come quelli di massima — debbono essere presentati alla « Cassa » in minuta per l'esame preliminare e il benestare.

Le convenzioni di affidamento disciplinano tutti gli altri rapporti, i termini di consegna dei vari allegati di progetto, le condizioni di pagamento. A quel proposito va ricordato che la « Cassa » corrisponde, già durante lo studio del progetto, anticipi fino al 90% delle spese (valutate, a norma della vigente tariffa per i lavori dell'ingegnere, in aliquota del compenso), e fino al 40% dell'onorario dopo che il progetto sia stato ritenuto accettabile dal SAF, con facoltà di concedere, in corso di progettazione, acconti anche sull'onorario.

Con tali modalità si ottiene che il progettista non è costretto ad anticipazioni di qualche rilievo nelle spese e si evitano quelle deficienze di studio sul terreno che sono assai frequenti nei progetti di acquedotti fatti studiare dagli enti locali e che secondo la legge ordinaria sono finanziati *a posteriori* con i mutui e i contributi previsti dalla legge sulle opere di interesse di detti enti (3 agosto 1949 n. 589).

Una delle difficoltà incontrate nel lavoro della « Cassa » è stato il limitato numero di ingegneri specializzati, ben preparati e di sufficiente esperienza nello studio di opere di acquedotto: limitato non solo nel Mezzogiorno ma anche nelle altre regioni ove la « Cassa » quando è stato necessario ha esteso gli incarichi. La condizione sopra accennata del ritardo nel rimborso delle spese e del pagamento degli onorari aveva costretto anche progettisti capaci e scrupolosi a non dettagliare studi e

rilievi, con l'intento di completarli in corso d'opera, per l'impossibilità economica di provvedervi, e non è stato facile diffondere la coscienza delle diverse necessarie esigenze della progettazione cui la « Cassa » aderiva con anticipazioni delle spese ed il pronto pagamento degli onorari.

Queste condizioni avevano avuto conseguenze negative sulla qualità degli elaborati di progetto che la « Cassa » aveva trovato pronti all'inizio della propria attività, e ciò costringe a faticosi accertamenti complementari e a conseguenti modifiche, fino a vere rifazioni, che hanno richiesto tempo, faticoso lavoro e spesa.

Per superare queste difficoltà la « Cassa » ha anche finanziato appositi corsi di specializzazione in ingegneria sanitaria e concesse borse di studio per la frequenza di detti corsi da parte di ingegneri laureati. Detti corsi sono stati tenuti nell'Università di Napoli, presso la quale, sulla base di quanto aveva promesso e attuato la « Cassa », è stato poi istituito nel 1956, con decreto n. 892 dell'8 giugno 1959 del Presidente della Repubblica, un corso ufficiale permanente di specializzazione in ingegneria sanitaria per la cui frequenza la « Cassa » concede borse di studio, e che ha finora specializzato in ingegneria sanitaria 53 ingegneri.

In questo modo, e con la diffusione sempre più estesa dei criteri di tecnica specializzata, che è derivata dalla stessa istruttoria dei progetti fatta dalla « Cassa » e dalle modifiche richieste e svolte con la guida degli uffici, si è oggi raggiunto, in media, un grado di proprietà degli studi progettuali superiore a quello dei progetti che la « Cassa » trovò pronti all'atto della sua istituzione. I vantaggi per la generalità sono indiscutibili anche se non è facile ed immediato illustrarli e valutarli, e non si esauriscono nella buona progettazione e costruzione delle opere. Si ponga mente, infatti, all'ingente patrimonio di opere e di servizi acquedottistici che la « Cassa » va creando ed alle esigenze della gestione che dovrà assicurarne la conservazione e la regolare funzione e provvedere agli sviluppi futuri: accenneremo in seguito al complesso di problemi che ne derivano, ma è indubbio che l'aver favorito la formazione di un corpo di tecnici specializzati — quelli che prestano la loro opera negli uffici della « Cassa », degli enti e dei consorzi acquedottistici e quelli della libera professione, che si sono specializzati in ingegneria sanitaria e hanno lavorato a disegnare e costruire quelle opere — gioverà alla soluzione del problema dell'esercizio fornendo quadri specificatamente preparati alle necessarie organizzazioni di gestione.

Anche nella progettazione esecutiva — come e più che in quella di massima — di norma la « Cassa » ha richiesto che all'opera dell'ingegnere si affiancasse quella del geologo. Ogni progetto esecutivo, che non sia di puro e semplice raddoppio o sostituzione di acquedotti esistenti in buone condizioni di impianto, è, pertanto, oggetto di studio del geologo ed è accompagnato da una relazione geologica sui tracciati con le documentazioni grafiche occorrenti, quando, essendo detto studio già stato fatto in sede di massima, risulta necessario completarlo con rilievi di maggiore dettaglio o con lo studio di varianti.

Per opere di particolari caratteristiche, quali le dighe di sbarramento e le gallerie, specie se importanti (esempio: galleria per l'attraversamento del Matese nell'acquedotto campano; galleria di valico per l'allacciamento a Caposele delle acque delle sorgenti di Cassano Irpino per l'acquedotto pugliese; gallerie dell'acquedotto sussidiario di Palermo; di valico nell'acquedotto del Frida in Lucania, ecc.) si è fatto luogo a complete campagne di studio geognostico affidato ad apposite commissioni formate da geologi e dagli ingegneri della progettazione, provvedendo a tutti i rilevamenti cartografici (quando necessari), geofisici e alle perforazioni geognostiche.

Per la captazione delle acque, quando non vi si provveda, come si è detto, prima della progettazione esecutiva dell'acquedotto, i progettisti si sono avvalsi dei risultati dei lavori preliminari di indagine già sviluppati, in base ai quali, essendo stato definto il tipo della sorgente e le caratteristiche idrogeologiche di dettaglio, con l'ausilio del geologo sono state definite e progettate le opere di presa necessarie.

La possibilità offerta, poi, dalla organizzazione attuale degli uffici ai tecnici della « Cassa », che dopo aver guidato (o eseguito direttamente) lo studio dei progetti, prontamente ne curano la realizzazione, sorvegliando o dirigendo direttamente i lavori, e la conoscenza sempre più intima — quasi la confidenza — così acquisite dei luoghi, dei terreni, tanto vari e generalmente non favorevoli, ha consentito di trarre elementi più vasti e fondati di giudizio e criteri utilissimi per migliorare gli studi progettuali successivi: raccolta e messa a frutto di dati di lavoro, questa, la cui utilità ogni ingegnere facilmente può valutare e che solo la particolare struttura della « Cassa » ha consentito di attuare agevolmente, senza sforzo, per la dinamica interna di un sistema studiato e predisposto al fine da raggiungere.

1. - Criteri tecnici generali della progettazione delle varie parti degli acquedotti

Non è questa la sede per sviluppare come meriterebbe questo argomento. Ci limiteremo a notare solo qualche criterio di carattere generale che, pur nella diversità propria dei singoli complessi acquedottistici, ha guidato alla base la progettazione esecutiva, avendo già accennato a proposito della pianificazione e dei progetti di massima, ai criteri d'impostazione dei problemi e dello studio di massima delle soluzioni.

a) *Alimentazione*. Lo studio dei progetti esecutivi ha fatto seguito all'accertamento, il più fondato possibile, della disponibilità delle portate delle fonti di alimentazione. La progettazione esecutiva deve trovare il suo fondamento nella certezza, acquisita con numero di misure tecnicamente sufficiente, che le portate di fabbisogno dell'acquedotto nei vari mesi dell'anno siano assicurate dalle fonti di alimentazione che si prevede di allacciare, o all'atto della costruzione dell'opera o, in qualche caso, successivamente, con l'aumento dei consumi.

Di norma, poiché il regime di magra delle sorgenti e delle acque sotterranee in genere nelle regioni del Sud — con la eccezione di alcune grosse sorgenti dai calcari alimentate da vasti bacini a notevole precipitazione nevosa e lunga durata di corrivazione — ricade nel quadrimestre autunnale, è determinante per l'alimentazione degli acquedotti la portata fornita nei mesi caldi immediatamente precedenti (agosto, settembre), quando i consumi sono alti e le fonti tendono alla magra.

Per gli acquedotti maggiori che comprendono opere di grande spesa e con caratteristiche di servizio efficiente misurabile a secoli — quali canali in muratura in galleria o all'aperto, e grosse condotte cementizie — si è avuta cura di assicurare la disponibilità per tutto l'anno della massima portata di cui l'acquedotto è capace (portata del giorno di massimo consumo per le popolazioni previste tra un cinquantennio), per la fin troppo ovvia ragione economica che impone di sfruttare al massimo queste opere, al di là del cinquantennio di calcolo, così che le integrazioni future possano proporzionarsi, e per più lungo tempo, a più brevi durate di funzionamento. La qual cosa ha importanza notevole se si avverte che questa cautela interessa in particolare vasti acquedotti comprendenti nella loro zona di servizio grossi centri costieri o vicini sul mare, e si riflette che il sempre più intenso sfruttamento delle acque della terra costringerà ad indirizzare, secondo gli

orientamenti attuali della tecnica mondiale, i futuri rifornimenti d'acqua, specie in un territorio come l'Italia meridionale e insulare con grandissimo sviluppo di coste marittime, verso l'utilizzazione di acqua di mare, o di sorgenti litoranee, dissalata e sollevata, e quindi con impianti il cui costo d'esercizio sarà funzione diretta della durata ed intensità dell'esercizio stesso.

Cura particolare ha sempre ricevuto la captazione delle sorgenti. Anche se non fosse ben noto canone di buona tecnica assicurare la captazione di tutta la portata della scaturigine reale (geologica) e proteggere l'acqua captata da ogni contaminazione, sarebbe stato sufficiente il rilievo delle numerosissime captazioni a servizio degli acquedotti esistenti e dei gravissimi inconvenienti igienici cui esse danno luogo; delle gravi dispersioni d'acqua alle opere di presa; degli intorbidamenti frequenti per mescolanza con acque superficiali, per richiamare alla necessità di operare diversamente e rispettare le regole della sana ingegneria.

Per gli acquedotti alimentati da acque sotterranee la progettazione esecutiva e la costruzione dell'acquedotto è stata sempre subordinata all'esito positivo degli studi e delle prove di emungimento e misura di portata, condotte per lungo tempo — non meno di due mesi — nei periodi di magra.

Quando l'alimentazione è affidata ad invasi, il volume di questi è proporzionato per la regolazione totale o parziale dei deflussi in relazione al fabbisogno dell'acquedotto alimentato. In alcuni casi si è dovuto prevedere la costituzione di volumi di riserva per anni critici di minima piovosità.

Corrispondenti garanzie sono acquisite per quanto riguarda le caratteristiche di potabilità naturale delle acque quanto meno per prevedere nel progetto esecutivo gli eventuali trattamenti di potabilizzazione.

Gli impianti di potabilizzazione sono stati di norma previsti per le acque superficiali e solo raramente per qualche caso di acqua sorgentizia che si è dovuta utilizzare anche quando non era possibile assicurarne con la captazione permanenti caratteristiche di potabilità.

Detti impianti sono di solito progettati secondo la tecnica normalizzata che comprende la fase di chiarificazione con aggiunte di coagulanti, anche con impiego dei più recenti chiarificatori a bacino unico, di filtrazione rapida e di purificazione con cloro. Trattamenti di addolcimento sono stati finora previsti e sono in corso d'impianto solo in un acquedotto della Sardegna (acquedotto del Sarcidano) che deriva acqua

di sorgente fortemente incrostante; in nessun caso è stato finora necessario ricorrere a trattamenti deferrizzanti.

Il prof. ing. Girolamo Ippolito ha illustrato in altra parte i criteri seguiti nella progettazione e costruzione dei 17 impianti di potabilizzazione finora previsti, di cui alcuni già in esercizio e gli altri in diversa fase di realizzazione, destinati a trattare una portata complessiva di oltre 4,5 mc./sec. e dislocati come risulta dalla tabella 1 dello studio citato, per gran parte in Sardegna (13 su 17), tre in Sicilia e uno in Calabria.

b) *Adduzione.* I canali e le condotte (fino ai serbatoi di distribuzione) sono di norma proporzionati alle portate del giorno di massimo consumo (portata di dotazione per la popolazione a cinquant'anni, assunta in progetto).

I canali a pelo libero sono adottati per portate notevoli, superiori al mc./sec., e quando ne risulta economicamente conveniente l'impiego. Sono inseriti in acquedotti in pressione, nei tronchi che ricadono in galleria, quando le condizioni piezometriche lo consentono, e sia conveniente dare all'attraversamento a pelo libero anche funzioni di accumulo (serbatoi di linea).

Per i canali, specie in galleria, è stata tenuta in particolare evidenza la esigenza delle operazioni manutentorie predisponendo accessi a livello, o con pozzi e discenderie, a distanza opportuna, e gli organi per mettere all'asciutto i vari tronchi, interrompendo il deflusso nella sezione di monte il più vicino possibile al tronco in manutenzione (scarichi totali, porte di sezionamento, sfioratori).

Gli attraversamenti delle depressioni maggiori lungo i canali sono stati realizzati — date le caratteristiche degli attraversamenti stessi — con sifoni, dividendo di solito la portata in due tubazioni in c. a. ordinario o precompresso o in acciaio, muniti delle normali opere terminali e di scarico di fondo.

Il tipo di adduttrice di gran lunga più usato è la condotta in pressione come è facile comprendere se si considerano i valori di portata dei 386 acquedotti finora definiti quali risultano dalla seguente tabella.

Di norma le adduttrici sono posate in sede propria in striscia di terreno espropriata di larghezza normale di 4 m. per le condotte in pressione, sufficiente a garantire l'accesso e la facile eseguibilità di interventi manutentori in ogni sezione della condotta.

Si è già fatto cenno dell'impiego ammesso dei vari materiali di condotta e dei criteri di calcolo dei diametri: più dettagliatamente in

altra parte, il dr. Leonardo Rotundi [1] dà notizia degli studi compiuti in materia, dei perfezionamenti perseguiti e ottenuti nella fabbricazione dei tubi, nelle operazioni di costruzione delle condotte e nella protezione della parete interna e della difesa di quella esterna dalla corrosione.

TAB. 9 — *Acquedotti divisi per classe di portata.*

Regioni	Da 1 a 10 l./sec.	Da 10 a 50 l./sec.	Da 50 a 500 l./sec.	Da 500 l./sec a 1 mc./sec.	Da 1 a 7 mc./sec.	Numero totale acquedotti
Toscana . . .	19	1	—	—	—	20
Lazio . . .	6	88	9	1	—	24
Abruzzi . . .	62	9	3	1	—	75
Molise . . .	13	4	3	—	—	20
Campania . .	23	16	7	2	2	50
Puglia . . .	2	—	—	—	1	3
Basilicata . .	10	3	7	—	—	20
Calabria . . .	34	28	15	1	—	78
Sicilia . . .	24	18	12	4	1	59
Sardegna . . .	19	11	7	—	—	37
Totale	212	98	63	9	4	386

Di norma, salvo quanto determinato dai terreni di posa o da condizioni particolari, l'impiego delle tubazioni in c. a. ordinario è limitato ai diametri maggiori di 400 mm. e per pressioni di esercizio contenute nel limite di 6 atmosfere; il c. a. precompresso per diametri maggiori di 500 mm. e pressioni (finora raggiunte negli acquedotti della « Cassa ») di 25 atmosfere; l'amianto cemento per diametri da quello minimo, di norma fino a 450 mm. e pressioni fino a 15 atmosfere; l'acciaio dal minimo fino al massimo di 900 mm. per i tubi trafilati, e con diametri superiori per i tubi saldati.

Nelle condotte di avvicinamento, dai serbatoi agli abitati, così come nelle reti urbane quando alla spesa contribuisce la « Cassa », è impiegata, secondo la tecnica più diffusa, la ghisa.

Lo studio piezometrico della condotta nei progetti è svolto nelle due condizioni di scabrezza — a tubi nuovi e a tubi usati — ed a valvole riduttrici è affidata l'assorbimento localizzato dei carichi in eccesso avendosi cura di ubicare queste valvole nei manufatti o opere d'arte che richiedono per altra ragione vigilanza o manovre (partitori a pelo libero, serbatoi, ecc.), in modo da facilitare il controllo e la manutenzione.

Per i tubi in acciaio è di impiego normale la giunzione a saldatura elettrica che agli altri vantaggi unisce quello, particolarmente importante per condotte posate nei terreni non facili del Sud, di aumentare notevolmente la resistenza meccanica della condotta e le garanzie contro perdite e interruzioni di servizio dovute alle giunzioni. La minore

[1] Capo del Reparto studi e impianti speciali del SAF.

resistenza elettrica longitudinale della condotta, in confronto a quella con giunti ad imboccatura e materiali di ristagno, esige peraltro una più attenta cura nei provvedimenti di protezione passiva e l'adozione più estesa della protezione catodica che la « Cassa » prevede come *normale* in tutti gli acquedotti in acciaio [2].

Merita particolare citazione per le caratteristiche dei rivestimenti protettivi della parete esterna, e per la protezione attiva, la doppia condotta sottomarina che porta le acque dell'acquedotto campano alle isole di Procida e di Ischia. In altra parte è dettagliatamente riferito su questo acquedotto che è uno dei più notevoli costruiti dalla « Cassa » come è stato riconosciuto con l'assegnazione del premio ANIAI per l'ingegneria civile del 1958 [3].

Per le condotte di altro materiale è sempre più diffuso nei giunti l'impiego della gomma in luogo degli altri materiali di ristagno (piombo, mastici, ecc.): il giunto classico a corda e piombo, o a tutto piombo, è limitato solo alle condotte in ghisa di diametro piccolo e medio quando per condizioni locali queste guarnizioni di antico uso sono riconosciute di più comodo impiego.

Lo sviluppo complessivo delle condotte previste nei 386 progetti definiti al 31-12-1961 è di 12.218 km.

c) *Accumulazione*. Le capacità di accumulo sono previste negli acquedotti esterni per le funzioni di solito assegnate a tali opere. Negli acquedotti aventi rete di adduzione di grande sviluppo, o quando ricorrano particolari condizioni tecniche e di servizio, sono previsti serbatoi di riserva nei punti di nodo della rete adduttrice o anche in serie di adduttrici molto lunghe (un serbatoio ogni 20-30 km. all'incirca) e di capacità tale da assicurare la riserva di alimentazione per circa 24 ore per l'adduttrice derivata di maggiore portata, e la necessaria elasticità di esercizio, cioè di manovra delle riserve.

I serbatoi di distribuzione (generalmente di testata alle reti), hanno di solito capacità uguale al volume giornaliero fornito dall'ad-

[2] Il problema della protezione delle pareti delle condotte contro l'azione aggressiva delle acque e dei terreni ha ricevuto particolare attenzione da parte della « Cassa », che ha all'uopo costituito un apposito Centro Controllo Corrosione che provvede alla progettazione, installazione e gestione(direttamente o in sede di vigilanza) degli impianti di protezione catodica. Per questo vedi la relazione del prof. ing. Mario Jacopetti consulente della « Cassa » per questa materia.

[3] Vedi anche, per le caratteristiche eccezionali di questo acquedotto, « Rassegna Tecnica », periodico mensile dell'ANIAI (Sodalizio di Napoli), giugno 1959, n. 6, e « Ingegneria Sanitaria », periodico mensile dell'ANDIS, gennaio-febbraio 1954, n. 1.

duttrice e consentono quindi riserva per interruzione di alimentazione di durata anche maggiore di un giorno, contenendo opportunamente la portata distribuita.

Serbatoi di compenso sono anche previsti a cavallo degli impianti elevatori in funzione del regime di funzionamento degli impianti stessi.

In generale i serbatoi sono interrati. Di 1.432 serbatoi costruiti al 31 dicembre 1961 [4] con capacità complessiva di mc. 1.058.112 sono interrati 1.272 serbatoi con capacità totale di 847.111 mc. e sopraelevati 109 serbatoi con capacità di 31.654 mc.

In galleria ricadono 51 serbatoi con capacità di mc. 179.347: qualche serbatoio di questo tipo, come quello di S. Giacomo dei Capri terminale della nuova adduttrice dal Serino a Napoli, con annesso impianto elevatorio pure in caverna e della capacità di 60 mila mc., costituisce un esempio notevole di queste costruzioni.

I serbatoi interrati sono di norma in muratura di calcestruzzo cementizio con copertura a volta in calcestruzzo o a solaio piano in c. a. sostenuto — quando occorre — da archi (o travi) su pilastri.

Per capacità dell'ordine di 1.000 mc. di solito è adottata la divisione in due vasche.

Il cemento armato precompresso è stato adottato finora in alcuni serbatoi sopraelevati (nell'Aversano - Napoli) mentre di norma questi serbatoi sono in c. a. ordinario.

d) *Impianti elevatori e centrali di produzione di energia.* Gli impianti elevatori sono di norma previsti per il funzionamento normale con elettropompe con energia fornita dall'esterno. Per il funzionamento in periodi di interruzione della fornitura di energia è previsto o l'azionamento diretto delle pompe con motori termici (Diesel) ovvero l'azionamento delle elettropompe con energia elettrica prodotta termicamente nello stesso impianto.

In alcuni casi (acquedotto del Giardino, alcune diramazioni dell'acquedotto pugliese, acquedotto integrativo delle sorgenti di Cassano Irpino per l'acquedotto pugliese, complesso acquedotti campano-molisano, ecc.), è prevista una produzione di energia lungo l'acquedotto utilizzando carichi esuberanti a quelli necessari per l'adduzione, desti-

[4] Serbatoi costruiti al 31 dicembre 1961:

in galleria	n.	51	mc.	179.347
interrati	»	1.272	»	847.111
sopraelevati	»	109	»	31.654
Totale	n.	1.432	mc.	1.058.112

nando l'energia così prodotta a sollevamenti ricadenti lungo il complesso acquedottistico ma in altra località (Bari, complesso campano-molisano) o a restituzione di energia a utenti concessionari delle acque utilizzate dell'acquedotto e parzialmente sottesi dalla derivazione potabile, ovvero a sollevamenti nello stesso luogo della produzione, nel quale caso vi si provvede con gruppi turbina-pompa.

La situazione di questi impianti e centrali previsti nei progetti definiti al 31 dicembre 1961 e le loro caratteristiche sono di seguito riportati nella tabella 10.

e) *Condotte di avvicinamento.* Negli acquedotti esterni la « Cassa » ha compreso anche le condotte dal serbatoio di distribuzione all'origine delle reti urbane dei centri serviti dal serbatoio (« condotte di avvicinamento » o « condotte esterne »). Ne ha quindi assunta la costruzione a totale suo carico — per la evidente necessità di portare l'acqua nelle immediate vicinanze del consumo collegandosi alle reti esistenti (che sono poi completate e integrate nei modi già accennati e di cui si dirà meglio in seguito), ovvero alimentando alcune fontane pubbliche nei centri ove mancava ogni distribuzione d'acqua con acquedotti. Tali condotte (di norma, come anzidetto, costruite in ghisa ed eccezionalmente in amianto cemento o in acciaio) sono calcolate per la portata di massimo consumo orario e cioè per portate pari 1,25 ÷ 1,60 volte quelle dell'adduzione nei centri urbani maggiori, 1,60 ÷ 2 nei centri medi e a 2,50 ÷ 5 volte nei piccoli centri, specie se a carattere rurale.

TAB. 10 — *Impianti elevatori divisi per classi di portata, prevalenze e potenze.*

Regione	Impianti	Con portata in l./					
		minore di 5	fra 5 e 10	fra 10 e 25	fra 25 e 50	fra 50 e 100	fra 100 e 250
	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.
Toscana	9	3	6	—	—	—	—
Lazio	37	17	6	8	2	2	2
Abruzzi e Marche	21	9	5	5	—	1	1
Molise	19	13	1	1	1	1	1
Campania	48	22	9	5	8	2	1
Puglie	32	7	8	3	5	5	2
Basilicata	16	4	6	2	4	—	—
Calabria	26	7	3	7	7	2	—
Sicilia	25	5	8	3	3	4	2
Sardegna	20	6	4	5	3	2	—
Totale	253	93	56	39	33	19	10

Lo sviluppo delle condotte di avvicinamento previste nei progetti definiti al 31 dicembre 1961 è di 2.146 km.

f) *Opere di servizio, misure, controllo.* Nei progetti è prevista la costruzione di strade di servizio ove siano necessarie per l'accesso alle opere più importanti o richiedenti frequenti manovre e controlli. Al 31 dicembre 1961 risultavano costruiti 513 km. di strade di servizio.

Per le esigenze della gestione sono anche costruite linee telefoniche di servizio e linee di trasmissione elettrica per segnalazioni e comandi di apparecchiature ed impianti. Al 31 dicembre 1961 sono costruiti 706 km. di tali linee.

Risultano inoltre costruite, lungo gli acquedotti esterni, 127 case cantoniere per il personale addetto alla sorveglianza, manovra e piccola manutenzione delle opere e magazzini relativi.

Nei progetti è compreso lo studio idrometrico dell'acquedotto e prevista l'installazione degli apparecchi di misura di vario tipo a seconda dei dati di rilevamento occorrenti in esercizio.

A questo proposito, pur se può sembrare inutile dopo quanto già detto sopra, conviene notare esplicitamente che gli acquedotti costruiti dalla « Cassa » sono previsti per la distribuzione dell'acqua a deflusso libero misurato da contatore per tutte le erogazioni, con esclusione delle bocche da incendio (a erogazione libera) e delle fontanine pubbliche che erogano a comando attraverso luci tarate, e cioè per una distribuzione fatta con il metodo universalmente oggi adottato nell'impianto di nuovi servizi di acquedotto.

l./sec.		Con prevalenza in m.				Potenza installata complessiva (regime più riserva, in Kw				
oltre 250	Totale	minore di 50	fra 50 e 100	fra 100 e 300	oltre 300	minore di 50	fra 50 e 100	fra 100 e 250	oltre 250	Totale Kw
N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	N.	
—	59	2	5	1	1	9	—	—	—	595
—	760	5	10	20	2	28	5	3	1	2.782
—	432	1	9	11	—	18	1	2	—	1.062
—	486	2	7	9	1	16	—	1	2	4.479
1	1 588	5	13	23	7	31	3	11	3	5.080
2	2.113	7	10	13	2	20	2	8	2	4.420
—	215	4	1	10	1	15	—	1	—	455
—	540	—	6	17	3	15	7	3	1	2.470
—	835	2	7	12	4	14	3	5	3	4.241
—	363	3	6	8	3	14	3	3	—	1 369
3	7.382	31	74	124	24	180	24	37	12	26.953

VIII

ESECUZIONE DEI LAVORI

La legge istitutiva della « Cassa » all'art. 8, modificato dall'art. 13 della legge 29 luglio 1957 n. 634, stabilisce che « di norma » la « Cassa » conceda l'esecuzione delle opere ad enti locali o a loro consorzi (nel caso, comuni e consorzi di comuni) e ad altri enti di diritto pubblico (come l'EAAP, l'EAS, l'ESAF, ecc.) [1]. Lo stesso art. 8 prevede che la « Cassa » possa far luogo alla esecuzione diretta e procedere quindi agli appalti: l'esercizio di tale facoltà è connessa con la norma dell'art. 4 della stessa legge istitutiva per la quale la « Cassa » è autorizzata a predisporre i progetti delle opere comprese nei suoi programmi ove gli enti locali e gli altri enti pubblici non possano direttamente provvedervi.

La « Cassa », in altri termini, quando esistono organi periferici competenti per legge alla esecuzione di determinate opere e questi siano in grado, per organizzazione e attrezzatura, di gestire regolarmente i lavori, fa la concessione dei lavori di costruzione a detti enti; in caso contrario provvede direttamente. Questa doppia forma di esecuzione — che la legge ha previsto in relazione alla stessa condizione di fatto che portò alla istituzione dell'organo straordinario « Cassa » per eseguire in breve tempo un intenso lavoro cui gli organi ordinari non potevano provvedere — ha ricevuto nel caso degli acquedotti concreta applicazione. Dei 1.291 lavori complessivamente eseguiti od in esecuzione al 31 dicembre 1961, n. 542, per l'importo totale (al netto dei ribassi di asta) di 107 miliardi e 76 milioni di lire sono stati infatti appaltati direttamente dalla « Cassa » che li gestisce a mezzo di propri uffici di zona, e 749 per l'importo di 94 miliardi e 518 milioni di lire sono stati dati in concessione. In totale il 42% dei lavori, per importo

[1] EAAP = Ente Autonomo Acquedotto Pugliese; EAS = Ente Acquedotti Siciliani; ESAF = Ente Sardo Acquedotti Fognature.

pari al 53% del totale, sono eseguiti direttamente dalla « Cassa », e la restante parte è stata data in concessione.

Nelle tabelle seguenti, distintamente per i lavori in concessione e per quelli in esecuzione diretta, sono riportati il numero e gli importi netti dei lavori appaltati, della fornitura dei materiali, dei lavori in economia, delle espropriazioni e delle spese generali.

TAB. 11 — *Lavori in concessione al 31 dicembre 1691.*

Regioni	Numero delle concessioni (1)	Importo netto dei lavori (2)	Forniture materiali, apparecchi, macchinari ed eventuali lavori in economia (3)	Lavori in economia, opere sussidiarie, studi, analisi e ricerche, protezione catodica (4)
Toscana	22	416.100.408	132.434.191	70.768.579
Marche	2	128.386.250	45.364.157	56.570.000
Lazio	24	5.298.912.560	2.243.394.130	549.911.705
Abruzzi	67	3.612.926.279	2.019.644.693	280.310.603
Campania	207	10.584.613.423	3.181.618.565	663.967.459
Puglia-Basilicata	151	17.243.292.806	3.611.750.973	989.085.776
Calabria	34	2.460.888.193	809.395.734	52.947 835
Sicilia	206	61.815.677.901	6.188.124.229	1.897.278 097
Sardegna	36	4 575 202 940	982.540.191	183.474.530
Totali	749	61.136.000.760	19.214.266.863	4.744.314.584

Regioni	Espropriazioni e indennizzi (5)	Spese generali (6)	Imprevisti (7)	Totali (8) = col. da 1 a 7
Toscana	23.665.476	41.921.160	4.443.606	689.333.420
Marche	300.000	18.449.633	10.015.109	259.085.149
Lazio	230.347.648	477.392.346	11.571.670	8.811.530.059
Abruzzi	237.436 491	357.427.842	86.477.828	6.594.223.736
Campania	664.516.656	871.642.239	194.779.588	16.161.137.930
Puglia-Basilicata	319.413.449	1.269.300.206	515.747.320	23.948.590 530
Calabria	58 229.600	167.079.483	55.178.856	3.603.719.701
Sicilia	1.033.075.825	1.637.227.829	582.557.413	28.153.941.294
Sardegna	126.804 094	323.730 633	105.108.344	6.296.860.732
Totali	2.693.789.239	5.164.171.371	1.565.879.734	94.518.422.551

I titolari delle concessioni, fino al 31 dicembre 1961 sono 58 così distribuiti:

enti acquedottistici	3
consorzi di comuni	20
comuni	21
consorzi di bonifica e vari	14

1. - Atti di concessione

Mentre per le opere di bonifica l'istituto della concessione sia ad enti pubblici che a privati aveva una completa disciplina nelle leggi e nei regolamenti vigenti, per la costruzione di acquedotti la legge cui

Tab. 12 — *Lavori diretti al 31 dicembre 1961.*

Regioni	Numero dei lavori diretti (1)	Importo netto dei lavori (2)	Forniture materiali, apparecchi, macchinari ed eventuali lavori in economia (3)	Lavori in economia, opere sussidiarie, studi, analisi e ricerche, protezione catodica (4)
Abruzzi	62	4.823.421.033	2.226.942.647	607.580.117
Calabria	193	11.095.006.531	4.875.614.122	2.759.550.367
Complesso Acquedotti Campano Molisani	179	36.718.578.277	12.192.105.408	1.534.357.471
Lazio	53	5.291.593.993	1.396.241.058	1.049.859.011
Sardegna	55	7.337.397.347	2.281.594 545	473.103.077
Totali	542	65.265.997.181	22.972.497.780	6.424.450.043

Regioni	Espropriazioni e indennizzi (5)	Spese generali (6)	Imprevisti (7)	Totali (8) = col. da 1 a 7
Abruzzi	337.983.287	494.355.073	149.837.811	8.640.119.968
Calabria	786.482.382	1.108.133.852	642.133.092	21.266.920.346
Complesso Acquedotti Campano Molisani	2.908 344.846	2.832.384.690	1.101.227.858	57.286.998.550
Lazio	285.536.507	426.725.043	184.250.814	8.634.206.426
Sardegna	334.877.836	642.046.541	179.058.215	11.248.077.561
Totali	4.653.224.858	5.503.645.199	2.256.507.790	107.076.322.851

riferirsi è quella che contiene disposizioni sulle concessioni di opere pubbliche (legge 24 giugno 1929 n. 1.137) che stabilisce solo i criteri generali per queste concessioni. Col rispetto di questi criteri generali è stato quindi redatto lo schema dell'atto di concessione dei lavori di costruzione degli acquedotti e delle fognature.

Le caratteristiche e disposizioni principali di tale schema possono così riassumersi.

La concessione è fatta a consuntivo; il concessionario è tenuto a documentare la libera disponibilità dell'acqua destinata all'alimentazione dell'opera quando la « Cassa » non provveda essa stessa alle pratiche per la concessione delle acque. Negli atti di concessione è stabilito il versamento rateale delle somme necessarie in base agli stati di avanzamento dei lavori in appalto o per cottimi, e delle riconosciute esigenze dei lavori e forniture in economia e l'anticipazione parziale della aliquota di spese generali riconosciuta. Gli stessi atti contengono disposizioni e norme per l'appalto e l'esecuzione dei lavori e stabiliscono l'obbligo del concessionario alla manutenzione ed all'esercizio delle opere e al versamento della quota di rinnovamento delle opere stesse nella misura stabilita dalla « Cassa », in apposito conto corrente fruttifero intestato alla « Cassa » presso un Istituto bancario. La « Cassa » si riserva la vigilanza nella gestione dei lavori e l'intervento dei suoi rappresentanti per assistere alle deliberazioni del concessionario. Le concessioni sanciscono altresì l'obbligo di provvedere alle espropriazioni occorrenti e contengono norme regolatrici della decadenza della concessione o della revoca della stessa disposizione relative al collaudo delle opere nei riguardi del concessionario.

2. - Gestione dei lavori

Per la gestione dei lavori secondo quanto stabilito dalla legge istitutiva della « Cassa », si osservano, in quanto applicabili, le norme vigenti per l'esecuzione delle opere pubbliche di competenza del Ministero dei Lavori Pubblici.

Nei lavori in concessione la direzione dei lavori è tenuta da un ingegnere funzionario dell'ente concessionario e in alcuni casi da ingegneri liberi professionisti; l'ingegnere capo è di norma un funzionario dell'ente. Per i lavori gestiti direttamente dalla « Cassa » sono incaricati, con funzioni di direttore e di ingegnere capo, i funzionari dell'Istituto.

Le funzioni che la legge e i regolamenti sui lavori pubblici riservano al Ministro sono di competenza del Consiglio di Amministrazione della « Cassa » e del Presidente, per delega del Consiglio, per quanto riguarda i lavori condotti direttamente dalla « Cassa », mentre per quelli in concessione l'intervento del Consiglio di Amministrazione nel corso della gestione è stabilito per ogni atto o fatto di essa da cui possa dipendere aumento dell'importo della concessione. La « Cassa » vigila sulla gestione dei lavori in concessione a mezzo dei propri uffici.

Circa la rispondenza degli enti concessionari alle esigenze della buona gestione dei lavori, in generale deve riconoscersi che, fatta eccezione per gli enti acquedottistici (EAAP, EAS, ecc.), aventi già una organizzazione da molti anni sperimentata e tecnici specializzati, dei vari gradi necessari per i compiti di gestione dei lavori, gli altri concessionari, salvo lodevoli eccezioni, non erano nella stessa misura pronti, come uomini e mezzi, ai compiti straordinari dei lavori della « Cassa ». Di conseguenza si è provveduto, con l'assistenza e l'aiuto della « Cassa », ad adeguare, per quanto possibile, mezzi ed uomini e ci si è avvalsi del contributo di tecnici della libera professione. Ma può dirsi che l'istituto del consorzio dei comuni, nei comprensori dove la « Cassa » ha operato, ha dimostrato di non essere l'organismo più idoneo — almeno allo stato attuale — alla funzione di costruire e gestire sistemi di acquedotti e fognature, perché in sostanza esso assomma le insufficienze di organizzazione e tecnica specializzata proprie dei comuni e non le supera, perché deve operare in base alle stesse leggi, regolamenti e controlli delle amministrazioni dei comuni.

La « Cassa » — come accennato — ha istituito uffici del proprio Servizio Acquedotti e Fognature nelle zone dove in prevalenza opera direttamente, e precisamente per il Lazio, gli Abruzzi, la Calabria, la Sardegna ed il territorio servito dal sistema di acquedotti campano-molisani che copre tutto il Molise e gran parte della Campania [2]. Questi uffici provvedono, di norma alla progettazione delle opere, occorendo con il concorso di tecnici della libera professione, e direttamente alla gestione dei lavori appaltati dalla « Cassa » nonché alla vigilanza sui lavori dati in concessione ricadenti nello stesso territorio.

In questi uffici, che curano, come si dirà dopo, anche l'esercizio provvisorio degli acquedotti costruiti, si è riusciti a realizzare

[2] I confini delle zone assegnate agli uffici, tranne che per la Sardegna, non concordano con quelli della regione geografica per le ragioni già accennate a proposito del piano di normalizzazione.

un'alta specializzazione tecnica e di gestione amministrativa dei lavori insieme alla più intima conoscenza dei fabbisogni, delle risorse idriche e, in genere, delle caratteristiche geografiche della zona in cui operano, ottenendo nel complesso un alto grado di funzionalità, di competenza specifica e di capacità a realizzare presto e con alta efficacia.

Per le zone (Salernitano, Sannio, Irpinia, Puglia, Sicilia) ove la « Cassa » opera in massima parte attraverso le concessioni e non ha quindi la diretta gestione dei lavori, l'azione dell'Istituto, per quanto attiene alle fasi di progettazione e vigilanza sui lavori, è affidata a reparti di zona dell'Ufficio Centrale Tecnico. Ciò ha consentito di raggiungere le stesse condizioni di conoscenza specifica e di preparazione che si sono dimostrati nella pratica elementi fondamentali per il pronto e più aderente intervento della « Cassa » nella realizzazione di questi suoi compiti.

3. - Appalto e svolgimento dei lavori

Per la costruzione degli acquedotti — opere nelle quali l'impiego di manufatti fabbricati in stabilimenti di produzione, sia italiani che esteri, estranei al cantiere di costruzione (quali tubazioni, apparecchiature di manovra e misura, macchinari, ecc.), costituisce parte essenziale delle opere e di peso economico rilevante sul totale dell'importo di progetto — la « Cassa » provvede ora direttamente, in base a regolari offerte di prezzi, alle ordinazioni, controlli, collaudi, relativi alla fornitura di questi manufatti, sia per i lavori diretti che per quelli in concessione, ed affida invece l'esecuzione dei lavori (movimenti di terra, costruzione di manufatti murari ed opere d'arte, trasporto e posa in opera di tubazioni, apparecchiature, ecc.) a ditte appaltatrici di lavori, di norma a mezzo di licitazioni private.

Alcuni lavori, come quelli di indagine e di captazione delle sorgenti sono, di solito, eseguiti in economia, sia in amministrazione diretta sia con cottimi fiduciari, come è regola per tali lavori ed opere, la cui definizione tecnica dipende dallo stesso svolgersi dei lavori. I lavori così eseguiti, al 31 dicembre 1961 sono 359.

a) *Collocamento in appalto dei lavori.* Le licitazioni private si svolgono in base alle norme vigenti per l'amministrazione del patrimonio e per la contabilità generale dello Stato, tra congruo numero di ditte che vi sono invitate anche sulla base delle richieste che da esse perven-

gono, a seguito della pubblicazione di apposito bollettino a stampa contenente le notizie dei prossimi bandi di gara ed a seguito di valutazione della caratteristica di ogni ditta sia in ordine alla specifica capacità tecnica e alle particolari attrezzature per il particolare lavoro che interessa, sia alla capacità finanziaria ed ai risultati di precedenti appalti. Il numero dei lavori finora collocati in appalto è di 1.291; il numero delle ditte appaltatrici 531 con una media quindi, di 2,43 appalti per ogni ditta: 324 ditte sono state aggiudicatarie di un solo appalto. L'aggiudicazione dell'appalto è fatta al migliore offerente: in alcuni casi particolari, quali, ad esempio, la ripetizione di gare, la licitazione viene tenuta col metodo del massimo e del minimo, sulla base di una scheda segreta predisposta dall'amministrazione (dalla « Cassa » anche per gli appalti di lavoro dati in concessione), contenente un ribasso minimo, al di sotto del quale le offerte non sono considerate valide, ed un coefficiente di correzione che aggiunto algebricamente al ribasso medio delle offerte ammesse in gara, costituisce il valore del ribasso massimo.

Notevole è stata l'influenza positiva dello svolgimento del programma acquedottistico della « Cassa » sullo sviluppo numerico e sul miglioramento dell'attrezzatura delle ditte appaltatrici: attualmente non v'è difficoltà a collocare i lavori e può riconoscersi che in genere nella esecuzione non sorgono difficoltà notevoli che dipendano da inadeguatezza tecnica, organizzativa o finanziaria degli esecutori dei lavori.

L'importo dei lavori appaltati al 31 dicembre 1961 è di 201.594 milioni di lire, pari a circa il doppio dell'importo previsto nel piano decennale.

b) *Risoluzioni di contratti di appalto.* Il numero delle risoluzioni di contratto è stato finora di 61 sul totale di 1.291 contratti di appalto, e quindi nella misura percentuale di 4,7. Di queste risoluzioni 17 sono dipese da morte o grave malattia dei titolari delle imprese; 27 da fallimento o da gravi difficoltà finanziarie delle imprese che hanno fatto riconoscere l'utilità della risoluzione del contratto; 14 da cause varie; 3, invece, sono state attuate con la procedura della rescissione per negligenza o altri fatti addebitabili all'impresa.

c) *Ribassi di gara.* I ribassi ottenuti nelle gare di appalto fino alla data del 31 dicembre 1961 sono riportati nella seguente tabella 13, ove appaiono i ribassi medi percentuali per classi di importo dei lavori.

d) *Collaudi.* Il collaudo dei lavori è fatto a norma di legge, da collaudatori nominati dal Ministero dei LL. PP. iscritti all'albo dei collaudatori di opere pubbliche di competenza di quel dicastero.

I collaudi finora eseguiti sono 715 e si riferiscono a 585 progetti dell'importo, netto dal ribasso d'asta di 80.917 milioni di lire. Su richiesta della « Cassa », per 22 appalti sono stati nominati collaudatori in corso d'opera.

TAB. 13 — *Ribassi medi percentuali ottenuti nelle gare di appalto secondo le classi di importo dei lavori.*

Classi di importo (milioni di lire)	Ribassi medi percentuali
fino a 150	11
da 151 a 600	13
da 601 a 1000	17
oltre 1000	13
In media	13,5

e) *Riserve delle imprese.* Fino al 31 dicembre 1961, sono state risolte in sede amministrativa o arbitrale *domande di maggiori compensi* per 155 appalti (64 in gestione diretta della « Cassa », 91 in concessione) avanzate da 131 ditte appaltatrici con i risultati riassunti nella seguente tabella 14.

L'importo complessivo di queste riserve, risolte in via amministrativa ed arbitrale, per complessive L. 669.800.000 rappresenta circa il 17,60% dell'importo totale delle domande avanzate dalle imprese e il 4,09% dell'importo netto complessivo dei lavori cui si riferiscono.

TAB. 14 — *Richieste di maggiori compensi avanzate dalle imprese appaltatrici e liquidate al 31 dicembre 1961 (importi in migliaia di lire).*

Categorie dei lavori	Numero appalti	Importo complessivo contrattuale	Numero imprese	Importo richieste di maggiori compensi		
				Esaminate	Accolte	Decise in arbitrato
In gestione diretta	64	8.345.575	52	2.129.157	247.351	181.732
In concessione	91	8.030.474	79	1.677.104	240.717	—
Totale	155	16.376.049	131	3.806.261	488.068	181.732

f) *Revisione prezzi.* Gli appalti sottoposti a revisione dei prezzi, sulla base delle richieste avanzate dalle imprese, sono stati finora 32 e si riferiscono a lavori che hanno avuto inizio dalla fine del 1950 al maggio 1958. L'importo dei lavori per i quali è stata domandata la revisione dalle imprese è, al netto, di L. 12.426.381.542.

La durata media dei lavori è stata di 38 mesi.

L'aumento medio del costo della mano d'opera nel periodo 1951-1958 è stato del 26%.

L'importo liquidato, netto, è stato di L. 426.934.632, pari al 3,72% dell'ammontare netto dei lavori.

4. - Fornitura dei materiali

All'inizio dell'attività della « Cassa », la fornitura dei materiali di condotta (tubi, pezzi speciali, apparecchiature) era compresa nei lavori in appalto: a procurarsi i materiali provvedevano le ditte appaltatrici dei lavori; ne erano escluse solo le tubazioni di acciaio (tubi e pezzi speciali), alla cui fornitura provvedeva direttamente la stazione appaltante (« Cassa » o concessionario). La « Cassa », infatti, aveva dovuto stipulare un contratto con la ditta Dalmine, onde assicurarsi l'approvvigionamento di tubi d'acciaio finanziando l'anticipato acquisto di materie prime (rottami) reso necessario dalle conseguenze delle particolari congiunture internazionali di quel periodo.

Nel corso dei lavori si rilevarono, però, inconvenienti di vario genere in ordine alla qualità dei manufatti acquistati e forniti dalle singole ditte appaltatrici, alla regolarità delle forniture, al costo delle stesse e alla mancata applicazione delle agevolazioni fiscali stabilite dalla legge della « Cassa » e delle quali l'amministrazione finanziaria non riteneva potessero giovarsi i concessionari dei lavori.

Dal 1957 fu quindi modificato sostanzialmente il sistema della fornitura dei materiali provvedendo alla fornitura diretta da parte della « Cassa » di tutti i materiali di condotta, apparecchiature, macchinari, la cui fabbricazione è indipendente dai cantieri per la esecuzione dei lavori appaltati.

Con tale sistema sono state disciplinate le varie operazioni per le gare di forniture, le ordinazioni, i collaudi, le consegne e i pagamenti, non solo per i materiali tubolari di acciaio, ma anche per tutti gli altri materiali e per le apparecchiature e macchinari impiegati negli acquedotti.

Questa materia è trattata da apposito ufficio, che cura, d'accordo con il reparto studi e impianti speciali e gli altri uffici tecnici del Servizio, la determinazione delle caratteristiche tecniche particolari per le singole forniture e quelle generali comuni ai manufatti di corrente impiego, le norme di fabbricazione, di controllo e di collaudo, la parte a carattere tecnico-commerciale della fornitura (quali la formulazione di contratti, le modalità di gara e di controllo dei materiali forniti dalle ditte, ecc).

Con regolari disciplinari per le forniture, la sorveglianza della fabbricazione attraverso esperti collaudatori e prove sistematiche, e, saltuariamente, con prelevamento di campioni da assoggettare a prove di laboratori ufficiali, si sono ottenuti sensibili miglioramenti dei prodotti, con vantaggio non solo per i lavori finanziati dalla « Cassa », e, in definitiva, notevolissime economie rispetto al sistema di forniture per tramite delle ditte appaltatrici dei lavori.

Queste, peraltro, così come sono responsabili, per contratto, verso la stazione appaltante dei trasporti a piè d'opera successivi alla presa in consegna e della messa in opera dei materiali (materiali di condotte e macchinari) che vengono forniti dall'amministrazione, sono facoltate a partecipare ai collaudi che l'amministrazione fa nelle officine di fabbricazione, mentre all'atto della presa in consegna hanno la possibilità di fare tutte le riserve che ritengono opportune in ordine allo stato e qualità dei materiali che prendono in consegna.

È da notare che questo sistema non ha finora provocato alcun inconveniente di ordine sostanziale: è solo accaduto che alcune volte le ditte hanno richiesto il riconoscimento di ritardi di alcune forniture, la qual cosa nella maggior parte dei casi si è poi dimostrata senza fondamento, e non modifica il vantaggio generale della più sollecita disponibilità dei materiali che si è ottenuto proprio col sistema delle ordinazioni dirette, in dipendenza dell'inquadramento reso così possibile dei fabbisogni dei diversi lavori, e la regolamentazione rigida dei termini di consegna stabiliti nei contratti di fornitura fatti dalla « Cassa ».

I dati che seguono indicano le misure delle forniture effettuate nel periodo dal 1° gennaio 1957 al 31 dicembre 1961.

Materiali tubolari di acciaio

forniti tra l'1-1-1957 e il 31-12-1961	tonn. 84.000	km. 2850	L. 11.400.000.000
forniti precedentemente	» 76.000	» 2250	» 10.000.000.000
Totale	tonn. 160.000	km. 5100	L. 21.400.000.000

Materiali tubolari di ghisa						
forniti tra l'1-1-1957 e il 31-12-1961	tonn.	35.500	km.	700	L.	3.500.000.000
forniti precedentemente	»	25.000	»	450	»	2.500.000.000
Totale	tonn.	60.500	km.	1150	L.	6.000.000.000
Materiali tubolari di amianto cemento						
forniti tra l'1-1-1957 e il 31-12-1961			km.	855	L.	1.210.000.000
forniti precedentemente			»	980	»	1.400.000.000
Totale			km.	1.835	L.	2.610.000.000
Macchine di sollevamento						
ordinati tra l'1-1-1958 e il 31-12-1961			n.	148	L.	1.600.000.000
potenza installata (*a*)			kW.	16.000		
portata sollevabile (*a*)			l./sec.	16.000		
Apparecchi e strumenti di misura			n.	960	L.	360.000.000
valvole, sfiati, venturimetri, ecc.			pezzi n.	40.000	»	690.000.000

(a) Compresi i gruppi di riserva.

Nel periodo compreso tra il 1° gennaio 1957 e il 31 dicembre 1961 l'Ufficio approvvigionamento materiali ha inflitto penali per ritardo nelle consegne delle forniture per complessive L. 13.000.000.

5. - Durata media dei lavori

In termini contrattuali la durata dei lavori è l'intervallo tra la data del verbale di consegna e quella del verbale di ultimazione.

Per i 557 appalti per i quali è già stato fatto il verbale di ultimazione la durata media è risultata di mesi 19.

Importa però, al fine sostanziale, tener conto del fatto che di norma la « Cassa » non appena un acquedotto è in grado di entrare in funzione, anche se mancano in tutto o in parte lavori di completamento non influenti sulla continuità e la sicurezza del servizio dell'acqua, o se è possibile il funzionamento limitato ad una parte dell'opera (ad esempio, una parte di un impianto di potabilizzazione o di epurazione di liquami in grado di trattare la portata del primo periodo di servizio), normalmente dà inizio all'esercizio provvisorio dell'opera per non ritardare il beneficio che essa è destinata a dare alle popolazioni. Questo si è detto per rilevare che, di fatto, gli acquedotti entrano in funzione dopo periodi di tempo dall'inizio dei lavori, di solito minori di quello intercorrente tra le date del verbale di consegna e di quello di ultimazione dei lavori.

IX

DATI CONSUNTIVI DEL PRIMO DODICENNIO DI ATTIVITÀ E RISULTATI CONSEGUITI

Nella seguente tabella 15 (cfr. allegato) sono riportati, per gli acquedotti esterni, i dati consuntivi caratteristici delle opere eseguite e già entrate in funzione al 31 dicembre 1961.

Ad illustrare questi dati consuntivi al termine di circa dodici anni di attività giova il confronto con quelli corrispondenti dell'acquedotto pugliese che, come è noto, è il più lungo acquedotto del mondo e che ha impegnato per la sua costruzione oltre trenta anni di lavoro.

La lunghezza complessiva dei canali e condotte di adduzione costruiti in questi dodici anni dalla « Cassa » (km. 7.611) è uguale a due volte e mezzo lo sviluppo di quelli dell'acquedotto pugliese (km. 2.417); il numero dei serbatoi è circa sei volte più grande; gli impianti elevatori sono in numero più che doppio; la portata complessiva captata, con 796 opere di presa, è più del doppio di quella captata con l'opera di presa della sorgente di Caposele che alimenta l'acquedotto pugliese.

I comuni e i centri alimentati al 31 dicembre 1961 sono rispettivamente 828 e 1.330 con popolazione complessiva (al 1951) di 5.374.062 abitanti, ma deve essere subito osservato che per un numero elevato di comuni — 276 — con popolazione (al 1951) di circa tre milioni di abitanti le opere sono costruite e sarebbero già in funzione (si parla qui del grande complesso dell'acquedotto campano) se, per ragioni estranee alla « Cassa », non fossero intervenuti ritardi nella costruzione di alcuni completamenti che hanno impedito la messa in funzione dell'acquedotto: comunque, superati anche questi ostacoli esterni, l'acquedotto campano entrerà in esercizio tra la fine del 1962 e i primi mesi del 1963.

Quello che però importa per valutare il lavoro fatto, se si tiene conto di tutto quanto è stato finora esposto circa lo sviluppo graduale dell'intervento, la mancanza o la deficienza di dati di rilevamenti anteriori alla istituzione della « Cassa » e la deficienza o la mancanza di

TAB. 15 — *Opere di presa, condotte e serbatoi costruiti al 31 dicembre 1961.*

Regioni	Opere di presa		Condotte (km.)					Canali a pelo libero (km.)		Serbatoi	
	N	l./sec.	Acciaio	Ghisa	Cemento armato	Amianto Cemento	Totale	in trincea	in galleria	N.	mc.
Toscana	65	83,2	11,1	4,3	—	30,9	46,3	—	—	19	3.600
Lazio	34	706,6	502,0	174,5	27,7	259,7	963,9	—	2,1	166	53.824
Abruzzi	42	2.259,2	516,3	91,3	80,3	56,6	744,5	0,1	1,4	210	67.378
Molise	50	429,0	612,7	115,0	30,9	137,0	895,6	—	0,1	175	111.020
Campania . . .	139	6.051,6	944,8	475,2	161,8	435,9	2.017,7	4,6	34,7	425	428.944
Puglia	46	1.438,5	16,7	26,0	142,0	98,2	282,9	0,2	2,0	25	72.036
Basilicata . . .	26	270,0	243,2	18,7	—	25,3	287,2	—	5,4	13	12.500
Calabria . . .	220	1.671,9	775,1	60,9	—	67,0	903,0	—	0,4	175	111.985
Sicilia	111	1,940,7	471,5	96,6	18,5	112,3	698,9	0,5	13,5	103	89.331
Sardegna . . .	63	848,1	272,3	47,2	58,5	325,3	703,3	0,3	2,3	121	107.494
Totali	796	15.698,8	4.365,7	1.109,7	519,7	1.548,2	7.543,3	5,7	61,9	1.432	1.058.112

studi e di progetti, più che il numero di acquedotti già entrati in servizio è la misura di quanto è stato studiato, definito, progettato ed è in costruzione o sta per essere messo in lavoro. Questo si concreta, come è stato accennato, nei 386 acquedotti già definiti che interessano il 71% della popolazione e per i quali è previsto l'intervento, contro i 53 acquedotti del piano decennale che rappresentavano il compito attribuito alla « Cassa » in questo settore all'atto della sua istituzione e per la sua durata decennale stabilita dalla prima legge del 1950.

Per chi abbia l'abito dell'ingegnere, questo significa che al termine del dodicennio 1950-1962 il lavoro più difficile e più lungo, anche se è stato assegnato in corso del dodicennio (l'ultima legge di finanziamento è del luglio 1957), è stato compiuto: la realizzazione avrà termine nel tempo necessario allo studio degli ulteriori progetti e alla esecuzione dei lavori.

Chi voglia, invece, valutare il lavoro fatto in termini di spesa — la qual cosa ha importanza da molti punti di vista — deve considerare che al 31 dicembre 1961 la « Cassa » ha effettuato pagamenti, per lavori di acquedotti ultimati o in corso, per 150.000 milioni di lire e cioè per una somma superiore a quella di 105.000 milioni circa ad essa assegnata per acquedotti e da erogare entro la stessa data — al qual compito la « Cassa » aveva inizialmente proporzionato la sua struttura operativa — mentre, alla stessa data, l'importo dei lavori appaltati ammonta a 201.594 milioni di lire.

X

FINANZIAMENTI ATTUALI E SPESA PREVEDIBILE PER LA NORMALIZZAZIONE DELLE OPERE ESTERNE

Come si è accennato nel corso della precedente esposizione, al finanziamento degli interventi della « Cassa » per la normalizzazione delle opere esterne degli acquedotti nel Mezzogiorno e nelle isole hanno provveduto le leggi n. 646 del 10 agosto 1950, n. 949 del 25 luglio 1952 e n. 634 del 29 luglio 1957.

Sui fondi assegnati alla « Cassa » con dette leggi il Comitato dei Ministri ha, infatti, destinato al settore acquedotti e fognature rispettivamente 105 miliardi, 67 miliardi e, in ultimo, 110 miliardi di lire.

Sono stati, inoltre, destinati a costruzione di opere esterne di acquedotti a servizio di località turistiche, facenti quindi carico ai fondi assegnati alle opere turistiche finanziate dalla « Cassa », 4 miliardi di lire.

In totale, i fondi finora assegnati per la normalizzazione degli acquedotti esterni ammontano, al 31 dicembre 1961, a 286 miliardi di lire e cioè a circa il 77% della spesa di 374 miliardi di lire per attuare la completa normalizzazione delle opere esterne degli acquedotti, quale risulta dall'aggiornamento delle previsioni fatto alla data del 1960.

Questo ultimo importo risulta dalla somma della spesa già sostenuta a quella data per gli acquedotti costruiti, dell'importo di progetto di quelli in costruzione o solo progettati, delle previsioni di spesa che, con diverso grado di approssimazione, sono fornite dai piani di normalizzazione già studiati, per gli acquedotti compresi nei piani e non ancora progettati, e da valutazioni, necessariamente più sommarie, per quelli delle due zone — valle del Crati in Calabria e alcune delle isole minori della Sicilia — sulle 45 in cui, come si è visto, è diviso l'intero territorio d'intervento.

Conviene ripetere che la previsione di spesa per la completa normalizzazione ha necessariamente subìto, nel dodicennio, le variazioni dipendenti dalla estensione del criterio d'intervento e dalla misura degli

interventi in funzione del grado di utilizzabilità delle opere esistenti di cui si è già detto, dall'aumento dei prezzi [1] e dal grado di sviluppo che la progettazione aveva raggiunto dalla data in cui le successive previsioni furono fatte.

La precedente previsione, che dette luogo all'assegnazione dei 286 miliardi e che rimonta al 1956, era infatti appoggiata ad un corpo di progetti esecutivi, allora già approvati o in istruttoria, dell'importo complessivo di 120 miliardi di lire, pari solo al 40% dell'importo previsto a quella data per il completo intervento.

L'aggiornamento di questo importo fatto dalla data del 27 luglio 1960, e che ne ha determinato il valore in 374 miliardi di lire, si appoggia, invece, a progettazione esecutiva del valore complessivo di circa 240 miliardi di lire che è uguale a circa il 65% dell'importo come sopra raggiunto.

Questa più larga base di progettazione esecutiva dà maggiore fondatezza al valore di questa previsione aggiornata e conferisce ad essa grado di approssimazione maggiore delle previsioni fatte precedentemente: è pertanto legittimo ritenere che la spesa effettiva per attuare la completa normalizzazione potrà avere scostamenti percentuali dall'indicato ultimo schema di previsione dello stesso ordine che di solito si assume in valutazione di questa natura, e cioè in misura non superiore al 20%.

[1] L'aumento medio annuo dei salari dal 1950 ad oggi è pari a circa il 12%.

PARTE SECONDA

OPERE INTERNE

I

RETI DI DISTRIBUZIONE URBANA E FOGNATURE

Si è accennato, nelle premesse, all'intervento della « Cassa » per le reti interne e le fognature: si ritiene qui opportuno precisare la forma e i modi di detto intervento e fornire elementi consuntivi di quanto è stato fatto anche per questa parte dei complessi acquedotti-fognature.

La legge istitutiva stabilisce in generale l'intervento della « Cassa » per gli acquedotti (in essi comprese quindi le reti di distribuzione urbana) e per le fognature, con l'assunzione da parte della « Cassa » del contributo statale di cui alla legge 3 marzo 1949 n. 589, contributo che per il Mezzogiorno e per le opere in oggetto (costruzione o completamento di acquedotti e fognature) è previsto nella misura del 5% annuo del costo dell'opera per 35 anni e che la « Cassa » è autorizzata a concedere in periodo di tempo abbreviato, capitalizzando le annualità al tasso stabilito dal Consiglio di Amministrazione e approvato dal Ministero del Tesoro. Poiché il tasso di capitalizzazione stabilito attualmente dal Consiglio di Amministrazione è uguale a quello di interesse dei mutui della « Cassa » DD. PP. — 5,50% — il valore attuale del contributo trentacinquennale dello Stato nella misura del 5% è pari al 76,95% dell'importo delle opere: l'intervento della « Cassa » si commisura quindi al pagamento di circa 3/4 del costo dell'opera.

Per le sole *opere esterne* la « Cassa » — come già accennato nelle premesse — si è avvalsa della facoltà dell'art. 5 della legge istitutiva e *ha assunto a suo carico* la intera spesa di costruzione.

Con la legge n. 634 del 29 luglio 1957 (artt. 6 e 7), la « Cassa » è stata, poi, autorizzata ad assumere a proprio carico la quota parte di spesa che resterebbe a carico dei comuni beneficiari dei contributi ordinari della citata legge n. 589 del 1949 — pari, in valore attuale, al 23,05% del totale — con le limitazioni e nei modi di cui alla ricordata disposizione di legge, per la costruzione delle reti urbane e reti ed impianti di fognature nei comuni fino a 10.000 abitanti, per la costruzione

delle sole reti primarie urbane e di fognatura e degli impianti di fognatura nei comuni con popolazione da 10.000 a 75.000 abitanti.

Riassumendo, allo stato attuale, l'intervento dello Stato (Ministero LL. PP.) e della « Cassa » per le opere interne, in termini di aliquote di contributo capitalizzato è indicato nella seguente tabella 16.

TAB. 16 — *Percentuale del contributo a carico del Ministero dei Lavori Pubblici e della « Cassa » per la costruzione di reti interne di acquedotti e fognature.*

Categoria di opera	Comuni con più di 75.000 abitanti		Comuni da 10000 a 75.000 abitanti		Comuni fino a 10.000 abitanti	
	LL.PP.	«Cassa» (a)	LL. PP.	«Cassa»	LL. PP.	«Cassa»
Rete urbana di acquedotto e fognatura (condotte primarie)	—	76,95	76,95	23,05	76,95	23,05
Rete urbana di acquedotto e fognatura (condotte non primarie) . . .	—	76,95	76,95	--	76,95	23,05
Impianti di fognatura	—	76.95	76,95	23,05	76,95	23,05

(a) Il Comitato dei Ministri ha assegnato — con provvedimento del 29 marzo 1961 — 40 miliardi di lire per l'intervento della « Cassa » nella normalizzazione delle reti urbane d'acquedotti e delle fognature nei comuni con più di 75.000 abitanti.

Fino alla data d'entrata in vigore della legge n. 634 del 29 luglio 1957, la « Cassa » — come si è accennato — aveva limitato i propri interventi nelle opere interne, al finanziamento di alcune opere di fognature nelle città di Bari, Catania, Napoli e Cagliari, destinandovi la somma di 4.500 milioni di lire assegnata a questo scopo nel piano decennale del settore. L'ing. Igino Formosa riferisce ampiamente su questo intervento della « Cassa ».

I progetti approvati, i lavori in corso alla data del 31 dicembre 1961 e gli importi relativi sono indicati nella seguente tabella 17.

TAB. 17 — *Progetti approvati e lavori in corso per le fognature delle città con popolazione superiore a 75 mila abitanti, finanziate con i fondi del piano decennale del settore e del piano aggiuntivo di 40 miliardi di lire.*

Città	Progetti approvati		Lavori in corso	
	Numero	Importo	Numero	Importo
Bari	9	1.130.256.200	8	1.049.056.000
Catania	5	1.994.709.900	5	1.994.709.900
Salerno	2	675.000.000	2	675.000.000
Napoli	1	1.685.985.000	1	1.685.985.000
Totale	17	5.485.951.100	16	5.404.750.900

Con l'entrata in vigore della legge n. 634 succitata, la « Cassa », in correlazione alle contribuzioni decretate dal Ministero dei LL. PP., ha deliberato a tutto il 31 dicembre 1961 il proprio intervento di contribuzione integrativa nella misura indicata nella seguente tabella distintamente per le reti di acquedotto e per le fognature.

TAB. 18 — *Importo delle opere ammesse a contributo e contributi concessi dalla « Cassa » al 31 dicembre 1961 per la costruzione di reti interne di acquedotti e fognature.*

Opere	Contributi concessi dalla « Cassa »	Importo delle opere ammese a contributo	Comuni beneficiari
Reti urbane di acquedotto . . .	1.334.315.000	5.254.602.000	
Reti ed impianti di fognature . .	2.418.594.000	9.503.614.000	579
Reti di acquedotti e reti e impianti di fognature	1.007.441.000	3.989.684.000	
Totale	4.760.350.000	18.747.900.000	

Deve dedursi da queste cifre che la normalizzazione delle opere interne degli acquedotti e delle fognature è ancora nella fase iniziale e tarda a mettersi al necessario regime. Questo intervento complementare della « Cassa », che dovrebbe strettamente coordinarsi a quello per gli acquedotti esterni, non riesce a svilupparsi con l'ordine e il ritmo che sarebbero necessari perché sia organicamente completa la normalizzazione dei due servizi igienici fondamentali dei centri abitati.

Gli acquedotti esterni costruiti od in costruzione da parte della « Cassa » riguardano oltre 1.400 comuni, e 829 comuni con 1.330 centri hanno già l'acquedotto esterno in funzione. Di questi solo 332 comuni hanno di fatto beneficiato dell'applicazione della legge 634. La causa ultima di questo stato di cose è da identificarsi nell'essere rimasta invariata gran parte della lunga e complicata procedura stabilita dalla legge 3 agosto 1949 n. 589 e, più ancora, nell'essere rimasto invariato il motore primo dell'azione, l'iniziativa essendo ancora affidata ai comuni che nella generalità non hanno la capacità di promuovere e trattare questi problemi organicamente, a tempo giusto e bene, così da consentire alla popolazione di godere, con effettivo beneficio, dell'avvenuta normalizzazione degli acquedotti esterni, mentre, come è di molti casi, lo stato di gravi perdite e disfunzione delle distribuzioni urbane

(mancanza di contatori, irregolarità ed abusi, mancanza di controlli ecc.), compromette addirittura il beneficio della maggiore disponibilità d'acqua.

Questa delicata materia soffre, in sostanza, della eterogeneità dei due sistemi: quello straordinario attuato con mezzi e procedure straordinarie organicamente coordinati e quello ordinario, solo integrato dalle disposizioni della legge 29 luglio 1957 n. 634, che si svolge con procedure e metodi ordinari affidati all'iniziativa non coordinata degli enti locali. E deve ritenersi che saranno prossimamente adottati i provvedimenti necessari per correggere queste condizioni cui si accompagnerà la necessaria preparazione di uomini e di mezzi, oggi in complesso inadeguati, per questo importante e difficile lavoro.

PARTE TERZA

GESTIONE DEGLI ACQUEDOTTI E DELLE FOGNATURE

I

DATI DELL'ESPERIENZA

1. - Caratteristiche economiche della gestione degli acquedotti

Il problema della gestione (esercizio e manutenzione) delle opere costruite con propri finanziamenti si è imposto alla attenzione della « Cassa » fin dal primo tempo della sua attività e ne interessa, come indicato altrove, tutti i settori.

I dati dell'esperienza sono forniti con chiarezza fin troppo convincente dalle indagini precedenti e dalla stessa esperienza compiuta successivamente dalla « Cassa », e sono messi in evidenza, e si riassumono, nella misura dell'intervento necessario per modificare la situazione assai grave dei servizi acquedotti-fogne esistente nel Mezzogiorno.

Di tutto questo si è già detto e può essere così riassunto:

a) consistenza delle opere di acquedotto nel Mezzogiorno e nelle isole come dall'inchiesta del 1950 dell'ACIS, superiore al valore della media nazionale. L'88,3% di comuni risultavano dotati di acquedotto nel Sud e nelle Isole, contro la media nazionale del 69,97%;

b) condizione effettiva dei servizi (rilevata negli accertamenti della « Cassa ») ben diversa, invece, da quanto potrebbe far pensare lo stato di consistenza suddetto. Essa può in breve caratterizzarsi ricordando che dei 2.639 comuni del Sud e delle isole, solo 122 comuni (con popolazione pari al 3,4% di quella totale) sono dotati di acquedotti esterni in condizioni tali di conservazione ed efficienza che non è necessario alcun intervento di normalizzazione;

c) la causa di questa condizione di disservizio del notevole patrimonio di opere acquedottistiche, in parte di costruzione recente, risultata con evidenza assoluta, e grave perché diffusa dovunque nel Sud, sta nella mancanza *nonché di ogni cura manutentoria da parte dei gestori (comuni e consorzi), della coscienza stessa della manutenzione*

come argomento essenziale della durata in lungo e sicuro servizio delle opere, che si traduce nella mancanza o deficienza di attrezzature, di mezzi, di tecnici specializzati destinati a quei compiti ed ignoranza di ogni sano criterio tecnico amministrativo nella distribuzione;

d) condizione di servizi ben diversa e stato di buona conservazione delle opere dei complessi acquedottistici affidati ad organismi specializzati, dotati della necessaria autonomia e aventi giurisdizione di gestione sufficientemente vasta che permetta la necessaria organizzazione specializzata di mezzi e di uomini (enti acquedottistici: pugliese, siciliano, grandi aziende municipalizzate).

È noto — ed è confermato da quanto è riportato al punto d) — che un servizio di distribuzione d'acqua potabile, se abbia sufficiente dimensione che consenta il mantenimento e la piena utilizzazione della necessaria attrezzatura di mezzi e uomini per la buona gestione, è autosufficiente dal punto di vista economico e può anche finanziare gli sviluppi e gli ampliamenti richiesti dall'aumento dei consumi. Questa caratteristica economica si accentua, evidentemente, nei casi in cui la spesa di costruzione delle opere non è stata sopportata dal gestore — o solo in piccolissima parte — come avviene ora per i nuovi acquedotti del Sud con l'intervento della « Cassa » e dello Stato.

Tutto ciò è un dato della esperienza di ogni paese, quante volte si sia verificato la condizione suaccennata della dimensione della organizzazione di gestione e questa sia predisposta o ordinata per il compito da svolgere; e proprio per questo, in ogni paese, si tende oggi alla concentrazione dei servizi d'acquedotto di vaste zone, indipendentemente dalla unità tecnica delle opere [1], tendenza riassunta nella risoluzione del secondo Seminario di Ingegneria Sanitaria della Organizzazione Mondiale della Sanità (Roma, novembre 1951) che fece voti: « perché i servizi d'acquedotto siano raggruppati in organismi sufficientemente importanti ed estesi per poter disporre del personale specializzato, onde ridurre le spese d'esercizio ed ottenere l'efficacia dell'esercizio stesso ».

In Italia insieme ad alcune importanti aziende municipalizzate, si ritrovano due realizzazioni importanti, che precorrono, per la data della loro nascita, questa tendenza: l'Ente Autonomo Acquedotto Pugliese — istituito nel 1919 e che con legge del 1942 è stato esteso alla Basilicata; l'Ente Acquedotti Siciliani, istituito nel 1942 e, ultimo, in qualche

[1] Vedi nota 1, p. 24: *Premessa*, paragrafo 2.

modo propugnato dalla stessa « Cassa », l'Ente Sardo Acquedotti Fognature, istituito con legge regionale n. 18 del 20 febbraio 1957.

L'ingente sforzo costruttivo della « Cassa » e dello Stato sta dotando il Mezzogiorno di un complesso imponente di opere di acquedotti e di fognatura e, come si è visto, per servizi, in prevalenza, a vasto raggio che valicano i confini dei territori comunali, provinciali e regionali. Sarebbe palese anacronismo di fronte al compito della gestione di questi nuovi complessi, ben più grave e delicato di quello degli acquedotti esistenti, e all'indirizzo attuale di ogni paese civile in questo campo, il ritorno a forme superate, sconoscendo gli insegnamenti della tecnica e della scienza amministrativa e, quel che più conta, della esperienza.

È per queste ragioni che la « Cassa » ha richiamato ripetutamente l'attenzione del Governo sulla urgenza di provvedere alla costituzione dei necessari organi di gestione degli acquedotti da essa costruiti.

II

PROVVEDIMENTI ADOTTATI PER LE GESTIONI E RISULTATI OTTENUTI

In attesa di questi provvedimenti, il Consiglio di Amministrazione della « Cassa », nel dicembre 1956 — considerata la necessità di mettere in esercizio gli acquedotti che man mano venivano costruiti per non ritardarne il beneficio delle popolazioni, e tenute presenti le particolarità tecniche di questi acquedotti, che nella maggior parte dei casi costituiscono grandi complessi a servizio di numerosi comuni, distribuiti su vaste zone interprovinciali e talvolta interregionali — stabilì alcune direttive per la loro provvisoria gestione che possono riassumersi nei termini seguenti:

a) le opere che ricadono nella giurisdizione dell'Ente Autonomo per l'Acquedotto Pugliese (acquedotti della Puglia, della Basilicata e dell'alta Irpinia), e dell'Ente Acquedotti della Sicilia, ed a questi Enti affidate dalla « Cassa » per la costruzione, sono date in consegna agli Enti stessi per la gestione definitiva;

b) le opere affidate per la costruzione a consorzi che abbiano dimostrato di essere sufficientemente organizzati, vengono consegnate in gestione provvisoria ai consorzi stessi riservando alla « Cassa » la facoltà di rilevarle in caso di constatata deficienza nel loro mantenimento.

Agli enti e consorzi è richiesto di accantonare, in appositi conti vincolati, le quote di rinnovamento delle opere, nella misura calcolata ed approvata dalla « Cassa »;

c) le opere eseguite direttamente dalla « Cassa », o perché sono incomplete o perché mancano organismi idonei a tenerne la gestione sono « provvisoriamente » mantenute in esercizio dagli uffici della « Cassa », dalle sorgenti ai serbatoi compresi, mentre le opere a valle dei serbatoi (condotte di avvicinamento) vengono affidate in gestione provvisoria ai comuni. La « Cassa » fornisce l'acqua misurandola all'uscita dei serbatoi e chiede ai comuni il rimborso delle spese di ge-

stione sostenute per l'esercizio provvisorio, che vengono ripartite fra i comuni in rapporto al volume di acqua da ciascuno utilizzato, così che la spesa risulta proporzionale all'effettivo beneficio da ciascuno goduto;

d) le opere di fognatura finanziate dalla « Cassa » vengono consegnate ai comuni per la gestione, con le stesse modalità stabilite per le opere di acquedotto a valle dei serbatoi.

Il campo sempre più esteso nel quale la attività della « Cassa » si è svolta per l'attuazione delle direttive suesposte ha fatto affrontare notevoli difficoltà coronate, peraltro, da risultati sempre più soddisfacenti.

Si riportano qui di seguito i risultati conseguiti nella gestione degli acquedotti per le diverse categorie anzidette.

a) L'Ente Autonomo per l'Acquedotto Pugliese e l'Ente Acquedotti Siciliani hanno formalmente perfezionato gli impegni richiesti dalla « Cassa » per l'accantonamento delle quote di rinnovamento delle opere costruite, e per la maggior parte di queste, hanno provveduto agli accantonamenti, determinati e controllati dalla « Cassa ». Per le nuove opere da costruire, affidate in concessione ai detti Enti, gli stessi adottano preventivamente i provvedimenti di impegno per l'accantonamento delle quote di rinnovamento.

In Sicilia, la esecuzione di nuove opere affidate all'Ente Acquedotti Siciliani è stata subordinata alla preventiva accettazione dei comuni di trasferire la gestione delle opere esistenti (comprese le reti urbane ove non vi siano ragioni contrarie) all'Ente stesso, cui spetta, ai sensi della legge istitutiva, la gestione di opere costruite a spese dello Stato. Seguono i provvedimenti previsti dalla legge per il definitivo passaggio di gestione. Nonostante le difficoltà spesso frapposte dai comuni, grazie all'opera tenace e persuasiva svolta dalla « Cassa », sono stati conseguiti, anche in questo settore, concreti risultati e sono in corso trattative con numerosi comuni per le opere ancora da costruire.

Per gli acquedotti della Basilicata le nuove opere sono affidate, in ossequio alla legge [1], all'Ente Autonomo per l'Acquedotto Pugliese, seguendo le stesse formalità concernenti le opere ricadenti nella Puglia, per la esecuzione di lavori di sviluppo sia delle opere di adduzione che delle reti di distribuzione relative ai comuni serviti dai 3 grandi acquedotti già affidati per legge in gestione all'Ente.

[1] Legge n. 664 del 28 maggio 1942.

La concessione di lavori riguardanti acquedotti minori lucani, non ancora trasferiti in gestione all'EAAP, viene pure fatta all'Ente che si impegna a tenere la gestione delle nuove opere e che al tempo stesso richiede al Ministero dei LL. PP. l'emanazione del provvedimento di trasferimento all'Ente stesso delle opere esistenti, a norma della legge citata. La resistenza alcune volte dimostrata dai comuni della Basilicata ad aderire spontaneamente a detto trasferimento, che contrasta con ogni buona norma tecnica ed economica, come è dimostrato dallo stato in cui si trovano le opere gestite dai comuni, ha consigliato di uniformarsi strettamente alle prescrizioni della legge vigente per quanto attiene alla procedura di questi trasferimenti di gestione. La « Cassa », in altri termini, per non ritardare i propri interventi e per assicurare la regolare attuazione, segue la norma della legge e si assicura che le opere nuove siano bene gestite dall'EAAP: resta a cura dell'Ente e dei competenti Ministeri il trasferimento di gestione delle opere esistenti, onde non si potragga lo stato di dissesto di queste opere che provocò la legge 1942, con l'aggravante di frustare la sistemazione del rifornimento idrico che si persegue con le opere di rinnovamento e ampliamento fatte dalla « Cassa ».

Per gli acquedotti della Sardegna la esecuzione dei nuovi lavori è curata direttamente dalla « Cassa », mentre l'ESAF sta assumendo gradualmente la gestione di opere esistenti, in particolare delle reti di distribuzione e delle utenze, come è consigliabile nella fase iniziale del funzionamento del nuovo Ente creato dalla Regione Sarda, con encomiabile anticipazione. L'ESAF viene affiancato in maniera particolare dalla « Cassa » la quale, per l'esecuzione dei nuovi lavori, richiede costantemente ai comuni interessati di avanzare domanda di trasferimento all'Ente della gestione dei propri impianti di acquedotti e fognature, ai sensi dell'art. 3 della legge regionale suddetta, insieme all'impegno di rimborsare alla « Cassa » le spese di gestione degli acquedotti da costruirsi, impegno da mantenere solo nel caso che il trasferimento non risultasse ancora perfezionato all'atto dell'inizio del rifornimento idrico. L'opera di affiancamento della « Cassa » ha dato nel corso del 1961 proficui effetti in quanto ben 99 comuni hanno in parte trasferito ed in parte richiesto di trasferire all'Ente i propri impianti.

Da parte sua, la « Cassa » ha affidato all'ESAF, che aveva già in gestione il primo tronco del ramo di Baressa dell'acquedotto del Sarcidano, la parte del ramo stesso completato con il finanziamento della « Cassa », e gli acquedotti per Narbolia, Milis, Seneghe ed Ussassai per

i quali l'ESAF ha ottenuto dai comuni serviti la gestione degli impianti e delle reti di distribuzione.

b) Nel corso dell'esercizio 1959-60 ha avuto inizio la sistemazione dei rapporti fra la « Cassa » ed i consorzi, già concessionari per la costruzione di acquedotti, relativi alla gestione provvisoria delle opere costruite.

Detti rapporti sono disciplinati da un foglio di condizioni, approvato a norma di legge, col quale i consorzi si impegnano a curare l'esercizio e la manutenzione delle opere secondo le migliori regole in conformità delle norme predisposte dalla « Cassa », e di versare in un conto fruttifero intestato all'Istituto le quote di rinnovamento delle opere affidate in gestione provvisoria.

Hanno già perfezionato detti rapporti diversi consorzi, mentre per altri è in corso il perfezionamento degli atti occorrenti.

Dopo la consegna delle opere ai consorzi per la gestione sono state effettuate ricognizioni che hanno purtroppo constatato lo stato, in generale, poco soddisfacente, delle manutenzioni. Sono state impartite disposizioni, caso per caso, e controllati i risultati. La « Cassa » continuerà a vigilare sullo stato di manutenzione delle opere affidate ai consorzi, anche per rendersi conto delle difficoltà economiche che alcuni di essi incontrano nella fase di esercizio iniziale delle nuove opere, sia per il fatto di non gestire le reti di distribuzione, sia per la mancanza, addirittura, di reti nei comuni alimentati, o per altri motivi.

c) La « Cassa » ha continuato a mantenere la gestione provvisoria degli acquedotti che ha dovuto direttamente costruire per mancanza di organi idonei e attrezzati cui affidarne l'esercizio. Questi acquedotti ricadono in tutte le regioni dell'Italia centro-meridionale ad eccezione della Puglia, della Basilicata e della Sicilia che rientrano nelle giurisdizioni di competenza dell'Ente Autonomo per l'Acquedotto Pugliese e dell'Ente Acquedotti Siciliani.

Per la gestione di questi acquedotti la « Cassa » chiede, come si è detto, ai comuni la stipula di apposita convenzione nella quale sono stabiliti gli obblighi del comune di assumere la gestione provvisoria delle opere a valle dei serbatoi (condotte di avvicinamento) costruite dalla « Cassa », provvedendo alle necessarie cure manutentorie, e di rimborsare all'Istituto, con i criteri sopra esposti, le spese che questo sostiene per l'esercizio e la manutenzione delle opere di adduzione, serbatoi com-

presi, in proporzione della quantità di acqua effettivamente utilizzata, ed al prezzo determinato, in base a regolari perizie, per ogni mc., prezzo quale varia in rapporto all'andamento delle spese effettive di gestione.

Tali perizie sono redatte per ogni singolo acquedotto o per gruppi di acquedotti che possono considerarsi facenti parte di una stessa zona di gestione e vengono regolarmente approvate dal Consiglio di Amministrazione.

La « Cassa » ha svolto con assiduità l'azione intrapresa per disciplinare la gestione degli acquedotti mediante frequenti riunioni e colloqui con le autorità comunali, con la collaborazione dei prefetti, ed anche in sede parlamentare fornendo sempre ampio e documentato riscontro alle numerose interrogazioni che sono state fatte al riguardo.

I risultati di questa azione sono positivi perché i comuni e gli organi amministrativi si vanno via via convincendo della imprescindibile necessità di una organica ed efficiente gestione degli acquedotti e delle fognature per assicurarne la conservazione e l'efficienza tecnica e igienica. Le circostanze che ancora si frappongono alla realizzazione delle gestioni centralizzate cui la « Cassa » tende, provengono generalmente da parte di quelle amministrazioni comunali che non hanno ancora compreso o non vogliono ancora comprendere questa necessità e che mirano a sottrarsene per una assai malintesa tutela degli interessi delle popolazioni da esse amministrate.

Tuttavia la sistemazione dei rapporti tra la « Cassa » ed i comuni, desumibile dal numero delle convenzioni stipulate è in costante avanzamento. Infatti dei 283 comuni già serviti dagli acquedotti tenuti in gestione dalla « Cassa » al 31 dicembre 1961, 262 hanno già stipulato la convenzione; degli altri 21 comuni, alcuni hanno la convenzione in corso di stipula, altri invece non hanno ancora aderito.

Per i comuni non ancora serviti dagli acquedotti ai quali è stata preventivamente richiesta la stipula delle convenzioni, si rileva che le convenzioni stipulate e perfezionate sono 463 con un netto e progressivo miglioramento rispetto alla situazione degli anni precedenti.

A fronte della spesa sostenuta per la gestione dei vari acquedotti nel biennio 1959-1960 pari a L. 956.744.448 sono state già incassate per rimborso spese dai comuni L. 213.827.988.

Numerosi altri comuni, a seguito dei solleciti fatti, hanno assicurato

che effettueranno i versamenti dovuti, spesso subordinandoli al perfezionamento di mutui o ad approvazioni tutorie.

Sono state inoltre riscosse L. 7.262.510 per quote di rinnovamento delle opere affidate in gestione provvisoria ai comuni ed ai consorzi.

I risultati tecnici ed economici dalla gestione provvisoria degli acquedotti da parte della « Cassa » denotano il progressivo assestamento dei servizi, sì da rendere possibili riduzioni di costo, donde deriverà per i comuni una minore spesa per ogni metro cubo di acqua fornita.

Il rapporto tra la spesa di gestione ed il costo delle opere in esercizio è risultato in media dello 1,256%. Tale valore, senz'altro inferiore alle reali esigenze della gestione di opere del genere, è giustificato dal fatto che trattasi di opere di nuova costruzione oltre che dalle facilitazioni concesse dalla « Cassa » per tali gestioni.

Dati tecnici relativi alle opere eseguite al 31 dicembre 1961.

Natura dei lavori per categorie di opere	Unità di misura	Toscana (*a*)	Lazio (*b*)
Opere di presa di acque sotterranee: (*a*)			
Numero delle opere di presa	num.	65	34
Portata delle acque derivate	l/sec.	83,2	706,6
Opere di presa da acque superficiali:			
A) Dighe e traverse	num.	—	—
	mc. (*b*)	—	—
B) Capacità d'invaso	mc.	—	—
C) Portata media annua acque derivate	l/sec.	—	—
Impianti di potabilizzazione:			
Numero degli impianti	num.	—	2
Portata	l/sec.	—	90,4
Opere di adduzione a pelo libero:			
A) Canali in trincea	km.	—	—
B) Canali in galleria	km.	—	2,1
Opere di adduzione in pressione:			
A) Condotte in acciaio: lunghezza	km.	11,1	502,0
peso	tonn.	123,0	18.870,3
B) Condotte in ghisa: lunghezza	km.	4,3	174,5
peso	tonn.	116,7	5.971,1
C) Condotte in cemento armato	km.	—	27,7
D) Condotte in cemento amianto	km.	30,9	259,7
Opere di accumulazione: (*c*)			
A) Serbatoi in galleria	num.	—	6
Capacità	mc.	—	9.810
B) Serbatoi interrati	num.	16	149
Capacità	mc.	2.760	43.009
C) Serbatoi elevati	num.	3	11
Capacità	mc.	840	1.005
Impianti di sollevamento e opere accessorie:			
A) Centrali di sollevamento	num.	5	12
Potenza	kw.	300	770
B) Strade di servizio	km.	—	83,2
C) Reti telefoniche di servizio	km.	—	59,1
D) Case cantoniere, magazzini ecc.	num.	—	11
Cubatura	mc. (*d*)	—	10.452

(a) Compresi i pozzi.

(b) Volume del corpo delle dighe e delle traverse.

(c) Di linea e di distribuzione.

(d) Vuoto per pieno.

Abruzzi e Bacino Tronto	Molise	Campania	Puglia	Basilicata	Calabria	Sicilia	Sardegna	Totale
42	50	139	46	26	220	108	57	787
2.295.2	429,0	6.051,6	1.438,5	270,0	1.671,9	1.922,7	187.1	15.019,8
—	—	—	—	—	—	3	6	9
—	—	—	—	—	—	1.400,130	180.378	1.580.508
—	—	—	—	—	—	15.000,000	39.000.000	54.000.000
—	—	—	—	—	—	18,0	661,0	679,0
—	—	2	—	—	1	2	6	13
—	—	118,0	—	—	170,0	60,0	1.501,0	1.939.4
0,1	—	4,6	0,2	—	—	0,5	0,3	5,7
1,4	0,1	34,7	2,0	5,4	0,4	13,5	2,3	61,9
516,3	612,7	944,8	16,7	243,2	775,1	471,5	272,3	4.365,7
17.795,5	16.181,2	36.889,8	1.559,7	10.260,1	22.465,7	19.240,8	5.006.2	148.392,3
91,3	115,0	475,2	26,0	18,7	60,9	96,6	47,2	1.109,7
1.821	4.303,3	27.482,8	1.217,0	3.664,7	2.005,8	4.027,3	3.264,9	53.865,2
80,3	30,9	161,8	142,0	—	—	18,5	58,5	519,7
56,6	137,0	435,9	98,2	25,3	67,0	112,3	325,3	1.548,2
2	—	20	—	1	—	7	15	51
3.500	—	118.170	—	900	—	4.887	42.080	179.347
188	160	376	21	12	161	93	96	127,2
61.498	107.751	293.144	71.676	11.600	108.985	83.804	62.884	847.111
20	15	29	4	—	14	3	10	109
2.380	3.269	17.630	360	—	3.000	640	2.530	31.654
4	13	48	10	6	9	27	8	142
623	2.439	5.758	879	637	389	1.395	691	13.881
7,5	112,0	61,2	6,3	14,6	146,4	23,3	58,7	513.2
—	146.5	30,2	17,2	168,0	1,0	228,1	56,2	706,3
—	20	30	3	3	9	27	24	127
—	19.597	30.616	3.800	5.570	7.280	17.736	16,400	111.451

Dott. Ing. Biagio Faloci

CAPO UFFICIO TECNICO GENERALE
NEL SERVIZIO ACQUEDOTTI E FOGNATURE DELLA « CASSA »

FONTI DI ALIMENTAZIONE PER GLI ACQUEDOTTI

L'elemento base per lo studio della normalizzazione dell'approvvigionamento idrico potabile di un qualsiasi abitato — sia esso un piccolo centro o una grande città — è la esatta conoscenza della fonte da cui dovrà essere derivata l'acqua necessaria. L'importanza di questa conoscenza può desumersi dal forte numero di acquedotti costruiti in passato, ma anche recentemente, i quali — prodighi di acqua nei primi tempi — sono divenuti insufficienti molto, molto prima di quanto progettualmente previsto, rimanendo poi la colpa di ciò accollata a tutte le cause — verosimili o no — fuorché all'unica vera: la mancata conoscenza in sede di progetto della portata su cui si poteva fare affidamento con il massimo delle probabilità. A comprendere quanto sia difficile conseguire questa conoscenza basti ricordare che l'acqua utilizzata dagli acquedotti — affiori essa da una sorgente o sia fluente o sia infine emunta da una falda sotterranea, superficiale o profonda — ha la sua prima origine dalle precipitazioni atmosferiche: ed è notorio quanto queste, nella loro variabilità, sfuggano a previsioni.

Quanto poco rilievo fosse stato dato in passato a questa esatta conoscenza delle fonti per approvvigionamento idrico è risultato evidente (in misura pessimistica più di quanto si fosse immaginato) in sede di rilevamento della consistenza degli impianti di acquedotto nel Mezzogiorno. Questo accertamento è stato eseguito in parte direttamente dal competente Servizio della « Cassa » e in parte — là dove esistevano organismi efficienti e per struttura giuridica e per competenza professionale dei tecnici addetti — da enti regionali (Ente Autonomo Acquedotto Pugliese, Ente Acquedotti Siciliani, Ente Autonomo Flumendosa) o da consorzi (Consorzio del Ruzzo, in provincia di Teramo; degli Aurunci, nelle province di Frosinone e Latina; dell'Ausino, in provincia di Salerno; dell'Alto Calore, nelle province di Avellino e Benevento;

Etneo, in provincia di Catania; del Sarcidano, in provincia di Cagliari).

La gravità di questa deficienza di studio — determinata gradualmente con sempre maggiori dettagli — si può esprimere attraverso la entità della spesa via via presunta necessaria per addivenire ad una completa normalizzazione del servizio idrico potabile: dai 105 miliardi previsti nell'anno 1950 con il piano decennale della « Cassa » per la costruzione solo di alcuni grandi acquedotti si è passati ai 173 dell'anno 1952 (piano dodecennale) e infine ai 283 dell'anno 1957 (piano quindicennale). Ma questa cifra dovrà ancora salire fino a quattro volte circa quella dell'anno 1950, senza, però, che siano stati modificati i criteri posti a base per sanzionare l'intervento della « Cassa ».

Ai fini della migliore conoscenza delle predette fonti di approvvigionamento idrico, l'accertamento della consistenza delle sorgenti nelle zone di intervento della « Cassa » e la misura sistematica della loro portata sono stati compiuti dal Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici con la collaborazione degli uffici della « Cassa » (centrali e periferici) e di alcuni degli enti e consorzi già sopra segnalati. L'entità di questo lavoro può desumersi dal numero delle sorgenti poste sotto osservazione — 8.894 — nonché dal numero dei rilevamenti di misura effettuati che ascende (come è dettagliato nella tabella 1) a ben 115.333. All'entità è da aggiungere la difficoltà: le sorgenti sono sempre — o quasi — in luoghi di difficile accesso, lontane da strade rotabili, assai spesso ad alta quota.

Detto accertamento — come può desumersi numericamente dalla tabella — si è esteso fortemente nei primi anni assumendo il carattere di vero e proprio censimento e raggiungendo il valore massimo — più che triplo di quello iniziale — nei due anni 1955 e 1956. Conseguita così una buona quantità di elementi di giudizio, si è potuto procedere a una prima selezione, eliminando dal controllo tutte quelle sorgenti risultate inutilizzabili:

a) per deficienza di portata rispetto ai fabbisogni. Questa deficienza non è stata sempre intesa in senso assoluto. In parecchi casi, è stata accettata la possibilità di avvalersi di sorgenti con deficienza stagionale di portata o perché la zona si presentava, per ampia estensione, particolarmente povera di qualsiasi genere di manifestazioni idriche (e pertanto era già molto poter seguire con l'andamento delle portate l'andamento dei consumi, abbandonando forzatamente in questi casi il criterio — tenuto normalmente di base — che la portata di massima magra uguagliasse almeno il fabbisogno del giorno di massimo con-

TAB. 1 — *Accertamenti sulle sorgenti effettuati dal 1953 al 1961.*

Regioni	Totale sorgenti misurate	1953			1954			1955		
		Sorgenti	Misure	Media misure per sorgente	Sorgenti	Misure	Media misure per sorgente	Sorgenti	Misure	Media misure per sorgente
Toscana	81	55	565	10,2	55	518	9,4	74	675	9,1
Lazio	221	127	582	4,5	168	570	3,3	103	650	6,3
Abruzzi	1.607	382	907	2,3	1.055	2.481	2,3	996	4.732	4,7
Molise	140	69	333	4,8	69	263	3,8	43	247	5,7
Campania	1.380	363	936	2,5	624	2.594	4,1	667	2.903	4,3
Puglia e Basilicata	289	—	—	—	—	—	—	89	101	1,1
Calabria	1.843	447	1.228	2,7	804	2.223	2,7	570	1.391	2,4
Sicilia	1.895	158	380	2,4	856	3.222	3,7	859	4.141	4,8
Sardegna	1.438	270	732	2,7	443	1.487	3,3	537	2.426	4,5
Totale	8.894	1.871	5.663	3,0	4.074	13.359	3,3	3.938	17.266	4,3

Regioni	1956			1957			1958		
	Sorgenti	Misure	Media misure per sorgente	Sorgenti	Misure	Media misure per sorgente	Sorgenti	Misure	Media misure per sorgente
Toscana	18	198	11,0	—	—	—	—	—	—
Lazio	82	500	6,1	33	245	7,4	25	46	1,8
Abruzzi	966	6.385	6,6	618	3.731	6,0	456	3.820	8,3
Molise	93	354	3,8	27	203	7,5	32	297	9,3
Campania	664	4.466	6,7	638	3.736	5,8	224	1.623	7,2
Puglia e Basilicata	127	295	2,3	125	1.200	9,6	—	—	—
Calabria	416	1.310	3,1	228	850	3,7	158	625	4,0
Sicilia	685	2.434	3,5	227	1.300	5,7	428	3.023	7,1
Sardegna	562	1.418	2,5	592	1.984	3,3	595	1.794	3,0
Totale	3 613	17.360	4,8	2.488	13.249	5,3	1.918	11.228	5,8

Regioni	1959			1960			1961			Totale delle misure effettuate dal 1953 al 1961
	Sorgenti	Misure	Media misure per sorgente	Sorgenti	Misure	Media misure per sorgente	Sorgenti	Misure	Media misure per sorgente	
Toscana	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.956
Lazio	49	132	2,7	46	381	8,3	30	141	4,7	3.247
Abruzzi	345	3.095	9,0	287	2.530	8,8	232	1.622	7,0	29.303
Molise	15	136	9,1	6	136	23,0	17	132	7,8	2.101
Campania	366	1.930	5,3	141	1.837	13,0	213	1.706	8,0	21.731
Puglia e Basilicata	115	300	2,6	23	123	5,4	7	59	8,4	2.078
Calabria	39	296	7,6	14	135	9,7	80	628	7,8	8.686
Sicilia	525	4.987	9,5	584	4.893	8,4	283	2.603	9,2	26.984
Sardegna	456	3.130	6,9	518	3.740	7,2	315	2.536	8,1	19.247
Totale	1.910	14.006	7,3	1.619	13.775	8,5	1.177	9.427	8,0	115.333

sumo) o perché una sorgente — deficitaria rispetto al fabbisogno solo per qualche breve periodo dell'anno — si manifestava a quota molto più vantaggiosa rispetto ad altre, che, pur assicurando da sole per tutto l'anno la portata necessaria, richiedevano un sollevamento, data la loro bassa quota relativa di affioramento. In molti di questi casi l'impianto con sollevamento è stato considerato come impianto sussidiario;

b) per grave difficoltà — quanto meno economica — di correggere le caratteristiche chimiche e organolettiche dell'acqua (questo è il caso delle acque salmastre);

c) per la possibilità che, in conseguenza della struttura carsica del bacino naturale di raccolta e di affioramento, le acque fossero più o meno frequentemente soggette a intorbidamento. Questo fatto, tecnicamente eliminabile, può dar luogo, per piccole portate, a costi di impianto e di esercizio molto alti e richiede impianti di trattamento alquanto delicati.

A contrasto con detta eliminazione di sorgenti sotto controllo avvenuta in Toscana, Lazio, Abruzzi, Molise, Campania, Calabria e Sicilia sta l'incremento subìto in Puglia e in Sardegna. In Puglia, per assicurare quante più possibili alimentazioni d'emergenza in caso di guasti alle opere principali dell'acquedotto pugliese e per lasciare la maggiore quantità d'acqua di così costosa e lontana provenienza alle città che non avrebbero alcuna possibilità di essere altrimenti approvvigionate, si è rivolta l'attenzione a « soluzioni locali » e conseguentemente allo studio delle sorgenti che ad esse possono prestarsi.

In Sardegna, definiti gli acquedotti per le città principali, i quali hanno origine o da acque invasate (invaso di Corongiu, invaso del Flumendosa, invaso del Sulcis, invaso del Govossai, invaso del Torrei, invaso del Rio Leni, invaso del Bidighinzu, invaso del Goceano) o dalle rarissime sorgenti di una qualche consistenza (S. Antioco, in comune di Scano Montiferro; Bau Pirastu, in comune di Santu Lussurgiu e Funcheoche, in comune di Siniscola) e provvedono all'approvvigionamento anche di tutti gli abitati che possono rientrare nella loro possibilità tecnica e convenienza economica per ridurre a limiti tecnicamente ragionevoli la capillarità delle diramazioni (che sarebbero risultate a solo servizio di modestissimi agglomerati a grande distanza l'uno dall'altro), si è passati all'adozione delle « soluzioni locali », di piccoli acquedotti, cioè, alimentati da modeste sorgenti a breve distanza dai centri da servire: generalmente uno o due.

Dall'esame della tabella 1 — che riassume gli accertamenti sulle sorgenti effettuati dall'anno 1953 a tutto il 1961 — si rileva che la media annua delle misure effettuate per ciascuna sorgente è costantemente aumentata, passando da misure 3 (anno 1953) a misure 8,5 (anno 1960), e 8 (anno 1961). Nell'anno 1960, la portata del gruppo delle sorgenti del Biferno — nel Molise — dovette essere misurata quindicinalmente. In conseguenza di ciò nell'andamento delle medie generali delle misure eseguite dal 1953 al 1961 per l'anno 1960 si ha una « punta ».

L'aumento del numero di misure per sorgente sta a dimostrare, al tempo stesso, sia il miglioramento e potenziamento degli organismi addetti a questo lavoro, sia la sistematicità di maggior dettaglio impressa alle misure. Di fronte alle 3 misure all'anno del 1953 — fatte in corrispondenza dei mesi di magra — le 8 misure del 1961 significano che le sorgenti — oltre al periodo di magra — sono state osservate altre cinque volte, così che per ogni sorgente poco alla volta è stato possibile istituire un quadro, sempre più dettagliato, da cui poter ricavare — con la contemporanea visione dell'andamento delle piogge — o una garanzia di sicurezza circa la portata e la potabilità oppure un segno di allarme.

Tanto l'affidamento di questa sicurezza quanto la conoscenza di questa situazione d'allarme sono di particolare importanza dal punto di vista tecnico e, al tempo stesso, sociale, poiché consentono di valutare senza incertezze la possibile estensione da dare all'acquedotto alimentato da quella singola sorgente (o da quel dato gruppo di sorgenti) ed evitano quindi che opere auspicate, promesse e realizzate non siano già fin dall'inizio in grado di fare fronte alle necessità per deficienza di acque ovvero richiedano subito nuovi interventi perché le acque hanno presentato intorbidamenti: fatti, questi, nei confronti delle popolazioni, molto più incresciosi socialmente, che dannosi per la salute. La conoscenza, infine, dell'andamento medio della portata di una sorgente — ricavato da osservazioni pluriennali — consente di determinare con buone probabilità, quando se ne manifesti l'opportunità, la presumibile portata di magra, con che il gestore dell'esercizio può predisporre per tempo i provvedimenti che apparissero necessari (messa in esercizio di impianti sussidiari, riduzione dell'orario di distribuzione, ecc.).

La tabella 2 riporta la distribuzione per regione delle sorgenti — in esame nell'anno 1961 — con riferimento alla loro portata di minima magra accertata nel periodo 1953-1961.

TAB. 2 — *Distribuzione delle sorgenti sottoposte ad osservazione nell'anno 1961 per determinati inte*

Regione	Num. delle sorgenti	Portata: minore di l./sec. 1,00		compresa fra l./sec. 1,01 e l./sec. 5,00		compresa fra l./sec. 5,01 e l./sec. 10,00		t a l
		Numero	%	Numero	%	Numero	%	
Lazio . . .	30	9	30,0	12	40,0	3	10,0	
Abruzzi . .	232	107	46,1	79	34,0	11	4,8	
Molise . . .	17	—	—	2	11,8	1	5,9	
Campania . .	213	105	49,0	78	36,5	14	6,6	
Puglia e Basilicata	7	7	100,0	—	—	—	—	
Calabria . .	80	18	22,6	18	22,6	9	11,2	
Sicilia . . .	283	110	38,8	99	35,0	34	12,0	
Sardegna . .	315	177	56,1	101	32,1	15	4,8	
Totale	1.177	533	45,3	389	33,1	87	7,4	

Da detta tabella si ricava quanto segue.

Sorgenti complessivamente sotto controllo: 1.177

sorgenti con portata minore di l./sec. 1 . . n. 533, pari al 45,3 % del tot.
sorgenti con portata compresa fra l./sec. 1 e l. sec. 5 n. 389, » » 33,1 % » »
sorgenti con portata compresa fra l./sec. 5 e l./sec. 10 . . . . . n. 87, » » 7,4 % » »
sorgenti con portata compresa fra l./sec. 10 e l./sec. 25 . . . . . n. 65, » » 5,5 % » »
sorgenti con portata compresa fra l./sec. 25 e l./sec. 50 . . . . . n. 32, » » 2,7 % » »
sorgenti con portata compresa fra l./sec. 50 e l/.sec. 100 . . . . . n. 30, » » 2,5 % » »
sorgenti con portata maggiore di l/.sec. 100 . n. 41, » » 3,5 % » »

Si vede subito che sul totale delle sorgenti ancora in esame predominano fortemente (45,3%) quelle con portata estremamente bassa (minore di l./sec. 1) o bassa (compresa fra l./sec. 1 e l./sec. 5: 33,1%). Per la Sardegna, nella quale le sorgenti con portata inferiore a l./sec. 1 rappresentano il 56,1% (ossia più della metà delle manifestazioni idriche) si ha disponibile un altro dato: su 177 sorgenti classificate con portata inferiore a l./sec. 1, ben 63 sorgenti (cioè il

intervalli di portata.

t a t a							
compresa fra l./sec. 10,01 e l./sec. 25		compresa fra l./sec. 25,01 e l./sec. 50		compresa fra l. sec [illegible],01 e l./sec. 1[illegible]0		Maggiore di l./sec. 00,01	
Numero	%	Numero	%	Numero	%	Numero	%
2	6,7	3	10,0	1	3,3	—	—
12	5,1	6	2,6	2	0,9	15	6,5
2	11,8	—	—	2	11,8	10	58,7
9	4,2	1	0,5	4	1,9	2	0,9
—	—	—	—	—	—	—	—
9	11,2	8	10,0	9	11,2	9	11,2
18	6,4	10	3,5	7	2,5	5	1,8
13	4,1	4	1'3	5	1,6	—	—
65	5,5	32	2,7	30	2,5	41	3,5

35,5%) non raggiungono la portata di l./sec. 0,2. Se si tiene conto che per piccoli centri la portata di l./sec. 1 può al più essere sufficiente a normalizzare l'approvvigionamento idrico per 1.000 abitanti, si constata facilmente come tutte queste sorgenti — tranne rari casi — non possono essere proficuamente utilizzate, né isolate, né collegate, per acquedotti a servizio di agglomerati urbani anche modesti. Esse, invece, possono essere lasciate vantaggiosamente a disposizione della zona loro circostante (ove non potranno mai arrivare le reti di distribuzione) per la costruzione o di piccoli acquedotti rurali o di fontane-abbeveratoio.

Le sorgenti con portata compresa fra l./sec. 1 e l./sec. 5 rappresentano il 33,1% del totale. Poiché con una portata di l./sec. 5 si può rifornire — con le dotazioni normali — una popolazione attuale di circa 3.000 abitanti, si può concludere che sfruttando completamente il 78,4% delle sorgenti sotto esame il problema dell'approvvigionamento idrico può essere risolto teoricamente (senza cioè porre in valutazione la possibilità tecnica e la convenienza economica dell'utilizzazione) solo per i comuni con popolazione attuale fino a 3.000 abitanti: che l'Italia sia ricca di acqua è pertanto un'affermazione che non consente di realizzare acquedotti senza studi lunghi e accurati.

La tabella 3 rappresenta la distribuzione per determinati intervalli di quota delle sorgenti ancora in esame nell'anno 1961.

TAB. 3 — *Distribuzione delle sorgenti sottoposte ad osservazione nell'anno 1961 per determinati*

Regione	Num. delle sorgenti	Quota di affioramento					
		compresa fra m. 0,01 e m. 10		compresa fra m. 11 e m. 100		compresa fra m. 101 e m. 300	
		Numero	%	Numero	%	Numero	%
Lazio	30	—	—	—	—	—	—
Abruzzi	232	3	1,3	—	—	6	2,6
Molise	17	—	—	—	—	—	—
Campania	213	—	—	3	1,3	25	11,7
Puglia e Basilicata . .	7	—	—	—	—	—	—
Calabria	80	—	—	—	—	8	10,0
Sicilia	283	—	—	6	2,1	28	9,9
Sardegna	315	—	—	26	8,3	94	29,8
Totale	1.177	3	0,2	35	3,0	161	13,7

Da essa può riassumersi quanto segue:

sorgenti complessivamente sotto controllo: 1.177
sorgenti affioranti fra quota 0 e quota 10 . n. 3, pari al 0,2 % del tot.
sorgenti affioranti fra quota 11 e quota 100 . n. 35, » » 3,0 % » »
sorgenti affioranti fra quota 101 e quota 300 . n. 161, » » 13,7 % » »
sorgenti affioranti fra quota 301 e quota 600 . n. 352, » » 30,0 % » »
sorgenti affioranti fra quota 601 e quota 900 . n. 375, » » 31,9 % » »
sorgenti affioranti fra quota 901 e quota 1.200 n. 174, » » 14,7 % » »
sorgenti affioranti oltre quota 1.201 . . . n. 77, » » 6,5 % » »

Questo specchio dimostra che in linea generale la distribuzione altimetrica delle sorgenti è favorevole per la costruzione degli acquedotti, in quanto predominano fortemente quelle affioranti in media montagna. Ma dal raffronto fra gli specchi riassuntivi delle tabelle 2 e 3 si ricava — sempre nelle linee generali — che alla percentuale massima di sorgenti altimetricamente « buone » (quelle affioranti sopra quota 300: 83,1%) fa riscontro la percentuale massima (78,4%) di sorgenti di assai modesta portata (sotto l./sec. 5). Questo fatto ha naturalmente portato allo studio di acquedotti, ovviamente lunghi e costosi, alimentati da un complesso di sorgenti, opportunamente scelte (in modo, se possibile — ad esempio — che i periodi di magra non coincidessero) e collegate ad una vasca centrale di raccolta.

intervalli di quota.

riferita al livello del mare

compresa fra m. 301 e m. 600		compresa fra m. 601 e m. 900		compresa fra m. 901 e m. 1200		oltre m. 1200	
Numero	%	Numero	%	Numero	%	Numero	%
2	6,7	8	26,6	18	60,0	2	6,7
39	16,8	58	25,0	76	32,9	50	21,5
10	58,8	6	35,3	1	5,9	—	—
65	30,6	98	46,0	22	10,4	—	—
6	85,7	1	14,3	—	—	—	—
16	20.0	22	27,5	30	37,5	4	5,0
115	40,7	101	35,7	12	4,2	21	7,4
99	31,4	81	25,7	15	4,8	—	—
352	30,0	375	31,9	174	14,7	77	6,5

Il rinvenimento di una sorgente e la sua messa sotto osservazione sistematica hanno ancora richiesto altri studi per assicurare la sua idoneità o meno ad alimentare un acquedotto. Indipendentemente dalle caratteristiche chimiche e batteriologiche dell'acqua — sulle quali esiste sempre possibilità di intervenire, anche se ciò porti aumento di costo all'utente — gli elementi basilari per ogni sorgente sono costituiti dalla quota utile di emergenza e dalla sua possibilità di inquinamento.

Ben raramente la quota utile di emergenza di una sorgente coincide con quella di affioramento all'esterno: un'indagine geologica — sommaria o con l'ausilio di prospezioni — può consentire di determinare, all'interno del terreno l'incontro della zona permeabile con quella impermeabile e quindi la quota « utile » per la partenza della condotta. Questo accertamento della sede geologica della sorgente — prima presunta con le osservazioni, gli studi ed eventualmente le esplorazioni e successivamente verificata con i lavori preliminari — ha consentito di migliorare quasi tutti i risultati delle misure di portata, perché si sono potute recuperare tutte le acque che prima — disperse attraverso le masse di detriti che ricoprivano l'affioramento geologico — sfuggivano a qualsiasi misura diretta.

Le stesse indagini geologiche, estese ad ampia zona intorno al bacino afferente la singola sorgente, hanno spesso rivelato, nella conformazione del terreno, quei fenomeni variabili di carsismo che sono

sempre responsabili dell'intorbidamento delle acque: intorbidamento che può in vario modo essere eliminato, ma sempre attraverso l'installazione e il successivo esercizio di costosi impianti, di modo che l'utilizzazione di una siffatta sorgente può in definitiva risultare meno economica rispetto ad altre, a prima vista apparentemente più dispendiose.

Le indagini geologiche eseguite alle sorgenti sono state in tutto 419 ripartite secondo lo specchio seguente:

Toscana	4
Lazio	25
Abruzzi e Molise	72
Campania	55
Puglia	2
Basilicata	1
Calabria	86
Sicilia	128
Sardegna	46

Il numero piccolissimo delle indagini in Puglia è dovuto al fatto che attraverso il grande acquedotto pugliese (il quale fu progettato con larghezza di vedute e con già prescelte le fonti che avrebbero dovuto nel futuro servire per la sua integrazione) pressoché la totalità degli abitanti è già provvista di acqua potabile e i problemi — anche se importanti dal lato tecnico e per l'importo della spesa — si riducono quindi o a derivazioni in partenza da quella « lunga sorgente » che sono il canale principale e i suoi rami principali o a integrazioni di portata — all'incile dell'acquedotto o locali — per le quali l'Ente Autonomo Acquedotto Pugliese aveva sempre curato e aggiornato gli studi necessari.

Anche per la Basilicata il problema idrico potabile era già stato risolto pressoché totalmente con l'intervento diretto dello Stato che, attraverso la legge Zanardelli, aveva costruito i grandi acquedotti dell'Agri, del Basento e del Caramola, nonché gli acquedotti singoli per i comuni non serviti dai tre grandi acquedotti suddetti.

Per questo motivo il problema idrico, nei suoi aspetti geologici, si è limitato alle indagini alle cospicue sorgenti del Frida, che alimenteranno l'acquedotto omonimo, il quale è destinato a dare acqua a 13 comuni della Basilicata (consentendo contemporaneamente di migliorare la situazione in altri 2 comuni, oggi alimentati dall'acquedotto del Caramola) e a 8 comuni della Calabria.

Gli accertamenti geologici, prima di dare il via agli studi di progetto, sono stati spesso convalidati con prospezioni, sia elettriche che

sismiche, con saggi petrografici, con sondaggi esplorativi nel senso più ampio. Questi sono infatti volta a volta consistiti in pozzi perforati, pozzi a scavo, cunicoli di ricerca, prove colorimetriche.

TAB. 4 — *Distribuzione per esercizio delle somme impegnate al 31 dicembre 1961 per studi ed indagini per la pianificazione e la progettazione degli acquedotti (in lire).*

Esercizi	Rilevamenti preliminari per la redazione dei piani di normalizzazione dell'approvig. idrico			Lavori preliminari per ricerca e scoprimento delle sorgenti	Totale
	Misure di portata	Accertamento dello stato di fatto e ricerche varie			
		« Cassa »	Enti vari		
Al 30-6-1955 (fine primo quinquennio)	120.367.498	97.261.000	151.378.500	693.292.902	1.074.299.900
1955 - 1956	70.870.670	57.481.050	37.732.250	374.128.781	540.212.751
1956 - 1957	39.657.000	12.402.000	4.400.000	163.900.000	220.359.000
1957 - 1958	36.990.853	10.000.000	7.500.000	636.863.000	691.353.853
1958 - 1959	39.718.000	—	—	455.967.215	495.685.215
1959 - 1960	56.760.000	—	—	373.277 071	420.037.071
1960 - 1961	65.275.000	18.510.000	—	422.783.330	506.568.330
30-6-1961-31-12-1961	4.500.000	2.000.000	—	243.768.500	250.268.500
Totale al 31-12-1961	434.139.021	198.654.050	201.010.750	3.354.980.799	4.188.784.620

N. B. In questa tabella non sono comprese le somme (che fanno carico alle spese generali della « Cassa ») per gli accertamenti che sono stati effettuati direttamente dal personale tecnico della « Cassa » stessa.

In riepilogo si ha:

somme spese al 31 dicembre 1961:

a) per misure di portata	L.	434.139.021
b) per accertamento dello stato di fatto	»	399.664.800
c) per lavori preliminari alle sorgenti	»	3.354.980.799
Totale	L.	4.188.784.620

La spesa totale di L. 4.188.784.620, che non comprende — come sopra detto — le spese per gli accertamenti effettuati direttamente dal personale tecnico della « Cassa », indica nella sua grandezza l'importanza e la vastità del lavoro eseguito: rispetto al costo presumibile degli acquedotti, pari a 400 miliardi di lire, questa spesa rappresenta in cifra tonda l'1% del costo stesso. È ben vero che la detta spesa di L. 4.188.784.620

non considera le somme spese dalla « Cassa » per accertamenti fatti direttamente dal proprio personale, ma sta anche il fatto che pressoché tutti i lavori preliminari di indagine alle sorgenti sono stati studiati ed eseguiti in maniera da essere poi tecnicamente inquadrati nell'opera definitiva. A tutto rigore, pertanto, una notevolissima parte della somma di L. 3.354.980.799 potrebbe essere detratta. Ma non è il caso di compiere tale minuta indagine estimativa, che porterebbe solo ad abbassare una percentuale già ben piccola. La modestia di questa percentuale fa considerare quanto mai grave sia la responsabilità degli enti e dei progettisti che si accingono a progettare e realizzare un'opera di acquedotto senza aver assunto prima, con ben modica spesa, il massimo grado di certezza sulla sufficienza dell'opera richiesta dalle popolazioni.

La normalizzazione dell'approvvigionamento idrico in qualche zona, data la situazione sorgentizia ambientale negativa, ha reso necessario rivolgersi ad altre fonti e particolarmente alle acque di falde sotterranee e alle acque fluenti. Alle acque sotterranee si è fatto finora ricorso nell'isola d'Elba (con 12 pozzi e una portata complessiva di l./sec. 44), per il rifornimento di Portoferraio, Capoliveri, Porto Azzurro e Campo nell'Elba; nel Lazio (con 10 pozzi e una portata complessiva di l./sec. 240, per le zone di Aprilia e Pomezia e per S. Felice Circeo); in Campania (con 4 pozzi e una portata complessiva di l./sec. 30); nella Puglia (con 31 pozzi e una portata complessiva di l./sec. 1.655); in Calabria (con 9 pozzi, per complessivi l./sec. 116, e con lo sbarramento del subalveo del fiume Tuccio, per assicurare a Reggio Calabria una portata di l./sec. 100); in Sardegna (con 5 pozzi, con una portata complessiva di l./sec. 35) per il rifornimento di 3 centri del Sarrabus e 6 centri del Perfugas e in Sicilia (con 19 pozzi) per il rifornimento — totale o integrativo — di Caltagirone, Mirabella Imbaccari, Piraino, Villafranca Tirrena, Saponara, Chiaramonte Gulfi, Trapani, Pantelleria, Vulcano, Marsala, Canicattì, Barcellona, Mazara del Vallo, Castelvetrano, Campobello di Mazara, Castel di Iudica, Messina e Palermo. Dal complesso dei pozzi in Sicilia sarà emunta una portata di l./sec. 420.

Tutte queste utilizzazioni, di cui buona parte già realizzata, sono state precedute, come quelle sorgentizie, da dettagliate indagini idrologiche e da studi geologici.

Per lo sfruttamento delle acque di falda, dopo i suddetti studi, si è provveduto all'esecuzione di perforazioni esplorative, che al tempo stesso fossero però tali da consentire — in caso di risultato almeno apparentemente positivo — l'esecuzione di serie prove di pompaggio, e

cioè: pompaggio a portate successivamente crescenti (per almeno dieci giorni e per durata di 16 ore giornaliere) con determinazione del massimo dislivello fra posizione di riposo e sotto pompaggio nonché del tempo necessario per tornare dal livello dinamico, in fase di emungimento, al livello di quiete a pompe ferme.

Fermato l'incremento di portata emunta quando — in base agli accertamenti idrologici — poteva ritenersi che fosse per divenire eccessivo il dislivello fra i due livelli statico e dinamico, si è fatto luogo a pompaggi ininterrotti per almeno 75 giorni con frequenti controlli dei livelli e dei tempi suddetti. In questa seconda fase venivano contemporaneamente tenuti sotto osservazione — sia nello stato di quiete che in quello di emungimento — tutti i pozzi esistenti nella zona per un raggio di qualche centinaio di metri, per avere garanzia contro fatti di reciproca influenza.

Solo dopo questi accertamenti — eseguiti ovviamente in tempo di magra — si è proceduto alla definizione del pozzo necessario, con l'avvertenza che è stato sempre cercato di sostituire a un pozzo di data portata due o più pozzi, di portata frazionata, posti fra loro alla maggiore distanza possibile. Generalmente i pozzi sono stati tutti perforati e al relativo sollevamento dell'acqua — direttamente al serbatoio di carico dell'acquedotto ovvero a una vasca di raccolta, al piano di campagna — hanno provveduto pompe del tipo sommerso.

Sull'emungimento di acque dal sottosuolo si è fatto finora assegnamento per una portata complessiva di l./sec. 2.640, con che si prevede di portare a normalizzazione l'approvvigionamento idrico di oltre 2 milioni di abitanti. Anche accertamenti idrometrici sono stati effettuati direttamente da parte della « Cassa » per l'utilizzazione ad uso potabile di acque fluenti, mediante la creazione di serbatoi artificiali.

Questi sono già realizzati o in corso di realizzazione: in Calabria, con l'invaso dell'Alaca; in Sicilia, con l'invaso dell'Eleuterio, costruito appositamente per l'acquedotto di Palermo, e con gli invasi dell'Ancipa e del Fanaco, costruiti per scopi idroelettrici, con l'obbligo però di lasciare rispettivamente mc. 2.500.000 e mc. 1.500.000 di acqua a scopo potabile, per acquedotti in provincia di Enna, Caltanissetta e Agrigento; in Sardegna con gli invasi del Govossai, per il Nuorese; del Bidighinzu, per Sassari e 29 altri comuni; del Goceano, per 33 comuni nella parte settentrionale delle province di Sassari e Nuoro; del Sulcis, per Carbonia e altri 28 comuni; del Torrei, per 19 comuni della Barbagia e del Mandrolisai; del Flumendosa — costruito a scopo irriguo, idroelettrico e potabile — che lascia mc. 21.000.000 di acqua a dispo-

sizione dell'acquedotto per Cagliari e del Campidano o con la costruzione di semplici traverse (come in Calabria, per l'acquedotto del Lese e in Sardegna per l'acquedotto di Olbia).

Per utilizzazioni del genere, è di importanza essenziale la conoscenza dei dati pluviometrici della zona direttamente interessata o di quella contigua estesa dal presente al passato, quanto più addietro possibile. Tali dati sono stati sempre messi a disposizione dal Servizio Idrografico e la « Cassa » ne ha curata l'elaborazione.

In mancanza di accertamenti diretti nella zona, la « Cassa » ha provveduto all'installazione di pluviometri, pluviografi e anche intere stazioni meteorologiche, al fine di poter disporre, nel futuro, anche dei dati diretti locali con i quali poter eventualmente rettificare quelli delle stazioni limitrofe e dare quindi all'ente gestore dell'acquedotto maggiori elementi di giudizio circa i provvedimenti da prendere in casi di siccità o piovosità anormali.

L'utilizzazione sopra indicata delle acque fluenti — che richiedono sempre un completo trattamento di potabilizzazione — ascende oggi a un totale annuo di mc. 82 milioni (Calabria: mc. 18.000.000; Sicilia: mc. 13.000.000; Sardegna: mc. 51.000.000) per una popolazione presunta, all'anno 2000, di circa 2.050.000 abitanti (Calabria: abitanti 360.000; Sicilia: abitanti 600.000; Sardegna: abitanti 1.085.000). Non è quindi trascurabile l'apporto delle acque fluenti alla risoluzione del problema dell'approvvigionamento idrico: basti osservare che esso copre per la Sardegna, grosso modo, il 78,5% del fabbisogno.

Altra fonte di approvvigionamento idrico, che ha richiesto accurate indagini idrogeologiche, già utilizzata, ma attuabile solo per piccoli fabbisogni, sono le acque piovane accumulate in serbatoi di adeguata capacità mediante piani di raccolta ottenuti impermeabilizzando estensioni di terreno la cui ampiezza è funzione della popolazione da servire, delle dotazioni assegnate — che non sono ovviamente quelle normali — della piovosità e dell'evaporazione. Questi due ultimi elementi sono fondamentali per chiarire la possibilità o meno di realizzare proficuamente un'opera del genere.

È del pari essenziale l'esatta conoscenza della struttura morfologica del terreno, affinché il costo della necessaria impermeabilizzazione non risulti eccessivo. Un impianto del genere è stato realizzato per l'abitato di Lipari (abitanti serviti: 9.000; dotazione giornaliera: litri 14; capacità accumulata: mc. 46.000; superficie dei piani di raccolta: mq. 76.500; piovosità minima considerata: mm. 600).

Le acque piovane possono anche essere raccolte in cisterne private.

Se queste a Lipari (ove esistono in forte numero, con una capacità complessiva di mc. 20.000) fossero in buone condizioni igieniche, la dotazione salirebbe da litri 14 a litri 20.

Ultima fonte di alimentazione idrica, che non ha richiesto indagini idrogeologiche e geologiche, ma ha obbligato la « Cassa » a studi più complessi, è stata l'acqua di mare, opportunamente trattata affinché, a operazioni ultimate, fossero ottimi i suoi caratteri di potabilità, sia chimica che batteriologica.

L'acqua di mare resa potabile già da un anno costituisce — con piena soddisfazione generale — l'alimentazione idrica di Ventotene. Un impianto del genere è in avanzato corso di progettazione per Ponza. Allo stato attuale il costo a metro cubo dell'acqua di mare resa potabile è molto alto: per questo fatto e per il motivo che attualmente gli impianti anzidetti sono costruiti solo per demineralizzare piccole quantità di acqua, impianti simili sono oggi utilizzabili solo in casi particolari, quando non esista altro modo di rifornimento idrico. Con acquedotti alimentati con acqua di mare potabilizzata — come già per quelli serviti da acqua piovana — le dotazioni unitarie sono naturalmente basse: limitate, cioè, allo stretto uso « potabile ». Di conseguenza, in tutti e due questi tipi eccezionali di fonti di alimentazione non potrà più aversi acqua liberamente fluente, misurata a mezzo di contatore, ma essa dovrà essere distribuita a orario fisso, a bocca tassata, in modo che l'acqua risulti effettivamente « razionata ».

Gli studi per l'utilizzazione dell'acqua di mare a scopo potabile, iniziati per risolvere piccoli problemi locali, in considerazione che le popolazioni e i consumi unitari sono in continuo aumento e le fonti classiche di alimentazione sono pressoché tutte già impegnate, vengono attentamente proseguiti dalla « Cassa » affinché in un prossimo futuro si possa utilizzare convenientemente — dal lato del procedimento tecnico di demineralizzazione — quella inesauribile sorgente che è il mare.

Le opere realizzate o in corso di realizzazione assicurano — nelle zone di intervento della « Cassa » — un normale approvvigionamento idrico per un cinquantennio. È fondatamente presumibile che a quell'epoca possa aversi su scala industriale (e cioè a basso costo) la produzione di energia nucleare. L'acqua di mare — resa potabile a prezzo corrente — potrà quindi essere destinata all'approvvigionamento idrico delle zone rivierasche, rimanendo così disponibili per l'entroterra le acque « classiche » che ora riforniscono le zone stesse.

Prof. Ing. Girolamo Ippolito

L'OPERA DELLA CASSA PER IL MEZZOGIORNO NEI RIGUARDI DEL PROBLEMA DELLA POTABILIZZAZIONE DELLE ACQUE

I

PREMESSA

È noto come l'Italia, a differenza di moltissimi altri paesi, ha, in gran parte del suo territorio, una notevole disponibilità di acque naturalmente pure, molto fresche e di gradevole gusto; siano esse acque di sorgenti, fra le quali si annoverano alcune delle sorgenti mondiali di maggiore portata, o siano acque di falde profonde.

La gran parte perciò dei centri abitati italiani è stata da tempo alimentata con ottime acque che, se ben protette nelle opere di presa, nelle canalizzazioni e nella distribuzione, erano distribuite nelle abitazioni senza alcun trattamento.

Facevano eccezione i centri situati in zone di formazioni impermeabili, costituite da rocce argillose o cristalline, povere o prive di buone acque potabili: si citano in particolare le formazioni argillose dell'Appennino centrale e quelle cristalline della Liguria e della Sardegna.

Il vivo desiderio delle popolazioni di essere alimentate con acque di pura fonte ha portato a costruire in Italia acquedotti di grande lunghezza, con complessi di opere molto importanti. Si ricordano gli acquedotti romani della capitale e quello di pari antichità che alimentava Napoli e tutta la zona Flegrea e, fra gli acquedotti dell'epoca moderna, quelli di Torino, Venezia, Roma, Napoli e, a servizio di una intera regione, il grande acquedotto pugliese.

Poche città, fra le quali Genova, Bologna, Firenze, Livorno, Cagliari e Sassari, avevano dovuto ricorrere ad acque superficiali o con prese dirette da fiumi (Bologna, Firenze) o con la costruzione di invasi artificiali (Genova, Sardegna); e solo in questi casi si era dovuto fare ricorso ad impianti di trattamento, costituiti per lo più da impianti di filtrazione di vecchio tipo, per i quali ci si era spesso affidati a ditte d'oltralpe, le quali non avevano per verità portato da noi nemmeno i risultati della tecnica più aggiornata in materia.

Ma con l'estendersi degli acquedotti anche ai centri di minore im-

portanza ed alle zone rurali, con il notevole fenomeno dell'inurbamento per cui le popolazioni delle città crescevano in modo notevole, col progredire delle norme igieniche per cui il controllo dell'acqua diventava sempre più rigoroso, i casi in cui è stato necessario ricorrere ad impianti di trattamento sono aumentati, specialmente nell'ultimo dopoguerra.

Un convegno sulla potabilizzazione delle acque, tenuto a Genova nell'ottobre del 1933, a cura del Gruppo Acquedotti e Fognature del Sindacato Nazionale Ingegneri, fece il punto sulla situazione ed ebbe soprattutto lo scopo di spingere la tecnica italiana a svincolarsi dalla dipendenza da industrie straniere, più preoccupate di vendere apparecchiature brevettate che di seguire nella costruzione degli impianti le norme e i criteri che si erano ormai diffusi in America e in molte nazioni europee.

La Cassa per il Mezzogiorno, iniziando un'opera di sistemazione ed integrazione degli acquedotti esistenti e di costruzione di nuovi importanti acquedotti, si è trovata di fronte al problema di dover costruire un certo numero di impianti di trattamento.

Essa ha potuto avvalersi di un gruppo di tecnici ormai preparati nella materia, in parte funzionari dell'Ente, in parte liberi professionisti o docenti universitari.

Il numero maggiore di impianti è in Sardegna, dove, oltre a provvedere al raddoppio dell'impianto di Corongiu per Cagliari, impianto costruito prima della guerra con una tecnica che a quell'epoca era aggiornatissima, ha dovuto provvedere alla costruzione dell'impianto di Donori (acquedotto del Flumendosa) per Cagliari e provincia (portata 700 l./sec.); del Bidighinzu per Sassari e provincia (portata 535 l./sec.); del Govossai per Nuoro e provincia (portata 125 l./sec.); del Goceano, anche nella provincia di Nuoro (portata 175 l./sec.); di Olbia (portata 40 l./sec.); e di Samugheo (portata 12 l./sec.); mentre numerosi altri impianti sono in corso di progettazione.

In Sicilia è stato appaltato l'impianto dell'Eleuterio (portata 1.500 l./sec.) per la città di Palermo e sono in programma parecchi altri ed altri ancora sono richiesti per acquedotti in Calabria ed altrove.

Le tabelle annesse danno l'elenco degli impianti costruiti, in costruzione ed in progetto nelle zone dove agisce la Cassa per il Mezzogiorno

Nella maggior parte dei casi si tratta di acque superficiali che richiedono sostanzialmente un trattamento di filtrazione, ma non mancano casi di acque che hanno bisogno anche di una correzione chimica, specie per ridurre il ferro e il manganese o per modificare le caratte-

TAB. 1 — *Impianti di trattamento acque potabili costruiti o in costruzione al 31 gennaio 1962.*

Acquedotto	Zona di servizio dell'acquedotto	Tipo dell'impianto	Portata l./sec.	Importo dei lavori
Bidighinzu	Sassari, Alghero, Porto Torres ed altri 24 comuni (ab. 320.000)	Trattam. meccanico ricircolazione dei fanghi; filtri rapidi n. 6; lavagg. solo acqua; clorazione.	535	779.557.000
Donori (*a*)	Cagliari ed altri 16 comuni (ab. 290.000)	Trattamento meccanico, ricircolazione dei fanghi, filtri rapid; lavagg. aria ed acqua; clorazione.	350	309.273.608
Corongiu	Cagliari (ab. 120.000)	Vasche di mescolamento, flocculazione, decantaz.; filtri rapidi; clorazione.	350	164.021.509
Goceano	Buddusò, Bono, Bitti ed altri 28 comuni (ab. 155.000)	Vasche mescolamento flocculazione, decantazione; filtri rapidi n. 6; clorazione.	175	497.600.000
Govossai	Nuoro ed altri 13 comuni (ab. 95.000)	Vasche mescolamento, flocculazione decantazione; filtri rapidi n. 6; clorazione.	125	259.411.097
Olbia	(ab. 40.000) Olbia	Vasche mescol. e coagulazione; filtri rapidi n. 2; clorazione.	40	148.779.801
Eleuterio	Palermo ed altri 6 comuni (ab. 906.300)	Trattamento meccanico, ricircolazione dei fanghi; filtri rapidi; clorazione.	1.500	1.151.360.000
Samugheo	Samugheo ed altri 5 comuni (ab. 12.000)	Impianto di addolcimento con permutazione sodica.	12	19.750.000

(a) Impianto parziale con 4 filtri provvisori.

TAB. 2 — *Impianti di trattamento acque potabili in studio al 31 gennaio 1962.*

Acquedotto	Zona di servizio dell'acquedotto	Situazione lavori	Portata l./sec.
Sulcis	Carbonia ed altri 9 comuni (ab. 125.000)	in progettazione	300
Ogliastra	Lanusei ed altri 9 comuni (ab. 43.000)	in progettazione	60
Ancipa	Enna, Nicosia, ed altri 12 comuni (ab. 180.000)	in progettazione	300
Alaco	40 comuni delle provincie di Catanzaro e R. Calabria (ab. 346.100)	in progettazione	556
Barbagia e Mandrolisai	20 comuni della Barbagia e del Mandrolisai (ab. 45.000)	in corso di studio	80
Gerrei	S. Nicolò Gerrei ed altri 5 comuni (ab. 11.000)	in corso di studio	20
Liscia	Vari comuni della Gallura per 30.000 ab.	in corso di studio	50
Madonie ovest	Caltanissetta, Mussomeli ed altri 12 comuni (ab. 150.000)	in corso di studio	200
Sarcidano	50 comuni della zona omonima (ab. 120.000)	impianti di addolcim. in corso di studio	100

ristiche di aggressività delle acque o, infine, per una semplice purificazione batterica.

Impianti di trattamento si costruiscono oggi anche laddove, a stretto rigore, si potrebbe portare al consumo acqua naturalmente pura, quando le portate disponibili di tali acque non bastano a soddisfare tutti gli usi domestici; e non bisogna dimenticare che mentre fino ai primi decenni del secolo sembravano sufficienti dotazioni idriche anche inferiori a 50 litri giornalieri per abitante, oggi il consumo raggiunge alcune centinaia di litri nelle grandi città, mentre anche i piccoli centri richiedono spesso dotazioni prossime a 100 l./ab./giorno.

Lo sviluppo dell'igiene domestica, il fatto che tutte le case di moderna costruzione sono dotate di bagni e così pure tutte le stanze dei nuovi alberghi, ed infine lo sviluppo turistico di molte zone, che fa affluire, sia pure stagionalmente, notevoli ed esigenti popolazioni in centri che qualche decennio fa avevano solo pochissimi abitanti, sono tutti elementi che portano oggi a richiedere larghezza di approvvigionamenti ed a preferire una soluzione con acque abbondanti, ma che richiedono trattamento, a quella con acque pure, ma di quantità insufficiente.

E qui vogliamo dire che, messici per la strada di rinunziare spesso ad acque naturalmente pure, che potevano distribuirsi senza aggiunta di cloro, si è giunti spesso, sia pure per eccesso di precauzioni, all'uso di clorazioni finali permanentemente o saltuariamente troppo abbondanti, con la conseguenza che vengono distribuite acque che hanno un altissimo clororesiduo e quindi un detestabile sapore. E questo purtroppo avviene spesso anche dove si tratti di acque aventi alte caratteristiche naturali di potabilità, e cioè per ottime, sicure e copiose acque di sorgenti.

Sia permesso a chi scrive, che ha al suo attivo almeno 35 anni di intensa opera di propaganda a favore degli impianti di trattamento e di un uso più largo dell'acqua, di sostenere che tale largo uso non deve accompagnarsi ad un completo e noncurante abbandono delle buone caratteristiche organolettiche dell'acqua distribuita.

È accertato ormai in tutto il mondo civile che un clororesiduo di solo 0,2 p.p.m. è sufficiente a garantire l'avvenuta purificazione delle acque ed è tale al tempo stesso da non conferire ad esse cattivo sapore, salvo il caso della presenza di particolari scarichi fenolici, caso eccezionalissimo per le condizioni italiane.

Chiunque invece può controllare oggi che frequentemente si di-

stribuiscono acque intollerabili al gusto perché hanno clororesiduo altissimo.

È da ritenere che uno dei compiti dell'igiene ambientale sia quello di portare al consumatore acque gradevoli, perché l'igiene non è solo prevenzione contro le malattie, ma anche creazione di un ambiente di vita gradevole.

Oggi la tecnica mette a disposizione larghe possibilità per il controllo della clorazione e del clororesiduo e, in ogni caso, qualora necessità sanitarie lo richiedano, è sempre possibile superclorare un'acqua e poi declorarla.

Non mi sembra perciò eccessivo chiedere agli organi tecnici e sanitari preposti alla conduzione degli acquedotti una più vigile cura nel fare sì che le acque destinate al consumo potabile siano sane sì, ma anche gradevoli.

II

CENNI SULLA TECNICA DELLA POTABILIZZAZIONE

Non è il caso qui di trattare in dettaglio della tecnica della potabilizzazione delle acque superficiali, ma daremo solo un sommario sguardo all'argomento affinché chi legge, anche se non specificamente competente, si possa rendere conto delle caratteristiche degli impianti costruiti dalla Cassa per il Mezzogiorno.

I trattamenti di potabilizzazione sono intesi a modificare la qualità di un'acqua che naturalmente non è adatta alla alimentazione domestica ed agli altri usi di un agglomerato civile.

Nella maggior parte dei casi lo scopo principale è quello di rendere limpide acque di fiumi o di laghi che abbiano permanentemente od occasionalmente una maggiore o minore torbidità ed a distruggere il contenuto microbico, sempre alto nelle acque superficiali e sempre passibile di inquinamento patogeno, anche se nel momento in cui l'acqua si esamina germi patogeni non si rinvengano.

Talora, poi, occorre anche modificare la composizione chimica dell'acqua, o per addolcirla, cioè per ridurre il quantitativo di sali alcalino-terrosi che la rendono poco adatta agli usi domestici o per eliminare il carattere aggressivo che hanno molte acque superficiali o per eliminare particolari sostanze che danno all'acqua sapore sgradevole come i sali di ferro e manganese.

Poiché parecchi dei trattamenti intesi a modificare la composizione chimica dell'acqua ed in particolare gli impianti di addolcimento e quelli per la eliminazione dei sali di ferro e manganese, hanno molto spesso la stessa struttura degli impianti di filtrazione, con modifiche di lieve entità, si può concludere che la stragrande maggioranza degli impianti di potabilizzazione si riporta a due tipi: a quello degli impianti di filtrazione, quando l'acqua deve essere resa limpida o modificata in alcuni caratteri chimici, o subire entrambi i processi; oppure a quelli degli impianti di clorazione, molto più semplici, nel caso in cui sia ri-

chiesta solo la purificazione di acque naturalmente limpide e di buona composizione chimica, ma ricche in microrganismi.

Naturalmente la clorazione è quasi sempre effettuata anche come fase finale degli impianti di filtrazione.

La filtrazione delle acque è stata effettuata fino dai primordi dell'ingegneria sanitaria e possiamo considerarla suddivisa in tre tipi: una filtrazione naturale che si ha portando le acque superficiali sopra terreni di carattere sabbioso, dai quali l'acqua viene poi emunta attraverso un sistema di dreni; la filtrazione cosiddetta lenta e finalmente la filtrazione rapida.

La filtrazione naturale si fa su larghe estensioni di terreno e può convenire quando vi siano condizioni naturali particolarmente convenienti.

Essa è da noi poco diffusa proprio perché nel nostro paese le condizioni adatte sono estremamente rare.

La filtrazione lenta è costituita da filtri artificiali di notevole estensione attraverso i quali l'acqua passa con velocità molto scarsa (ordine di grandezza da 1 a 3 l./min./mq.) spesso senza essere stata assoggettata ad un preventivo trattamento di sedimentazione, che si adotta solo quando vi sono sostanze in sospensione facilmente sedimentabili (sgrossatura). Il funzionamento dei filtri lenti è affidato prevalentemente alla formazione di una membrana biologica che si forma sui filtri stessi, dopo un certo periodo, detto di maturazione.

La grande superficie richiesta, la necessità di un periodo di maturazione durante il quale l'acqua filtrata deve essere scaricata, la delicatezza della membrana biologica, la necessità di una asportazione di questa membrana ogni volta che si è troppo intasata, il bisogno di un ricambio completo del materiale filtrante, che può essere riutilizzato solo dopo un intenso lavaggio in speciali macchine lavatrici, sono tutti inconvenienti per i quali, in impianti di nuova costruzione, la filtrazione lenta non è quasi mai adottata.

La filtrazione rapida, quasi senza eccezioni adoperata nei moderni impianti, utilizza l'azione di sostanze chimiche coagulanti, le quali agglutinano le particelle, che sono sospese nell'acqua in forma colloidale e perciò non sedimentabili, in fiocchi pesanti, di notevoli dimensioni, fiocchi che è facile separare per sedimentazione. L'acqua che viene portata sui filtri risulta perciò quasi limpida, ciò che rende possibile adottare velocità di filtrazione dell'ordine di 60 ÷ 90 l./min./mq. cioè da 30 a 60 volte maggiori delle velocità raggiunte con i filtri lenti.

Ne segue che i filtri, essendo di dimensioni tanto più ridotte, possono essere facilmente attrezzati con dispositivi di lavaggio automatico.

Un moderno impianto di filtrazione comprende quindi le seguenti parti:

a) vasche di sedimentazione preliminare (sgrossatura) che si inseriscono solo se le acque sono notevolmente torbide, quando cioè una sedimentazione con breve durata di detenzione può eliminare dall'acqua una notevole parte delle sostanze in sospensione;

b) dei dispositivi (dosatori) per l'aggiunta di sostanze chimiche. Negli ordinari impianti di filtrazione queste sostanze sono dei coagulanti (per lo più solfato di alluminio) che reagendo con l'acqua danno luogo a formazione di fiocchetti gelatinosi sui quali si vanno a fissare le sostanze in sospensione di natura colloidale, le quali non sarebbero altrimenti separabili nemmeno con lunghe durate di sedimentazione. Nei casi di impianti di addolcimento o comunque di modificazione delle caratteristiche chimiche dell'acqua, le sostanze chimiche sono, volta per volta, scelte in modo da ottenere la precipitazione sotto forma di sali insolubili degli ioni che debbono essere eliminati dall'acqua. In particolare, nell'addolcimento, si adottano, come è noto, la calce viva e la soda;

c) dei dispositivi di mescolazione delle sostanze chimiche aggiunte con l'acqua da trattare (mescolatori). La rapida ed omogenea diffusione delle sostanze chimiche nell'acqua da trattare è in effetti una condizione importante per il buon funzionamento del processo;

d) dei dispositivi per favorire la formazione e l'ingrandimento dei fiocchi gelatinosi o comunque dei grumi di precipitati (flocculatori). Questa operazione è della massima importanza e si ottiene agitando dolcemente l'acqua in modo da favorire l'incontro dei fiocchetti fra di loro e l'inglobamento in essi delle sostanze in sospensione nell'acqua;

e) una sedimentazione delle acque, così condizionate, in appositi bacini o vasche di sedimentazione, dove avviene la separazione dei fiocchi e dei precipitati dalle acque, nelle quali rimangono, dopo l'operazione, solo delle particelle e dei fiocchetti di dimensioni microscopiche;

f) la filtrazione dell'effluente delle vasche di sedimentazione sopra un filtro a sabbia che per impianti a servizio cittadino sono quasi senza eccezione aperti (a gravità);

g) finalmente la purificazione delle acque così trattate, per eliminare quella piccola parte di germi (circa l'1 ÷ 2% di quelli originari) che ancora rimane nelle acque filtrate. Questa purificazione si fa quasi sempre attraverso una clorazione.

Circa l'ordine di grandezza del tempo occorrente per queste varie fasi del trattamento diremo che la sgrossatura si effettua con durate dell'ordine di una mezz'ora, il mescolamento è per solo 4 ÷ 5 minuti ma con movimento molto intenso, la flocculazione richiede da 20 minuti a mezz'ora con movimento dell'acqua che non deve superare in nessun punto velocità dell'ordine di 30 cm./sec., infine la sedimentazione richiede durate normalmente più lunghe, dell'ordine di 2 o 3 ore. Una sedimentazione molto spinta alleggerisce il carico sui filtri i quali si intaseranno così ad intervalli più lunghi, ciò che permette di ridurre il numero dei lavaggi e risparmiare sull'acqua occorrente ai lavaggi stessi.

Poiché anche un ottimo impianto di filtrazione può eliminare al più il 98 ÷ 99% dei microrganismi contenuti nell'acqua, ma non distruggerli completamente, è sempre necessario un trattamento finale di purificazione. L'ozonizzazione è adoperata assai raramente, mentre la clorazione è il trattamento normale.

Per acque molto ricche di sostanze organiche può convenire anche una preclorazione fatta prima della filtrazione, seguita poi dalla clorazione finale (clorazione frazionata); in casi eccezionali può essere richiesta una superclorazione con dosi di cloro molto elevate per affrontare la clororichiesta di acque molto contaminate, seguita poi da una declorazione.

Tutte queste operazioni possono farsi oggi con molta precisione e pertanto mi riporto a quanto ho detto innanzi, deplorando che spesso si forniscano al consumatore acque dal gusto insopportabile per l'eccesso di cloro.

Gli impianti di filtrazione sono stati assoggettati, specialmente in America, ad un processo di affinamento per cui ad un certo momento la tecnica si era completamente normalizzata; e ancora oggi, salvo alcuni interessanti perfezionamenti apportati negli ultimi anni, gli impianti americani e buona parte di quelli europei seguono questa tecnica normale, alla quale sono ispirati la maggior parte degli impianti costruiti recentemente in Italia, e particolarmente quelli fatti a cura della Cassa per il Mezzogiorno.

Senza entrare nei dettagli, per i quali non sarebbe questa la sede adatta, ricorderò che per quanto riguarda l'aggiunta di sostanze chimiche, i moderni dosatori a secco, volumetrici o gravimetrici, hanno quasi dovunque sostituito gli antichi dosatori da soluzione; che il mescolamento rapido si ottiene per lo più con agitatori meccanici, quando non si profitta di pompe centrifughe attraverso le quali l'acqua debba

passare prima di entrare in circolo nell'impianto. Meno adoperato, per quanto anch'esso efficace, è il rimescolamento a mezzo di risalto idraulico.

La flocculazione è di preferenza fatta con flocculatori a pale ad asse orizzontale e, meno frequentemente, con dispositivi ad asse verticale o con lunghi canaletti a va e vieni.

Per la filtrazione si è riconosciuta l'importanza delle caratteristiche granulometriche della sabbia e di una uniforme ripartizione dell'acqua di lavaggio in controcorrente. Le norme americane sulla « dimensione efficace » della sabbia, sulla disposizione del materiale ghiaioso sottostante e sulla distribuzione dell'acqua di lavaggio, sono adottate nella maggioranza degli impianti. Un accorgimento che fu già applicato prima della guerra in alcuni impianti italiani (Corongiu, La Maddalena, Cervaro) di costruire cioè i primi strati di ghiaia a sostegno della sabbia con materiali molto pesanti (baritina o magnetite) ha dato ottimi risultati per assicurare l'immobilità al sottostrato anche con notevole espansione (circa il 50%) del letto di sabbia.

Alcune città ed alcuni tecnici in Europa danno ancora la preferenza al lavaggio misto con aria ed acqua, senza però che siano stati ancora dimostrati i vantaggi che questo sistema, prima usato e poi abbandonato, avrebbe su quello del lavaggio a sola acqua.

Anche la distribuzione dell'acqua di lavaggio è stata talora realizzata con sistemi diversi da quelli della tecnica normale americana, sistemi che peraltro molto spesso sono inutilmente più costosi.

Per quanto riguarda la clorazione ed eventualmente la clorammoniazione, si parte generalmente da gas che viene immesso nell'acqua attraverso appositi cloratori o dosatori di ammoniaca dei quali esistono oggi tipi perfezionatissimi e perfino autoregolati.

L'unico campo nel quale si sono fatti dei progressi veramente interessanti rispetto alla tecnica di qualche decennio fa è quello della flocculazione e sedimentazione.

Già da tempo era noto il vantaggio che si poteva avere nel procedimento di flocculazione riportando in circolo una parte dei fanghi raccolti nella vasca di sedimentazione. Questo principio fu adottato già prima della guerra nell'impianto di Corongiu.

Più recentemente sono stati studiati e messi in commercio appositi sedimentatori nei quali il continuo rimescolamento dell'acqua in arrivo con i fanghi viene assicurato in vasche a doppio compartimento, di struttura molto compatta.

I risultati assai brillanti di questa tecnica hanno consentito di ridurre le durate di detenzione della fase sedimentativa a valori molto

bassi, dell'ordine di 1 ora, di fronte alle durate di 2 ed anche 3 ore che erano consigliate con i vecchi sistemi.

In queste vasche, inoltre, l'estrazione del fango è facilissima, mentre le antiche vasche di sedimentazione richiedevano apparecchiature più complicate, quando non si preferiva addirittura estrarre il fango solo saltuariamente svuotando la vasca.

Un processo interessante è costituito dalla microstacciatura, per cui l'acqua si fa passare attraverso stacci estremamente sottili che trattengono buona parte delle sostanze in sospensione e dei microrganismi. I microstacci però hanno dato risultati particolarmente favorevoli come processo atto a migliorare il funzionamento di filtri lenti troppo caricati, mentre raramente trovano applicazione negli impianti di filtrazione rapida.

Un risultato della tecnica moderna è anche quello di effettuare tutte le manovre con saracinesche telecomandate, elettriche o idrauliche, e di munire i filtri di molte apparecchiature di controllo (misure di perdite di carico nei filtri, determinazione dei livelli nelle varie vasche, misure di portate delle acque filtranti e delle acque di lavaggio per mezzo di venturimetri), accentrando tutte le manovre e tutti gli indicatori degli strumenti di misura sopra un solo banco di comando (uno per ogni filtro o per ogni coppia di filtri).

Diversi dispositivi sono stati studiati per regolare la portata filtrata in modo che essa rimanga costante al variare dell'intasamento del filtro, fino a giungere a quel valore della perdita di carico del filtro al quale corrisponde il lavaggio del filtro stesso. I più diffusi sono sempre quelli basati su una valvola la cui apertura viene comandata dalle differenze di carico a monte e nella strozzatura di un venturimetro.

Molto perfezionata si è anche la tecnica del controllo chimico degli impianti. Con appositi apparecchi da laboratorio si controlla quale è il pH dell'acqua più adatto per una buona flocculazione, e questo valore del pH si ottiene aggiungendo all'acqua da trattare, assieme al coagulante, una opportuna sostanza chimica, raramente acida e molto più spesso basica (calce idrata).

Gli impianti di addolcimento a calce e soda non differiscono sostanzialmente dagli impianti di filtrazione salvo che per le sostanze chimiche da aggiungere e per il controllo, prima della filtrazione, dell'equilibrio bicarbonico. Quest'ultimo controllo, peraltro, è spesso necessario anche negli impianti normali di filtrazione, per neutralizzare, con l'aggiunta di idrato di calce, l'acidità prodotta dall'aggiunta del coagulante.

Negli impianti di addolcimento, se l'acqua è torbida, può essere opportuno aggiungere, oltre alla calce e alla soda, anche una dose di coagulante. In essi la correzione dell'equilibrio bicarbonico richiede per lo più una aggiunta di anidride carbonica (ricarbonazione) che si fa in apposite vasche o canali, disposti fra le vasche di sedimentazione e i filtri, mediante insufflazione dell'anidride carbonica ottenuta da bombole o da combustione di *coke*.

La eliminazione del ferro e del manganese avviene quasi sempre automaticamente negli impianti di addolcimento. Qualora si debba provvedere solo a questa eliminazione senza altri trattamenti si adopera, di norma, una aerazione dell'acqua seguita da una percolazione su pietrisco calcareo o attraverso una massa calcareo-magnesiaca (*massa magno*).

L'addolcimento delle acque può ottenersi anche a mezzo di zeoliti naturali o artificiali e più modernamente a mezzo di apposite resine sintetiche molto più efficaci, mediante un processo di scambio di basi. Poiché con questo procedimento si può ottenere un'acqua a durezza zero si usa per lo più trattare solo una parte dell'acqua, rimescolandola poi con il rimanente, in modo da avere quel giusto grado di durezza finale che renda l'acqua la più adatta agli usi domestici e civili.

Conviene fare da ultimo un cenno sull'uso del carbone attivo (filtri di carbone attivo o aggiunta di carbone attivo in polvere) come procedimento che può essere di grande aiuto nella tecnica del trattamento delle acque superficiali, specie per la eliminazione di cattivi odori e sapori nelle acque, odori e sapori che nascono per lo più a causa di particolari scarichi industriali contenenti sostanze fenoliche e specialmente a seguito della clorazione di queste acque.

Il carbone attivo può essere anche ottimamente usato come decloratore dell'acqua quando per ragioni di carattere sanitario si sia dovuto ricorrere a clorazioni molto spinte.

III

IMPIANTI COSTRUITI DALLA CASSA PER IL MEZZOGIORNO

Nel quadro accluso in appendice sono indicati gli elementi principali degli impianti già in esercizio o quasi finiti, dei quali si dà inoltre una sintetica descrizione.

1. - Impianto del Bidighinzu

L'alimentazione dell'acquedotto del Bidighinzu, che serve Sassari ed altri comuni, è assicurata da un invaso creato artificialmente della capacità di 11 milioni di mc. utili.

L'acqua da trattare nell'impianto, con una portata di 535 l./sec. ha temperature variabili da 10° a 24° C, ha durezza di 150 ÷ 170 p.p.m., per metà circa carbonica, pH 7,8, torbidità normale 4 p.p.m., media 10 p.p.m. con punte eccezionali fino a 6.000 p.p.m. Talvolta si è riscontrata la presenza di manganese, anche superiore a 0,3 p.p.m.

L'impianto è costituito da vasche di sedimentazione e circolazione del fango, da filtri rapidi a gravità, da un impianto doppio per la produzione di cloro da elettrolisi del sale marino, della potenzialità totale di 80 kg./giorno; e da un impianto di clorazione con cloratore a gas cloro della potenzialità di 8 kg./ora.

Il coagulante (solfato di alluminio) e la calce sono distribuiti da dosatori a secco con soglie rotanti, della potenzialità fino a 20 kg. di reattivo all'ora, e sono immessi direttamente nelle vasche a circolazione.

Il tempo di detenzione nelle vasche è di soli 70 min. ed il fango è scaricato automaticamente ad intervalli prestabiliti.

I filtri sono del tipo a lavaggio con sola acqua; il sistema drenante è con tubi forati e cassoni ripartitori muniti di ugelli in porcellana.

La massa filtrante è costituita da uno strato di ghiaia silicea dello spessore di cm. 30, un ulteriore strato di ghiaia di baritina anch'esso

di 30 cm., ed un sovrastante strato di sabbia silicea di cava, dello spessore di cm. 60. La velocità di filtrazione è di circa 4 m./ora e quella di lavaggio di circa 0,90 m. al minuto primo.

Il lavaggio avviene in controcorrente dal basso verso l'alto e la raccolta dell'acqua di lavaggio si effettua con un sistema di canalette di acciaio zincato situate al disopra dello strato di sabbia, le quali sversano in un canale centrale che immette nel serbatoio dell'acqua di recupero, situato al disotto della galleria filtri.

Il lavaggio dei filtri è proporzionato per una durata di 5 minuti primi e si effettua quando la perdita di carico nel filtro raggiunge 2,4 m.; in pratica ogni 36÷40 ore.

Il serbatoio dell'acqua di lavaggio è ubicato a monte dell'impianto ad una quota di 15 metri più in alto dei filtri. Da esso vengono alimentati anche tutti i servizi dell'impianto e le abitazioni del personale.

Tutti i comandi dell'impianto sono automatici e centralizzati su di un quadro di manovra e controllo. Le saracinesche sono a funzionamento idraulico e pneumatico.

Il consumo medio dei reattivi è di 30 p.p.m. per il solfato di alluminio e di 10 p.p.m. per l'idrato di calce; però in occasioni di torbidità eccezionali si è dovuto spingere il dosaggio del solfato fino a 150 p.p.m.

È stato necessario abbattere la formazione di flora alghicida con (immissione di solfato di rame nel bacino (circa 0,2 p.p.m. considerando solo un'altezza d'acqua di m. 4).

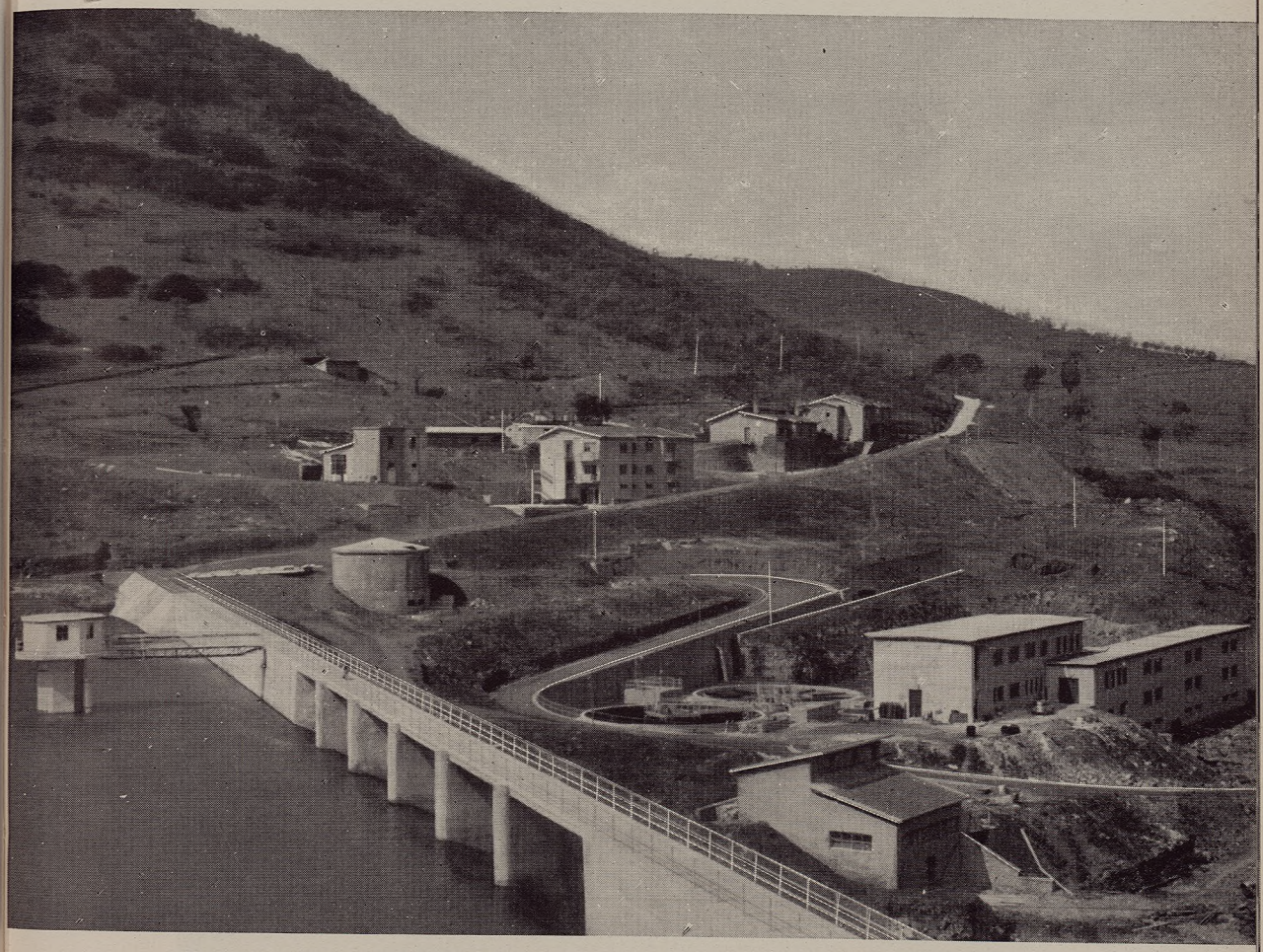
Tuttavia l'alto contenuto organico e le manifestate preoccupazioni delle autorità sanitarie hanno richiesto nell'impianto una preclorazione da 1,7 a 5 p.p.m. ed una post-clorazione di 0,5÷1 p.p.m., con cloro residuo medio di 0,7 p.p.m.

L'impianto è gestito dalla Cassa per il Mezzogiorno con personale composto di un capo-impianto, 4 conduttori, 3 manovali ed 1 meccanico.

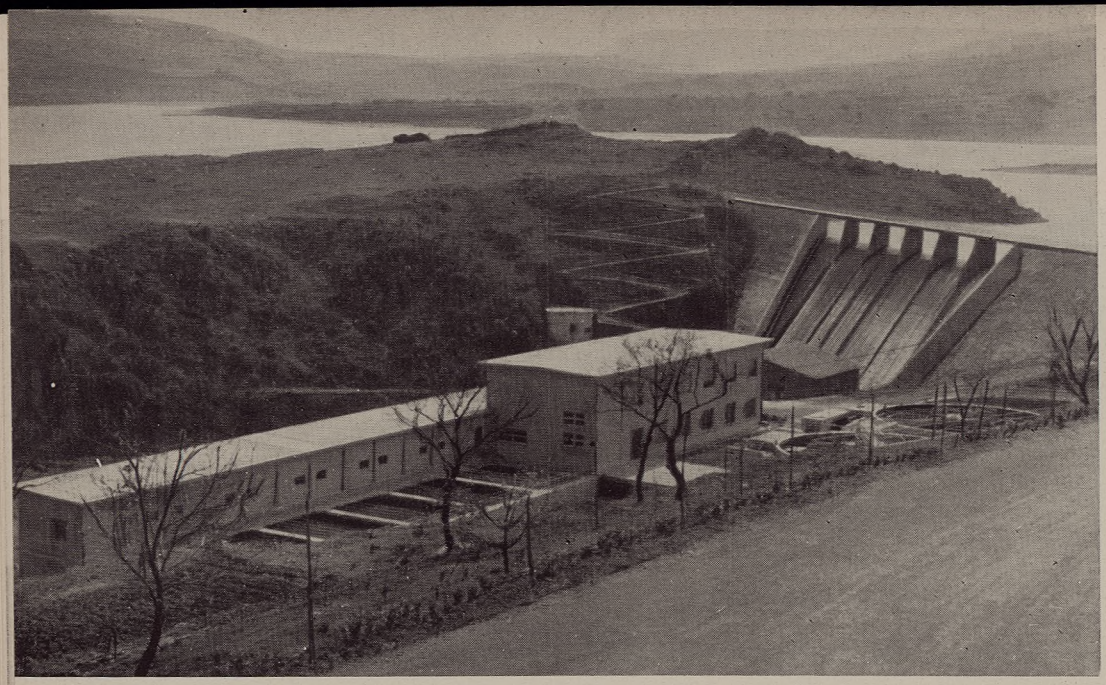
Questo impianto, che è costato circa 780 milioni, è l'unico di cui sono disponibili i costi di esercizio, dai quali si ricava che il costo del trattamento, compresi i carichi patrimoniali, è di circa 9 lire per mc. di acqua trattata (Fot. 1-5).

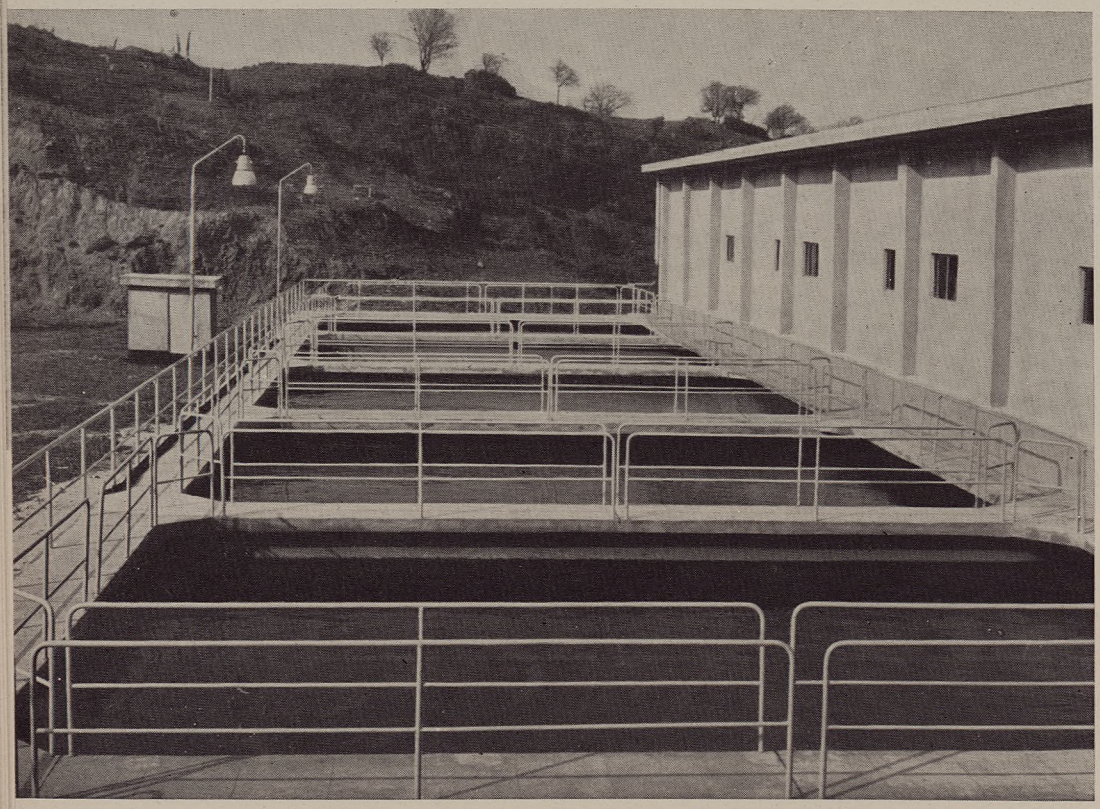
2. - Impianto di Donori

L'impianto di potabilizzazione di Donori è alimentato dalle acque del Flumendosa derivate dai laghi artificiali del Flumendosa e del Mulargia aventi invaso totale di 570 × 10 milioni di mc. dal quale ver-

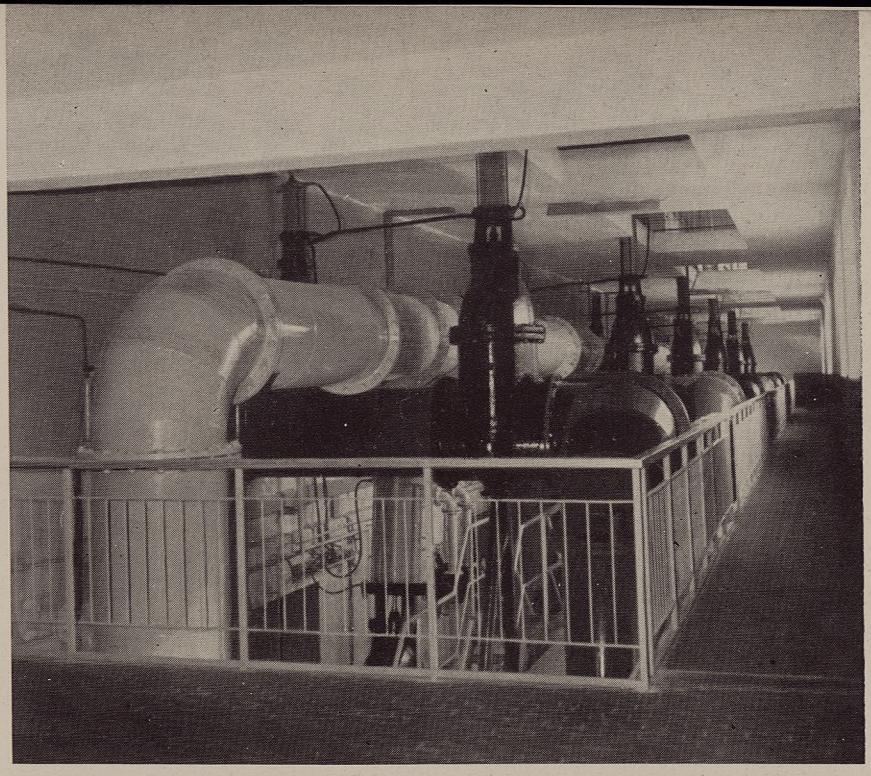


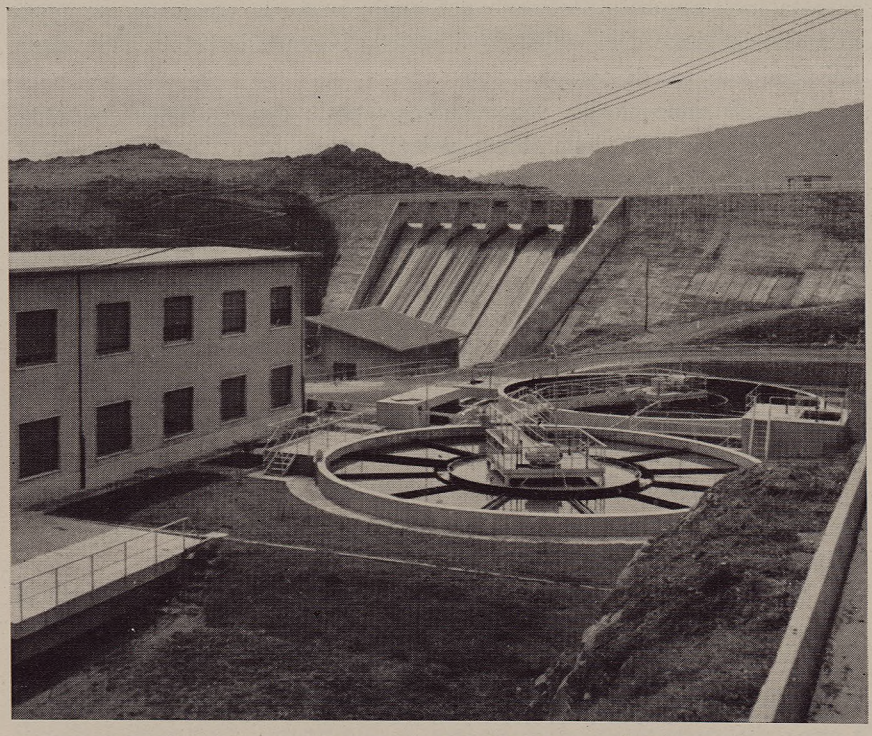
Fot. 1 - Impianto di potabilizzazione del Bidighinzu: Veduta generale del complesso dell'impianto.





Fot. 2 - Impianto di potabilizzazione del Bidighinzu: Edificio filtri e servizi. Sullo sfondo, il lago.
Fot. 3 - Impianto di potabilizzazione del Bidighinzu: Batteria dei filtri.





Fot. 4 - Impianto di potabilizzazione del Bidighinzu: Galleria delle tubazioni sul fronte filtri.

Fot. 5 - Impianto di potabilizzazione del Bidighinzu: Decantatori « Accelator ».

ranno derivati 700 l./sec. per l'alimentazione idrica di Cagliari e di alcuni comuni del Campidano.

L'impianto è attualmente proporzionato per soli 350 l./sec. ed è costituito da vasche di sedimentazione a ricircolazione del fango, da quattro filtri di tipo normale con lavaggio ad acqua, da un impianto doppio per produzione di cloro da elettrolisi e da un cloratore a gas-cloro.

L'acqua da trattare ha durezza totale di 120-160 p.p.m. di cui più di metà carbonica; ha un pH di 7 ÷ 7,6 ed una torbidità normale di 3 p.p.m. con punte eccezionali fino a 80 p.p.m.

L'acqua grezza perviene direttamente nelle vasche a ricircolazione, nelle quali vengono immessi anche i reattivi chimici. In queste vasche avviene prima un intimo mescolamento tra i reattivi e l'acqua grezza e quindi l'acqua attraversa i compartimenti di coagulazione e sedimentazione, con un tempo di detenzione totale di circa 1^h30^m.

Il fango viene estratto periodicamente con manovra automatica.

L'acqua chiarificata viene distribuita ai filtri, per passare poi, dopo filtrata, nell'apposito serbatoio dal quale parte la condotta che porta alla distribuzione. Dal serbatoio si preleva l'acqua destinata al lavaggio dei filtri a mezzo di pompe.

La soluzione clorica viene immessa nella condotta dell'acqua filtarta, poco a monte dello sbocco nel serbatoio.

I dosatori dei reattivi, del tipo a secco, sono capaci di dosare da 2 a 160 chili di solfato di alluminio all'ora e da 1,2 a 100 kg./ora di calce.

I quattro filtri rapidi a gravità, con lavaggio a sola acqua in controcorrente hanno ciascuno superficie utile di m. 54,00 con letto filtrante di m. 2,30 costituito, dall'alto in basso, da 0,60 m. di sabbia di silice di dimensione efficace 0,50 ÷ 0,70 mm. e coefficiente di uniformità 1,5; da uno strato di 0,30 m. di baritina di pezzatura variabile da 1,5 a 13 mm. e da uno strato di 1,40 m. di ghiaia di pezzatura da 13 a 63 mm.

La velocità di filtrazione è di 5,80 m./ora.

L'acqua filtrata viene raccolta mediante canalette poste al disotto dello strato filtrante al centro di ogni filtro ed inviata con una canala collettrice al serbatoio di accumulo.

Il lavaggio dei filtri in controcorrente è previsto per la durata di 5 minuti primi con velocità di 0,80 m./minuto.

La disinfezione dell'acqua potabilizzata viene effettuata mediante la produzione di cloro per elettrolisi da sale marino e con un cloratore a gas della potenzialità di 6 kg./ora. I due gruppi elettrolitici, di cui uno di riserva, sono capaci di produrre ciascuno 30 kg. di cloro nelle

24 ore; la produzione di cloro è regolata a mano in funzione del cloro residuo il cui controllo viene eseguito periodicamente.

Il comando di tutto l'impianto, e particolarmente dei filtri, viene effettuato per mezzo di saracinesche a comando manuale.

È in corso lo studio per il completamento dell'impianto con la sistemazione *ex novo* della stazione di filtrazione con otto filtri rapidi — lavaggio ad aria e acqua — per la portata complessiva di regime di l./sec. 700; con la costruzione di un terzo decantatore e di un serbatoio per l'acqua di lavaggio della capacità di 500 mc., e di uno di recupero e con la installazione di comandi e manovre centralizzate.

Il consumo di reattivi è modesto perché l'acqua è quasi limpida per un lungo periodo dell'anno. I lievi valori di torbidità che si riscontrano vanno meglio indicati come opalescenza e colore dovuti prevalentemente a sostanze organiche in sospensione. Il valore medio di consumo di reattivi oscilla intorno alle 20 p.p.m. di solfato di alluminio e 5 p.p.m. di calce idrata in polvere.

Il dosaggio di cloro è piuttosto elevato (1,5 ÷ 4 p.p.m.) perché la presenza di molte sostanze organiche tiene alta la clororichiesta. Il cloro residuo è di 0,3 ÷ 0,6 p.p.m. L'impianto è costato poco più di 300 milioni ed è gestito dall'Ente Autonomo del Flumendosa, ma è tenuto in funzione solo in parte. Il personale è composto di un capoimpianto, quattro conduttori e tre manovali (Fot. 6-8).

3. - Impianto di Corongiu

L'impianto di potabilizzazione di Corongiu è alimentato da tre laghi artificiali sul rio Corongiu. La derivazione avviene da quello medio e basso.

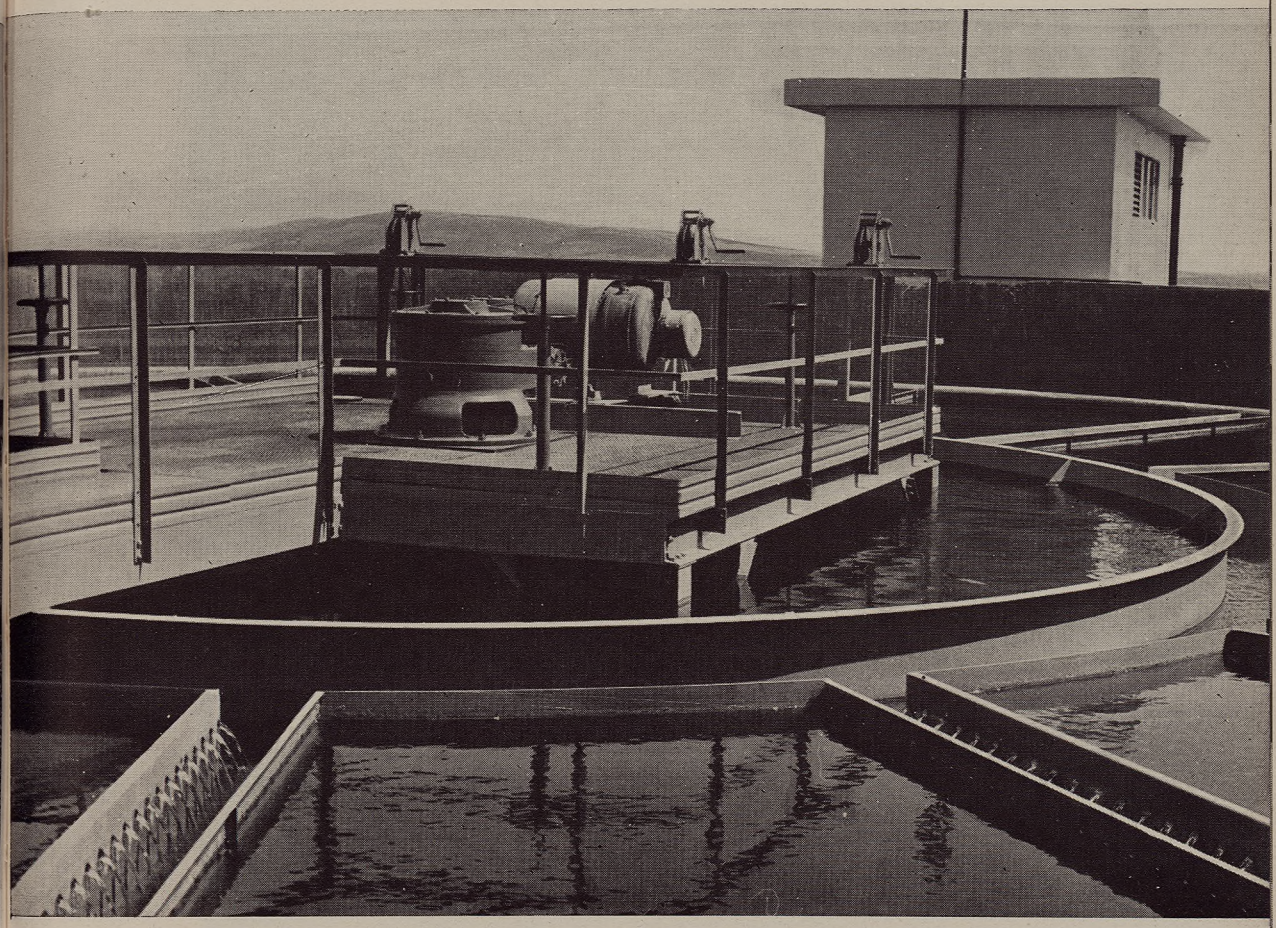
L'invaso è di circa 5.500.000 mc. I terreni sono prevalentemente granitici per cui l'acqua si presenta scarsa di torbidità dovuta a particelle in sospensione mentre ragguardevole è l'abbondanza di flora (specie alghe) e notevoli le caratteristiche di aggressività, con un pH di 6,5.

La « Cassa » ha eseguito il raddoppio e l'ammodernamento dell'impianto che fu costruito prima della guerra secondo la tecnica americana del tempo.

L'impianto era capace di trattare la portata di 175 l./sec. e consisteva di dosatori a secco per le sostanze chimiche; di vasche di mescolamento, munite di mescolatori a pale con asse verticale e detenzione di



Fot. 6 - Impianto di potabilizzazione di Donori: Vasche di decantazione, edificio filtri e servizi.



Fot. 7 - Impianto di potabilizzazione di Donori: Decantatore « Accelator ».



Fot. 8 - Impianto di potabilizzazione di Donori: Galleria filtri.

5 minuti; di vasche di flocculazione, per la durata di 40 min., anch'esse munite di agitatori a pale, con asse verticale, ed a movimento lento; di una doppia serie di setti di smorzamento per far passare l'acqua alle vasche di sedimentazione, che hanno tempo di detenzione di due ore e sono di forma rettangolare col fondo costituto da tramogge con spigoli inclinati a 45°; di filtri aperti a gravità. I fanghi della sedimentazione si estraggono dalle tramogge e sono poi scaricati, mediante apposite tubazioni, in canaletti per addurli alle pompe per la eventuale ricircolazione.

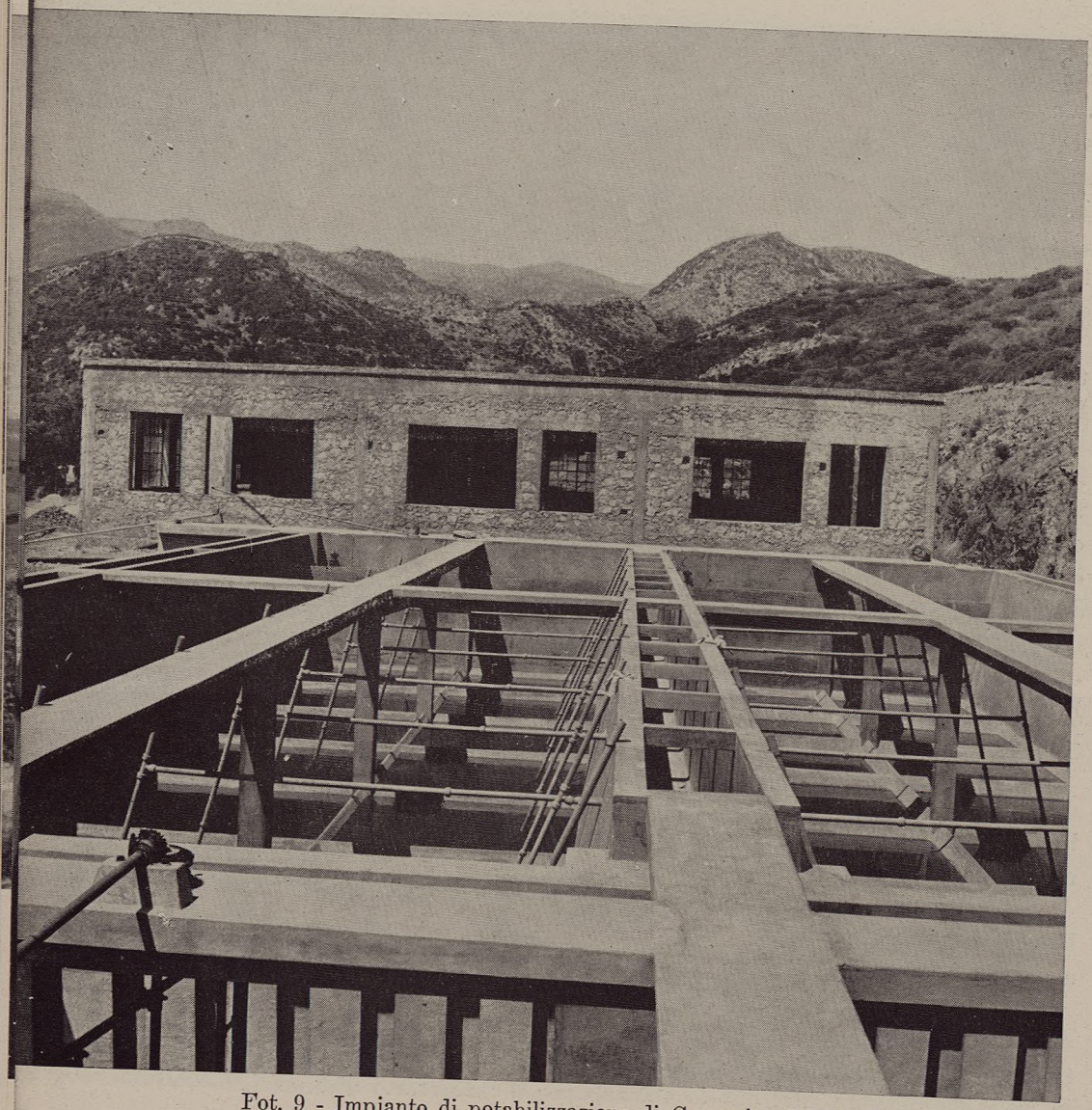
Lo strato filtrante è costituito da pietrame siliceo, ghiaia di baritina e sabbia silicea di cava, quest'ultima per uno spessore di cm. 85. La velocità di filtrazione è di 4,80 m./ora.

Il sistema di lavaggio, studiato per una velocità di lavaggio di m. 0,80 per minuto primo, è costituito da tubi di cemento amianto forati inferiormente ed alimentati da collettori in lamiera di zinco muniti di ugelli in bronzo per il lavaggio della zona di filtro sovrastante il collettore stesso. Da ognuno di tali collettori partono le tubazioni di scarico dell'acqua filtrata che, durante il lavaggio, funzionano anche come tubazione di afflusso, disposte in modo che il percorso dell'acqua di lavaggio diretto ad ognuno dei collettori sia presso a poco di uguale lunghezza così da assicurare una eguale ripartizione delle pressioni di lavaggio nel filtro.

L'acqua di lavaggio viene raccolta da canali di gronda con bordo stramazzante, situati a m. 0,55 sul piano della sabbia. Da questi canali l'acqua sversa nel canale centrale di alimentazione del filtro al quale è collegata la tubazione di scarico.

L'acqua di lavaggio proviene da un serbatoio situato a monte dell'impianto. Questo serbatoio è alimentato da quello dell'acqua filtrata a mezzo di pompe. La durata del lavaggio è di circa 3 minuti primi.

Le opere eseguite dalla « Cassa » consistono essenzialmente: nella costruzione di altre due vasche di flocculazione e decantazione e di altri tre filtri uguali alle unità esistenti; nella sistemazione della sala manovra in modo da ricavare altri due locali, uno per il laboratorio di analisi e controllo, l'altro per la clorazione; nell'impianto di una nuova apparecchiatura di clorazione costituita da due gruppi di celle elettrolitiche aventi la potenzialità di 32 kg. al giorno di cloro; nella sostituzione dei gruppi dosatori. Di questi ultimi, sempre del tipo a secco con vaschetta di dissoluzione, due sono adibiti al dosaggio del solfato di alluminio e gli altri due per la calce idrata. Capacità di dosaggio fino a 15 kg./ora.



Fot. 9 - Impianto di potabilizzazione di Corongiu: Vasche di decantazione ed edificio filtri.



Fot. 10 - Impianto di potabilizzazione di Corongiu: Particolare dei flocculatori.

Contemporaneamente si è provveduto ad un ammodernamento delle altre parti dell'impianto, alquanto deperite per il lungo periodo di inattività.

Con il raddoppio dell'impianto, che è costato circa 165 milioni, si è in condizioni di trattare 350 l./sec., cioè tutta la portata derivata dai laghi, ma benché l'impianto fosse pronto ad entrare in esercizio fin dal 1960, per motivi che non si conoscono, l'Amministrazione Comunale di Cagliari non l'ha ancora messo in funzione (Fot. 9 e 10).

4. - Impianto di Sos Canales (Goceano)

Lo sbarramento costruito dalla « Cassa » sull'alto corso del Tirso, darà, con il suo invaso, la possibilità di rifornire di acqua potabile un gruppo di centri abitati delle province di Sassari e Nuoro.

Il bacino ha funzione di compenso annuale per la variabilità sia degli afflussi che dei consumi e di riserva negli anni di eccezionale siccità.

La capacità utile è di circa 3,5 milioni di mc. e quella massima di circa 5 milioni di mc.

Detto invaso potrà alimentare una popolazione di 175.000 unità con una dotazione normale di 80 litri *pro capite* al giorno e di 120 litri nei periodi di maggior consumo.

L'impianto di filtrazione, attualmente in costruzione, è situato a circa 300 metri a valle della diga e sarà del tipo normale. Esso è proporzionato per trattare 175 l./sec.

L'acqua grezza, quasi limpida, poco mineralizzata ed alquanto aggressiva (durezza 32 p.p.m., pH = 6,7, torbidità 2 ÷ 5 p.p.m.), dopo l'aggiunta dei reattivi, passerà alle vasche di mescolamento nelle quali l'agitazione sarà ottenuta con la formazione di un vortice e poi a tre vasche di flocculazione con agitatori ad asse orizzontale e quindi alle tre vasche di decantazione funzionanti in parallelo, ciascuna proporzionata per trattare 60 l./sec. con un periodo di detenzione di 2 ore.

I filtri, con una superficie filtrante totale di 108 mq., saranno del tipo a lavaggio a sola acqua. Essi saranno costituiti da un sistema di tubi drenanti con cassoni muniti di ugelli.

La massa filtrante sarà formata da m. 0,60 di sabbia silicea, con un sottostrato di m. 0,30 di baritina e m. 0,40 di ghiaia silicea.

Il sistema di raccolta dell'acqua di lavaggio sarà con canalette metalliche sversanti in un collettore anch'esso metallico dal quale l'acqua

arriverà nel serbatoio di recupero, i cui fanghi verranno in parte pompati nuovamente nelle vasche di mescolamento.

Il serbatoio dell'acqua filtrata è ubicato al disotto della galleria dei filtri. Da esso verrà prelevata l'acqua destinata al lavaggio dei filtri a mezzo pompe che alimenteranno l'apposito serbatoio sito circa 18 metri più in alto.

Il lavaggio è previsto in controcorrente e con un consumo medio di acqua di circa il 4% del massimo volume di acqua trattata.

I dosatori del tipo a secco, sia per il coagulante che per la calce idrata, immetteranno in due vasche di dissoluzione dalle quali verrà pompata la miscela direttamente nelle vasche di flocculazione.

La potenzialità dei dosatori è per dosaggi fino a 100 kg./ora per il solfato di alluminio e fino a 50 kg./ora per la calce idrata.

Si è prevista la possibilità di clorazione frazionata: sull'acqua grezza con immissione della clorina presso la valvola di regolazione della portata dell'acqua in entrata; sull'acqua filtrata prima dell'arrivo al serbatoio di accumulo.

La stazione di clorazione avrà la potenzialità di 3.600 gr./ora ed il cloro sarà fornito da bombole.

L'impianto avrà comandi automatici centralizzati.

L'impianto costerà circa mezzo miliardo di lire e sarà gestito dalla Cassa per il Mezzogiorno con un personale costituito da un capo-impianto, 4 conduttori e 3 manovali.

5. - Impianto del Govossai

L'impianto di potabilizzazione, a servizio dell'acquedotto di Nuoro ed altri acquedotti minori, è proporzionato per trattare la portata normale di 70 l./sec. e massima di 125 l./sec. derivata dal serbatoio artificiale costruito sul rio Govossai, affluente del fiume Taloro, e che ha una capacità utile di circa due milioni e mezzo di mc.

Trattandosi di bacino di montagna in terreni prevalentemente granitici, l'acqua invasata si presenta sufficientemente limpida (torbidità media 3 ÷ 4 p.p.m., con punte di 30 p.p.m.) ma leggermente aggressiva, con durezza di appena 21 p.p.m. e pH = 6,8.

L'impianto è un normale impianto di filtrazione. L'acqua grezza, previa aggiunta di reattivi chimici, giunge in due vasche di flocculazione con durata di detenzione di 30 minuti e munite di agitatori meccanici ad asse verticale aventi una velocità di rotazione di circa 2 giri al

minuto primo, capaci di imprimere all'acqua una velocità da 0,20 a 0,10 m./sec.

Il dosaggio dei reattivi è effettuato mediante quattro dosatori a secco di cui due di riserva, capaci di dosare da 1 a 30 kg./ora di solfato di alluminio e da 0,50 a 20 kg./ora di calce idrata ventilata. I dosatori immettono i reagenti, sotto forma di soluzioni concentrate, direttamente nella tubazione dell'acqua grezza. Le aggiunte di sostanze chimiche sono normalmente di 25 p.p.m. di solfato di alluminio e di 20 p.p.m. di idrato di calce.

L'acqua trattata, attraverso delle pareti deflettenti immerse, poste in modo tale che la velocità di uscita dell'acqua dalle vasche di flocculazione non superi i 5 cm./sec., onde evitare la rottura dei fiocchi, passa in due vasche di sedimentazione affiancate delle dimensioni ciascuna di m. 36,00 × 6,50 con profondità da 1,80 a 3,00 m.

La capacità totale è di circa mc. 125, quindi, alla portata massima, il tempo di detenzione è di circa ore 2 e 30 minuti.

L'acqua decantata sfiora dalla parete di estremità, è convogliata in una canaletta di raccolta posta a lato delle vasche di sedimentazione ed è poi addotta ai filtri da una tubazione di ghisa.

I filtri, di forma rettangolare, a gravità, del tipo a lavaggio in controcorrente di sola acqua, sono in numero di sei, ciascuno con superficie utile di m. 6,00 × 3,00. Si ha così una superficie totale filtrante di mq. 108, con la quale si ha una velocità di filtrazione, con la massima portata, di 4,14 m./ora.

I filtri sono muniti di dispositivi automatici di regolazione della portata e dei livelli, manovrabili da un banco, posto alla testata di ciascun filtro.

La ripartizione dell'acqua di lavaggio sotto i filtri è stata calcolata con le formule di Jenks.

Le canalette di gronda (il cui dimensionamento è stato calcolato con le formule dell'Elms) sono in lamiera di zinco.

Lo spessore dello strato filtrante di sabbia di quarzo è di cm. 60.

Il sottofondo filtrante ha uno spessore complessivo di cm. 60, suddiviso in 6 strati composti da materiale di varia granulazione, con gli strati superiori di baritina.

Il lavaggio è normalmente richiesto una volta al giorno, quando la perdita di carico nei filtri raggiunge m. 2,20, e si effettua per circa 3 minuti con una velocità di m. 0,85 al minuto primo.

L'acqua filtrata, la cui portata viene misurata da un venturimetro

registratore, viene immessa, previa clorazione, nel serbatoio dell'acqua filtrata della capacità di 900 mc.

La produzione del cloro è ottenuta per elettrolisi dal sale marino. L'impianto è costituito da due celle elettrolitiche capaci di funzionare indipendentemente e alternativamente, aventi in comune la salamoia, il punto di applicazione del cloro (sulla tubazione dell'acqua filtrata prima del serbatoio) e il gruppo convertitore per la generazione di corrente continua. Ciascuna cella è capace di produrre, dosare ed immettere nell'acqua filtrata fino a 6 kg. di cloro attivo nelle 24 ore. Per l'emergenza è stato previsto un cloratore a gas cloro avente la potenzialità massima di 1.500 gr./ora.

La clororichiesta è di circa 1,8 p.p.m. ed il clororesiduo è intorno a 0,4 p.p.m.

L'acqua prelevata dalla condotta dell'acqua filtrata, subito dopo l'immissione della soluzione di acido ipocloroso, viene pompata, per mezzo di due gruppi elettropompe, della portata di 20 l./sec., con una prevalenza di 30 m. nel serbatoio di servizio della capacità di mc. 200.

Da esso parte la condotta destinata a portare a gravità l'acqua occorrente al lavaggio dei filtri e una tubazione per l'alimentazione delle abitazioni del personale.

Le acque di scarico del lavaggio e quelle degli scarichi di fondo sono convogliate in un unico serbatoio della capacità di mc. 100 e da esso, per mezzo di una pompa, vengono di nuovo poste in circolazione, con una parte dei fanghi, immettendole nella tubazione dell'acqua grezza (prima della valvola di regolazione).

L'impianto è gestito dal Consorzio dell'acquedotto, e dispone di 3 conduttori, un manovale ed un elettricista.

Il costo totale dell'opera è stato di circa 260 milioni (Fot. 11-14).

6. - Impianto di Olbia

Il nuovo acquedotto di Olbia è alimentato con derivazione ad acqua fluente dal rio Sa Castangia, con portata massima di 40 l./sec.

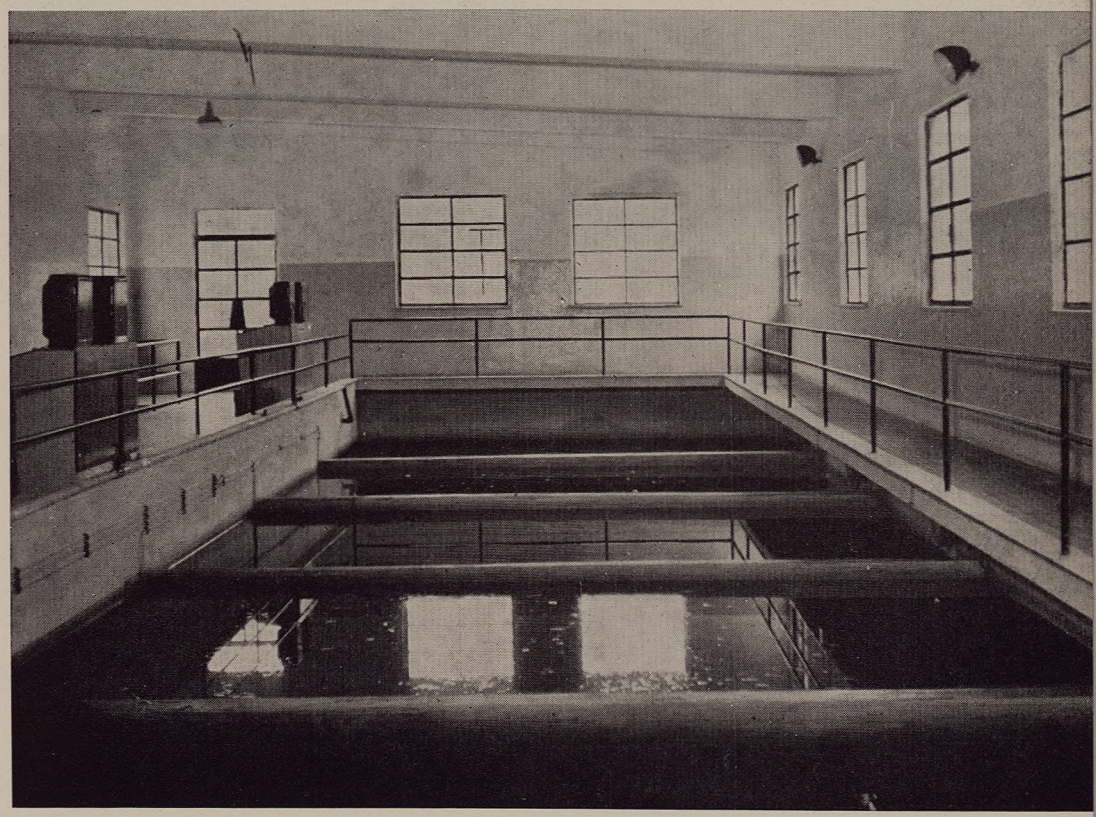
Per il trattamento di potabilizzazione è stato studiato un normale impianto costituito da un mescolamento rapido delle sostanze coagulanti nell'acqua, seguito da un processo di coagulazione e sedimentazione e quindi dalla filtrazione.

L'impianto venne ubicato presso Olbia, al termine della condotta principale dell'acquedotto.

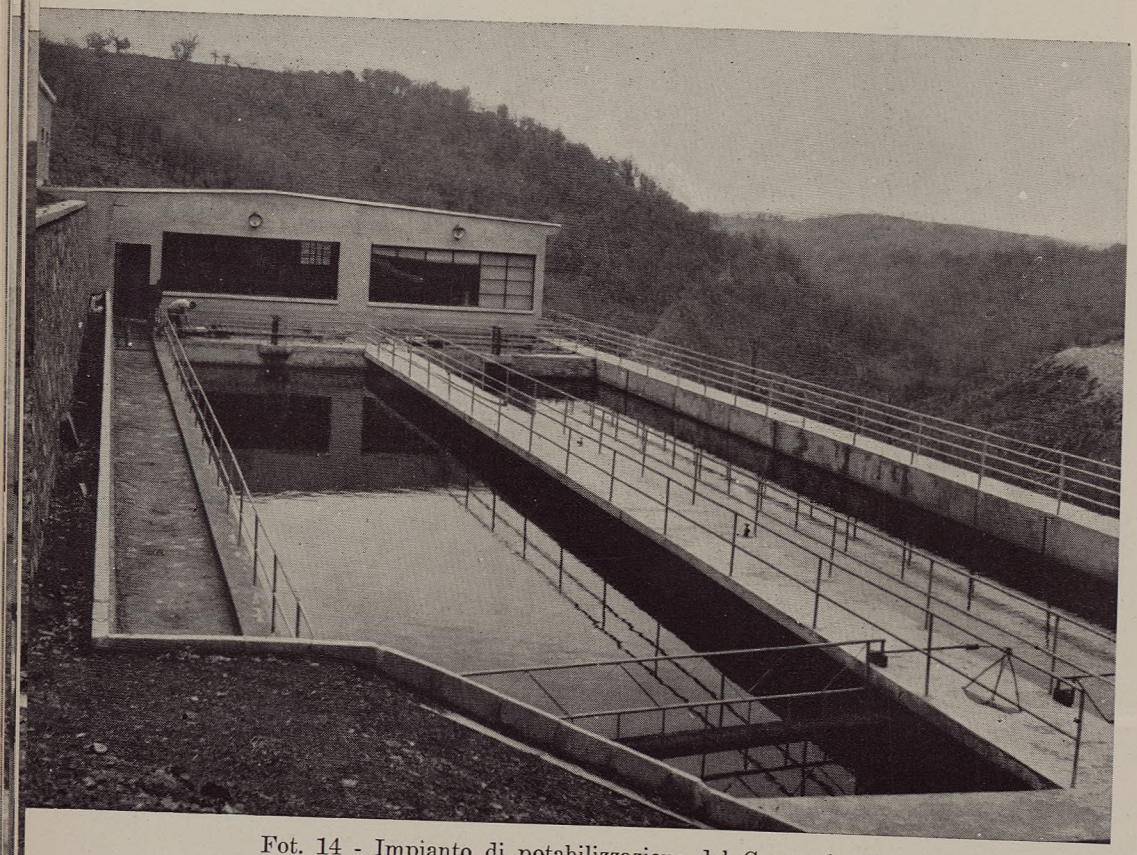


Fot. 11 - Impianto di potabilizzazione del Govossai: Veduta generale del complesso dell'impianto.





Fot. 12 - Impianto di potabilizzazione del Govossai: Galleria comando filtri.
Fot. 13 - Impianto di potabilizzazione del Govossai: Batteria dei filtri.



Fot. 14 - Impianto di potabilizzazione del Govossai: Vasche di decantazione ed edificio filtri.

L'analisi che fu eseguita sui campioni prelevati individuò un'acqua normalmente quasi limpida (torbidità 1 p.p.m., che solo raramente sale fino ad un massimo di 150 p.p.m.), con residuo fisso limitato; durezza di circa 40 p.p.m.

Venne rilevata la presenza di anidride carbonica in forma libera e semicombinata, e da essa la certezza dell'aggressività dell'acqua, che viene eliminata con correzione del pH.

Inoltre, mentre alla data del prelevamento l'acqua si mostrò completamente limpida, all'atto dell'analisi fu riscontrata una colorazione leggerissima in giallognolo e, in fondo alle bottiglie, fu notato un tenue deposito di fiocchi giallobruni, che erano costituiti da composti ferrosi. Per tale ragione è stato progettato un mescolamento iniziale un po' più prolungato allo scopo di favorire un processo di areazione che agevoli la successiva sedimentazione di queste sostanze.

Il dosaggio del coagulante e del correttivo del pH è fatto con dosatori a secco.

La vasca di mescolamento ha un tempo di detenzione di 3 minuti; il mescolamento è effettuato da una piccola turbina ad asse verticale che garantisce una velocità di rotazione dell'acqua di 1,50 ÷ 2,00 m./sec.

Per la coagulazione è stato adottato un sistema a labirinto costituito da una canaletta larga m. 0,30 il cui sviluppo complessivo è di m. 200.

L'acqua in arrivo dal mescolatore, per percorrere la canaletta per tutta la sua lunghezza, impiega circa 30 minuti primi, assicurando una buona flocculazione.

Poiché l'acqua da trattare risulta torbida solo in un limitato periodo dell'anno (durante il quale è necessario effettuare il trattamento) è stata progettata una sola vasca di sedimentazione, senza rimozione meccanica dei fanghi che si raccolgono. In tal caso, prevedendo un adeguato volume per il deposito di questi fanghi, è possibile effettuarne la rimozione, a mano, in quel periodo in cui non si effettua il trattamento dell'acqua.

La vasca di sedimentazione ha una capacità di circa 750 mc. con un tempo di detenzione di circa 4 ore.

La sezione della vasca è stata assegnata in modo da mantenere una velocità orizzontale dell'acqua di metri 0,30 al minuto primo.

Seguendo inoltre il procedimento indicato da A. Hazen (ASCE, Trans. 1904), e in base alla dimensione dei sedimenti notati nel campione prelevato, è stata determinata la minima area necessaria ad assicurare la rimozione dell'80% delle particelle più fini contenute in

sospensione. Assumendo infatti per queste un diametro di 0,001 mm., è stata ricavata una velocità verticale di sedimentazione di 0,0015 mm./sec., con il che l'area minima necessaria risulta di 150 mq. circa.

La capacità assegnata per la raccolta dei fanghi è stata determinata in base all'analisi chimica delle acque.

L'acqua sfiorante dalla vasca di sedimentazione viene posta in carico all'estremità della canaletta di raccolta ed è quindi convogliata ai filtri.

Questi sono in numero di due, di dimensioni 6,00 × 5,00 m., con velocità di filtrazione di 4,20 m./ora.

Il sottofondo del letto è costituito da ghiaia e pietrisco per una altezza di cm. 50. Lo strato superiore della ghiaia è costituito da baritina. Le sabbie costituenti il materiale filtrante sono state scelte, dopo un'accurata analisi granulometrica, in modo che la loro dimensione efficace risulti circa 0,45 mm., e che il coefficiente d'uniformità sia uguale a 1,6 circa.

Il lavaggio dei filtri viene effettuato, quando necessario, in modo da mantenere una velocità di lavaggio di almeno 0,7 mc./min./mq. di letto, con una durata del lavaggio aggirantesi dai 5 agli 8 minuti.

Il sistema drenante del filtro, utilizzato in controcorrente anche nella fase di lavaggio, è stato progettato del tipo a collettore centrale con laterali tubolari.

Al collettore centrale è stato assegnato un diametro 550 mm. con il che il rapporto tra la sezione del collettore e la somma delle sezioni dei tubi laterali risulta uguale a 2.

Il comando delle saracinesche sulle diverse tubazioni viene effettuato idraulicamente da un unico banco.

Sulla tubazione di uscita dei filtri è stato posto un regolatore automatico di portata che garantisce una velocità di filtrazione costante.

L'acqua affluente dai filtri è avviata al serbatoio dell'acqua filtrata. In questo serbatoio è stata predisposta una presa separata dalla quale si pompa l'acqua al serbatoio dell'acqua di lavaggio, appositamente costruito sul fabbricato dell'impianto e avente una capacità di 200 mc. atta a garantire anche due lavaggi per una durata di 5 minuti circa.

La clorazione è fatta partendo da cloro elettrolitico prodotto sul posto ed il clororesiduo è normalmente contenuto in 0,2 p.p.m.

Attualmente sono in corso alcune opere complementari, necessarie a rendere più sicuro l'esercizio dell'acquedotto. In particolare, per correggere la leggera aggressività dell'acqua in tutta la condotta a monte dell'impianto verrà disposto un dosatore di calce all'inizio dell'acque-

dotto, in modo da garantire una migliore conservazione di tutte le opere.

Dati di conduzione non sono facilmente rilevabili perché generalmente le caratteristiche dell'acqua sono tali da non richiedere un trattamento inteso a rimuovere la torbidità. Poche volte in un anno si è reso necessario intervenire con l'aggiunta di reattivi al fine di favorire la decantazione di particelle in sospensione, e ciò in coincidenza di eventi meteorici violenti, che determinano l'intorbidamento del Rio Sa Castangia, dal quale la derivazione avviene con semplice traversa fissa in acqua fluente.

Le torbide sono rare e ciascuna di breve durata per la natura del bacino costituito da rocce granitiche, che danno luogo a sedimenti prevalentemente granulosi.

Tuttavia può dirsi che durante il funzionamento dell'impianto sono occorsi lavaggi della durata di 6 minuti, ogni volta che la perdita di carico nei filtri ha raggiunto il valore di m. 2,20.

L'impianto è costato circa 150 milioni ed è gestito direttamente dalla Cassa per il Mezzogiorno.

Il personale sul posto è costituito da due conduttori (Fot. 15-17).

7. - Impianto di Samugheo

L'acquedotto del Samugheo è alimentato da sorgenti aventi acqua con durezza elevata (circa 390 p.p.m.).

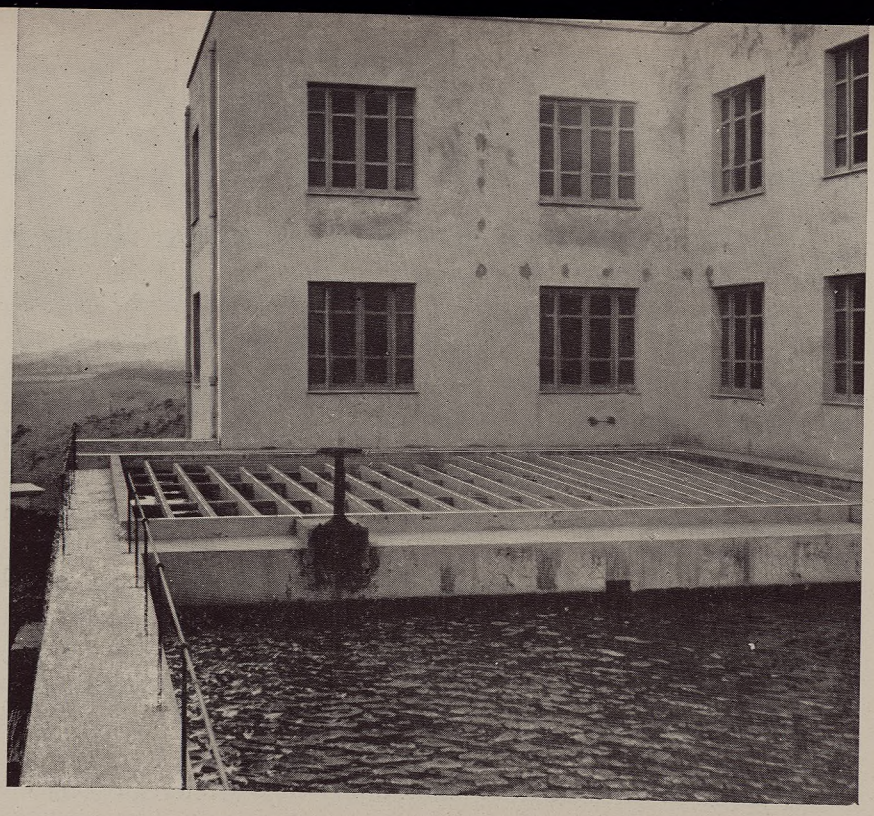
L'impianto è costituito da due filtri a permutite sodica che trattano un'aliquota fissa della portata totale dell'impianto che è di circa 12 l./sec., ed esattamente la metà, mentre il rimanente viene by-passato e va a mescolarsi con l'effluente dai litri.

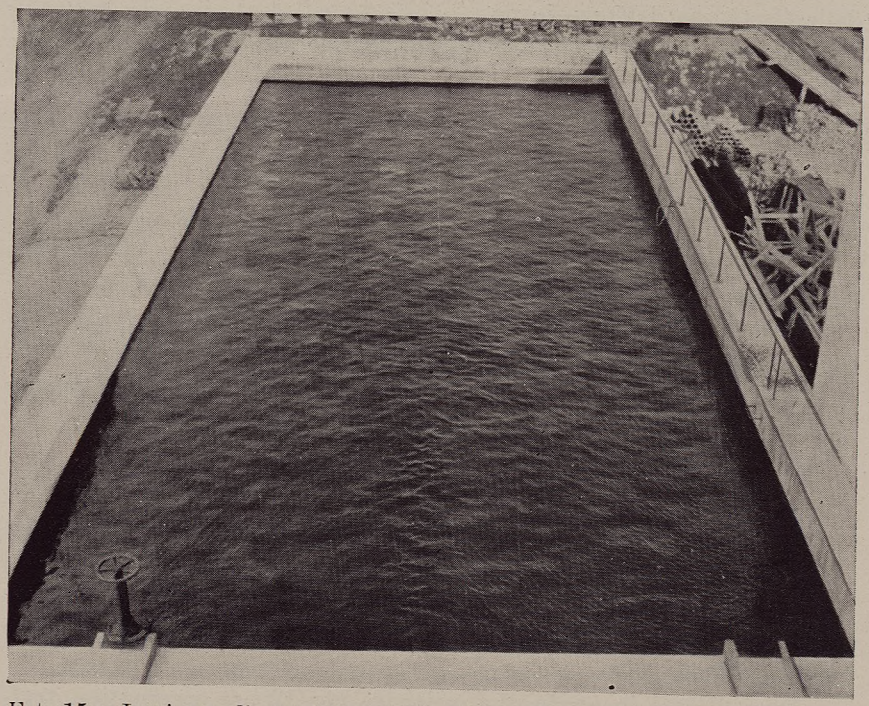
La durezza totale finale risulta di 200 p.p.m. circa.

L'impianto è dimensionato per un ciclo complessivo di 24 ore, le operazioni di rigenerazione delle resine avvengono una volta al giorno ed il tempo occorrente per la rigenerazione è di circa 3 ore in totale.

Il volume totale della resina è di circa 4.200 litri sistemata nei due filtri ciascuno dei quali è capace di trattare l'intera portata che deve essere addolcita.

Ogni filtro è in grado di funzionare per 12 ore consecutive, trattando 520 mc. di acqua ed asportando 105 kg. di sale espresso in $CaCO_3$. L'impianto è dotato di un dispositivo temporizzatore che provvede au-





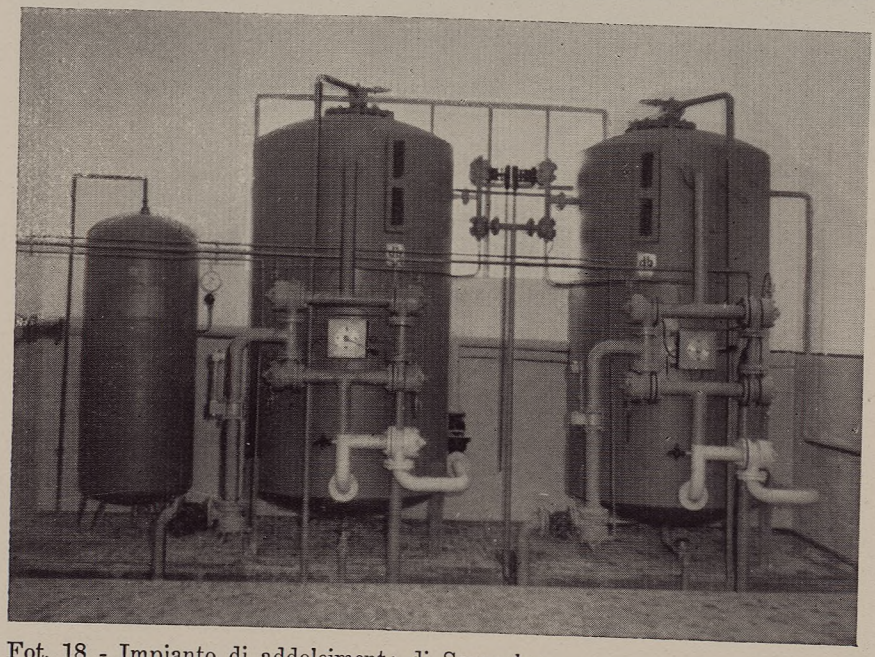
Fot. 15 - Impianto di potabilizzazione di Olbia: Edificio servizi e vasche di coagulazione.

Fot. 16 - Impianto di potabilizzazione di Olbia: Vasca di decantazione.



Fot. 17 - Impianto di potabilizzazione di Olbia: Galleria dei filtri.





Fot. 18 - Impianto di addolcimento di Samugheo.
Fot. 19 - Impianto di addolcimento di Samugheo: Filtri a permutite sodica.

tomaticamente ad escludere il primo filtro e mettere in funzione il secondo dopo 12 ore.

I filtri sono equipaggiati con valvole automatiche a membrana con comando semiautomatico.

La vasca di raccolta del sale marino, usato come rigeneratore delle resine, ha sul fondo un doppio strato di sabbia silicea di diversa granulometria per la filtrazione della salamoia satura, ed una serie di tubazioni forate per la ripresa della salamoia stessa dopo la filtrazione.

La quantità di acqua occorrente alla rigenerazione di un filtro è di circa il 2% dell'acqua trattata. La perdita di carico dell'impianto è di circa 0,6 atm.; la massima pressione alla quale possono funzionare i filtri è di 3 atm. per cui la contropressione massima che si ottiene a valle dei filtri stessi è di 2,4 atm.

Ogni filtro ha altezza totale di circa m. 3; diametro di m. 1,4; capacità totale di scambio di kg. 105 valutata in $CaCO_3$; consumo di NaCl per ogni rigenerazione kg. 210. La resina usata è la Kastel — C 300 — Montecatini con potere di scambio di 160.000 litri di acqua per ogni litro di resina.

La vasca per la preparazione della salamoia è in calcestruzzo rivestita di intonaco lisciato di cemento ferropozzolanico, ed ha la capacità di circa 12 mc.

L'impianto è proporzionato per trattare fino a 12 l./sec. circa e tutta l'apparecchiatura è sistemata in un unico locale delle dimensioni in pianta di 10 × 7 metri.

L'impianto, già pronto, entrerà in esercizio non appena saranno completate le opere di adduzione (Fot. 18 e 19).

La previsione di costo di esercizio, a mc. di acqua trattata è di lire 5, valutate come segue:

consumo sale 150 t. × 6,00	L.	900.000	
personale	»	800.000	
varie, trasporti, ecc.	»	200.000	
Totale	L.	1.900.000	annue

$$\frac{\text{L. } 1.900.000}{\text{mc. } 370.000} = \text{circa } 5 \text{ L./mc.}$$

IV

CONSIDERAZIONI FINALI

L'attività della « Cassa » nel campo del trattamento di acque ad uso potabile è stata di grande importanza per lo sviluppo della tecnica italiana in questo settore.

Sotto la spinta delle opere da eseguire e con la propulsione che la « Cassa » ha dato alla istituzione di corsi di specializzazione in Ingegneria Sanitaria, si è venuto formando nel nostro paese un gruppo di tecnici specializzati, molti dei quali, come si è detto in principio, sono divenuti funzionari della « Cassa » stessa.

È stata così possibile la progettazione di opere studiate secondo i più moderni risultati della tecnica e, soprattutto, è stato possibile sottrarsi agli orientamenti ed agli interessi delle poche industrie specializzate, alcune delle quali concessionarie di industrie straniere, le quali per molti decenni hanno dominato il mercato italiano, imponendo frequentemente soluzioni particolarmente legate a brevetti e tipi di apparecchiature non sempre corrispondenti ai criteri tecnici ed economici più aggiornati ed alle esigenze dei singoli impianti.

Le ditte specializzate si sono per prime giovate di questo nuovo stato di cose, hanno rettificato la loro tecnica e presentano oggi offerte molto più accettabili nel quadro dei progressi moderni che non quelle che venivano presentate negli scorsi decenni.

Vantaggi di questo genere non si ripercuotono solo nelle aree nelle quali agisce la « Cassa », ma apportano un beneficio a tutto il paese.

La descrizione degli impianti eseguiti o quasi completati ed il quadro riassuntivo delle loro caratteristiche, mostrano come essi rispondano a quella che è la tecnica moderna della potabilizzazione. In alcuni sono anche stati adottati sistemi e dispositivi da poco giunti sul mercato.

Così, per quanto riguarda la coagulazione e sedimentazione delle acque, i dosatori di sostanze chimiche sono ormai tutti del tipo a secco;

la mescolazione e la flocculazione è effettuata nella maggior parte degli impianti con meccanismi di tipo normale, salvo un impianto nel quale si è attuata la flocculazione con canali a labirinto; mentre in due impianti si sono adottati i moderni bacini unici con ricircolazione meccanica dei fanghi.

Per quanto riguarda la filtrazione, i filtri sono tutti del tipo rapido a gravità con sostrato filtrante di sabbia e ghiaia di tipo classico e con l'accorgimento di effettuare il primo strato di ghiaia con materiale particolarmente pesante.

Il lavaggio è quasi sempre in controcorrente di sola acqua e soltanto in uno degli impianti ancora in costruzione si è adottato il lavaggio ad aria ed acqua; il che permetterà, dopo alcuni anni di esercizio, di ricavare anche degli elementi di confronto fra il tipo di lavaggio che è ormai classico in America e quello ad aria ed acqua che è ancora adottato in un certo numero di impianti europei.

Data la mancanza in Sardegna di una industria del cloro, è necessario importare le bombole di cloro dal continente, mentre il sale marino è quasi esente da tasse. Per questi motivi, in 5 dei 7 impianti costruiti, che richiedono tutti la clorazione, è stata adottata la cella elettrolitica per la produzione *in loco* di cloro gas da soluzione di sale marino.

Questo provvedimento ha in effetti limitato la necessità di trasporto del cloro gas, ma non si può dire che le celle elettrolitiche abbiano risposto alla aspettativa di una convenienza economica di gestione; l'economia derivante dall'impiego del sale marino è largamente sopravanzata dall'onere di frequente sostituzione di parti degli apparecchi che si deteriorano rapidamente per la violenta aggressività dei prodotti di elettrolisi: cloro e soda. Non si esclude che gli apparecchi possano essere suscettibili di miglioramenti tecnici, che sono allo studio, e dai quali ci si aspetta almeno una drastica riduzione del costo di sostituzione degli elettrodi, i quali oggi si consumano rapidamente. Resterà, peraltro, sempre il grave inconveniente di non poter dosare accuratamente il cloro immesso nell'acqua. È questo un punto molto delicato, che ha obbligato a installare negli impianti dei cloratori a gas affiancati a quelli elettrolitici, per poter correggere con clorazione finale e talora intermedia le manchevolezze della detta regolazione. Per tutti questi motivi negli impianti più recenti ed in quelli in progetto la clorazione per elettrolisi è stata del tutto abbandonata.

È troppo presto ancora per poter dire una parola sui costi di esercizio. I costi di costruzione in funzione della portata e quelli specifici

in funzione del numero di abitanti serviti, sono stati riportati nel grafico (Grafico 1).

Come è logico i costi specifici diminuiscono al crescere del numero di abitanti serviti, e sono in limiti perfettamente allineati con quelli di analoghi impianti esteri.

Se il problema della costruzione degli impianti si può dire messo a punto e risolto in modo egregio, non può dirsi altrettanto per quanto riguarda la gestione degli impianti stessi.

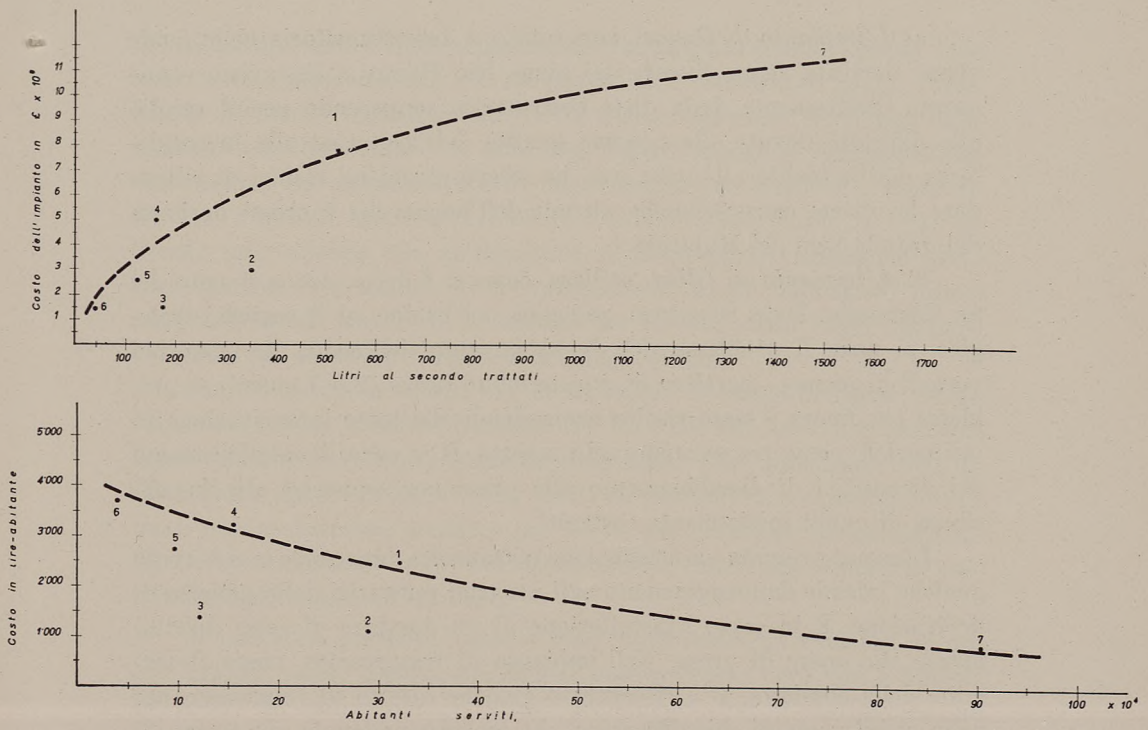
Le più gravi difficoltà nascono per l'assenza di organismi locali idonei ad assumere l'esercizio ed il controllo degli impianti.

Dei quattro impianti ultimati all'inizio del 1960: Corongiu (Cagliari), Donori (Cagliari-Mulargia), Bidighinzu (Sassari) e Olbia, due, quello dei Bidighinzu e quello di Olbia, sono in gestione diretta della « Cassa », mentre quello di Donori è affidato all'Ente Autonomo del Flumendosa e quello del Corongiu al Comune di Cagliari.

L'impianto di Corongiu, benché completamente collaudato, non aveva mai regolarmente funzionato prima del raddoppio e non funziona neppure ora, per ragioni che non si conoscono ma che sono certamente estranee alla Cassa per il Mezzogiorno (che più volte ha sollecitato l'Amministrazione Comunale e ha fornito il personale appositamente addestrato per la conduzione) e che non dipendono dalla struttura dell'impianto stesso. Forse è anche mancato un adeguato ed energico intervento da parte delle autorità sanitarie. Comunque è deplorevole che si siano impegnate somme così rilevanti senza che la popolazione ne abbia avuto alcun vantaggio. È purtroppo da prevedere un rapido deterioramento delle apparecchiature sia per il non uso, sia per la insufficiente manutenzione, nonché un continuo aggravarsi dei fenomeni di corrosione nelle condotte adduttrici e nella rete di distribuzione.

Per quanto riguarda il personale occorrente per la conduzione degli impianti, la « Cassa » ha organizzato, nell'anno 1960, un corso di specializzazione per licenziati da scuole di avviamento professionale, presso la scuola « A. Cima » di Cagliari. Il concorso di allievi ed il risultato finale è stato soddisfacente: al termine del corso, che ha comportato anche un periodo di 4 mesi di tirocinio pratico presso i cantieri stessi degli impianti in costruzione ed in avviamento, tutti gli allievi hanno superato più o meno brillantemente gli esami di qualificazione ed hanno potuto essere immediatamente immessi in via definitiva nei vari cantieri ed impianti.

È interessante intanto esaminare alcuni fatti che si riferiscono all'esercizio degli impianti funzionanti.



N.° rif.	DENOMINAZIONE DELL'IMPIANTO	ANNO COSTR	OSSERVAZIONI
1	*BIDIGHINZU*	*1960*	
2	*DONORI*	*1956*	*incompleto*
3	*CORONGIU*	*1960*	*raddoppio*
4	*GOCEANO*		*in costruzione*
5	*GOVOSSAI*	*1961*	
6	*OLBIA*	*1956*	
7	*ELEUTERIO*		*in costruzione*

Grafico 1.

a) *L'impianto di Donori,* superata una fase transitoria nella quale venne derivata acqua fluente dal fiume Rio Mannu e l'esercizio venne curato direttamente dalla ditta costruttrice sopperendo per il meglio alle difficoltà dovute alla pessima qualità dell'acqua ed alla incompletezza dell'impianto all'epoca, non ha offerto problemi tecnici di rilievo date le ottime caratteristiche attuali dell'acqua che è ormai derivata dal grande lago del Mulargia.

b) *L'impianto di Olbia,* utilizza, come si è detto, acqua fluente del Sa Castangia. Data la natura geologica del bacino ed il regime idrologico, si pone il problema del dissabbiamento dell'acqua derivata nei periodi di piena — peraltro di durata molto breve (2 o 3 giorni) — problema che finora è stato risolto sospendendo del tutto la derivazione in tali periodi come era previsto nel progetto. È in corso il miglioramento dei dispositivi di dissabbiamento alla presa per sopperire alla insufficienza di quelli inizialmente costruiti.

L'acqua presenta caratteristiche nettamente aggressive e si è avuto qualche iniziale danneggiamento agli intonaci cementizi della galleria di derivazione. È in corso l'installazione di un dosatore di calce direttamente alle opere di presa. Nell'impianto di trattamento, posto al termine della condotta, si è riscontrato qualche difetto di funzionamento nella unica vasca di chiarificazione, che era proporzionata per tempo di detenzione di 4 ore. La vasca è all'aperto, esposta in località molto ventosa per cui le grandi dimensioni sono risultate dannose; è in corso la costruzione di una copertura e la suddivisione, mediante setto longitudinale, in 2 unità parallele, ciò che consentirà inoltre una maggiore elasticità di esercizio, necessaria anche perché l'aumento dei consumi non consentirà più oltre le interruzioni di funzionamento che venivano finora praticate.

c) *L'impianto del Bidighinzu* ha fatto rilevare presenza di sali di manganese nell'acqua grezza. È stato avviato il rilevamento sistematico delle caratteristiche fisiche e chimiche dell'acqua in invaso, pervenendo ad un quadro complessivo del comportamento del lago di estremo interesse. La presenza del manganese sembra legata, almeno in parte, a fenomeni putrefattivi di sostanze organiche sommerse nel lago, che è di giovane età, essendosi riempito la prima volta all'inizio del 1959. Le vicende termiche del lago determinano la diffusione del manganese dagli strati profondi in tutta la massa delle acque, con inquinamento sensibile nei mesi di settembre-ottobre e successivamente con presenza solo di tracce per tutto l'inverno.

L'inconveniente viene attualmente fronteggiato agendo sul pH (che viene tenuto intorno a 8,5) e si sta provando il risultato di agenti fortemente ossidanti (permanganato). Si è avuta comunque la chiara indicazione della importanza di studiare, dopo l'invaso, le caratteristiche delle acque, che possono differire notevolmente da quelle del fiume libero; si è quindi deciso di estendere l'indagine sistematica a tutti gli invasi, provvedendo alla attrezzatura ed al personale necessario per i prelevamenti e le analisi; ci si ripromette di avere indicazioni numerose, dalle quali trovare orientamenti per la conduzione degli impianti ed anche per la stessa progettazione degli invasi.

Non vi è dubbio infatti che la torbidità, il carico biologico, le sostanze organiche, la solubilizzazione del Fe e del Mn sono tutti elementi legati alla natura, alla situazione geografica, alle dimensioni dell'invaso, per le quali ultime vi sono limiti di profondità e capacità sotto i quali non si dovrebbe scendere per avere acqua facilmente potabilizzabile; e la situazione è tanto più delicata nelle condizioni climatiche dell'Italia meridionale ed insulare.

Il problema presenta, come è noto, numerosissime variabili ed anche qualche punto oscuro; nel singolo caso concreto però non è difficile pervenire ad individuare i fattori preminenti. Per il Bidighinzu, ad esempio, la conoscenza del pH, delle temperature, della presenza di manganese, delle sostanze organiche sono gli elementi necessari per decidere sui dosaggi più opportuni. Particolarmente delicata e complessa appare poi la clorazione. È agevole determinare dosaggi che assicurino la presenza di tracce di clororesiduo libero dopo permanenza nel serbatoio terminale dell'impianto; ma lungo la condotta adduttrice che parte dall'impianto e va a Sassari, diramandosi per Alghero e per Porto Torres, in relazione a diversi fattori (tempo di permanenza variabile, depositi in condotta nei periodi stagionali di velocità molto ridotta, presenza di sfiati liberi, temperatura ambiente, ecc.) il clororesiduo scompare. Le autorità sanitarie desiderano controllare la efficienza del complesso impianto-condotte con la verifica del clororesiduo libero al termine delle condotte, ma ciò obbliga ad immettere in condotta acqua superclorata che spesso giunge ai serbatoi con forte contenuto di cloro ed orribile gusto. Talora poi viene aggiunto dai comuni altro cloro nei serbatoi cittadini indipendentemente da ogni controllo del clororesiduo, con evidente disagio della popolazione servita.

d) *L'impianto del Govossai* (Nuoro e provincia) è l'ultimo entrato in funzione in ordine di tempo (1961). È affidato in gestione al Consorzio del Govossai, sotto il controllo del Servizio Acquedotti della « Cas-

sa ». Il tempo trascorso è ancora breve per una valutazione, ma si ha la netta impressione che la cosa sia bene avviata. Il Consorzio non era particolarmente attrezzato; ha assunto però fin dal primo momento personale esecutivo già addestrato proveniente dal corso di specializzazione e dal tirocinio fatto con la « Cassa ». Le autorità sanitarie locali si sono mostrate molto disposte a collaborare con i tecnici ed a tener conto degli indirizzi del Servizio Acquedotti della « Cassa ».

Le difficoltà che si sono presentate nel corso dell'esercizio degli impianti non hanno niente di eccezionale.

Accade sempre che durante l'esercizio si debbano fronteggiare eventi nuovi o non previsti o adattarsi a mutate conduzioni locali.

Per tale motivo, accanto ai conduttori degli impianti, occorre che vi sia una superdirezione competente ed organizzata.

La « Cassa » si è adattata per necessità ad assumersi questi compiti di gestore e di superdirettore di questi impianti. Con la sua autorità, sia pure non definita da leggi in materia, si sostituisce agli organi locali e può arrivare a dare indirizzo soddisfacente alla materia, avendo anche i mezzi finanziari per ricorrere a competenze e consulenze estranee, per problemi particolarmente difficili. Ma al termine della « Cassa » chi assumerà il suo ruolo?

La tecnica della potabilizzazione, si è detto, non è ancora molto estesa in Italia, ma lo sarà sempre di più per ovvie ragioni oggettive; in alcune regioni poi, Sicilia e Sardegna anzitutto, il vasto ricorso a questa tecnica è già in atto. Quali sono le persone e gli organismi che avranno competenza ed autorità sufficienti per dare indirizzo a questa delicata materia di pubblico interesse? L'impianto di Corongiu, fermo dal 1936, può illuminare sugli effetti della carenza di una organizzazione adeguata.

In definitiva, l'importantissima esperienza fatta dalla Cassa per il Mezzogiorno nel campo degli impianti di potabilizzazione ci permette di riconoscere che ormai il problema della costruzione degli impianti ha fatto progressi notevoli nel nostro paese, sicché oggi può essere con successo affrontato da ogni comune, purché si faccia capo ai tecnici, ormai abbastanza numerosi, i quali sono veramente specializzati nella materia e non ci si affidi invece ciecamente alle ditte costruttrici, le quali, anche se preparatissime, hanno interessi di carattere molto particolare.

Non altrettanto si può dire del problema della conduzione e gestione degli impianti. Si solleva qui una questione che è stata dibattuta nei più recenti congressi di ingegneria sanitaria e che si presenta estre-

mamente difficile e complessa. Non basta preparare tecnici capaci di condurre gli impianti stessi, ma occorre soprattutto promuovere negli ambienti amministrativi, tecnici e sanitari la vera conoscenza di questi problemi e, prima di tutto, occorre una più intensa formazione dell'opinione pubblica in materia.

Nei paesi dove tale preparazione della opinione pubblica esiste, non si ammette che un impianto costruito con tanto impegno di pubblico denaro possa essere tenuto inoperoso o possa essere mal condotto o lasciato deperire.

L'esperienza, poi, ha largamente dimostrato — e il caso della « Cassa » lo conferma — quanto sia opportuno che tutti gli impianti di una regione o bacino dipendano da una organizzazione unica, che solo può avere i mezzi tecnici e finanziari per affrontare i problemi che si presentano durante l'esercizio, tra i quali non va dimenticato quello del tempestivo e graduale ampliamento degli impianti a misura che la popolazione servita e le esigenze idriche crescono.

Desidero chiudere questa relazione ripetendo quanto ho già detto in principio e cioè che la collaborazione delle amministrazioni, dei tecnici e dei sanitari preposti agli impianti potrebbe e dovrebbe condurre a distribuire acqua non solo salubre ma anche piacevole al gusto.

QUADRO RIASSUNTIVO

Denominazione	BIDIGHINZU	DONORI *(a)*	CORONGIU	GOCEANO	GOVOSSAI	OLBIA	ELEUTERIO	SAMUGHEO
Numero comuni serviti	28	16	1	31	13	1	7	6
Numero abitanti	320.000	290.000	120.000	150.000	95.000	40.000	906.300	12.000
Provenienza dell'acqua	lago artificiale	lago artificiale	lago artificiale	lago artificiale	lago artificiale	derivazione dal fiume Sa Castangia	lago artificiale	sorgenti
Capacità serbatoio	12,5 x 10^6 mc.	110 x 10^6 mc.	5,5 x 10^6 mc.	3,5 x 10^6 mc.	3 x 10^6 mc.		15 x 10^6 mc.	
Portata trattabile in l./sec.	535	700	350	175	125	40	1.500	12
CARATTERISTICHE ACQUA GREZZA								
temperatura	10° C ÷ 22° C	—	—	—	—	—	—	—
durezza carb. in mgr./l.	70 ÷ 90	63 ÷ 129	—	32	—	—	—	—
durezza totale in mgr./l.	150 ÷ 170	120 ÷ 161	—	32 *(b)*	21,4	—	—	390
pH	7,8	7,0 ÷ 7,6	—	6,75	6,8	—	—	—
torbidità norm. (p.p.m. di SiO_2)	4	3	—	2	2	1	—	—
torbidità mass. (p.p.m. di SiO_2)	6.000 (eccez.)	80 (eccez.)	—	5	30	150	—	—
torbidità media (p.p.m. di SiO_2)	10	6	—	—	—	—	—	—
CO_2 (mgr./l.)	—	—	—	17,4 mgr./l.	—	—	—	—
tipo dell'impianto	sedimentazione, filtrazione e clorazione	sedimentazione, filtrazione e clorazione	sedimentazione, filtrazione e clorazione	sedimentazione, filtrazione e clorazione	sedimentazione, filtrazione e clorazione	sedimentazione, filtrazione e clorazione	sedimentazione, filtrazione e clorazione	impianto di addolcimento
SEDIMENTAZIONE								
tipo di dosatori	a secco	a secco	a secco	a secco	a secco	a secco	—	—
mescolazione (tipo e durata)	numero 2 a bacino unico con circolazione meccanica dei fanghi ore 1 e min. 10	numero 3 a bacino unico con circolazione meccanica dei fanghi ore 1 e min. 30	mescolatore ad asse verticale minuti 4	mescolatore ad asse orizzontale	—	mescolatore ad asse verticale minuti 3	numero 4 a bacino unico con circolazione meccanica dei fanghi ore 1	—
flocculazione (tipo e durata)	—	—	4 vasche con agitatori ad asse verticale minuti 40	3 vasche con agitatori ad asse orizzontale minuti 40	2 vasche con agitatori ad asse verticale minuti 30	flocculazione in canale a labirinto minuti 30	—	—
sedimentazione (tipo e durata)	—	—	4 vasche ore 2	3 vasche ore 2	2 vasche ore 2 e min. 30	2 vasche ore 2 *(c)*	—	—
reattivi (natura e quantità)								
solfato di Al mgr./l.	40 ÷ 10	20	—	—	25	*(d)*	—	—
idrato di Ca mgr./l.	20 ÷ 30	5	—	—	20	—	—	—
torbidità finale (p.p.m.)	0,90 ÷ 1,20	0,5 ÷ 0,6	—	—	0,5	—	—	—
FILTRAZIONE								
numero e tipo dei filtri	6 — rapidi	8 — rapidi	5 — rapidi	6 — rapidi	6 — rapidi	2 — rapidi	24 — rapidi	2 — in pressione a permutazione sodica
sostrato filtrante	ghiaia e baritina	—	ghiaia e baritina	ghiaia e baritina	ghiaia e baritina	ghiaia e baritina	—	—
tipo di lavaggio	acqua	—	acqua	acqua	acqua	acqua	—	—
perdita di carico massima (m.)	2,40	—	—	—	2,20	2,20	—	2,80
velocità di filtrazione m./h	3,96	—	—	—	4,14	4,20	—	—
velocità di lavaggio (m./h)	54,00	—	48,00	—	51,20	—	—	—
intervallo fra 2 lavaggi (h)	36 ÷ 40	—	—	—	25	—	—	—
durata del lavaggio in min.	5	—	6	—	3	6	—	—
percentuale acqua lavaggio	4	— *(e)*	3,5	4	—	—	—	—
CLORAZIONE								
clororichiesta (gr./mc.)	1,7 ÷ 4	—	—	—	1,5 ÷ 1,8	—	—	—
preclorazione (gr./mc.)	1,7 ÷ 4	—	—	—	—	—	—	—
postclorazione (gr./mc.)	0,5 ÷ 1	1,5 ÷ 4	—	—	1,8	—	—	—
clororesiduo p.p.m.	0,4 ÷ 1	0,3 ÷ 0,6	—	—	0,4	0,1	—	—
tipo di clorazione	elettrolitica e con gas in bombole	elettrolitica e con gas in bombole	elettrolitica	gas in bombole	elettrolitica e con gas in bombole	elettrolitica	gas in bombole	—
CARATTERISTICHE DELL'ACQUA TRATTATA								
durezza carb. (mgr./l.)	90 ÷ 110	76 ÷ 145	—	—	36	—	—	—
durezza totale (mgr./l.)	170 ÷ 190	126 ÷ 180	—	—	—	—	—	200
pH	7,2	7,1 ÷ 7,5	—	—	7,5	—	—	—
torbidità ppm.	0,3 ÷ (0,8 eccez.)	0,5 ÷ (0,8 eccez.)	—	—	0,6	—	—	—
CO_2 aggressiva	no	no	—	—	—	—	—	—
PERSONALE DELL'IMP.	1 capo impianto 4 conduttori 3 manovali 1 meccanico	1 capo impianto 4 conduttori 3 manovali	1 capo impianto 3 conduttori	1 capo impianto 4 conduttori 3 manovali	3 conduttori 1 manovale 1 elettricista	2 conduttori	—	1 conduttore
COSTI								
costo dell'impianto	779.557.000	309.273.608 (f)	164.021.509	497.578.887	259.411.097	148.779.801	1.151.360.000	19.750.000
costo di esercizio personale	17.000.000	—	—	—	—	—	—	—
energia	6.300.000	—	—	—	—	—	—	—
reattivi	15.500.000	—	—	—	—	—	—	—
varie	9.800.000	—	—	—	—	—	—	—
costo del trattamento p. mc.	12	—	—	—	—	—	—	—
patrimoniale	10.600.000	—	—	—	—	—	—	—
Ente gestore	Cassa Mezz.	Ente Flumendosa	Comune Cagliari	Cassa Mezz.	Cons. Acq. Govossai	Cassa Mezz.	E.A.S.	Cassa Mezz.
Direzione Tecnica	Cassa Mezz.	Ente Flumendosa	Comune Cagliari	Cassa Mezz.	Consorzio e Cassa Mezz.	Cassa Mezz.	E.A.S.	Cassa Mezz.
Controllo	Cassa Mezz. Ist. Igiene Sassari	Cassa Mezz. Ist. Igiene Cagliari	—	Cassa Mezz. Labor. Prov. di Nuoro	Labor. Prov. di Nuoro	Cassa Mezz.	Cassa Mezz.	Cassa Mezz.
Note	In esercizio totale	In esercizio 2 sedimentatori e 4 filtri provvisori	Completo ma non in esercizio	In esecuzione le opere murarie e prossimo inizio del montaggio macchinari	Completo e in esercizio	In esercizio; sono in atto lavori di sistemazione e ammodernamento	Appaltati i lavori murari	Non ancora in esercizio

(a) L'impianto di Donori funziona attualmente con 2 decantatori « Accelator » di 19 m. di diametro. La filtrazione avviene su 4 filtri provvisori di m. 6 × 9. In condizioni di emergenza viene utilizzata acqua del Rio Mannu. La torbidità massima riscontrata per le acque di detto Rio è stata di 1.000 p.p.m.

(b) Non si riscontra durezza non carbonica.

(c) Nell'impianto di Olbia era predisposta la sedimentazione per un tempo di 4 ore. Attualmente si sta provvedendo alla suddivisione della vasca in 2 elementi ciascuno con tempo di sedimentazione di 2 ore.

(d) Per l'impianto di Olbia il funzionamento è saltuario.

(e) La stazione di filtrazione è quella provvisoria. Cfr. nota (a).

(f) Impianto parziale per 350 l./sec.

Leonardo Rotundi

MATERIALI DI CONDOTTA

I

PREMESSA

Nella dizione ' materiale di condotta ' si intende comprendere il materiale di costituzione ed il tipo dei tubi e dei raccordi o pezzi speciali impiegati nella costruzione delle condotte.

La scelta del materiale di condotta è uno dei problemi peculiari della progettazione di un acquedotto; esso è presente alla mente del progettista dal momento iniziale, quando si determinano le dimensioni di massima, e poi quando si studia il tracciato, specie ove si debbano confrontare soluzioni diverse, quando si stabiliscono le modalità e condizioni tecniche di esecuzione; la scelta ha infatti conseguenze determinanti per tutte queste fasi e, come risultato finale, per la economia globale dell'opera, intesa per tale la risultante della spesa di costruzione e del futuro bilancio di esercizio e rinnovamento.

Il campo di scelta è vasto ed in molti casi le sole condizioni tecniche non individuano la soluzione, ciò che introduce il confronto economico, per svolgere il quale non mancano metodi analitici in forma matematica, peraltro non applicabili nella generalità dei casi, e, comunque, ugualmente soggetti alla causa prima di incertezza, quella del comportamento dell'opera nel tempo futuro.

Per risolvere questa incertezza concettuale non vi è che una approfondita conoscenza delle caratteristiche e proprietà dei materiali disponibili, dei problemi costruttivi, dei problemi di esercizio, ciò che riconduce gran parte del confronto economico nell'ambito delle scelte tecniche.

Una tale conoscenza si fonda quasi unicamente sulla esperienza, che a sua volta è tanto più valida e produttiva quanto meno è soggetta a varianti estranee alla sostanza dei problemi.

Da questo punto di vista la pratica di progettazione e di costruzione della « Cassa » si presenta come caso paradigmatico, perché estesa

su un campo vasto e vario, limitata nel tempo, impostata e seguita con criterio e spirito unitario da tecnici specialisti, diretti da persone aventi in grado elevato esperienza e competenza specifiche.

Rendere conto, sia pure sul piano informativo, di questa esperienza è cosa di indubbio interesse.

II

MATERIALI IMPIEGATI LORO PRESENZA NEGLI ACQUEDOTTI « CASSA »

Per gli acquedotti della « Cassa » sono stati approvvigionati al giugno 1961, 8.181.400 m. di tubi; il costo totale di acquisto e fornitura degli stessi è di L. 40.186.000.000.

I materiali impiegati in via ordinaria (escluso cioè le applicazioni meno diffuse e sperimentali) sono l'acciaio trafilato, la ghisa centrifugata in conchiglia metallica, la ghisa centrifugata in forma a sabbia, il cemento amianto, il cemento armato, il cemento armato precompresso.

La suddivisione quantitativa è esposta nella seguente tabella.

TAB. 1 — *Fornitura di tubazioni al 30 giugno 1961 (a).*

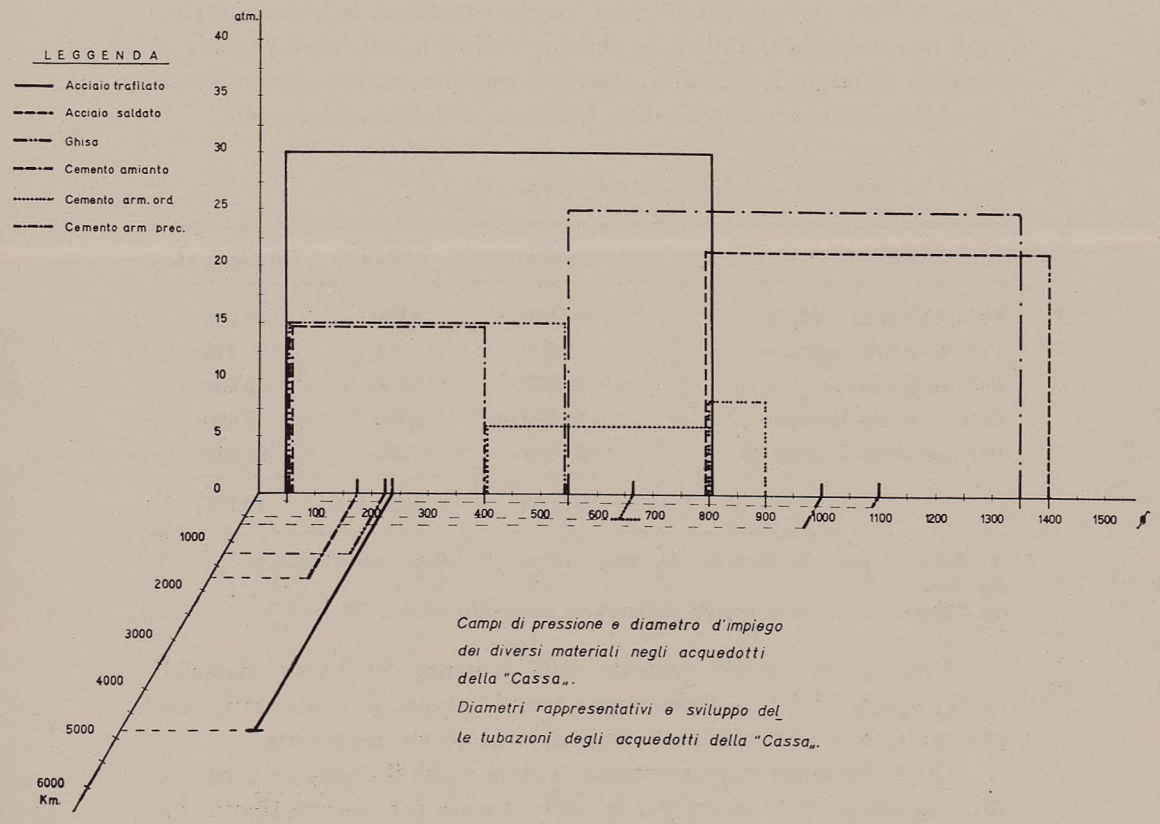
Tubazioni	Peso (tonnellate)	Lunghezza (km.)	Costo (milioni di lire)
Tub. d'acciaio trafilato . . .	153.000	4.850	20.500
Tub. d'acciaio saldato . . .	2.500	11,4	426
Tub. di ghisa	60.000	1.070	5.450
Tub. cemento amianto . . .	34.300 (*b*)	1.750	2.490
Tub. cemento armato (*c*) . .	288.000 (*b*)	500	11.320
Totale	537.800	8.181,4	40.186

(a) Sono comprese le spese di fornitura e trasporto nella zona d'impiego.
(b) Valori stimati.
(c) Comprende cemento armato ordinario e precompresso.

Una indicazione più evidente della presenza dei diversi materiali negli acquedotti della « Cassa » può aversi calcolando il diametro rappresentativo di ogni materiale impiegato in questi acquedotti.

Quale diametro rappresentativo è stato scelto il diametro il cui costo è uguale al costo medio per m. di lunghezza per ciascun tipo di tubazione.

Il conteggio è immediato per i tubi di acciaio, ghisa, cemento amianto, in base ai listini dei prezzi, che subirono poche variazioni e tenuto conto degli sconti eventuali. Per il cemento armato ordinario e precompresso il prezzo varia talvolta sensibilmente per l'intervento di fattori che escono dalle condizioni medie o normali, quale la presenza o meno di un cantiere di fabbricazione nella zona di esecuzione dei lavori. Per questi tubi per diametro rappresentativo è stato scelto avendo presente che il costo in condizioni normali ed a parità di pressione di esercizio è proporzionale all'area della sezione interna del tubo.



Campi di pressione e diametro d'impiego dei diversi materiali negli acquedotti della "Cassa".
Diametri rappresentativi e sviluppo delle tubazioni degli acquedotti della "Cassa".

Grafico 1.

Nella tabella 2 il risultato di questi conteggi è riportato in forma indicativa dei risultati economici medi avutisi negli acquedotti della « Cassa ».

TAB. 2 — *Diametri rappresentativi e costi medi delle tubazioni (a).*

Tubazioni	Diametro rappreseutativo mm.	Costo per metro lire/m.	Costo per chilogrammo lire/kg.	Costo per m. di lunghezza e cm. di diam. rappresentativo
Tub. acciaio trafilato .	225 - 250	4.230	134	178
Tub. acciaio saldato . .	1.100	37.500	170	340
Tub. di ghisa . . .	225	5.100	91	226
Tub. cemento amianto .	175	1.420	73	81
Tub. cemento armato ord.	650 - 700	16.200	40	250
Tub. cemento armato precompr.	1.000	33.700	40	337
Medie generali		16.360		235

(a) Sono comprese spese di fornitura e trasporto nella zona d'impiego.

Nel grafico 1, infine, sono riportati i diametri rappresentativi di cui sopra ed i limiti di diametro e pressione che comprendono le applicazioni fatte dalla « Cassa ».

La sola distinzione tra materiali di costituzione non esaurisce le differenze importanti tra i diversi tipi di tubo impiegati, ed anzi manca di porre in evidenza alcune di queste differenze che sono state oggetto di studio e perfezionamento e che inoltre rientrano spesso tra gli elementi di discriminazione in sede di scelta. Occorre pertanto scendere nei particolari costruttivi ed illustrarne i requisiti tecnici preminenti.

III

TUBAZIONI DI ACCIAIO

1. - Tubi e raccordi di acciaio trafilato

Tranne poche eccezioni nei diametri minori, tutti i tubi impiegati di questo tipo sono trafilati con rivestimento bituminoso e di cemento amianto. Come è noto si tratta di tubi ricavati da trafilatura di un piccolo lingotto di acciaio che viene prima forato e poi progressivamente allungato ed assottigliato in parete fino ad assumere forma finita di tubi che coprono una vastissima gamma di diametri, da 50 a 900 mm., per la serie normale, o base, e spessori maggiori per le pressioni maggiori: con i tubi di catalogo le pressioni massime di esercizio vanno dalle 100 atm. del diam. 50 spessore 3,5 mm., alle 40 atm. del diam. 900, 16 mm.

La lunghezza dei tubi normali varia tra 10 e 18 m., ma è possibile ottenere lunghezze inferiori, a richiesta e con qualche aumento di costo.

La dimensione effettiva del diametro interno è maggiore di quella nominale per i tubi della serie normale: gli aumenti di spessore sono ottenuti a scapito del diametro interno, perché la trafila mantiene costante quello esterno.

La lunghezza è affetta da tolleranze molto ampie, in quanto essa risulta nella fabbricazione, come conseguenza del peso del lingotto: su di essa influisce dunque sia la tolleranza di tale peso, sia la tolleranza sullo spessore.

È evidente che questi tubi coprono ogni possibile esigenza tecnica presente normalmente in un acquedotto, con la sola limitazione del diametro superiore: ciò naturalmente non vuol dire che essi rappresentino in ogni caso la migliore soluzione tecnica e quella più conveniente.

Il calcolo idraulico per questi tubi è stato fatto, salvo eccezioni non

rilevanti, con la formula Bazin-Fantoli [1] adottando i seguenti coefficienti:

per diam. fino a 400 mm.	$\gamma = 0{,}16$
per diam. da 400 a 800 mm.	$\gamma = 0{,}12$
per diam. oltre 800 mm.	$\gamma = 0{,}10$

Questi valori del coefficiente γ corrispondono grosso modo a quelli consigliati normalmente per la previsione del regime « a tubo usato », e quindi alla regola di calcolo prudente generalmente accettata dagli organi superiori dello Stato. Non è detto che questa pratica implichi l'accettazione del criterio che ammette senz'altro il progressivo danneggiamento del tubo sia per ossidazione sia per incrostazione della parete interna: la grande maggioranza delle acque condottate nella zona di intervento della « Cassa » non sono aggressive; più frequente è il caso di tendenza alla incrostazione. Ambedue i casi di instabilità, quando riscontrati in misura sensibile e su acquedotti di qualche rilievo, per i quali si potesse ragionevolmente prevedere una gestione meglio controllata, sono stati affrontati come si deve, predisponendo il trattamento correttivo dell'acqua condottata.

In ogni caso, ove le condizioni idrauliche lo richiedevano, sono state interposte valvole di regolazione dei carichi, la cui applicazione dato il tipo di tubo, non trova ostacolo nell'aumento delle pressioni di esercizio e vale ad evitare il funzionamento della condotta « a canaletta ». Nella maggioranza dei casi la larghezza di calcolo rappresenta una consapevole previdenza di possibilità future di maggior impiego della tubazione.

Dei vari tipi di giunto disponibili, sono stati in grande maggioranza impiegati quelli a saldatura su bicchiere sferico o cilindrico (il primo è disponibile solo per i diametri da 150 mm. in su).

I giunti ad imboccatura con ristagno di canapa e piombo od altro trovano limitazione nell'impossibilità di applicare alla tubazione la protezione catodica onde sono presenti solo in piccole condotte o brevi sifoni posati in terreni non aggressivi.

I giunti a flangia sono limitati ai casi di raccordi di pezzi speciali in camere di manovra od altri manufatti, sempre fuori dal contatto della terra.

Tranne poche, particolari eccezioni, i tubi destinati alla posa in terreno vennero muniti in stabilimento di rivestimento protettivo. La

[1] Cfr. COLOMBO, *Manuale dell'ingegnere civile*, cap. *Acquedotti e fognature.*

scelta ed il perfezionamento del rivestimento e la sua conservazione durante i trasporti sono stati oggetto di cure particolari, che hanno condotto a risultati ragguardevoli, sui quali conviene soffermarsi.

È noto che l'isolamento elettrico della tubazione di acciaio dal suolo è condizione preminente per la sua conservazione al riparo dell'attacco dalla corrosione; a tale isolamento si affida interamente la protezione delle tubazioni munite di giunti ad imboccatura e ristagno di canapa e piombo, o altro, nelle quali la conducibilità elettrica longitudinale è limitata dalla presenza dei giunti; per le tubazioni a giunti saldati il rivestimento è il complemento della protezione attiva — o « catodica » — che esso rende grandemente più stabile, sicura ed economica, o addirittura possibile, quando ad esempio la condotta trovasi in prossimità di altre strutture metalliche interrate, o comunque attraversi zone che riceverebbero danno dall'immissione di correnti elettriche. Le ditte fabbricanti di tubi avevano già affrontato i problemi dell'isolamento e della protezione delle condotte, quando la « Cassa » iniziò la propria attività: non può dirsi peraltro che esse avessero già ottenuto risultati definitivi in materia, e comunque la « Cassa », in vista dell'ingente impiego di tubi in programma, ritenne di dover attentamente studiare la soluzione che meglio conveniva all'ambiente fisico ed alle condizioni esecutive che tale impiego massiccio avrebbe determinato. Scelta preliminare in materia è tra applicazione in fabbrica ed applicazione a piè d'opera; la prima fu giudicata più rispondente, preferendosi affrontare le difficoltà dei trasporti piuttosto che l'incognita della riuscita delle applicazioni in campagna, cui spesso si sarebbe oltretutto opposta la morfologia tormentata dei luoghi. Si considerò poi necessario che il rivestimento fosse dotato di uno strato esterno di protezione meccanica, efficace non solo durante le manipolazioni ma anche, dopo la posa, contro le azioni del rinterro, particolarmente gravose nei terreni argillosi, da considerarsi i più frequenti nei tracciati da eseguire. Si decise perciò di adottare il provvedimento del rivestimento di bitume protetto da uno strato esterno di cemento amianto, che già la Dalmine produceva normalmente, salvo a perfezionarlo onde eliminare alcuni inconvenienti caratteristici.

Si riscontrava infatti frequentemente che, specie sui tubi di diametro medio e grande lasciati esposti alle intemperie, lo strato cementizio era soggetto a crinarsi longitudinalmente, lasciando che il bitume sottostante rifluisse all'esterno, riducendo il già troppo esiguo strato dielettrico ad una semplice verniciatura di spessore disuniforme. Si individuarono le cause degli inconvenienti nella eccessiva fluidità del

bitume impiegato, nel suo spessore troppo esiguo, nella incongruenza di deformazioni tra metallo e cemento amianto alle variazioni di temperatura. Allo strato di bitume venne sostituito uno strato di mastice bituminoso (bitume polimerizzato addizionato di cariche minerali) armato con vetro tessuto, applicato in spessori « consistenti » e « controllati »; per lo strato esterno vennero scelti cementi di qualità più adatta, abbandonando in particolare l'uso del cemento pozzolanico, che in un primo tempo si ritenne preferibile impiegare per la sua maggiore resistenza chimica, vantaggio che risultò in pratica annullato dal comportamento insoddisfacente. Si dovette superare una importante difficoltà di fondo, rappresentata dalla impossibilità di controllare a piè d'opera la integrità dello strato isolante mediante le normali attrezzature a scintillometro, rese inutilizzabili dalla presenza dello strato esterno di cemento amianto: si collaborò quindi con la Dalmine per organizzare una serie di controlli automatici dello spessore in fase di fabbricazione, onde ridurre all'esecuzione assoluta le deficienze locali di isolamento; venne inoltre stabilito di effettuare il collaudo continuo della produzione da parte di un collaudatore fisso in fabbrica. Tutta la materia fu oggetto di un apposito contratto e capitolato tecnico o norme che sono a livello della tecnica più avanzata in materia sul piano internazionale [2]. Questo tipo di rivestimento è stato adottato dalla Dalmine nella sua produzione corrente.

A questi perfezionamenti qualitativi dei tubi hanno fatto seguito perfezionamenti della tecnica di posa, tradotte in apposite norme di capitolato speciale di appalto.

I risultati di tutti questi accorgimenti non hanno mancato di manifestarsi nelle costruzioni: ne fa fede il comportamento delle condotte in sede di attuazione della protezione catodica, nettamente migliore rispetto a quello delle primissime condotte costruite con tubi non perfezionati. Gli assorbimenti di corrente di protezione sono dell'ordine di 0,6 milliampère per metro quadrato.

La tecnica di posa dei tubi di acciaio ha subìto modifiche sostanziali in conseguenza della introduzione del giunto saldato; tutte le tecniche aggiornate sono state impiegate dai costruttori per queste condotte: la saldatura di lunghi tronchi a bordo cavo e discesa successiva nel cavo, la saldatura continua della tubazione man mano calata in cavo ecc. a seconda del diametro dei tubi e della morfologia dei terreni.

[2] Cfr. *Norme per i rivestimenti isolanti nei tubi di acciaio,* in « Ingegneria Sanitaria », n. 6, 1957.

In ogni caso il rinterro della tubazione venne fatto precedere dalla accurata revisione e ripresa dei rivestimenti isolanti, seguita da un controllo finale in corso di prova in opera, della quale detta revisione finisce per costituire la parte più importante.

2. - Tubi e raccordi di acciaio saldato

I tubi di lamiera calandrata e saldata sono stati impiegati pressochè esclusivamente per diametri superiori a 800 mm. Le applicazioni più importanti si sono avute nei sifoni gemellati diam. 1.400 mm. di alcuni tronchi dell'acquedotto campano, con pressioni di esercizio fino a 12 atm. e nella condotta principale dell'acquedotto di Sassari, diam. 800.

Le giunzioni furono sempre a saldatura di testa, su tubi ad estremità liscia. Per i rivestimenti protettivi il problema è stato studiato caso per caso, come consiglia l'importanza della singola costruzione. Per l'acquedotto campano, in vista del grande diametro, che avrebbe comportato grave pericolo di danneggiamenti durante i trasporti si è preferito procedere all'applicazione a piè d'opera di un duplice strato di mastice bituminoso armato con vetrotessile; per l'acquedotto del Bidighinzu (Sassari) il rivestimento è stato applicato in stabilimento, come il diametro e la maggiore semplicità dei trasporti consentivano (i tubi fabbricati a Genova venivano imbarcati con mezzi di manipolazione molto efficienti). Anche per Sassari lo strato esterno di protezione meccanica venne fatto con un secondo strato di mastice bituminoso e vetro tessile: la protezione ottenuta è meno efficace e richiede maggiori attenzioni nei trasporti; consente peraltro l'esecuzione di un controllo elettrico dell'isolamento e più facili riparazioni in opera. La resistenza del rivestimento alle sollecitazioni del rinterro in assestamento o peggio, quando sia argilloso, in movimento per i rigonfiamenti e le strizioni stagionali, è indubbiamente meno buona, onde anche la protezione catodica di queste condotte deve essere oggetto di maggior cura, specie in esercizio. Sono tutte cose peraltro che ben si conciliano con l'importanza della condotta di grande diametro.

IV

TUBI DI GHISA

1. - Tubi di ghisa centrifugati in conchiglia metallica

Sono i tubi della produzione nazionale corrente.

Sono stati impiegati nei diametri da 50 mm. (limite inferiore ammesso negli acquedotti della «Cassa») a 400 mm. (limite della produzione italiana fino all'anno scorso). Sono disponibili da tale produzione tubi per 10, 16, 20, 25, 32 atm. di esercizio forniti di giunti a bicchiere con scanalatura per ristagno a corda e piombo o tutto piombo calcato a freddo. In pratica nelle pressioni maggiori l'aumentare del maggior peso e del maggior costo rispetto al tubo di acciaio precludono la possibilità di impiego; del resto nella nuova produzione iniziata dall'ILVA, che comprende i più moderni giunti a guarnizione di gomma, i tubi vengono classificati e forniti per pressione « di prova in stabilimento » di 20 atm., tralasciando la usuale ma poco logica indicazione della pressione di esercizio (cfr. anche quanto detto in proposito nel successivo paragrafo).

Gli spessori variano tra il 5,5 mm. del diam. 50 per 10 atm. di esercizio a 11,5 mm. del diam. 400 per 10 atm. esercizio, a 23 mm. del diam. 400 per 32 atm. esercizio; in catalogo per la nuova produzione è indicato, per il diam. 600 a 20 atm. di prova che è il limite massimo previsto, lo spessore 15,8 mm.

La lunghezza dei tubi impiegati è limitata a 4 metri, salvo per la produzione più recente, nella quale per i diametri dal 100 mm. in su è disponibile anche la lunghezza 6 m.

Il calcolo idraulico per i tubi di ghisa centrifugata è stato normalmente eseguito con la formula Bazin-Fantoli, adottando i seguenti coefficienti:

— per diam. da 50 a 200 mm.: 0,23;
— per diam. maggiore di 200: 0,20.

Per questi coefficienti valgono le stesse considerazioni del precedente paragrafo.

Negli acquedotti della « Cassa », i tubi di ghisa centrifugati in conchiglia, sono stati impiegati normalmente nei casi seguenti, con l'accennata limitazione al diametro 400 mm.

a) Condotte delle reti di distribuzione:

— condotte di piccolo e medio diametro nelle quali la pressione di esercizio si mantenesse intorno alle 10 atm., con valori massimi di 15 atm.;

— tronchi di condotte di medio diametro, nei quali la pressione di esercizio superasse le 6 atm., fino a 15 atm., la rimanente condotta essendo costruita con tubi cementizi;

— tronchi di condotte di piccolo e medio diametro aventi pressione qualunque, ma inferiore a 10-15 atm., posati lungo strade aperte al traffico e quindi soggetti a possibili sovraccarichi, ed appartenenti a condotte costruite con tubi cementizi.

b) Condotte di avvicinamento (così sono chiamate, negli acquedotti della « Cassa » le condotte colleganti i serbatoi di distribuzione con le reti urbane):

— condotte di piccolo e medio diametro, senza distinzione per la pressione di esercizio, purché inferiore a 10 atm., praticamente cioè in quasi tutti i casi: la tubazione di ghisa è stata impiegata qui per uniformità con la rete di distribuzione, nella quale la ghisa è il materiale generalmente scelto perché bene adatto a consentire tutti gli interventi normalmente necessari nelle reti, per la sua resistenza meccanica non disgiunta da buona resistenza alle azioni di corrosione senza necessità di protezioni apposite, tutte caratteristiche queste indispensabili specie nelle reti di non grandi centri urbani.

Per l'impiego della ghisa vi sono preclusioni tecniche, cioè condizioni nelle quali esso è da evitare perché contrastante con l'esigenza di assicurare la durata dell'opera. Tali sono:

— tracciati in terreni spiccatamente instabili, sia perché cedevoli al piano di appoggio, sia perché sede di movimenti franosi: in tali casi, da affrontare evidentemente solo se non vi è alternativa possibile. la tubazione di acciaio a giunti saldati è in grado di limitare le rotture e le manutenzioni in esercizio; in genere questi terreni sono anche aggressivi chimicamente, onde la tubazione dovrà essere adeguatamente protetta catodicamente;

— tracciati in terreni spiccatamente aggressivi chimicamente, ovvero percorsi da correnti vaganti intense, in atto o prevedibili nel

futuro, quali sono ad esempio i tracciati paralleli o più volte intersecati con linee ferroviarie elettrificate ovvero di futura elettrificazione; in questi casi, se le pressioni di esercizio sono troppo elevate ovvero la stabilità dei terreni insufficiente per l'impiego di tubazioni cementizie, deve impiegarsi la tubazione di acciaio saldata, che è certo più soggetta al drenaggio delle correnti elettriche dannose, ma è anche quella che può essere protetta, con l'immissione di correnti di protezione, nelle condizioni suaccennate, nelle quali la sola resistenza passiva della ghisa è da ritenere insufficiente.

Per completezza si accenna ai tubi con giunto a flangia, il cui impiego è limitato ai casi di raccordi speciali fuori terra, come per l'acciaio.

2. - Tubi di ghisa centrifugati in forme rivestite di sabbia

Sono tubi che la produzione nazionale non offre, ed in Europa sono prodotti in grande scala da industrie della Germania occidentale per diametri fino a 600 mm. e pressioni di prova in stabilimento di 20, 25, 30 atm. e diametri oltre 600 e fino 1.000 per pressioni c. s. di 15, 20, 25 atm.

Secondo i capitolati di appalto della « Cassa » la tubazione di ghisa deve essere provata in opera ad una pressione proporzionale a quella massima che può aversi in esercizio, chiamata « base prova »; la prova viene fatta normalmente mantenendo la condotta per 6 ore a pressione 1,5 volte quella « base ». Questa pressione di prova non può coincidere con quella di classifica dei tubi, che, giusta le norme ISO, viene mantenuta in stabilimento per soli 5 minuti, su tubo bene appoggiato su tutta la sua lunghezza e senza sollecitazioni secondarie. Ne risulta che la pressione massima di esercizio è nel rapporto 1/1,65 circa rispetto alla pressione di classifica a termini della suddetta norma di capitolato. Comunque il criterio del progettista deve intervenire anche in questo caso, e tener conto della situazione particolare, che può suggerire attenuazione o irrigidimento nella scelta dei margini di sicurezza.

Gli spessori dei tubi variano da 6,7 mm. del diam. 50 classe 20 atm. ai 15,8 mm. del diam. 600 classe 20 atm., ai 19 mm. del diam. 600 classe 30 atm. Il diam. 1.000 ha spessore 22,5 mm. nella classe 15 atm. e 27 mm. nella classe 25 atm.

Il diametro nominale corrisponde al diametro interno nella classe alta pressione; nelle altre classi il diametro effettivo è maggiore.

La lunghezza dei tubi centrifugati in sabbia impiegati dalla « Cassa » è di 6 metri utili; i diametri impiegati tutti superiori a 400 mm.

I calcoli idraulici sono stati svolti con la formula Bazin-Fantoli, con coefficiente 0,20.

Per questi tubi è disponibile un tipo particolare di giunto a bicchiere, nel quale la tenuta è ottenuta mediante un anello di gomma di forma e qualità speciali, tenuto in posto da una ghiera avvitata con grossa filettatura all'interno del bicchiere (giunto tipo « Union »); la tenuta idraulica e la resistenza allo sfilamento del giunto sono attuate dalla aderenza della gomma sul terminale del tubo imboccato, che è liscio, come sempre nei tubi centrifugati, e senza alcuna speciale lavorazione.

Il comportamento di questi tubi, sia per la loro qualità sia per l'elevata efficienza del giunto è stato ottimo in tutte le applicazioni fattene: si è avuta anche la prova che la presenza del giunto di gomma dà alla tubazione un grado di elasticità che vale ad estendere la possibilità d'impiego della ghisa anche ai casi in cui siano da temersi cedimenti sensibili, ma sempre limitati nel tempo, del piano di posa. Quale particolare degno di nota si ricorda che per questi tubi vengono forniti raccordi a doppio bicchiere, che nei montaggi si sono dimostrati di grande utilità e praticità; essi consentono anche di recuperare ed impiegare molti spezzoni di tubo, altrimenti perduti.

V

TUBI DI CEMENTO AMIANTO (AM. CEM.)

Sono i ben noti tubi ottenuti per formatura, con modalità proprie a ciascun fabbricante, di una miscela di acqua, cemento ed amianto in fibre lunghe. La resistenza unitaria del materiale a trazione ed a tensoflessione è, come ordine di grandezza, un decimo di quella della ghisa. Il prezzo per chilogrammo indicato nei listini è sensibilmente uguale a quello della ghisa, anche nel variare da diametro a diametro; tenuto conto del fatto che sulle importanti forniture per acquedotti vengono praticati prezzi particolari rispetto a quelli del listino corrente, si vede che il tubo di cemento amianto trova possibilità economica di applicazione per tutti i valori di pressione e diametro per i quali i tubi di ghisa risultano sovradimensionati, anche se a spessore minimo. Il minor peso poi riduce la spesa totale per la condotta in opera.

La produzione italiana copre tutte le classi di pressione e tutti i diametri disponibili per questi tubi; anzi essa detiene il record del maggior diametro con i tubi da 1.000 mm. prodotti dalla Eternit.

I tubi sono classificati in 6 classi di pressione, da A ad F, per le quali sono stabilite le pressioni di prova in fabbrica ed in opera sotto indicate in atm.

Classe	A	B	C	D	E	F
pressione di collaudo in fabbrica . . .	7,5	15	20	30	35	45
pressione di prova in opera	5	10	15	20	25	30
pressione d'esercizio	3	6	10	15	20	25

Gli spessori di parete variano dagli 8 mm. del diam. 50 classe da A ad E, ai 10 mm. del diam. 100 classe C, ai 20 mm. del diam. 300 classe C, a 34 mm. del diam. 1.000 classe C (che per i diametri da diam. 800 in su è la classe limite).

L'indicazione della pressione di esercizio è conforme alle norme dell'Associazione di Ingegneria Sanitaria — ANDIS — che la « Cassa » ha accolto nei propri capitolati [1] nelle quali è però ben precisato che la scelta delle classi del tubo da impiegare nel singolo caso è compito del progettista, che non dovrà tener conto della sola pressione di esercizio quale criterio di scelta, bensì considerare l'eventuale esistenza di carichi di rinterro od altro, onde contenere le sollecitazioni nella parte del tubo entro i limiti che le stesse norme prevedono.

Le norme suaccennate furono seguite a breve termine da norme UNI sostanzialmente concordi — grazie anche ad una cooperazione messa in atto tra i due organismi — alle quali la produzione italiana è tutta uniformata. Le norme italiane sono concordi anche con quelle internazionali ISO. La « Cassa » ha attivamente collaborato tramite suoi rappresentanti con i tre organismi suddetti nello studio della normalizzazione.

Le norme stabiliscono i limiti seguenti per le lunghezze dei tubi: 3 m. per i diametri fino a 100 mm., 4 m. per i diametri superiori; la produzione offre lunghezze di 5 m. per i tubi dal diam. 300 in su.

Sono disponibili diversi tipi di giunto, a manicotto di cemento amianto, a bicchiere ed è possibile giuntare i tubi anche con giunti metallici tipo « Gibault »; i pezzi speciali per i tubi da acquedotto sono in ghisa, da giuntare ai tubi con giunti di tipo uguale a quello del tubo; le guarnizioni di tenuta sono ormai universamente di gomma.

Negli acquedotti della « Cassa » sono stati impiegati tubi di tutti i diametri da 50 a 400 mm. ed appartenenti alle classi di pressione dalla B alla E. L'impiego di diametri maggiori non è stato trovato conveniente rispetto ad altre possibili soluzioni, e d'altronde la netta scarsità di occasioni favorevoli ad un tale impiego nell'ambiente fisico della zona di intervento non ha spinto alla esecuzione neppure di applicazioni sperimentali intese a fornire notizie sul comportamento di tubi di grande diametro. Per le pressioni il fattore economico preclude estese possibilità di impiego delle classi superiori; le classi impiegate sono la C e la D; solo in un caso del tutto particolare è stata adottata la classe F: per la condotta del sollevamento di acqua di mare e di acqua distillata dell'impianto di potabilizzazione dell'acqua marina installato a Ventotene, dove la scelta è stata dettata non dalla pressione di esercizio, che non supera le 8 atm., ma dalle disagevoli condizioni di trasporto e di scarico all'isola.

[1] Per il testo completo vedere « Ingegneria Sanitaria », n. 5, 1959.

Tra i vari tipi di giunto, nelle prime applicazioni furono preferiti il « Simplex » a due anelli di gomma (produzione Eternit) ed il giunto a bicchiere ed anello di gomma (produzione Fibronit); successivamente altri tipi di giunto hanno superato la fase sperimentale, in particolare, per le due industrie principali fornitrici, il giunto « Supersimplex » (Eternit) ed il giunto a manicotto con tre anelli di gomma (Fibronit). Questi tipi perfezionati hanno eliminato i non pochi fastidi che si avevano in alcuni dei giunti precedenti ed hanno aumentato le pressioni di sicuro impiego dei tubi di cemento amianto, grazie anche ad una oculata scelta della gomma delle guarnizioni.

Per i calcoli idraulici è stata usata la formula Bazin-Fantoli, con i coefficienti che seguono:

— per diam. fino a 300 mm.: 0,16;

— per diam. maggiore di 300 mm.: 0,12.

Negli acquedotti della « Cassa » i tubi di cemento amianto sono stati impiegati normalmente nei casi seguenti, con le già dette limitazioni di diametro e di pressione: in particolare sono state escluse, salvo eccezioni particolari, le classi A e B, considerate inferiori alle esigenze minime di generica qualità dei materiali da impiegare in tali acquedotti.

a) Condotte di adduzione:

— condotte di piccolo e medio diametro a bassa pressione e nelle quali comunque la pressione di esercizio si mantenesse inferiore alle 10 atm.; dopo l'introduzione dei perfezionamenti ai giunti sono state ammesse pressioni maggiori, ma sempre inferiori a 15 atm.

b) Condotte di avvicinamento:

— condotte di piccolo e medio diametro a bassa pressione, inferiore comunque a 10 atm., laddove queste condotte, nonostante la loro funzione, avessero tracciato esterno a zone abitate ed a strade aperte a grande traffico.

Per l'impiego del cemento amianto sono state rispettate alcune preclusioni e condizioni di natura tecnica, di cui le principali si riassumono come segue:

— tracciati in terreni anche moderatamente instabili: ai giunti non è stato richiesto più che l'assorbimento degli assestamenti che la tubazione inevitabilmente subisce dopo la posa ed il rinterro, in terreni sciolti; i giunti dei tipi indicati sono in grado di assorbire questi assestamenti senza danno e senza riduzione dei margini di sicurezza per la tubazione;

— posa in terreni lapidei senza adozione di adeguato letto di posa in materiale sciolto a grana minuta;

— attraversamenti stradali o posa lungo strade aperte al traffico, salvo ad adottare adeguate protezioni (cunicoli praticabili o no) che possono giustificarsi quando l'impiego del cemento amianto si impone indipendentemente da considerazioni sulla minor spesa di costruzione, quale è il caso dell'attraversamento di zone percorse da intense correnti vaganti da parte di una condotta nella quale le pressioni e la natura dei terreni non richiedano il ricorso all'acciaio, che in tal caso sarebbe a giunti saldati e protetto catodicamente.

Tra i caratteri positivi del cemento amianto vi è la soddisfacente inerzia chimica tipica dell'amianto e del cemento ed anche una spiccata resistenza alla formazione di incrostazioni, che, come per tutti i tubi cementizi, si riscontrano solo raramente.

Tra i caratteri negativi vi è principalmente la fragilità del materiale, che, per la sua relativa leggerezza, è talvolta fatto oggetto di manipolazioni poco accorte e può subire danneggiamenti che restano occulte fino al momento della prova in opera, provocando così sensibile danno economico. La posa va quindi sempre eseguita da personale molto pratico; nei capitolati della « Cassa » si prescrive che la ditta appaltatrice si procuri la collaborazione di personale specializzato dato dal fornitore dei tubi.

VI

TUBI DI CEMENTO ARMATO ORDINARIO

I tubi di cemento armato ordinario sono prodotti in Italia da alcune ditte specializzate, che hanno raggiunto un elevato grado di perfezionamento tecnico. Le prime importanti applicazioni si ebbero nella costruzione dell'acquedotto pugliese dove, per la natura e morfologia dei terreni, per l'entità delle portate, essi trovarono larga possibilità di applicazione e, pur essendosi a quell'epoca agli inizi della tecnica della loro costruzione, hanno dato nei decenni trascorsi ottima prova. I progressi avutisi in questa tecnica hanno portato ad unificare il sistema di fabbricazione, che oggi viene fatta mediante getto in forme metalliche orizzontali ruotanti su tornio o su rulli, nelle quali la formatura, il costipamento e l'eliminazione dell'eccesso di acqua di impasto sono affidati alla compressione dovuta alla forza centrifuga. Solo per diametri molto grandi, superiori a 1.500 mm., alcuni adoperano il getto in forme verticali, il costipamento mediante vibrazione ad alta frequenza e l'eliminazione dell'acqua in eccesso mediante « vacuum ». L'armatura metallica è normalmente costituita da tondini di ferro di piccolo diametro disposti secondo le generatrici e le direttrici a formare una gabbia collegata da legature, o, meglio, da saldatura elettrica. Talvolta, come nel caso del tubo Bonna, la maggior parte dei tondini è sostituita da lamierino continuo.

Dal punto di vista dimensionale questi tubi coprono tutto il campo di diametri da 250 mm. fino a 2.000 mm. ed oltre; peraltro i diametri inferiori a 400 mm. si trovano in sfavorevole condizione tecnica ed economica rispetto ad altri tubi, ad esempio il cemento amianto, mentre per i diametri superiori a circa 1.500 mm. risulta oggi più conveniente fare ricorso al tubo precompresso salvo che le pressioni di esercizio non siano molto esigue (1 ÷ 2 atm.).

Nei diametri da 400 a 1.500 mm. invece questi tubi risultano i più convenienti rispetto ad ogni altro tipo e ad essi si fa quindi ricorso

sempreché le caratteristiche del tracciato ne consentano l'adozione con le necessarie garanzie di conservazione dell'opera nel tempo. La pressione massima di normale impiego di questi tubi è 6 atm. Gli spessori e le lunghezze dei tubi di cemento armato sono fissati in una normale ministeriale del Ministero dei LL. PP. dell'anno 1937, che prevedeva spessore di 45 mm. per il diam. 350 e 80 mm. per il diam. 1.000 mm.; la stessa normale prescriveva la lunghezza dei tubi nel limite di m. 3,50. Queste prescrizioni dimensionali della normale sono state peraltro superate nella produzione attuale, specie per la lunghezza, che è stata aumentata a 4,00 ed anche a 5 m. in qualche caso.

Per la giunzione dei tubi molti sono i tipi di giunto offerti dai diversi fabbricanti: l'orientamento degli ultimi anni è peraltro decisamente quello del giunto ad imboccatura con guarnizione ad anello di gomma, che si è mostrato grandemente più sicuro e più idoneo a conferire una limitata ma utilissima deformabilità alla tubazione rispetto ad ogni altro tipo. Per il calcolo idraulico negli acquedotti della « Cassa » è stata impiegata la formula di Bazin-Fantoli, con i coefficienti che seguono:

per diam. da 400 mm. fino a 600 mm. (escl.)	$\gamma = 0{,}16$
per diam. da 600 mm. fino a 1.000 mm. (escl.)	$\gamma = 0{,}12$
per diam. 1.000 ed oltre	$\gamma = 0{,}10$

Negli acquedotti della « Cassa » i tubi di cemento armato sono stati impiegati nelle condotte esterne da realizzarsi con tubazioni aventi diametro compreso tra 400 e 1.700 mm. e pressioni non superiori a 6 atm., salvo qualche limitata eccezione in cui la pressione è stata spinta anche a 8 atm. per i tubi del diametro 800 mm. L'adozione del tubo di cemento armato è sempre stata subordinata alla presenza sul tracciato di terreni di buona stabilità, che non chiamassero in causa la resistenza flessionale del tubo in senso longitudinale a causa di assestamenti differenziali del piano di posa. In qualche caso, ove terreni di meno buone caratteristiche dovevano essere attraversati in parti limitate del tracciato, si è fatto ricorso a tubi di ghisa — per diametri fino a 500 mm. — ovvero si è consolidato il piano di appoggio mediante sottofondo di pietrame a secco o di muratura. L'economicità del tubo di cemento armato è legata in parte alla possibilità di dimensionare il tubo stesso caso per caso all'effettiva pressione di esercizio. Per questa ragione nei capitolati della « Cassa », concordemente a quanto previsto nella succitata normale, i tubi vengono classificati di atmosfera in atmosfera e proporzionati in conseguenza con norme di calcolo anch'esse prescritte e che pre-

vedono la verifica alla pressione idraulica da affidarsi interamente alla armatura metallica con sollecitazione massima di 1.000 kg./cmq. e la verifica a pressione interna più sollecitazioni di flessione dovute al rinterro — che sono sensibili per i diametri superiori a 500 mm. — da affidarsi alla sezione omogencizzata interamente reagente, con sollecitazione di trazione massima di 24 kg./cmq. L'esperienza che si ha di condotte costruite molti anni addietro, mentre tranquillizza interamente sull'assenza di fenomeni di corrosione dell'armatura metallica delle condotte di cemento armato ordinario, ha consigliato di adottare qualche provvedimento per smaltire senza danno le scariche elettriche indotte da fulminazione di origine atmosferica; le armature dei tubi contigui sono state sempre collegate metallicamente mediante semplice legatura di un conduttore collegato alle armature stesse: il contatto elettrico ottenutone è sufficiente per smaltire fino alle prese di terra le correnti indotte dalla fulminazione mentre è abbastanza labile da non porre in essere problemi di corrosione delle armature.

VII

TUBI DI CEMENTO ARMATO PRECOMPRESSO

Sono i tubi di calcestruzzo cementizio armato con una spirale in acciaio teso, che mantiene la parete cementizia permanentemente compressa. Dal punto di vista costruttivo vi è da fare una importante distinzione tra tubi nei quali la coazione elastica è ottenuta mediante l'avvolgimento della spirale di acciaio su nucleo cementizio prefabbricato e stagionato e tubi nei quali detta coazione è impressa all'atto della formazione del tubo mediante l'applicazione di una deformazione all'intera struttura ed il suo mantenimento per tutto il tempo occorrente all'indurimento del calcestruzzo. Tutte le applicazioni in acquedotti della « Cassa » fino al 1961 riguardano il primo tipo, al quale si applicano le notizie e considerazioni che seguono.

Oltre alla spirale destinata ad assorbire le trazioni determinate dalla pressione idraulica e dalle azioni secondarie — rinterro, sovraccarichi — i tubi precompressi, specie per pressioni superiori alle 8 atm. di esercizio circa sono provvisti anche in senso longitudinale di una armatura in tensione, i cui compiti fondamentali sono: a) assorbire le sollecitazioni di flessione che insorgono all'atto dell'avvolgimento esterno a causa delle deformazioni elastiche imposte in detta fase; b) eliminare la deficienza di resistenza longitudinale del tubo cementizio.

La precompressione longitudinale vale inoltre a migliorare il risultato di quella trasversale. I tubi di cemento armato precompresso vengono fabbricati in Italia da ditte che producono anche cemento armato ordinario.

I diametri di più ordinaria fabbricazione vanno da 500 a 2.000 mm.; il precompresso è stato impiegato anche per tubi fino a 4 m. di diametro. Le pressioni di esercizio vanno da 2 fino a 30 atm. La lunghezza dei singoli tubi varia tra 4 e 6 m. Il campo di impiego del tubo precompresso può individuarsi considerando tale tipo di tubo come sostitutivo economicamente vantaggioso, dei tubi metallici; vi sono poi applica-

zioni speciali, specie nel campo delle condotte forzate per impianti idroelettrici, per le quali il tubo precompresso è stato impiegato anche in gallerie forzate in roccia collaborante o non.

Rispetto al tubo di ghisa che, specie all'estero, viene adoperato anche per diametri superiori al metro, il tubo di cemento armato precompresso presenta un notevole vantaggio di costo ed anche vantaggi tecnici, essenzialmente maggiore resistenza chimica verso l'acqua condottata, scarsa tendenza alla formazione di incrostazioni e comunque di peggioramento della rugosità della parete interna ed infine, principalmente, una maggiore sicurezza di esercizio, dovuta al fatto che eventuali rotture non si presentano come scoppi catastrofici, con perdita di parti della parete, ma come fessurazioni che hanno per di più — vantaggio questo anche rispetto all'acciaio — tendenza a richiudersi non appena la pressione interna scende a valori inferiori a quelli di rottura.

L'impiego del tubo di cemento armato precompresso di medio diametro è da escludere in terreni instabili: la precompressione longitudinale e la giunzione con guarnizioni di gomma, che è quella universalmente adottata, consentono però di affrontare situazioni di stabilità del tracciato meno buone di quelle necessarie per i tubi di cemento armato ordinario. Per i tubi di grande diametro si entra nel campo di opere particolari per le quali lo studio approfondito nel singolo caso è l'unico che possa dare valido indirizzo al progettista.

Negli acquedotti della « Cassa » il cemento armato precompresso è stato adottato per condotte di medio e grande diametro con pressioni da 6 a 22 atm. (esercizio). In alcuni casi più importanti, come per i sifoni dell'acquedotto campano, che comprendono 190 km. di tubazione di diametro da 1.000 a 1.350 mm. e pressioni per la maggior parte superiori a 10 atm. e fino a 25 atm., la scelta del precompresso è venuta quale risultato di concorso nel quale è messa anche la possibilità di offrire l'acciaio saldato. Non tutte le esperienze sono state positive; due condotte costruite prime in ordine di tempo diedero luogo ad inconvenienti per corrosione della spirale di acciaio di cerchiatura. L'esperienza peraltro è stata ottimamente utilizzata per mettere a punto un dettagliato capitolato di norme tecniche, che può considerarsi unico nel suo genere non solo in Italia, come è risultato anche dalle numerose richieste che di esso sono state fatte da parte di molti paesi che hanno seguito l'Italia nella vasta applicazione di questa tecnica la cui evoluzione ha coinciso con il periodo di attività della « Cassa ».

Di queste norme conviene ricordare alcuni punti fondamentali e di impostazione. In esse sono stati fissati precisi criteri di scelta e di

controllo dei materiali da impiegare, onde restringere la probabilità di loro deficienze e conservare quindi al precompresso la sua caratteristica di materiale avente elevato indice qualitativo la cui economia è fondata sulla accurata costruzione; in particolare è prescritto che la fabbricazione avvenga in stabilimenti a ciclo continuo, corredati di un idoneo laboratorio prove materiali. Nelle norme è poi stabilita la tecnica di protezione delle condotte a cerchiatura avvolta, da realizzarsi con rivestimenti cementizi protetti da impermeabilizzazione bituminosa a spessore ed applicazione di protezione catodica.

Le pressioni di collaudo delle condotte sono di un terzo superiori a quelle massime di esercizio. Dal punto di vista idraulico questo materiale ha comportamento uguale a quello del cemento armato ordinario.

VIII

MATERIALI DI RECENTE INTRODUZIONE
TUBAZIONI DI MATERIE PLASTICHE

Le tubazioni di plastica sono state impiegate dalla « Cassa » a titolo sperimentale ovvero in qualche caso del tutto particolare. Trattasi di materiale per il quale vi è ancora scarsissima esperienza soprattutto da parte degli stessi costruttori e per di più, pur essendone individuati alcuni tipi fondamentali differenziati per il tipo di resina costituente, non può dirsi sia ancora definita una tecnica di produzione che concilii le esigenze di una fabbricazione economica con quelle dei requisiti tecnici del prodotto. Molto spesso le modalità di produzione determinano variazioni importanti del comportamento del manufatto, onde di questo, pur se appartenente ad una categoria nota, non possono dirsi perfettamente conosciute le proprietà tecniche ed il comportamento a lungo termine. Essenzialmente per l'impiego di questi tubi, specie nel caso di pubbliche amministrazioni, vi è un serio ostacolo nella mancanza di precise norme tecniche alle quali i fabbricanti si attengano con ampia possibilità di controllo. Di questa deficienza non può farsi carico solo ai fabbricanti, ma anche alla effettiva mancanza di esperienza nonché al fatto che le tecniche di produzione sono ancora in costante evoluzione.

Per gli acquedotti della « Cassa » non poteva esservi grande interesse per queste tubazioni il cui campo di impiego oltre tutto riguarda i diametri piccoli e piccolissimi. L'esperienza fatta riguarda alcune condotte di piccolo diametro in cloruro di polivinile rigido con giunti ad anelli di gomma, che hanno dato solo qualche inconveniente per spiccata fragilità nella stagione invernale, con temperature prossime a 0 gradi centigradi. Il politene annerito con « carbon black » è stato impiegato con buon risultato per la tubazione aspirante dell'acqua di mare nell'impianto di distillazione di Ventotene. Per le acque termali di Castellamare di Stabia, dopo prove che hanno condotto a scartare il cloruro di polivinile e la gabbroresine con armatura di vetro, è stato

prescelto il politene. Qualche esperienza negativa è stata fatta anche nei tentativi di rivestimento protettivo dell'isolamento bituminoso fabbricato sulle condotte sottomarine dell'acquedotto per le isole di Ischia e Procida; in questo caso si trattava di cloruro di polivinile con plastificanti, che dopo qualche tempo di permanenza in acqua marina ha dato luogo a mutamenti di colore ed inizio di alterazione. Le esperienze negative non giustificano minimamente la sfiducia nelle possibilità di questo materiale per il quale, come si è accennato, l'esigenza più importante è la acquisizione di una consistente esperienza da parte dei fabbricanti, che conduca anche alla formulazione di precise norme tecniche di fabbricazione e di impiego.

IX

CONSIDERAZIONI SUL RISULTATO ECONOMICO DELLA SCELTA DEL MATERIALE DI CONDOTTA

Le indicazioni e le considerazioni innanzi esposte sono utili, secondo quanto detto in premessa, per approssimarsi alla soluzione del problema tecnico-economico rappresentato dalla corretta scelta del materiale di condotta.

A completare il quadro delle esperienze fatte finora dalla Cassa per il Mezzogiorno occorre aggiungere gli elementi di costo di fornitura, di cui al capitolo II, con la indicazione dei costi della tubazione in opera, sommando ai primi il costo dei trasporti a piè d'opera, posa e giunzione, inserimento di pezzi speciali, prove di collaudo e tralasciando i costi non differenziati con il tipo di tubo (quali scavi e rinterri).

Si è scelto di rappresentare i dati che interessano in un grafico, per evitare volutamente la precisione delle cifre di una tabella che in questo caso sarebbe solo formale ed ingannevole.

I costi presi a base della calcolazione non sono consuntivi di quanto fatto nel dodicennio, ma quelli che risultano dai prezzi oggi correnti (appalti in corso nel 1960-1961).

Allo scopo di uniformare i diversi tipi di tubazione dal punto di vista funzionale, cioè della capacità di trasporto idrico, il diagramma è stato riferito ad una serie di diametri che si è chiamata « efficace » alla quale si è attribuita la esatta corrispondenza tra diametro nominale e diametro effettivo ed un coefficiente costante = 0,10 indicativo della scabrezza nella formula Bazin-Fantoli; si è poi fissata ad 1 metro al secondo la velocità di funzionamento di ogni tipo di tubazione ed è stata così calcolata la corrispondenza di ogni diametro nominale di ciascun tipo al diametro efficace suindicato.

Questa corrispondenza non è reale, ma quale risulta nella pratica costruttiva della « Cassa », in quanto i coefficienti idraulici assunti per ogni tipo sono quelli stessi assunti normalmente nei progetti della « Cassa », precisati in precedenza (Grafico 2).

La corrispondenza tra DIAMETRO NOMINALE e DIAMETRO EFFICACE (γ=0,10) è stata fissata con la condizione che la velocità di trasporto dell'acqua sia di 1 m/sec

I prezzi sono comprensivi di fornitura, trasporto, posa in opera, giunzioni e prova, ad esclusione di scavo, rinterro, ancoraggio ed inclusi i pezzi speciali; sono inclusi inoltre il rivestimento bituminoso e la protezione catodica.

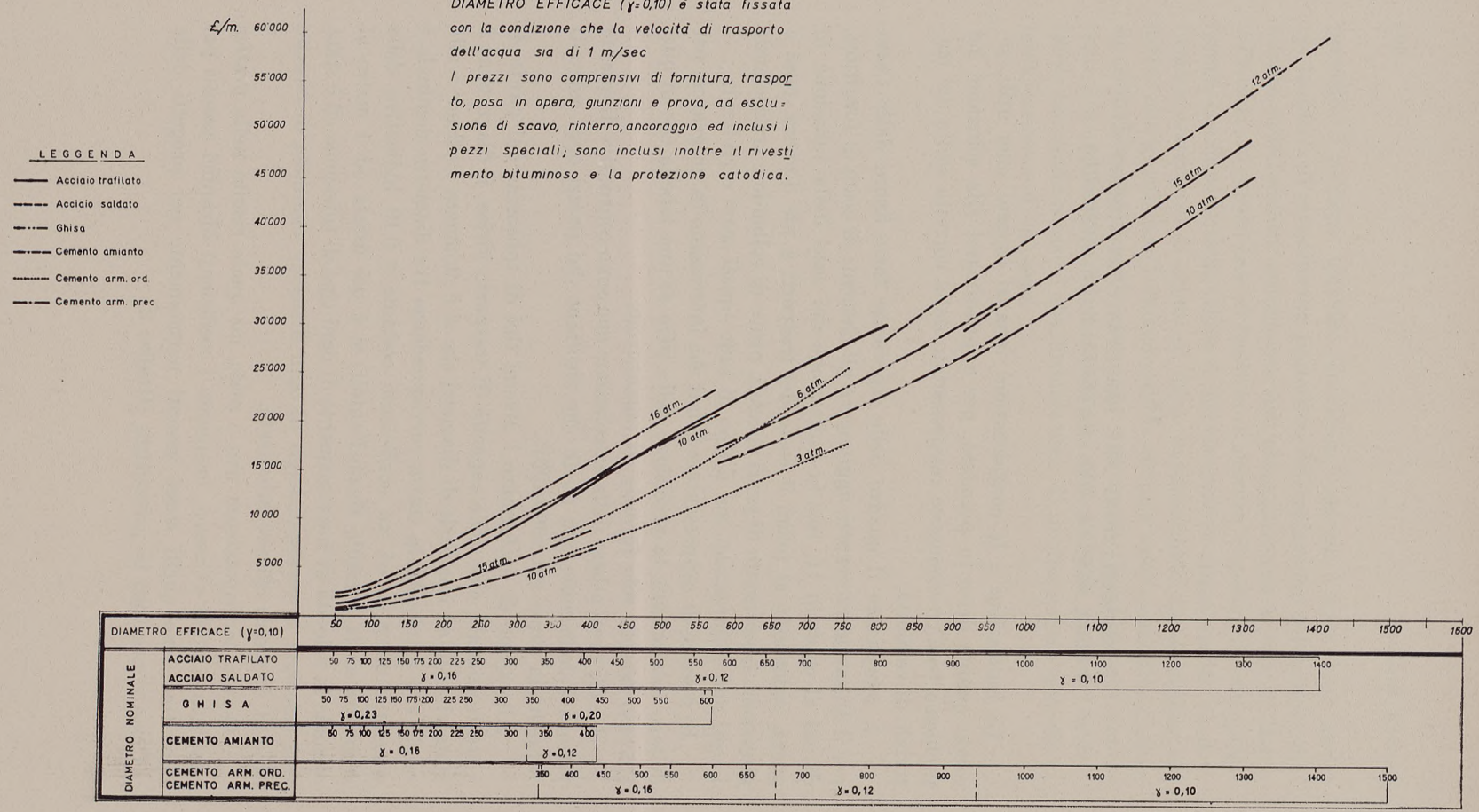


Grafico 2.

Prof. Ing. Mario M. Jacopetti

ordinario di elettrochimica nell'università di napoli
consulente del servizio acquedotti e fognature della « cassa »

LA DIFESA DALLA CORROSIONE DEGLI ACQUEDOTTI COSTRUITI DALLA CASSA PER IL MEZZOGIORNO

Lo studio delle opere di ingegneria è essenzialmente rivolto a proporzionare le opere stesse per garantire la loro efficiente funzionalità ed assicurare la loro stabilità rispetto alle sollecitazioni cui sono sottoposte.

La stabilità di un'opera di ingegneria viene di regola considerata da un punto di vista fisico: ossia il calcolo di proporzionamento considera le prevedibili sollecitazioni di natura meccanica, termica e così via. Poiché alcune condizioni possono nella realtà risultare diverse da quelle messe in ipotesi, sia per quanto si riferisce alle proprietà dei materiali sia per quanto si riferisce alla entità e distribuzione delle sollecitazioni, è regola generale la introduzione di un coefficiente il quale garantisca un margine di sicurezza. In altre parole la stabilità viene assicurata realizzando un'opera proporzionata più largamente di quanto, in base alle ipotesi, sarebbe strettamente necessario.

I progressi della scienza e della tecnica hanno però consentito una progettazione sempre più aderente alla realtà per cui i coefficienti di sicurezza, ed il margine che ne conseguiva, sono andati gradualmente riducendosi.

In questo margine di sicurezza era anche considerato, per lo più inconsciamente, l'effetto normale delle azioni chimiche delle quali espressamente non veniva fatta menzione se non in casi particolari. Per i casi di azione chimica evidente ed importante ci si serviva di una certa esperienza tecnologica e si seguivano — con un certo ritardo — i progressi della tecnologia, che man mano andava approntando i materiali adatti alle speciali esigenze. Si provvedeva anche a tener conto delle azioni chimiche con lo stesso criterio cui abbiamo prima accennato; abbondando cioè nelle dimensioni, ed applicando quel concetto che gli anglosassoni chiamano *overdesign*, vale a dire progettazione in eccesso. L'impiego di materiale in eccesso per compensare l'effetto della azione

chimica determina non solo un costo maggiore dell'opera, ma influenza anche il costo di esercizio; esempio classico è quello delle navi, per le quali autorevolmente si considera un sovraspessore del 20% delle lamiere come imputabile alla corrosione.

Gli sviluppi della tecnica imponevano esigenze sempre più severe per le qualità dei materiali impiegati nelle opere di ingegneria, e nello stesso tempo l'estendersi di tutte le applicazioni faceva incontrare ambienti e condizioni le più diverse, ponendo così le strutture di fronte ad azioni di carattere chimico che non erano in generale previste, ed in qualche caso non erano conosciute. Si è dovuto così ben presto riconoscere che l'esperienza e la tradizione non bastavano più per risolvere i problemi della resistenza delle opere di ingegneria nei riguardi delle azioni di natura chimica, e che occorreva sottoporre il problema della stabilità chimica delle opere ad uno studio particolare e considerarlo con la dovuta attenzione fin dalla progettazione [1].

L'azione chimica sui materiali costituenti le più diverse strutture si rendeva manifesta sia per il numero rapidamente crescente dei danni che si presentavano, sia per l'entità dei fenomeni che si osservavano.

A rendere più imponente il problema concorreva il fatto che i progressi della tecnologia offrivano materiali nuovi più resistenti dal punto di vista meccanico e consentivano di impiegare minore quantità di materiale per un determinato scopo; il che, in molti casi, rende la struttura più debole rispetto alla aggressione chimica, nel senso che l'azione distruttiva di questa si rende pericolosa in un tempo più breve; infatti una struttura di materiale più resistente avrà spessori inferiori a quelli di una struttura in materiale meno resistente e di conseguenza sarà danneggiata e distrutta in un tempo più breve dall'azione chimica.

In conclusione, e senza entrare in particolari che ci porterebbero lontani dal nostro argomento, si può dire che le opere di ingegneria, per tutte le ragioni sopra ricordate e per altre ancora che si sono omesse per brevità, sono oggi più « sensibili » all'azione chimica; di conseguenza è fuori di ogni dubbio che la stabilità di un'opera di ingegneria — e la sua conservazione nel tempo — debbono intendersi nel senso più ampio, come resistenza non solo alle azioni di carattere fisico, ma altresì a quelle di carattere chimico che possono derivare da intera-

[1] Una esplicita affermazione di questa idea, relativamente agli acquedotti, è già data nel 1934 da P. Celentani Ungaro in *Sui criteri di impiego delle tubazioni metalliche e cementizie per acquedotti,* Ann. LL. PP., fasc. 8 e 9, 1934.

zioni fra i materiali che costituiscono la struttura e l'ambiente in cui questa si trova. Tali interazioni sono anche esse fondamentali ai fini della stabilità, in quanto modificano la natura dei materiali che costituiscono la struttura e quindi influenzano decisamente anche le loro proprietà fisiche; inoltre è da tener presente che le sollecitazioni di carattere fisico (meccaniche o termiche, per esempio) possono avere notevole influenza sul comportamento dei materiali di fronte alle sollecitazioni di carattere chimico.

Fra le azioni che possono condurre alla degradazione di un'opera di ingegneria, la più subdola e perniciosa (e perciò la più temibile) è quel processo (in generale di natura elettrochimica) che prende il nome di corrosione. Per effetto di questo fenomeno, un materiale metallico si trasforma in composti più stabili del metallo stesso, i quali però non hanno affatto le proprietà meccaniche del metallo di origine. Inoltre la corrosione non è uniforme, così che a trasformazioni di piccole quantità di metallo corrispondono profonde variazioni della resistenza della struttura.

Il fenomeno è ben noto fin dalla remota antichità come lo sono le sue dannose conseguenze; infatti, anche se si tiene conto della modesta importanza della metallurgia nella epoche passate, non può non rilevarsi che gli oggetti metallici a noi arrivati dalla antichità sono pochi, scarsi e male conservati, specie se si fa il confronto con gli imponenti avanzi di opere murarie che ci sono pervenuti.

L'importanza relativa dei problemi di corrosione è andata sempre crescendo, assieme ai progressi della tecnica. Oggi il problema rappresentato dai fenomeni di corrosione si è imposto alla attenzione dei tecnici e degli economisti: alla attenzione dei tecnici non solo perché la continuità e regolarità di esercizio sono esigenze molto sentite, ma anche per la accentuata interdipendenza fra le varie parti di uno stesso impianto; alla attenzione degli economisti per la enormità del danno economico che consegue dall'alterazione e degradazione dei materiali [2].

Ed è qui da ricordare che il danno economico della corrosione è sempre molto più grave di quanto corrisponde al valore del metallo distrutto: si pensi alle interruzioni di servizio, alle possibilità di inquinamento, alle spese necessarie per la individuazione del danno e per la sua riparazione, ed infine anche ai pericoli derivanti dai danni per

[2] Su tale argomento cfr. M. M. Jacopetti, *Dati statistici e considerazioni economiche,* alla voce « Corrosione » della *Enciclopedia del Petrolio,* in corso di stampa.

i quali non è previsto né il tempo né il luogo della loro manifestazione.

Nel Congresso scientifico delle Nazioni Unite sulla conservazione ed utilizzazione delle risorse, tenuto a New York nel 1949, autorevoli specialisti hanno dato delle valutazioni orientative sul danno economico provocato dalla corrosione, risvegliando in tal modo l'attenzione degli uomini della tecnica e dell'industria. Questi hanno ben compreso come tutte le somme spese nella ricerca fondamentale relativa ai problemi di corrosione, nonché nello studio dei problemi particolari e nello sviluppo della tecnologia ad essi collegata, potevano considerarsi un ottimo investimento, in vista della riduzione dei danni che ne poteva conseguire.

Lo sviluppo degli studi — ad ogni livello — sui fenomeni di corrosione è stato grandissimo negli ultimi decenni e particolarmente nell'ultimo; la conoscenza approfondita dei problemi e dei processi di corrosione si è accompagnata ad una più diffusa convinzione della necessità di condurre la lotta alla corrosione organizzandola su basi scientifiche e realizzandola con l'opera degli specialisti. Questa convinzione esiste oggi presso molti grandi organismi industriali; in particolare le industrie petrolifere, petrolchimiche e chimiche sono quelle dove — come era prevedibile e naturale — si è rapidamente riconosciuta la necessità di studiare questi problemi e di adottare i mezzi di difesa che la scienza e la tecnica offrono sempre più numerosi ed efficienti. Anche l'ingegneria navale, dove i problemi di corrosione sono forse ancora più vivi che in altri settori, va oggi ampiamente attuando mezzi di prevenzione e di difesa che si sono dimostrati di grandissimo vantaggio; così pure altre branche della tecnica si vanno sempre più impadronendo dei concetti fondamentali della lotta contro la corrosione. I problemi della corrosione purtroppo sono ancora poco conosciuti in altri ambienti; come per esempio nel campo dei piccoli e medi costruttori, nella piccola e media industria, vale a dire in tutti quei casi in cui il danno economico prodotto dalla corrosione non è in generale di grande importanza, o non appare direttamente come tale. In moltissimi casi infatti i danni della corrosione non vengono attribuiti alla loro vera origine ma a causa diversa, ed inclusi nella ordinaria manutenzione. Per esempio, viene passivamente accettata la necessità di sostituzione periodica di parti di impianto o di macchine, ed è questo uno dei motivi per cui tutte le statistiche sulla corrosione denunciano una cifra complessiva di danni inferiore alla realtà.

In questi ultimi anni molti problemi di corrosione si sono presentati nel campo dell'ingegneria civile, e chi segue questo genere di studi sa che il problema, fino a pochi anni fa spesso ignorato e perfino negato, si rivela più imponente ed importante di quanto si potesse prevedere.

Fra le opere dell'ingegneria civile gli acquedotti sono particolarmente interessati dai fenomeni di corrosione. Infatti c'è anzitutto da distinguere la corrosione « interna » d'una canalizzazione idrica, da quella « esterna »; la prima deriva da una complessa serie di fenomeni determinati dalle caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua canalizzata e dalla natura del materiale che costituisce le tubazioni; la seconda si determina per i processi elettrochimici che possono manifestarsi fra il materiale che costituisce il tubo e l'ambiente (terreno in generale), nel quale i tubi stessi sono posati. Sebbene a rigore non sia da classificarsi come fenomeno di corrosione, dev'essere qui considerata anche l'aggressione chimica che può essere esercitata dai terreni e dalle acque sui materiali non metallici che costituiscono alcuni tipi di condotte.

Le canalizzazioni metalliche per acquedotti sono esposte non solo all'aggressione dell'ambiente con il quale sono a contatto, che determina una corrosione che potremo chiamare naturale, ma sono frequentemente sottoposte all'azione del campo elettrico determinato dalle rotaie di ferrovie o tranvie elettrificate a corrente continua, per il che si determina uno speciale fenomeno di corrosione denominata corrosione per correnti impresse, o anche elettrolitica o per correnti vaganti; fenomeno ben noto ai tecnici, che determina una rapida distruzione dei materiali metallici delle tubazioni e sensibili e ricorrenti inconvenienti di esercizio.

I progettisti e costruttori di acquedotti hanno man mano utilizzato i nuovi materiali di cui potevano disporre per la realizzazione di nuovi impianti. Al materiale tradizionale, alla ghisa, che per moltissimi anni aveva dominato incontrastata la fabbricazione dei tubi per acquedotti, si era venuto da tempo ad affiancare l'acciaio, che aveva fondato la sua concorrenza in base a proprietà meccaniche molto più favorevoli per affrontare condizioni di posa specialmente severe: per esempio in terreni poco stabili e franosi. Nel contempo, sia pure con maggiore lentezza, si andava sviluppando l'impiego di tubazioni in cemento armato, per le quali il collaudo del tempo, in alcuni esempi di importanti applicazioni, andava assumendo un peso sempre più significativo e, negli ultimi tempi, si era ampliata grandemente la possibilità di impiego di condotte in cemento armato, normale e precompresso; infine l'impiego

di condotte di materiali non metallici, o addirittura in materiale sintetico, si sviluppava rapidamente, ampliando sempre più i limiti delle varie applicazioni.

I diversi materiali possono presentare nei vari ambienti numerosi, svariati e complessi problemi di attacco o degradazione. E poiché si tratta in generale di strutture interrate, per le quali la posa costituisce una parte non trascurabile della spesa di impianto, appare subito evidente che il danno della corrosione ha un contenuto economico molto maggiore di quanto possa apparire a prima vista. Poiché le strutture sono interrate, è chiaro che la corrosione si conosce solo a danno avvenuto e non più riparabile; in parole povere, quando avviene una perforazione, la conseguente perdita di acqua si rende manifesta. A parte il fatto che una perdita di acqua può avere conseguenze pericolose per la stabilità di strutture vicine (se ve ne sono), è anche evidente che la ricerca del posto dove è avvenuto il danno, lo scavo della condotta, la sostituzione o la riparazione del tubo danneggiato e la ricostruzione della eventuale pavimentazione in superficie, rappresentano un danno economico molto maggiore del valore dei pochi grammi di metallo direttamente distrutti dalla corrosione.

La progettazione e la costruzione di acquedotti che la Cassa per il Mezzogiorno andava ad affrontare non aveva precedenti nella storia del nostro paese. Opere egregie ed importanti sono state senza dubbio realizzate in ogni tempo ed in ogni parte d'Italia, ma il problema che la Cassa per il Mezzogiorno doveva affrontare e risolvere era di costruire impianti di acquedotti in una misura senza precedenti, di realizzarli nelle località più diverse, negli ambienti più disparati ed in un tempo breve. La conservazione nel tempo di queste importanti opere, dalla realizzazione delle quali si attendono fondamentali risultati per il progresso economico e civile del Mezzogiorno, era evidentemente uno dei problemi che dovevano essere risolti; e si trattava prevalentemente di difesa dalla corrosione.

Nasceva quindi la necessità di affrontare il problema della lotta alla corrosione; e di affrontarlo in maniera sistematica, tenendo conto del fatto che oggi la tecnica offre metodi appropriati per la difesa passiva ed attiva contro la corrosione e che una efficace azione preventiva si può sviluppare in sede di progetto e di esecuzione delle opere. La necessità e l'urgenza della difesa dalla corrosione venivano messe in evidenza dal manifestarsi di alcuni danni, già dopo poco tempo dalla costruzione di alcuni impianti; naturalmente tali rapide manifesta-

zioni dei fenomeni di corrosione si sono avute laddove esistevano le condizioni più favorevoli al fenomeno stesso, in dipendenza soprattutto delle caratteristiche di ambiente (terreni molto aggressivi). D'altra parte la « Cassa » si preparava ad affrontare problemi di particolare complessità ed impegno; e ricorderemo come esempio la costruzione di grandi acquedotti, di cui alcuni in tubi di cemento armato precompresso, e la costruzione di canalizzazioni sottomarine; in questi casi la tecnica presentava problemi di corrosione di speciale importanza, sui quali si avevano solo poche, e non sempre sicure, indicazioni derivate dall'esperienza precedente. Anche queste esigenze concorrevano a suggerire la convenienza di impostare il problema della difesa dalla corrosione in maniera organica e completa.

La Cassa per il Mezzogiorno decise di creare un piccolo ma qualificato ufficio che centralizzasse gli studi ed i lavori relativi ai problemi di corrosione degli impianti di acquedotti. La realizzazione di questo ufficio denominato Centro Controllo Corrosioni, che per brevità ricorderemo come Centro Corrosioni, è stata attuata per gradi, secondo un programma regolato in base a due fondamentali considerazioni. La prima era quella che occorreva anzitutto istruire il personale da destinare alla lotta contro la corrosione; la seconda era quella di proporzionare la struttura del Centro Corrosioni alle reali esigenze che man mano si andassero manifestando.

Il primo lavoro fu appunto quello di istruire il personale; infatti i tecnici specializzati nella difesa dalla corrosione devono possedere non solo la conoscenza generale e teorica dei problemi di corrosione, ma anche la conoscenza delle tecniche e dei mezzi di misura per le indagini da eseguire sugli impianti e dei criteri fondamentali per la difesa passiva ed attiva dalla corrosione.

A questo punto è bene osservare che il problema da risolvere, nel caso della Cassa per il Mezzogiorno, non era del tutto uguale a quello affrontato da altri grandi organismi industriali, nazionali o stranieri, che avevano anche essi creata una organizzazione per la difesa dalla corrosione. Innanzi tutto, per la stessa natura giuridica della Cassa per il Mezzogiorno, il Centro Corrosioni deve mantenere rapporti, oltre che con gli uffici tecnici della « Cassa » medesima, anche con una molteplicità di enti appaltanti, concessionari, consorzi ed imprese; vale a dire che l'ambiente nel quale si deve operare è certamente più vasto e mutevole di quanto non si verifichi in altri casi. Inoltre, poiché si lavora su opere di ingegneria civile, la mentalità di tutti coloro che si incontrano è meno preparata ad accettare e riconoscere la necessità di con-

siderare come un elemento importante del progetto e della costruzione la difesa dalla corrosione.

Alla organizzazione creata dalla Cassa per il Mezzogiorno spetta pertanto anche il compito di fare un'opera quotidiana di divulgazione e di convincimento. Per raggiungere più facilmente lo scopo di diffondere i concetti essenziali della lotta alla corrosione, si è anche fatto un lavoro di volgarizzazione. Presso l'Istituto di Elettrochimica dell'Università di Napoli, si è tenuto nel 1956 un convegno di ingegneri della « Cassa » e di ditte appaltanti e sono stati illustrati i problemi della corrosione degli acquedotti; nel 1960 presso lo stesso istituto, e su iniziativa della Associazione Nazionale di Ingegneria Sanitaria, si è tenuto un corso più ampio sulla corrosione delle condotte di acqua, al quale sono intervenuti circa 130 ingegneri di ogni parte d'Italia. Tutta la opera di divulgazione si è dimostrata utilissima, ed i suoi frutti positivi si vanno rivelando sempre più con il passare del tempo; il che — a parere di chi scrive — costituisce una reale benemerenza della Cassa per il Mezzogiorno.

Il Centro Corrosioni della « Cassa » deve affrontare altre difficoltà particolari. Le organizzazioni di difesa dalla corrosione appartengono in generale ad una determinata industria con un problema da affrontare in genere ben definito, e tale che (anche nella molteplicità di aspetti che sempre si presentano quando si tratta di fenomeni di corrosione) può essere considerato come un solo problema. Valga per esempio il caso della industria telefonica, o della distribuzione della energia elettrica: si tratta sempre di cavi di piombo e la struttura da proteggere può essere considerata come appartenente ad un unico tipo. Nella industria petrolifera si ha invece una maggiore varietà dei casi, a seconda che si tratti di estrazione, raffinazione o trasporto del petrolio; ma anche in questo caso si tratta sempre di strutture metalliche, ed i vari settori dell'industria sono abbastanza distinti fra di loro. Nel caso degli impianti di acquedotti invece la situazione è ben diversa. Anzitutto c'è una maggiore varietà di materiali; non solo impianti diversi sono costruiti con materiali diversi, ma è frequente il caso che lo stesso impianto sia costituito da tronchi successivi con tubazioni di materiale differente.

In conclusione, sia per l'ambiente nel quale si doveva operare che per la natura dei problemi da affrontare, il lavoro del Centro Corrosioni si presentava particolarmente impegnativo.

La organizzazione realizzata dalla Cassa per il Mezzogiorno ha come unità operativa la squadra. Ogni squadra è costituita da un

tecnico diplomato e da due operai elettricisti, i quali hanno anche la funzione di autisti durante gli spostamenti. Ogni perito ed ogni operaio vengono scelti con cura, e sottoposti ad un periodo di prova e di addestramento della durata di parecchi mesi; le qualità e le attitudini dimostrate nel periodo di prova determinano la scelta degli elementi che restano a far parte del Centro Corrosioni.

Una selezione iniziale accurata, fatta con spirito critico, è una assoluta condizione per il buon rendimento del lavoro futuro. Si tenga conto che le squadre operano lontano dal Centro, molto spesso in condizioni ambientali piuttosto difficili, sia per la difficoltà di accedere agli impianti che si sviluppano in zone montagnose ed impervie, sia per le condizioni climatiche. Bisogna educare gli uomini ad un lavoro fatto con assoluta scrupolosità perché sui dati che essi rilevano si dovranno poi eseguire tutte le valutazioni e i calcoli successivi. In particolare il diplomato, che è il capo della squadra, deve acquistare il più rapidamente possibile quella maturità ed esperienza necessaria a valutare i problemi che gli si possono presentare per decidere se chiedere l'intervento degli ingegneri del Centro o proseguire da solo nel lavoro; egli deve cioè non solo risolvere i piccoli problemi che gli si offrono ogni giorno, ma anche intuire le difficoltà di maggior rilievo.

Ogni squadra è dotata di un camioncino fornito di tutte le attrezzature necessarie ai rilievi sugli impianti. Senza entrare in particolari su questo punto, diremo che è necessario che le attrezzature rispondano, oltre che alle esigenze tecniche, anche alle altre due seguenti fondamentali necessità.

La attrezzatura deve essere *tale da rendere la squadra veramente autonoma*; la unità lavora in posti, come già si è detto, non sempre facilmente accessibili, sempre lontani da un centro di qualche importanza; bisogna quindi prevedere che anche una modesta necessità (per esempio rifornirsi di conduttori elettrici di un certo tipo) può essere soddisfatta solo a seguito di spostamenti notevoli i quali incidono fortemente sul costo della protezione.

L'attrezzatura deve essere *tale da rendere le misure quanto meno faticose è possibile*. Una lunga esperienza ci ha infatti dimostrato che i rilievi dello stato elettrico delle strutture interrate, presentano difficoltà e disagi: si deve operare sempre all'aperto, in ogni stagione dell'anno; le strutture sono accessibili in posti non sempre predestinati alle misure stesse; bisogna spesso fare lunghi tratti a piedi trasportando tutte le necessarie attrezzature di misura. Se a queste inevitabili difficoltà se ne aggiungono altre, il rilievo troppo faticoso viene di re-

gola evitato o viene fatto in condizioni di disagio e di prevenzione tali per cui i risultati possono più facilmente essere affetti da errori.

Le attrezzature delle varie squadre sono poi integrate da altre apparecchiature necessarie ai rilievi speciali: fra le quali ricordiamo gli strumenti registratori con molte portate voltmetriche ed amperometriche, apparecchi speciali per le correnti vaganti, nonché strumenti campioni che vengono normalmente impiegati solo in laboratorio per il controllo periodico degli apparecchi che vengono trasportati sugli impianti. Attualmente le squadre sono sei, mentre i tecnici sono in numero di otto, perché alcuni, a turno, sono sempre in ufficio, sia per il normale disbrigo delle pratiche, sia per il riepilogo dei dati e la preparazione dei rapporti e delle perizie per i lavori che andranno eseguiti.

A capo dell'ufficio è un ingegnere coadiuvato da un secondo ingegnere. Ad essi spetta il compito di dirigere tutto il lavoro esterno, di intervenire sia per il regolare e frequente controllo dei lavori, sia per l'esame e la soluzione dei casi più difficili.

Il Centro Corrosioni provvede anche alla installazione degli impianti di protezione catodica ed alla loro periodica sorveglianza. Di conseguenza si è dovuto man mano perfezionare l'organizzazione amministrativa del Centro Corrosioni il quale viene finanziato attraverso il lavoro che esegue: ciò crea un lavoro amministrativo non trascurabile, perché ogni intervento ha una sua particolare perizia, un suo preventivo di spesa, nonché il proprio consuntivo.

Il Centro Corrosioni ha iniziato a funzionare sul finire dell'anno 1956, con un solo ingegnere ed un solo operaio ed è gradualmente andato accrescendo la sua consistenza fino a raggiungere quella attuale. Si prevede di impiegare ancora un altro ingegnere.

Prima di riassumere brevemente il lavoro svolto ed i risultati conseguiti, è opportuno illustrare i criteri fondamentali che hanno ispirato il lavoro stesso.

È noto che la protezione dalla corrosione di strutture interrate può essere passiva, attiva o una combinazione delle due.

Si intende per protezione passiva quella che si può conseguire con un adatto rivestimento della superficie metallica da proteggere; per le condotte di acqua tali rivestimenti sono in generale costituiti da miscele a base di bitume o di catrame di adatte caratteristiche e realizzano una separazione del metallo dall'ambiente. Naturalmente è di fondamentale importanza che i rivestimenti siano continui, senza pori o difetti anche di piccolissime dimensioni e non siano danneggiati o co-

munque deteriorati dal trasporto o dalla posa in opera delle tubazioni. Soprattutto nella fase di costruzione dell'impianto l'attenzione dei tecnici deve essere diretta ad evitare qualsiasi danno ad un rivestimento che può essere ottimo allorché esce dalla fabbrica o dal cantiere, ed invece risultare mediocre o addirittura cattivo dopo la posa in opera.

Si intende per protezione attiva quella che si ottiene con l'impiego di una corrente elettrica che serve a polarizzare la condotta in modo da annullare la forza elettromotrice delle pile di corrosione. Questa protezione attiva si realizza in vari modi (corrente prodotta da appositi centralini raddrizzatori, anodi galvanici, drenaggi).

La tecnica di queste realizzazioni è molto più delicata di quanto possa apparire ad un esame superficiale. Per esempio la protezione attiva può dare luogo a fenomeni di interferenza elettrica fra varie strutture interrate che, per la loro reciproca posizione e per le loro caratteristiche, possono risentire l'una dell'azione del campo elettrico creato per proteggere l'altra. Ciò da luogo non solo a problemi tecnici quando si tratta di uno stesso impianto, ma anche a problemi di carattere legale, quando si tratta di impianti appartenenti ad enti diversi. Altro esempio è la protezione attiva di strutture in cemento armato precompresso che va realizzata con criteri prudenziali per evitare fenomeni secondari pericolosi.

Tenuto conto di quanto ora è stato molto brevemente accennato, abbiamo ritenuto di impostare la difesa dalla corrosione in base ai seguenti princìpi fondamentali.

Poiché la difesa attiva dalla corrosione si riconduce ad annullare il potenziale delle pile di corrosione, ci siamo imposti la regola che la protezione attiva dovesse sempre realizzarsi con l'impiego di correnti minime per ottenere la desiderata regolazione dei potenziali.

Questa norma ha parecchie importanti conseguenze. Essa richiede uno studio preliminare molto accurato di ogni singolo impianto e presuppone inoltre la realizzazione di una difesa passiva di ottima qualità. Si consegue però il vantaggio che la protezione attiva risulta più economica nella spesa di impianto e soprattutto in quella di esercizio. Tali risultati sono di particolare importanza perché gli enti cui saranno affidati gli acquedotti, non dispongono — in generale — di personale specializzato nella difesa dalla corrosione; e per il fatto che gli impianti di protezione non possono essere sottoposti a sorveglianza continua, essendo di modesta entità e situati spesso in località di difficile accesso. In definitiva noi abbiamo preferito spendere di più nello studio, e se necessario nella installazione, per ottenere la sicurezza che l'impianto

realizzato, per la sua semplicità e per la sua economicità di esercizio, offrisse le massime garanzie circa la sua efficacia nel tempo.

Altra norma fondamentale è la seguente.

Per eliminare il pericolo di interferenze e per assicurare la buona conservazione della protezione passiva, della quale la protezione attiva è da considerare una indispensabile integrazione, abbiamo seguito il criterio di limitare i potenziali negativi che si impongono alle canalizzazioni; in generale non si scende al di sotto di — 1,4 volt, solo in pochi casi, per particolari necessità, si sono di poco ecceduti i — 2 volt nel punto dell'alimentazione; la tensione di protezione è fissata a — 0,85 volt, essendo tutti questi valori riferiti all'elettrodo rame-solfato di rame saturo.

I risultati fino ad oggi conseguiti ci consentono di affermare che la strada scelta è quella buona e di mantenere tale impostazione fondamentale per la difesa dalla corrosione degli acquedotti costruiti dalla Cassa per il Mezzogiorno.

Per dare un'idea del lavoro fino ad oggi compiuto si è cercato di raggruppare in poche e semplici tabelle alcuni dati più essenziali. Si sono ripartiti gli impianti esaminati in tre gruppi, ognuno dei quali è illustrato da una tabella, secondo la classificazione riportata nel riassunto che segue.

Nella tabella 1 sono riportati gli acquedotti per i quali si sono completati i rilievi ed i progetti, con i seguenti risultati complessivi:

— con impianti di protezione già installati	km.	878,10
— con impianti di protezione in corso di installazione	»	821,00
— con impianti di protezione sperimentale	»	0,07
Totale	km.	1.699,17

Nella tabella 2 sono riportati, suddivisi per regione, tutti gli acquedotti sui quali si è lavorato, indicando separatamente gli acquedotti con impianti di protezione già in esercizio, in corso di esecuzione, in progetto; e poi ancora gli acquedotti sui quali si sono effettuati rilievi e misure, sia per raccogliere gli elementi necessari a stabilire l'opportunità o meno di una difesa attiva, sia per altri motivi.

Tenuto conto di questo secondo gruppo di acquedotti la lunghezza totale di tubazione comunque esaminata dal Centro Corrosioni arriva a 3.975 km.

Nelle tabelle da 3 a 10, infine, sono riportati in dettaglio i dati

della tabella 2, con la indicazione dei singoli acquedotti per ciascuna regione.

I numeri riportati nelle tabelle consentono alcune osservazioni.

Appare innanzitutto evidente che oggi si raccolgono i risultati di un lungo e graduale lavoro di preparazione ed organizzazione. Nel primo periodo della sua attività il Centro Corrosioni, con il poco personale disponibile, ha dovuto non solo provvedere alla sua organizzazione, ma affrontare i problemi più urgenti e più complessi. Man mano che l'organizzazione si completava e si istruiva il nuovo personale, il lavoro si è non solo esteso ma anche intensificato; così che oggi gli impianti di protezione in corso di montaggio pareggiano tutti quelli già installati in parecchi anni di precedente attività.

Bisogna anche rilevare che i dati delle tabelle si riferiscono alla fine dell'anno 1961; la maggior parte del lavoro di montaggio degli impianti di protezione catodica può avvenire solo nella buona stagione, tenuto conto della ubicazione e tracciato degli acquedotti.

TAB. 1 — *Acquedotti per i quali si sono completati i rilievi ed i progetti (al 31 dicembre 1961).*

Acquedotti	Numero di posti di protezione catodica		Numero anodi di magnesio	Lunghezza tubazione protetta km.	Giorni di squadra impiegati per km di tubazione	Giorni di squadra per regolazione verifica fino al 31 dic. 1961
	con corrente impressa	con anodi di magnesio				
Con impianti di protez. già installati:						
ABRUZZI						
Verde	3	—	—	137,7	0,67	15
Giardino Acciaio	3	—	—	50,2	0,77	10
Giardino c. a. p.	2	21	104	5,8	29,20	8
MOLISE						
Molisano destro	3	31	46	181,0	1,03	80
Molisano sinistro	2	15	27	111,0	1,03	90
Alto Molise	1	12	25	37,3	1,50	55
CAMPANIA						
Sottomarino Ischia e Procida	—	2	2	12,6	13,10	115
Alto Calore	1	—	—	47,6	1,06	20
Alta Valle Ufita	2	—	—	33,7	0,50	10
Cancello S. Giacomo c. a. p.	1	—	—	3,0	15,00	20
Campano - Sifoni Ac.	—	4	30	4,2	5,00	4
Elce	5	—	—	100,0	1,70	—
CALABRIA						
Lese	4	—	—	70,0	2,80	10
Tacina	2	—	—	40,0	3,00	5
Reggio Calabria	3	—	—	29,5	1,24	20
Monasterace	—	3	8	14,5	0,90	3
Totale A)	32	88	242	878,1	—	465

(segue tabella 1)

Con impianti di protezione in corso di installazione:						
ABRUZZI						
Verde	1	—	—	24,0	—	—
Giardino c. a. p.	1	—	—	1,2	—	—
LAZIO						
Aurunci	2	—	—	29,4	—	—
Val S. Pietro	2	—	—	32,9	—	—
Capofiume	3	—	—	70,4	—	—
MOLISE						
Molisano destro	2	—	—	63,6	—	—
Molisano sinistro	1	—	—	40,0	—	—
Iseretta	1	—	—	23,1	—	—
Campate e Forme	3	5	30	70,6	—	—
Macchiagodena frazioni	1	—	—	13,7	—	—
CAMPANIA						
Ausino	3	—	—	15,0	—	—
Cancello S. Giacomo c. a. p.	10	—	—	21,0	—	—
Penisola Sorrentina	5	2	6	28,4	—	—
Scampitella	—	1	2	2,7	—	—
Elce	5	3	17	65,9	—	—
CALABRIA						
Lese	4	82	330	160,0	—	—
Tacina	2	69	276	130,0	—	—
Reggio Calabria	1	-	—	29,1	—	—
Totale B)	47	162	661	821,0	—	—
Totale A) + B)	79	250	903	1699,1	—	465
Con impianti di protezione sperimentale:						
Cagliari (Flumendosa) c. a. p.	—	1	8	0,07	5	—

Si può quindi prevedere un sensibile aumento degli impianti completati durante la primavera e l'estate del 1962.

Altra considerazione essenziale per apprezzare il significato delle cifre riportate è che gli acquedotti, di cui il Centro Corrosioni si occupa, sono nella maggioranza in corso di costruzione. Ed è normale il caso di un acquedotto posato nella maggior parte della sua lunghezza, ma interrotto in più punti perché alcune opere (attraversamenti stradali o ferroviari, opere idrauliche di maggior rilievo) sono ancora in fase di costruzione. Bisogna quindi attendere la ultimazione dell'acquedotto, o di una certa parte, per eseguire gli impianti di difesa dalla corrosione e si seguono così man mano i lavori di costruzione. Per esempio sui due acquedotti molisani (destro e sinistro) sono stati realizzati i primi posti di protezione catodica fin dal 1956; su di essi il Centro

TAB. 2 — *Km. di tubazioni d'acciaio e c.a.p. esaminati dal Centro al 31 dicembre 1961.*

(riepilogo per regioni)

Acquedotto	Impianti			Rilievi			Totali
	installati	in corso	in progetto	preliminari su tubazioni: posate	preliminari su tubazioni: in fase di posa	vari	
Abruzzi	193,7	25,2	23,5	—	104,9	95,3	442,6
Lazio	—	132,7	110,6	30,0	85,3	7,0	365,6
Molise	329,3	211,0	—	—	—	—	540,3
Campania	201,1	133,0	115,0	116,8	47,6	—	613,5
Puglia e Lucania	—	—	—	155,1	123,3	155,0	433,4
Calabria	154,0	319,1	219,1	246,0	95,0	—	1033,2
Sicilia	—	—	51,5	17,1	147,6	171,7	387,9
Sardegna	—	—	56,9	—	63,0	38,6	158,5
Totale	878,1	821,0	576,6	565,0	666,7	467,6	3975,0

ABRUZZI

TAB. 3 — *Km. di tubazioni d'acciaio e c.a.p. esaminati dal Centro al 31 dicembre 1961.*

Verde	137,7	24,0	—	—	—	—	—
Giardino Acciaio	50,2	—	—	—	—	—	—
Giardino c. a. p.	5,8	1,2	—	—	—	10,9	—
Sinello N.		—	22,4	—	—	—	—
Tocco Casauria	—	—	1,1	—	—	—	—
Ferriera	—	—	—	—	20,0	—	—
Casoli S. Margherita	—	—	—	—	9,0	—	—
Quadri	—	—	—	—	8,3	—	—
Orfento	—	—	—	—	8,5	—	—
Avello	—	—	—	—	47,6	—	—
Villa S. Maria	—	—	—	—	4,2	—	—
Bugnara	—	—	—	—	7,3	—	—
Avello V.	—	—	—	—	—	23,7	—
Sinello V.	—	—	—	—	—	19,8	—
Tavo	—	—	—	—	—	40,9	—
Totale	193,7	25,2	23,5	—	104,9	95,3	442,6

LAZIO

TAB. 4 — *Km. di tubazioni d'acciaio e c.a.p. esaminati dal Centro al 31 dicembre 1961.*

Aurunci	—	29,4	80,0	—	—	—	—
Val S. Pietro	—	32,9	—	—	—	—	—
Capofiume	—	70,4	13,3	—	—	—	—
Terminillo	—	—	6,7	—	—	—	—
S. Felice Circeo	—	—	3,4	—	—	—	—
Leonessa	—	—	4,9	—	—	—	—
Filettino	—	—	2,3	—	—	—	—
Verrecchie	—	—	—	30,0	71,0	—	—
Pantanecce	—	—	—	—	14,3	—	—
Vico nel Lazio	—	—	—	—	—	7,0	—
Totale	—	132,7	110,6	30,0	85,3	7,0	365,6

MOLISE

TAB. 5 — *Km. di tubazioni d'acciaio e c.a.p. esaminati dal Centro al 31 dicembre 1961.*

Acquedotto	Impianti			Rilievi			Totali
	installati	in corso	in progetto	preliminari su tubazioni: posate	preliminari su tubazioni: in fase di posa	vari	
Molisano destro	181,0	63,6	—	—	—	—	—
Molisano sinistro	111,0	40,0	—	—	—	—	—
Alto Molise	37,3	—	—	—	—	—	—
Iseretta	—	23,1	—	—	—	—	—
Macchiagodena frazioni	—	13,7	—	—	—	—	—
Campate e Forme	—	70,6	—	—	—	—	—
Totale	329,3	211,0	—	—	—	—	540,3

CAMPANIA

TAB. 6 — *Km. di tubazioni d'acciaio e c.a.p. esaminati dal Centro al 31 dicembre 1961.*

Sottomarino	12,6	—	—	—	—	—	—
Alto Calore	47,6	—		—	—	—	—
Valle Ufita	33,7	—	—	—	—	—	—
Cancello S. Giacomo c. a.p.	3,0	21,0	—	—	—	—	—
Sifoni Campano	4,2	—	—	8,9	—	—	—
Elce	100,0	65,9	—	—	—	—	—
Penisola Sorrentina	—	28,4	—	—	—	—	—
Scampitella	—	2,7	—	—	—	—	—
Ausino	—	15,0	—	—	—	—	—
Piana Telesina	—	—	30,9	—	—	—	—
Maddaloni	—	—	12,9	—	—	—	—
Comuni occidentali	—	—	44,3	—	—	—	—
Media Valle del Volturno	—	—	26,9	—	47,6	—	—
Bussento	—	—	—	20,9	—	—	—
Roccamonfina	—	—	—	15,9	—	—	—
Rocchetta e Croce	—	—	—	4,4	—	—	—
Campano c. a. p.	—	—	—	66,7	—	—	—
Totale	201,1	133,0	115,0	116,8	47,6	—	613,5

PUGLIA-LUCANIA

TAB. 7 — *Km. di tubazioni d'acciaio e c.a.p. esaminati dal Centro al 31 dicembre 1961.*

Lauria	—	—	—	6,0	—	—	—
Viggiano	—	—	—	4,5	—	—	—
Basento	—	—	—	58,5	—	40,0	—
Agri	—	—	—	86,1	—	45,3	—
Caramola	—	—	—	—	17,3	—	—
Frida	—	—	—	—	50,0	—	—
Matera c. a. p.	—	—	—	—	11,0	—	—
Matera Acc.	—	—	—	—	9,0	—	—
Taccone	—	—	—	—	28,6	—	—
Rotonda	—	—	—	—	5,0	—	—
Maratea	—	—	—	—	2,4	—	—
Lolla S. Tecla	—	—	—	—	—	11,2	—
Alta Irpinia	—	—	—	—	—	52,5	—
Sifoni Ofanto c. a. p.	—	—	—	—	—	6,0	—
Totale	—	—	—	155,1	123,3	155,0	433,4

CALABRIA

TAB. 8 — *Km. di tubazioni d'acciaio e c.a.p. esaminati dal Centro al 31 dicembre 1961.*

Acquedotto	Impianti			Rilievi			Totali
	installati	in corso	in progetto	preliminari su tubazioni: posate	preliminari su tubazioni: in fase di posa	vari	
Lese	70,0	160,0	—	—	—	—	—
Tacina	40,0	130,0	—	—	—	—	—
Reggio Calabria	29,5	29,1	—	—	—	—	—
Monasterace	14,5	—	—	—	—	—	—
S. Eufemia 8°-9°-10° e 11°	—	—	25,0	—	—	—	—
Cosenza fr.	—	—	4,0	—	—	—	—
S. Lorenzo B.	—	—	4,8	—	—	—	—
Vaccarizzo A.	—	—	6,0	—	—	—	—
Eiano	—	—	85,4	—	—	—	—
Neto	—	—	54,0	—	—	—	—
Palmi e Uniti	—	—	3,8	—	—	—	—
Chiaravalle	—	—	13,9	—	—	—	—
Bianco e Uniti	—	—	4,0	—	—	—	—
Maiorizzini	—	—	18,2	—	—	—	—
S. Eufemia 2°-3°-4°-5°-6° e 7°	—	—	—	57,9	—	—	—
Fuscaldo	—	—	—	4,5	—	—	—
S. Fili	—	—	—	1,8	—	—	—
S. Nocaio	—	—	—	30,0	—	—	—
Pizzo e Uniti	—	—	—	38,0	—	—	—
Polistena	—	—	—	2,5	—	—	—
Calimera	—	—	—	10,0	—	—	—
Scilla	—	—	—	15,9	—	—	—
Novito	—	—	—	32,7	—	—	—
Macrocioli	—	—	—	36,1	—	—	—
Alessandria C.	—	—	—	6,1	—	—	—
Seminara	—	—	—	2,5	—	—	—
Catanzaro fr.	—	—	—	8,0	—	—	—
Verbicaro	—	—	—	—	25,7	—	—
Guardia P.	—	—	—	—	5,0	—	—
Bagnara	—	—	—	—	2,0	—	—
Gambarie	—	—	—	—	5,0	—	—
Caroniti	—	—	—	—	2,0	—	—
Tropea e Un.	—	—	—	—	40,0	—	—
S. Angelo di G.	—		—	—	1,8	—	—
Motta S. Giovanni	—	—	—	—	3,0	—	—
Reggio Cardeto	—	—	—	—	3,0	—	—
Mazzuccari	—	—	—	—	7,5	—	—
Totale	154,0	319,1	219,1	246,0	95,0	—	1.033,2

SICILIA

TAB. 9 — *Km. di tubazioni d'acciaio e c.a.p. esaminati dal Centro al 31 dicembre 1961.*

Acquedotto	Impianti			Rilievi			Totali
	installati	in corso	in progetto	preliminari su tubazioni: posate	preliminari su tubazioni: in fase di posa	vari	
Palermo (Scillato)	—	—	15,3	—	—	—	—
S. Cono	—	—	3,8	—	—	—	—
S. Margherita di C.	—	—	4,7	—	—	—	—
Pachino	—	—	26,3	—	—	—	—
Mazzaro del Vallo	—	—	1,4	—	—	—	—
Montescuro Ovest	—	—	—	—	—	75,7	—
Montescuro Est	—	—	—	11,7	—	—	—
Scalea	—	—	—	5,4	—	—	—
Madonie	—	—	—	—	58,3	—	—
S. Mauro Castelverde	—	—	—	—	12,6	—	—
Villarosa	—	—	—	—	5,5	—	—
Alcantara	—	—	—	—	15,7	—	—
Vittoria Gela	—	—	—	—	12,3	—	—
Piraino	—	—	—	—	1,7	—	—
S. Marco	—	—	—	—	5,1	—	—
Casale	—	—	—	—	21,0	—	—
Cesarò S. Teodoro	—	—	—	—	15,4	—	—
Voltano	—	—	—	—	—	96,0	—
Totale	—	—	51,5	17,1	147,6	171,7	387,6

SARDEGNA

TAB. 10 — *Km. di tubazioni d'acciaio e c.a.p. esaminati dal Centro al 31 dicembre 1961.*

Bidighinzu	—	—	37,1	—	—	—	—
S. Teresa	—	—	1,1	—	—	—	—
Macomer	—	—	7,5	—	—	—	—
Milis	—	—	0,6	—	—	—	—
Narbolia	—	—	0,8	—	—	—	—
Limbara	—	—	9,8	—	—	—	—
Olbia	—	—	—	—	3,5	—	—
Samugheo	—	—	—	—	13,7	—	—
Cossoine	—	—	—	—	5,5	—	—
Giave	—	—	—	—	4,9	—	—
Ussassai	—	—	—	—	1,6	—	—
Perdasdefogu	—	—	—	—	26,7	—	—
Villaverde	—	—	—	—	7,1	—	—
Cagliari	—	—	—	—	—	38,6	—
Totale	—	—	56,9	—	63,0	38,6	158,5

Corrosioni ancora oggi esegue nuovi impianti man mano che gli acquedotti vengono completati ed estesi.

Gli impianti sperimentali (Tabella 1), dei quali si è fatto cenno solo per memoria (attualmente si tratta infatti di soli 70 metri di impianto sperimentale installato in Sardegna), sono naturalmente in continua evoluzione; noi chiamiamo impianti sperimentali quelli che si fanno per confermare (nei casi più complessi e più delicati) le previsioni dedotte dai rilievi preliminari e dai calcoli; essi hanno solo vita temporanea. La voce però ha il suo significato, poiché tali impianti vanno sorvegliati con continuità e richiedono controlli ed attenzione speciale.

Non crediamo necessario alcun commento per i dati delle tabelle 2 e 3; ricorderemo solo che la colonna dei rilievi « vari » si riferisce ad indagini eseguite su richiesta; si tratta per lo più di acquedotti già posati che per qualche motivo (vicinanza, collegamenti od interferenze) interessano i nuovi lavori eseguiti dalla « Cassa ».

La tabella 1 consente ancora qualche osservazione: la penultima colonna riporta l'impegno del personale per ogni singolo impianto espresso in giornate di lavoro di squadra per ogni km. della tubazione che si considera. I valori sono estremamente variabili; per esempio molto impegno vi è stato per la costruzione dell'acquedotto sottomarino, per il quale il Centro Corrosioni ha presenziato a tutte le operazioni di varo delle condotte sottomarine ed ha controllato l'integrità dello speciale rivestimento dei tubi fino al momento della immersione; il risultato ottenuto è stato particolarmente favorevole, ma evidentemente ha richiesto l'impiego di 13 giornate di squadra per km. di tubazione. Lo stesso si dica per la protezione delle condotte in cemento armato precompresso; per questo tipo di tubazioni la protezione attiva è già anche prevista e predisposta per oltre 100 km. di canalizzazioni dell'acquedotto campano; essa è stata fino ad ora attuata su alcuni tratti dell'acquedotto del Giardino, per canalizzazioni dotate di solo rivestimento cementizio, in conseguenza dei primi cenni di attacco delle spirali di precompressione; ed ancora in una particolare tratta dell'acquedotto campano in conseguenza della presenza di un forte campo elettrico ferroviario.

La presenza di correnti vaganti rende spesso necessarie indagini lunghe e complesse. Infatti la estrema variabilità del campo elettrico ferroviario richiede di effettuare la registrazione nel tempo delle varie grandezze, con maggiore impegno di mezzi e di uomini, sia per i rilievi che per lo studio. Anche in questo caso il numero di giornate di squadra per km. di condotta diventa più elevato, specie se poi si tratta di con-

dotte in cemento armato precompresso; la protezione attiva in generale è molto più semplice per le tubazioni in acciaio. Un esempio tipico è l'acquedotto del Giardino per il quale alle condotte di acciaio competono 0,77 giornate di squadra per km. di tubazione protetta, contro ben 29,2 giornate per km. di tubazioni in cemento armato precompresso. In questo ultimo dato però si comprendono i rilievi preliminari, la posa di un cavo elettrico parallelo alla tubazione e collegato agli estremi di ogni singolo tubo e la posa in opera dei numerosi posti di protezione catodica, quasi tutti con anodi di magnesio.

Si è operato già su 3.975 km. di tubazioni di ogni tipo, affrontando i problemi più vari e complessi: dalla esistenza di correnti vaganti (sull'acquedotto campano interferiscono ben cinque diversi impianti di trazione elettrica) allo studio della protezione delle condotte in cemento armato precompresso, rivestite e non rivestite; si sono realizzati complessivamente 324 posti di protezione catodica. Ogni impianto è preceduto da una relazione sui rilievi e da una sul progetto; di tutti i dati sperimentali è tenuto un ordinato archivio. Inoltre, in relazione ad interferenze (soprattutto passive, ossia prodotte da altri impianti su quelli della « Cassa ») si sono avuti e sviluppati contatti con altri enti ispirandosi ad un criterio di sana collaborazione tecnica.

I risultati ottenuti si possono considerare del tutto positivi; i primi allarmi per corrosioni sugli impianti non si sono più ripetuti dopo l'intervento del Centro Corrosioni. Esempio tipico è l'acquedotto molisano, che aveva segnalato casi di corrosione poco tempo dopo la posa e sul quale, da che si è attuata la protezione attiva, non si è segnalato più alcun inconveniente. Lo stesso dicasi per tutti gli altri impianti segnalati in questa relazione.

Il lavoro è lungi dall'essere finito, sia perché gli impianti da studiare crescono con il tempo, sia perché con l'aumento degli impianti di protezione cresce anche il lavoro per l'esercizio di questi. L'ultima colonna della tabella 1 mostra come questo impegno sia già di un certo rilievo; tale lavoro di controllo cresce con la stessa rapidità con cui aumentano gli impianti installati, poiché una periodica sorveglianza è necessaria non solo per controllare la efficienza della difesa attiva, quanto per evitare che le piccole modifiche agli impianti rendano inefficiente la protezione installata; come può accadere se si deriva una tubazione metallica nuda da una adduttrice in tubi metallici rivestiti e protetti catodicamente.

In conclusione si può affermare che la Cassa per il Mezzogiorno ha creato, per prima in Italia — nel campo della costruzione ed esercizio degli acquedotti — una organizzazione specializzata per la difesa dalla corrosione.

Per mezzo dell'opera di questa organizzazione si sono rapidamente arrestati i fenomeni di corrosione iniziati e si sono evitati dei danni che sarebbe facile calcolare in cifre molto superiori a quelle spese per la difesa; soprattutto si è evitato un rapido degradare di molte delle opere che più particolarmente erano esposte ai fenomeni di corrosione.

Prima di chiudere però vorremmo rilevare che la partita attiva più importante nel bilancio del Centro Corrosioni non può essere tradotta in numeri e messa in evidenza; la esistenza di un centro che segue tutti i problemi di corrosione degli acquedotti e la diffusione sempre più capillare della conoscenza dei pericoli che possono derivare dai fenomeni di corrosione, in una con la esperienza che in tanti casi è stata direttamente fatta sia dalle imprese che dagli enti concessionari, ha condotto ad una esecuzione degli impianti attenta ed accurata anche per quanto riguarda i problemi della corrosione.

Quest'opera preventiva è di incalcolabile valore; ed è da considerare il risultato più importante, anche se meno appariscente, del lavoro del Centro Corrosioni della Cassa per il Mezzogiorno.

Dr. Ing. Luigi Baj

capo dell'ufficio acquedotti del lazio s.a.f.

GLI ACQUEDOTTI DEL SISTEMA LAZIALE

PREMESSA

Per il Lazio l'intervento della « Cassa » è limitato al territorio delle province di Frosinone e Latina e ad una parte della provincia di Roma (zona ricadente nel comprensorio della bonifica di Latina) e di Rieti (ex-circondario di Cittaducale) per una superficie di circa kmq. 7.100 con 150 comuni e 850.000 abitanti sul totale di circa kmq. 17.200 con 371 comuni e 3.400.000 abitanti costituenti la regione; interessa un ambiente non omogeneo, costituito come è, nella parte più settentrionale, da una zona prettamente montana mentre nella parte più meridionale dominano solo in parte alcuni rilievi montagnosi, intercalati peraltro dalle ampie vallate del Liri e del Sacco, attesa l'esistenza della vasta superficie della piana pontina, fino all'appendice di Fondi.

In questa parte meridionale alcune notevoli manifestazioni sorgentizie affiorano ad alta quota lungo i rilievi degli Appennini; altre a quota di poco superiore al livello marino affiorano lungo la linea pedemontana, al contatto tra il rilievo dei Lepini e la piana pontina; nella parte settentrionale, e cioè in quella del Reatino, le risorse sono invece generalmente incostanti, con portate notevoli d'inverno e irrisorie nel periodo autunnale e impongono quindi il ricorso a sistemi misti di alimentazione, a gravità e a sollevamento.

Questa difformità di ambiente ha ovviamente creato diverse condizioni ed esigenze di vita per cui si passa da zone di più marcata depressione, quali quelle del Reatino e del Frusinate, ad altre di più alte esigenze come ad esempio nella zona di più recente sviluppo turistico e industriale della piana pontina e in genere lungo il litorale; condizioni ed esigenze che sono andate via via modificandosi, con particolare accentuazione in questi ultimi anni, e che quindi hanno consentito il crearsi, in breve volgere di tempo, di notevoli centri là dove fino a qualche anno addietro non sussistevano agglomerati o vi avevano

sede in forma solo embrionale e che sovente non venivano citati nei censimenti fatti fino al 1951: questa trasformazione, che si rileva con maggior evidenza nella piana pontina e lungo la fascia litorale, ove hanno avuto peso determinante condizioni di carattere turistico e industriale, è avvenuta anche in alcune zone più interne della pronvicia di Frosinone per il costante spostamento verso quote meno elevate — in genere nei pressi delle grandi strade di comunicazione — di molti agglomerati già appollaiati sui sistemi collinari e montagnosi; unica eccezione fatta, fino ad oggi, per la zona del Reatino, stante diverse caratteristiche di accentramento, nella campagna, della popolazione dei diversi comuni.

L'intervento nel Lazio della « Cassa » si è quindi esplicato attraverso successive fasi di sviluppo e di espansione, anche per adeguarsi, gradualmente, a questa parziale trasformazione delle caratteristiche di alcune delle zone sottoposte alla propria influenza [1].

[1] Vedi Atlante, sezione II: *Acquedotti*, Tav. 2.

I

SITUAZIONE PREESISTENTE ALL'INTERVENTO DELLA « CASSA »

1. - Sullo stato di efficienza dei principali acquedotti in esercizio e sullo stato di alimentazione dei vari comuni

Esclusa la zona del Reatino, esistevano alcuni acquedotti che, per l'importanza dei comuni alimentati e per l'estensione dell'area di servizio, si distaccavano nettamente dai rimanenti e davano quindi affidamento di una sufficiente manutenzione da parte dei comuni o degli enti presumibilmente interessati al loro ottimo esercizio.

Nella provincia di Frosinone, in particolare, risultavano costruiti e funzionanti i sei acquedotti consorziali di Capofiume, Interamna, Acqua Nera, Val Canneto, Capodacqua e di Arce-Rocca d'Arce:

— il primo, destinato ad alimentare un imprecisato numero di comuni della zona per i fabbisogni presumibili all'anno 1968 e con una portata da derivare a gravità, ma non conosciuta e costituito a suo tempo tra i comuni di Alatri e Ferentino — ai quali si aggiunsero poi altri tre comuni tra cui Frosinone — risultava dal 1933 in servizio dei soli capoluoghi dei primi due comuni (che avevano diritto, ciascuno, ad una portata di 30 l./sec.) sulla base di lavori condotti alle sorgenti e lungo l'asta principale nel periodo 1926-34 per reperire e convogliare una portata dell'ordine di 110 l./sec.; la preoccupante diminuzione della portata fornita dalle sorgenti negli anni immediatamente precedenti l'intervento della « Cassa » — durante i quali il totale di acqua captata era disceso notevolmente, anche molto al di sotto del valore di 60 l./sec. destinato ai soli due comuni già alimentati — aveva indotto il consorzio ad intraprendere, nel 1948-50, ulteriori lavori di indagine e di ricerca lungo il materasso alluvionale del torrente nel cui alveo confluivano gran parte delle acque del campo sorgentizio di Capofiume; all'atto dell'intervento della « Cassa », l'acquedotto appariva privo di qualsiasi

manutenzione, e presentava quindi l'aspetto di un'opera a suo tempo ben costruita, poi abbandonata alla incuria e forse anche agli abusi di qualche fontaniere;

— il secondo, completato solo in parte prima della guerra e quindi in esercizio per i capoluoghi dei cinque comuni di S. Apollinare, S. Ambrogio, Pignataro, S. Giorgio e Cervaro con una portata dell'ordine di 10 l./sec. derivata a gravità dalle sorgenti Oliveto Oscuro, aveva subìto gravi danni nel periodo bellico durante il quale era anche andato distrutto il torrino partitore a pelo libero di Colle Cedro, al termine del primo tronco consorziale, nonché i partitori di S. Ambrogio e Pignataro; dopo la guerra, a seguito di alcuni lavori di più urgente sistemazione del Genio Civile — durante i quali non furono ripristinati i partitori di S. Ambrogio e Pignataro, né il torrino a pelo libero di Colle Cedro, limitandosi per quest'ultimo a disporre allacciamenti in carico delle diramazioni al primo tronco di asta consorziale — aveva ripreso a funzionare, seppure in modo precario; era previsto un intervento dell'ERICAS (Ente Ricostruzione Cassinate) per la totale sistemazione e ripristino dell'acquedotto stesso;

— il terzo, parzialmente interessato all'area di servizio, nel Frusinate, del grande acquedotto Simbrivio — di cui sarà detto — ma di importanza molto più limitata, era costituito dall'acquedotto Acqua Nera, a servizio da oltre quaranta anni dei capoluoghi di Fiuggi, Acuto, Jenne, Torre Cajetani e Trivigliano e alimentato a gravità con acque delle sorgenti omonime con una portata dell'ordine di 15 l./sec.; si presentava in buono stato di conservazione, salvo le opere d'arte (briglie e pozzetti) e salvo il tronco terminale da Fiuggi ai due comuni di Trivigliano e Torre Cajetani;

— il quarto, dal 1898 a servizio dei capoluoghi di Alvito, Gallinaro, S. Donato e Settefrati nonché di un altro centro abitato di Alvito, era alimentato a gravità con acque delle sorgenti Madonna di Canneto con una portata dell'ordine di 13 l./sec.; le opere di presa non offrivano le necessarie garanzie dal lato igienico, mentre le condotte apparivano ancora in buone condizioni salvo alcune opere d'arte; la portata era insufficiente a soddisfare i fabbisogni dei quattro comuni;

— il quinto, a servizio da circa quaranta anni dei capoluoghi di Aquino e Pontecorvo, era alimentato a gravità con acque delle sorgenti Capodacqua di Aquino, con una portata dell'ordine di 16 l./sec.; le opere di presa non apparivano sufficientemente protette dal lato igienico mentre quelle di adduzione, seppure in buone condizioni, abbisognavano di alcuni interventi parziali di sistemazione e di presidio;

— il sesto ed ultimo, costruito e funzionante dal 1938, era a servizio dei due capoluoghi di Arce e Rocca d'Arce nonché di altri due centri abitati del primo comune, ed utilizzava a gravità acque di sorgenti locali per una portata di magra di circa 3 l./sec.; la portata era nettamente insufficiente a soddisfare i fabbisogni dei due abitati mentre lo stato delle opere appariva in buone condizioni solo per il primo tronco consorziale dell'acquedotto stesso.

Nella provincia di Latina esistevano solo tre acquedotti a servizio di più comuni e cioè:

— *acquedotto per i capoluoghi di Maenza e Priverno,* alimentato a gravità con acque delle sorgenti Le Mole, captate mediante cunicolo in galleria sotto monte Gemma e con portata di magra di circa 3 l./sec. di cui 1 per Maenza e 2 per Priverno; l'acquedotto, costruito nel 1876 quando Maenza era frazione di Priverno, era in buone condizioni fino a Maenza ma in pessime condizioni nel tronco successivo fino a Priverno;

— *acquedotto per i capoluoghi di Castelforte e SS. Cosma e Damiano,* costruito nel 1939 quando SS. Cosma e Damiano era frazione di Castelforte; alimentato con acque delle sorgenti Forma del Duca che si manifestano in territorio di R. d'Evandro (provincia di Caserta), l'acquedotto appariva in buone condizioni ma l'entità della portata di magra era nettamente insufficiente per i fabbisogni dei due abitati;

— *acquedotto consorziale della Fota,* per i capoluoghi di Norma e Cori, alimentato a gravità con acque della sorgente omonima e per la portata di magra di circa 3 l./sec.; in funzione dal 1870, l'acquedotto era integrativo per ambedue gli abitati che dal 1930 circa disponevano di altri acquedotti (Cori fa parte del Simbrivio, mentre Norma solleva le acque dalla sorgente Ninfa); alle sorgenti le opere di presa apparivano incomplete e non protette igienicamente; le opere di valle, costituite da lunghe condotte in tubi di ghisa, apparivano in stato di dissesto.

Nella zona della provincia di Roma sottoposta ad intervento della « Cassa » esisteva invece un solo acquedotto consorziale e cioè quello a servizio dei capoluoghi di Anzio e Nettuno (e del « centro » Falasche di Anzio) alimentato a gravità con acque estratte dai pozzi di Carano in zona Campomorto di Aprilia, con portata distribuita ai due comuni pari a circa 80 l./sec., convogliata mediante acquedotto in tubi di cemento armato, lungo circa km. 20; la costruzione dell'opera era stata iniziata nel 1935 ma era stata portata a termine solo dopo la costituzione della Cassa per il Mezzogiorno; la portata convogliata appariva sufficiente a soddisfare i fabbisogni di quell'epoca degli abitati serviti; vi erano però fondati dubbi circa una sussistenza di tale sufficienza

per gli anni successivi, stante il prevedibile notevole sviluppo dei consumi in tutta quella zona balneare, notevolmente accorsata dai romani nel periodo estivo.

Per le province di Frosinone, Latina e Roma esisteva poi, *unico esempio nella zona*, un consorzio interprovinciale di acquedotto, costruito e funzionante fin dal 1934, detto del *Simbrivio*, a servizio di 22 comuni, dei quali 7 in provincia di Frosinone, 1 di Latina, e 1 di Roma (ricadente nel comprensorio di bonifica di Latina) e quindi 9 comuni in zona di intervento della « Cassa »; era alimentato a gravità dalle sorgenti omonime con portata pari a circa 130 l./sec.; utente di tale acquedotto e parziale concessionaria alle sorgenti per la portata residua di circa 20 l./sec. fino ad arrivare al totale di concessione di 150 l./sec., era anche la Società Italiana Condotte d'Acqua che a suo tempo aveva costruito l'opera stessa *maggiorandone a sue spese i diametri* onde poter convogliare una portata superiore al valore di concessione, fino a quella dell'ordine di 180 l./sec.

L'opera si presentava in buono stato di conservazione salvo alcuni tronchi ove si avevano dubbi sulla stabilità di terreni e si verificavano notevoli pressioni di esercizio; era sufficientemente assicurata la manutenzione e la sorveglianza di tutti gli impianti; appariva solo deficiente la portata erogata in magra dalle sorgenti — che si riduceva normalmente a circa 100 l./sec. — nonché insufficienti ai fabbisogni dei singoli comuni le portate a suo tempo assegnate nell'ambito del totale dei 130 l./sec. sopra accennati.

Infine, esistevano numerosi acquedotti a servizio di un solo centro, anche di notevole importanza, come ad esempio quelli per Cassino, Ceccano, Sora e Veroli in provincia di Frosinone, per Fondi, Formia, Gaeta, Minturno, Itri, Latina, Sezze e Terracina in provincia di Latina, e altri a servizio di centri minori, tutti in genere in condizioni di deficiente manutenzione e convoglianti in magra portate insufficienti rispetto ai fabbisogni, con particolare riferimento a quelli che richiedevano sollevamenti all'origine come Ceccano, Fondi, Formia, Minturno, Itri, Sezze e Terracina.

In definitiva, solo alcuni comuni del Frusinate, e in particolare alcuni delle zone più interne, disponevano di acque in quantità anche notevole, pur se addotte con opere rudimentali e igienicamente deficienti; dei rimanenti comuni, tutti insufficientemente alimentati, alcuni mancavano addirittura di qualsiasi alimentazione nel periodo estivo-autunnale; in parte analoga si presentava la situazione per i comuni delle province di Latina e Roma mentre per il Reatino era da notare l'esi-

stenza di numerosi acquedotti — ognuno a servizio dei pochi abitanti di ogni singolo centro abitato — le cui fonti di alimentazione, nel periodo di magra si essiccavano; nei periodi di morbida, poi, l'acquedotto costituiva un perenne pericolo per la salute pubblica causa le condizioni in cui erano tenute le opere di presa e di adduzione.

È stato pertanto necessario classificare i vari centri abitati — dopo ultimata l'assunzione *in loco* dei dati, con la necessaria gradualità, dai tecnici della « Cassa » stessa — distinguendoli in tre diverse categorie e cioè quelli che disponevano di opere in grado di assicurare una sufficiente alimentazione al 1951, e che quindi non avevano urgenza di un intervento della « Cassa »; quelli che abbisognavano di un intervento integrativo ed infine quelli che richiedevano un intervento pressoché totale in quanto disponevano di opere neanche in grado di assicurare una dotazione di almeno 10 litri per giorno e per abitante. I risultati sono condensati nella seguente tabella 1.

2. - Sui progetti esistenti

Per la zona del Reatino non esistevano né studi né tanto meno progetti di normalizzazione idrica, parziale o totale, interessanti comunque i comuni inseriti nella zona di influenza della « Cassa ». La stessa situazione si verificava per la zona della provincia di Roma; mentre per le province di Frosinone e Latina essa poteva riassumersi nel modo seguente.

Frosinone:

— progetto esecutivo trasmesso alla « Cassa » dal Comune di Frosinone per la costruzione della diramazione dell'acquedotto Capofiume a servizio di quel capoluogo;

— progetto di massima del nuovo complesso di acquedotti Val S. Pietro Canneto, del presunto importo di 1.192 milioni di lire che, derivando a gravità l'acqua dei due separati gruppi di sorgenti di Val S. Pietro e di Madonna di Canneto, con portate di 49 e 100 l./sec. rispettivamente, avrebbe dovuto alimentare un complesso di 18 comuni della provincia di Frosinone e cioè Alvito, Gallinaro, Settefrati, S. Donato, Fontechiari, Sora, Vicalvi, Posta, Brocco, Campoli, Pescosolido, Arce, Rocca d'Arce, Santopadre, Casalvieri, Casalattico, Arpino, Isola Liri, con popolazione futura al 1985 calcolata pari a circa 150.000 mila abitanti.

Frosinone e Latina:

— progetto di massima del nuovo acquedotto degli Aurunci a servizio di 29 comuni (24 di Frosinone e 5 di Latina), alimentato a gravità — salvo alcuni sollevamenti particolari durante il percorso — con una portata di 125 l./sec. di cui 65 dalle sorgenti Madonna di Canneto e 60 dal gruppo Mainarde, per una popolazione di circa 130.000 abitanti calcolati all'anno 2000; era previsto che alla esecuzione di gran parte delle opere si sarebbe fatto fronte con finanziamenti ERICAS, (Ente Ricostruzione Cassinate) in quanto molti dei comuni serviti rientravano nella zona della battaglia di Cassino.

TAB. 1 — *Classificazione dei comuni secondo la necessità d' intervento.*

Provincie	Comuni	Centri	Abitanti	
			Parziali n.	Totali n.
	a) Comuni per i quali non si manifestava necessario l'intervento della « Cassa ».			
Frosinone . .	2	3	10.608	
Latina . . .	—	—	—	
Rieti	1	1	604	
Roma . . .	—	—	—	
Totale	3	4		11.212
	b) Comuni che richiedevano un intervento integrativo della « Cassa ».			
Frosinone . .	42	82	283.018	
Latina . . .	19	56	208 996	
Rieti	5	33	24.334	
Roma . . .	8	13	42.907	
Totale	74	184		559.255
	c) Comuni che richiedevano un intervento totale della « Cassa ».			
Frosinone . .	47	90	174.968	
Latina . . .	14	23	74.703	
Rieti	11	114	34.784	
Roma . . .	1	5	6.005	
Totale	73	232		290.460
Complesso	150	420		860.927

N. B. Rispetto ai dati del censimento 1951 il numero dei comuni è aumentato da 90 a 91 per la provincia di Frosinone (in questo frattempo è divenuta comune l'ex-frazione Posta di Vicalvi) e da 16 a 17 per la zona di Rieti sottoposta alla competenza della « Cassa » (l'ex-frazione Borgo Velino è stata riconosciuta comune).

3. - Sulle risorse idriche disponibili

Per la parte più meridionale del Lazio, interessata dalle province di Frosinone, Latina e Roma, esistevano dati già rilevati dal Servizio Idrografico, pur se deficienti perché non era stato fatto luogo ad una misura sistematica delle esistenti risorse idriche di natura sorgentizia; per alcune fonti meno importanti si avevano a disposizione solo poche misure di portata, sovente non effettuate in periodo di magra. Nessun elemento si aveva invece a disposizione circa l'entità, le caratteristiche e la consistenza delle eventuali acque di falde sotterranee della piana pontina. Mancava infine qualsiasi precedente censimento di sorgenti, anche da parte del Servizio Idrografico, per la parte più settentrionale interessata dalla zona del Reatino.

Sulle caratteristiche chimiche e batteriologiche delle acque esistenti — in parte già utilizzate con gli acquedotti in esercizio — si disponeva di notizie molto sommarie e frammentarie stante l'impossibilità in genere di reperire, presso i vari enti preposti all'esercizio degli acquedotti, i risultati delle analisi su campioni d'acqua prelevati sistematicamente in fase di gestione; d'altronde, sui risultati ottenuti, e che rivelavano giudizi generalmente sfavorevoli, si avevano fondati dubbi circa le cause che avevano determinato il giudizio stesso in quanto, probabilmente, erano da ricercare nello stato delle opere di captazione e di eduzione più che nella effettiva qualità delle acque alla loro scaturigine.

II

INTERVENTO DELLA « CASSA »

1. - Previsioni del piano decennale

Nel programma di acquedotti che la « Cassa » doveva finanziare per il Lazio, secondo il piano decennale, erano previsti:

	milioni di lire
a) *gruppo Capofiume e minori*	
— completamento acquedotto Capofiume	950
— acquedotto per Filettino	58
— acquedotto per Veroli	140
b) *gruppo Val San Pietro*	
— costruzione acquedotto Val San Pietro	1.192
c) *gruppo Aurunci e minori*	
— costruzione acquedotto Aurunci	2.650
— costruzione acquedotti Capodacqua e per Fondi, Itri e Sperlonga	350
d) *gruppo Reatino (finanziamento turistico)*	
— acquedotto del Terminillo	320
Totale	5.660

2. - Intervento immediato

Stante l'urgenza di iniziare i lavori, per non ritardare ulteriormente il beneficio dell'acqua alle popolazioni, è stato immediatamente effettuato l'esame di istruttoria dell'unico progetto già presentato in forma esecutiva — che interessava in definitiva la continuazione di una opera in parte già realizzata — e cioè la diramazione dell'acquedotto Capofiume, da Montepizzuto a Frosinone; è stato così possibile iniziare i lavori, a cura diretta della « Cassa », stante le condizioni tecniche e amministrative in cui versava il Consorzio omonimo, nell'aprile 1951 con particolare riferimento — previi studi ed accertamenti geologici — a quelli

di indagine e captazione delle sorgenti per definire la entità totale della portata di magra di tutto il campo sorgentizio Capofiume; durante l'esecuzione delle opere appaltate è stato poi necessario, per le ragioni precisate in seguito, apportare alle opere stesse variazioni e modifiche onde adeguarle alle previsioni più generali del piano di normalizzazione successivamente studiato dalla « Cassa »; basta comunque ricordare che questa è stata la *prima opera realizzata dalla « Cassa » in tutto il Mezzogiorno* avendo consentito di erogare le nuove acque Capofiume a Frosinone fin dal *maggio 1952*.

3. - Accertamenti e studi successivi

A) *Primo periodo del piano di normalizzazione (1950-1952).*

Nessuno studio organico, in materia di acquedotti, poteva ragionevolmente essere avviato, all'epoca, per le zone della piana pontina (e provincia di Roma) e del Reatino perché mancavano, per esse, gli elementi fondamentali di riferimento e cioè qualsiasi indicazione sulla dislocazione, consistenza e caratteristiche delle acque, di falde sotterranee e di manifestazioni sorgentizie e superficiali; per quelle zone è stato quindi predisposto quanto necessario per acquisire gli elementi stessi — accertamenti e studi geologici e geofisici, censimento delle esistenti manifestazioni d'acqua (sorgenti, pozzi, acque fluenti di laghi e di fiumi) e loro caratteristiche chimiche e batteriologiche — anche perché questa necessaria battuta di arresto preliminare ben si adeguava alle esigenze della piana pontina che, uscita allora da un burrascoso periodo della sua breve esistenza, stava lentamente avviandosi ad uno sviluppo difficilmente prevedibile nel campo agricolo, industriale e turistico.

Poteva invece essere affrontato il problema di risoluzione dell'approvvigionamento idrico per le rimanenti zone di Frosinone e Latina, basandosi sui dati, seppure incompleti, del Servizio Idrografico ed escludendo qualsiasi conveniente ricorso ad acque di falde sotterranee e superficiali stante la disponibilità, anche a quota elevata, di notevoli risorse sorgentizie; in tale studio sono stati tenuti presenti alcuni concetti fondamentali che si ritiene utile richiamare qui di seguito:

— considerare non solo i fabbisogni dei capoluoghi — come fino ad allora praticato — ma quelli degli altri agglomerati (centri abitati, nuclei e case sparse), per ragioni ovvie di carattere generale e perché

si andava accentuando l'importanza di alcuni centri precedentemente ignorati e quindi l'alimentazione del comune andava studiata con i necessari coefficienti di elasticità per sopperire, in futuro, alle non prevedibili variazioni di distribuzione della popolazione (ivi compresa quella fluttuante, in casi particolari);

— limitare l'intervento della « Cassa » per acquedotti urbani ai soli abitati riconosciuti (o riconoscibili) come *centri* secondo la definizione che ne dà l'Istituto Centrale di Statistica, stante il contenuto dell'art. 5 della legge 10 agosto 1950 n. 646 istitutiva della « Cassa » stessa;

— riferirsi, fino dove possibile, alle previsioni già formulate dal Ministero dei LL.PP. per il piano regolatore degli acquedotti del Lazio, che prevedeva, tra l'altro, integrazioni di portate per i fabbisogni calcolati fino al 1985 e valori limitati delle dotazioni;

— adottare dotazioni diverse per popolazioni accentrate e sparse e per le prime valori variabili a seconda dell'importanza dei vari centri (Tabella 2);

— assumere coefficienti di calcolo futuro di popolazione riferendosi ai risultati dei precedenti censimenti, nonché a fattori di carattere locale che potevano influenzare più o meno sensibilmente tali coefficienti per i periodi futuri e quindi, in genere, coefficienti variabili, così come risulta dalla tabella 3;

— accertare, in maggiore dettaglio, la spesa necessaria per sistemare gli acquedotti esistenti, che si prevedeva di continuare ad utilizzare.

È stato schematizzato, per questa zona del basso Lazio, un primo piano di normalizzazione idrica — costituito da un insieme di progetti di massima — approvato entro il 1952, che prevedeva per una parte studi ed interventi diretti della « Cassa » mentre per la parte rimanente (acquedotto Aurunci e minori) limitava l'intervento della « Cassa » stessa alla sola fase preliminare di studi e di accertamenti lasciando al consorzio la successiva fase di esecuzione delle opere.

Il suddetto piano può pertanto essere riassunto nel modo seguente.

a) *Zona di opere in esecuzione diretta (Cassa per il Mezzogiorno).*

— *Acquedotto Capofiume.* Il servizio dell'acquedotto Capofiume era limitato a 13 comuni del Frusinate, con popolazione complessiva, al 1985, di 160.000 abitanti, con portata totale di 146 l./sec. (oltre quella di esistenti acquedotti locali da mantenere in esercizio).

— *Acquedotti locali per Filettino e Veroli.* Per definire gli schemi relativi dovevano attendersi i risultati dei lavori di indagine alle sorgenti, iniziati dalla « Cassa » nel 1952.

— *Complesso acquedotti Val S. Pietro e Val Canneto.* Esclusi i comuni di S. Donato, Settefrati e Gallinaro (già serviti dall'esistente acquedotto Val Canneto) era prevista la costruzione di un acquedotto indipendente alimentato dalle sole sorgenti Val San Pietro, a servizio di 8 comuni e per una portata di calcolo (1985) di 62 l./sec. di cui 44 da reperire alle sorgenti accennate e i rimanenti 18 dall'esistente acquedotto di Sora; era previsto di rifornire i rimanenti 7 comuni, previa l'aggiunta di altri 4, con un nuovo acquedotto in derivazione da quello degli Aurunci, per i fabbisogni al 1985 e quindi per una portata di 67 l./sec. (l'esistente acquedotto di Arce e Rocca d'Arce era limitato all'alimentazione di un centro di Rocca d'Arce).

b) *Zona di opere in concessione (Consorzio Aurunci).*

— *Acquedotto degli Aurunci.* Venivano inseriti altri 7 comuni tra cui uno di Campobasso, previa la captazione di un'altra sorgente (Forestelle) per una portata totale di 230 l./sec. ivi compresi i 67 l./sec. del nuovo ramo Canneto; veniva utilizzato per quanto possibile l'esistente acquedotto Capodacqua di Aquino e limitato il servizio di quello delle Mole al solo Comune di Maenza.

Veniva definito lo schema dell'acquedotto per Minturno e Gaeta dalle sorgenti Capodacqua, con derivazione a gravità per Gaeta e i centri di Scauri e Marina di Minturno e a sollevamento per i rimanenti centri di quest'ultimo Comune, con portata totale di circa 80 l./sec.

Per definire gli schemi relativi all'alimentazione di Fondi e Sperlonga nonché dei comuni dell'acquedotto Interamna, dovevano attendersi i risultati di studi e accertamenti, già predisposti; solo per Itri era da mantenere l'alimentazione dalle sorgenti Vetere previa, però, esecuzione di accurati accertamenti e di lavori di sistemazione e ripristino, causa le deficienze sempre osservate lungo l'acquedotto in esercizio, nonostante più recenti interventi effettuati dal Genio Civile e dallo stesso consorzio.

B) *Secondo periodo del piano di normalizzazione (1953-1955).*

Veniva estesa la pianificazione a *tutte* le zone sottoposte ad intervento della « Cassa », limitandosi ad un *affinamento* delle previsioni di intervento per le due zone di cui al primo periodo e dando inizio alla soluzione dei problemi di alimentazione nelle rimanenti zone (piana pontina, provincia di Roma e Reatino), nel frattempo essendo stati condotti innanzi anche preliminari studi geologici nella piana pontina e nel Reatino, nonché il censimento delle risorse sorgentizie nella provincia di Rieti ed i cui risultati davano anche modo di definire, in breve tempo, e a cura diretta della « Cassa », la situazione di alimentazione idrica di due complessi turistici, con caratteristiche del tutto particolari — S. Felice Circeo nella prima e Terminillo nella seconda zona — pressati come erano dalla necessità di assicurare la propria alimentazione idrica; i risultati di tali preliminari studi e accertamenti, avevano infatti dimostrato che le manifestazioni sorgentizie locali di S. Felice erano indipendenti dalla grande circolazione idrica sotterranea della piana pontina e che la notevole quota del centro del Terminillo (m. 1.700 circa) escludeva qualsiasi collegamento con studi di normalizzazione idrica della rimanente zona del Reatino (quota media di m. 700). Per S. Felice Circeo è stata quindi data la precedenza allo scavo del pozzo di alimentazione che è stato poi tenuto sotto eduzione per un intero anno idrologico prima di iniziare i lavori dell'acquedotto (quest'ultimo, ultimato, è in esercizio dal 1957).

Anche l'acquedotto del Terminillo è ultimato e durante il corso dei lavori si son dovuti risolvere problemi di particolare delicatezza, tra cui la costruzione di un cunicolo in galleria con pendenza media di circa il 60% lungo oltre 400 metri e confluente in altri due bracci di gallerie orizzontali, con attacco praticamente dall'unico imbocco di valle.

Questo secondo periodo di normalizzazione [1] ha condotto per la prima volta la « Cassa » a valicare — in sede di studio — i limiti del territorio assegnato ai suoi interventi e quindi ad operare in tutta quella parte della provincia di Roma, che, pur non ricadendo nella zona di influenza della « Cassa », doveva necessariamente essere esaminata in unico complesso organico, per ragioni di intimo collegamento e di par-

[1] Con tale periodo è stata sovvertita e superata, ovviamente, ogni previsione di piano decennale, previa una notevolissima maggiorazione dell'entità dei finanziamenti disponibili.

ziale compenetrazione geografica delle tre province del basso Lazio; è nato così il nuovo sistema di acquedotti Simbrivio-Castelli basato sul criterio fondamentale di utilizzare al massimo possibile gli acquedotti esistenti e, per la parte rimanente, di costruire un nuovo acquedotto da alimentare a gravità per la gran parte dell'anno con acque della stessa zona del Simbrivio e quindi comprendente 68 comuni delle tre province — con portata totale dell'ordine di 850 l./sec. e per una popolazione futura (compresa la fluttuante) pari a circa 700.000 abitanti — dei quali 20 comuni ricadenti nella zona di competenza della « Cassa » (11 del Frusinate, 3 di Latina e 6 di Roma) per una corrispondente portata di 250 l./sec. e per una popolazione di 200.000 abitanti circa.

I concetti fondamentali tenuti a base in questo secondo periodo si sono ovviamente riportati a quelli già accennati per il primo periodo, salvo un loro maggiore adeguamento per l'osservato evolversi, in alcune zone, delle condizioni locali, ragione per cui sono stati maggiorati alcuni valori delle dotazioni e dei coefficienti di calcolo della popolazione futura (particolarmente per i castelli romani, stante la vicinanza alla capitale e il carattere sempre più marcato che vanno assumendo di zona residenziale della capitale stessa), distaccandosi quindi, nettamente, dalle corrispondenti previsioni dell'accennato piano regolatore degli acquedotti del Lazio anche per quanto interessava il periodo di calcolo delle opere che veniva definitivamente esteso all'anno 2000.

Questo studio di affinamento della zona del basso Lazio ha peraltro dovuto tener conto, per definire le principali caratteristiche di costruzione delle opere (materiali delle tubazioni, tracciati delle condotte, ecc.), dei risultati di esami ed accertamenti più particolari nel frattempo condotti sulle qualità delle acque da convogliare e dei terreni da attraversare, secondo quanto di seguito esposto:

— le acque previste di derivare per il rifornimento degli acquedotti del Lazio non presentano, in genere, caratteristiche chimiche tali da richiedere una preventiva correzione all'origine, o altri presìdi nella costruzione delle condotte, avendo esse, in genere, origine dal bacino sotterraneo di alimentazione del complesso appenninico; la loro temperatura oscilla tra i 5 e i 15 gradi;

— i terreni sono generalmente tormentati e di non facile accesso, salvo le zone vallive del Sacco e del Liri e della piana pontina e di Fondi; non presentano caratteri di particolare aggressività trattandosi in genere di terreni asciutti e rocciosi e, se sciolti, con limitata presenza di argilla; sono generalmente stabili, salvo zone particolari ove — non essendosi dimostrato conveniente o comunque consigliabile introdurre

notevoli varianti di tracciato — sono stati predisposti adeguati accorgimenti in fase di costruzione;

— le pressioni in gioco sono, in genere, continuamente molto variabili, da valori limitati fino anche a 50 atmosfere e oltre, causa appunto la tormentata morfologia dei terreni.

In sede successiva di lavori, poi, la definitiva acquisizione delle caratteristiche dei terreni ha talvolta imposto di introdurre variazioni ai materiali già prescelti di tubazione e ai tracciati già definiti di condotta, nonostante tutti gli accennati preventivi accorgimenti adottati in sede progettuale. Al termine di questo secondo periodo la situazione poteva essere riassunta nel modo che segue.

a) *Zona di opere in esecuzione diretta (Cassa per il Mezzogiorno).*

— *Complesso di acquedotti Capofiume, Val S. Pietro e minori*: affinato lo schema dell'acquedotto Capofiume, che veniva altresì esteso a numerosi centri dei comuni di Frosinone e Alatri, oltre il capoluogo, nonché ad altri 2 comuni del Frusinate; maggiorate le portate per alcuni degli originari 13 comuni sulla base dei risultati di successivi accertamenti condotti sulla consistenza delle opere esistenti, quella totale dell'acquedotto — calcolato, come detto, per i fabbisogni al 1985 — è risultata in definitiva pari a 182 l./sec.; definito lo schema dell'acquedotto di Veroli che veniva esteso anche al vicino comune di Castelliri (escluso quindi dall'acquedotto Aurunci) e convenientemente collegato, idraulicamente, con l'acquedotto Capofiume per utilizzarne, come vettore, un tronco parziale; definito lo schema dell'acquedotto Capo Rio, per il quale, peraltro, prima di passare alla progettazione esecutiva, era necessario effettuare approfonditi accertamenti sullo stato delle opere esistenti; nelle more, costruire le necessarie opere di compenso (serbatoi) per i capoluoghi di Collepardo e Vico; esteso l'acquedotto Val S. Pietro, entro l'ambito dei comuni già serviti, per alimentare abitati che nel frattempo avevano assunto le caratteristiche di « centri »; definiti i lavori di ripristino e di sistemazione per l'esistente acquedotto di Itri; iniziati i lavori di costruzione per l'acquedotto locale di Strangolagalli e ultimati e messi in esercizio gli acquedotti di Filettino e di Civita.

— *Acquedotti della piana pontina*: ultimati i preliminari studi geologici e geofisici che avevano consentito di stralciare dal problema generale quello del rifornimento particolare di S. Felice Circeo, la « Cassa » aveva successivamente dato incarico, ad apposita commissione,

di accertare la disponibilità idrica delle portate sotterranee della piana stessa, per sopperire alla necessità dell'approvvigionamento d'acqua per scopi potabili ma, anche e soprattutto, per quelli irrigui e industriali. La commissione stessa, avvalendosi dei risultati di prospezioni geofisiche condotte nel periodo 1952-53 nella stessa zona a cura della Terni e della Pontina Metano, aveva distinto la piana in due comprensori; quello più occidentale del comprensorio di bonifica (Agro romano), comprendente tra l'altro i centri di Anzio, Nettuno, Aprilia, Pomezia ed Ardea e quello più orientale ove ricadono i rimanenti comuni di Latina, Sabaudia, Pontinia e S. Felice nonché gran parte del tenimento comunale di Terracina (escluso il capoluogo e alcuni centri a quota elevata).

— *Acquedotti del Reatino e zone adiacenti*: ultimato il censimento delle sorgenti e, sulla base dei primi risultati sommari sulle rilevate entità di portata di magra nonché sullo stato di grave deficienza delle preesistenti opere di alimentazione idrica, veniva condotto uno studio di preliminare impostazione del problema di alimentazione di tutta la zona che l'esistenza di grossi complessi montagnosi (Terminillo, Giano e Nuria) e di pericolose forre (gole del Velino) suddividevano naturalmente in tre parti (bacino dell'alto corso del Velino a nord, del medio Velino al centro e bacino del Salto o zona del Cicolano a sud), anche idraulicamente indipendenti, da alimentare ciascuna con gruppi di sorgenti ubicati in genere a quote elevate; in questa fase era stato spinto lo studio anche al di là del limite regionale e cioè ad una zona dell'Abruzzo, nei dintorni di Tagliacozzo, stante la accertata inesistenza di notevoli risorse idriche nella parte più meridionale (Cicolano).

Era stato così possibile, da un lato, risolvere l'accennato problema del Terminillo e dall'altro individuare quegli affioramenti sorgentizi che per quota di manifestazione e per entità di portata costituivano ormai la base di ogni ulteriore riferimento per studi di schemi di acquedotti; veniva quindi predisposto l'immediato inizio di lavori di indagine e di ricerca a detti affioramenti, previa l'effettuazione degli occorrenti accertamenti geologici e prospezioni geofisiche di dettaglio.

b) *Zona di opere in concessione (Consorzio Aurunci).*

— *Acquedotto Aurunci*: definito lo schema dell'acquedotto che risultava esteso a 48 comuni della provincia di Campobasso, Frosinone e Latina (oltre ad una integrazione di portata per due centri di due comuni dell'acquedotto Interamna e previa sostituzione di Castelliri

con Ceprano e conseguente aumento di portata di 3 l./sec.) sulla base delle risultanze dei lavori già ultimati alle sorgenti del gruppo Mainarde e Forestelle; ancora in corso erano invece quelli di captazione delle sorgenti Madonna di Canneto per ragioni tecniche ed amministrative, stante la complessità e la particolare natura degli accertamenti geologici — in variante e ad integrazione delle previsioni originarie — che i risultati dei precedenti lavori avevano suggerito di effettuare preliminarmente per captare quelle acque nella loro naturale manifestazione, previa l'esecuzione di idonei lavori di protezione che consentissero di isolarle dalle adiacenti acque superficiali del fosso Canneto mediante la costruzione di apposito diaframma in calcestruzzo al di sotto del materasso alluvionale del fosso stesso e stante altresì l'esaurirsi, nel frattempo, di qualsiasi ulteriore intervento, nei conseguenti maggiori finanziamenti, da parte dell'ERICAS.

Lungo il rimanente dell'acquedotto, a valle delle sorgenti, le opere erano parte in progettazione e parte in corso di esecuzione (di queste ultime, pressoché ultimate quelle appaltate dall'ERICAS e quelle finanziate dalla « Cassa » per il primo tronco dell'asta principale mentre quelle rimanenti, appena iniziate, venivano ormai tutte finanziate dalla « Cassa » che, mano a mano, aveva dovuto assumere a suo carico anche quella quota-parte di spesa originariamente posta a carico dello stesso ERICAS).

— *Acquedotti minori. Capodacqua di Minturno*: esteso lo schema dell'acquedotto con conseguente aumento della portata a circa 95 l./sec., mentre il servizio dell'acquedotto Forma del Duca veniva limitato a due « centri » locali. I lavori per l'acquedotto di Scauri e Marina di Minturno erano pressoché ultimati mentre quelli per Gaeta avevano necessariamente subìto rallentamenti, stante le notevoli difficoltà fatte presenti dalle amministrazioni ferroviaria e stradale.

Alle sorgenti Capodacqua erano in corso studi e accertamenti geologici, data la riconosciuta necessità di migliorare, particolarmente dal lato igienico, le condizioni dell'esistente opera di captazione evitando anche qualsiasi travenamento delle acque esterne superficiali, ed eventuali perdite verso l'esterno, mediante l'isolamento della rifolta, previa costruzione di un diaframma in calcestruzzo appoggiato alle esistenti pareti della rifolta stessa e ancorato al sottostante strato impermeabile, escludendo altresì quelle acque che denunciavano una comunicazione più diretta con acque superficiali.

— *Interamna*: definito lo schema dell'acquedotto che veniva esteso,

rispetto all'esistente, ad altri tre comuni, tra cui R. d'Evandro (Caserta), con portata totale di 34 l./sec., erano in corso di definizione le questioni interessanti il finanziamento delle opere causa l'accennato esaurirsi, nel frattempo, dei fondi ERICAS.

— *Fondi-Sperlonga*: gli studi geologici e gli accertamenti in corso alle sorgenti non avevano ancora consentito di definire lo schema dell'acquedotto tanto più che tutta la zona della piana di Fondi andava subendo profonde modifiche di struttura e di ambiente con la costruzione della nuova strada litoranea Terracina-Gaeta; era quindi necessario adeguare, anche notevolmente, le necessità idriche dei due comuni e, in particolare, quelle di Sperlonga che, dopo decenni di abbandono e di isolamento, si accingeva a far fronte ad uno sviluppo soprattutto turistico di non prevedibile entità causa la notevolissima estensione del proprio litorale, dalla piana di Fondi al confine con Gaeta; nel contempo dovevano necessariamente essere estese le suesposte considerazioni ai due vicini comuni di Monte S. Biagio e di Terracina, anch'essi gravitanti nella piana di Fondi e per i quali era stata, nel frattempo, riconosciuta la necessità di un intervento per integrare le rispettive disponibilità idriche.

c) *Zona di opere del complesso Simbrivio-Castelli.*

Veniva definito, come detto, lo schema di tutto questo complesso di acquedotti costituito in parte da opere esistenti previamente sistemate — acquedotto Doganella con 5 comuni, tutti fuori della zona di competenza della « Cassa »; Simbrivio con 19 comuni di cui 7 entro la zona di competenza della « Cassa »; Acqua Nera con 4 comuni di cui 2 entro la zona di competenza della « Cassa » [2] e altri minori — e per il rimanente dal nuovo acquedotto omonimo a servizio di 39 comuni delle province di Frosinone, Latina e Roma per una portata di 405 l./sec. dei quali 10 comuni ricadenti nella zona di competenza della « Cassa » per una portata di circa 100 l./sec. [3].

Questo sistema di acquedotti serviva quindi tutta la zona compresa tra le aree di servizio dei complessi di Capofiume, Aurunci e piana pontina e completava il ciclo di alimentazione di tutto il basso Lazio

[2] Comuni, peraltro, già in parte alimentati con l'esistente acquedotto del Simbrivio.

[3] Altri tre comuni della zona erano previsti di normalizzare con il nuovo acquedotto Caporelle, indipendentemente dal complesso Simbrivio-Castelli.

(veniva temporaneamente solo esclusa una zona, interessata dai 4 comuni di Sezze, Sermoneta, Bassiano e Norma, in parte ricadente nella stessa piana pontina e per il rimanente ubicata lungo le falde dei monti Lepini, a quote variabili da 10 a circa 600 m.l.m.).

C) *Terzo periodo del piano di normalizzazione (1956-1961).*

Per la gran parte del basso Lazio, l'intervento interessava ormai l'esecuzione di opere già progettate e il completamento di altre già in esecuzione nelle quali, comunque, venivano introdotte tutte quelle rettifiche, integrazioni ed estensioni dettate da ulteriori affinamenti dei risultati di lavori di indagine o di misure di portata alle sorgenti, e di studi ed accertamenti geologici, fermo restando il concetto di adeguare, ove possibile, gli schemi ai maggiori consumi — estesi ad un periodo futuro paragonabile per tutte le opere — nonché di alimentare abitati che nel frattempo avevano di fatto assunto caratteristiche di « centri ». Contemporaneamente venivano condotti notevoli interventi di sistemazione di opere esistenti, con particolare riferimento agli acquedotti Capofiume e Interamna; in tal modo venivano completate e messe via via in esercizio provvisorio, anche parziale, le opere principali degli acquedotti Capofiume, Caporelle, Val S. Pietro, Aurunci e Capodacqua, oltre numerose opere di acquedotti a carattere locale.

Per la parte rimanente del basso Lazio venivano gradualmente completati studi geologici, ricerche e indagini alle sorgenti e lungo opere esistenti, che si erano prolungati per molti anni anche per la necessità di colmare alcune lacune fra acquedotti contermini; con particolare riferimento, quindi, all'acquedotto Interamna e a quello dei comuni della piana di Fondi.

Per il primo, confermata la necessità di intervenire *totalmente* con finanziamenti della « Cassa » e completati gli accertamenti lungo le esistenti opere del vecchio acquedotto, venivano sostituite nuove condotte a quelle vecchie non più convenientemente utilizzabili. Per il secondo, veniva riconosciuta la necessità di risolvere indipendentemente il problema di Terracina — integrando l'esistente acquedotto, da sistemare nelle condotte e negli impianti, con acque delle stesse sorgenti da cui oggi si alimenta — da quello degli altri comuni per i quali, al contrario, era da prevedere la costruzione di un nuovo acquedotto alimentato con acque previamente sollevate all'origine, con unico impianto ma per valori diversi di prevalenza, per una portata totale di circa 55 l./sec.

utilizzando altresì in parte le esistenti opere del Comune di Itri per la captazione e per il sollevamento delle acque.

Al termine di questo terzo periodo, quindi, il piano di normalizzazione idrica del basso Lazio era completato ed erano altresì ultimati o in corso numerosi lavori; tra i pochi ancora da iniziare erano quelli di completamento dell'acquedotto di Veroli e Castelliri, approvati dalla « Cassa » fin dal 1956 [4].

Per la piana pontina e per il Reatino l'intervento della « Cassa » aveva invece interessato la fase più significativa del piano di normalizzazione, arrivando a definire nelle sue linee generali — salvo alcune zone — gli schemi degli acquedotti e dei complessi di acquedotti da costruire per l'approvvigionamento idrico dei vari comuni, avviando altresì, seppure parzialmente, la esecuzione dei lavori, così come viene precisato qui di seguito.

— *Acquedotti della piana pontina.* Per la piana pontina, la commissione di studio aveva completato la prima parte del compito ad essa affidato e cioè le indagini, le ricerche e gli accertamenti — per la cui conferma erano stati anche perforati numerosi pozzi a diverse profondità, eseguite prolungate prove di eduzione nei diversi periodi dell'anno e particolarmente in magra, e prelevati campioni d'acqua sottoposti poi ad analisi — in tutta la zona più occidentale (agro romano), concludendo positivamente sulla possibilità di reperire, in zone particolari del comprensorio, notevoli quantitativi d'acqua sotterranea, il cui impiego ad uso potabile doveva comunque essere subordinato a più accurati accertamenti.

Sulla base di questi risultati erano stati, poi, definiti gli schemi di acquedotti per la stessa zona più occidentale dell'agro romano dando quindi la precedenza, nella successiva fase esecutiva, all'escavo dei pozzi destinati ad alimentare gli acquedotti stessi, la cui disposizione — in due rispettive zone — è stata anche dettata dalla necessità di adeguarne il funzionamento alle future variabili esigenze di quelle zone per le quali sono stati adottati valori di dotazione e coefficienti di incremento di popolazione notevolmente superiori a quelli delle altre parti del Lazio.

[4] Non era stato possibile procedere all'appalto dei lavori per la successiva opposizione manifestata dallo stesso Comune di Veroli e allo schema del nuovo acquedotto, già approvato dal Consiglio Superiore dei LL.PP., e alla previsione di destinare le acque delle sorgenti Capodacqua — per le quali la « Cassa » aveva avanzato a suo tempo regolare domanda di concessione agli organi competenti — anche al Comune di Castelliri: lo stesso Comune di Veroli aveva anche occupato il cantiere delle sorgenti quando la « Cassa » aveva ancora in corso di completamento dei lavori di captazione.

Il completamento del piano di normalizzazione per tutta la piana sarà risolto in un tempo non lontano, dato che la commissione ha ultimati gli studi e le ricerche nella zona orientale verso la fine del primo semestre 1961.

— *Acquedotti del Reatino e zone adiacenti.* I risultati dei lavori di indagine — in gran parte ultimati — ai più consistenti gruppi di sorgenti nonché dei definitivi accertamenti sullo stato delle esistenti opere di alimentazione, avevano condotto a valicare per la seconda volta, sempre in sede di studio e per ragioni analoghe a quelle accennate per il complesso Simbrivio-Castelli, i limiti del territorio di intervento della « Cassa » e cioè quelli dell'ex-circondario di Cittaducale, da una parte entro la stessa provincia di Rieti e dall'altra verso quella di Roma; il limite della regione laziale verso altre zone sottoposte ad intervento della « Cassa », è stato anch'esso nuovamente valicato — oltre che per la zona meridionale di Tagliacozzo — per quella più settentrionale fino ad interessare un'altra fetta dell'Abruzzo. In definitiva, lo studio del Lazio arrivava ad interessare, oltre i 17 comuni ricadenti nell'ex-circondario di Cittaducale, altri 15 comuni delle province di Roma, Rieti e L'Aquila, per la cui normalizzazione idrica — esclusa una zona parzialmente interessata dai comuni di Cantalice e di Rieti per la quale, essendo in corso osservazioni alle sorgenti, deve essere ancora definito lo schema degli acquedotti — era da far luogo alla costruzione di tre complessi di acquedotti, parte alimentati a gravità e parte a sollevamento, per una portata totale dell'ordine di 200 l./sec.; di cui 100 interessanti la zona più meridionale dell'acquedotto Verrecchie e 80 quella più settentrionale del bacino dell'alto Velino, adottando coefficienti medi di incremento futuro di popolazione pari al 30% di quella del 1951 [5].

I concetti fondamentali tenuti a base di questo terzo periodo si sono mantenuti aderenti a quelli accennati in precedenza, salvo l'ulteriore maggiore adeguamento di alcuni valori delle dotazioni e dei coefficienti di calcolo di popolazione futura per le zone e i centri di maggiore sviluppo turistico e industriale della piana pontina (nelle tabelle 2 e 3 sono riassunti i rispettivi valori, distintamente per province e per acquedotti); nel particolare, poi, si è dovuto tener conto dei pro-

[5] Queste zone hanno in media denunciato, negli ultimi 50 anni, una diminuzione del numero di abitanti; la « Cassa » ha, ciononostante, mantenuto le accennate più larghe previsioni (in parte non condivise dallo stesso Consiglio Superiore dei LL.PP.) augurandosi che l'ingente sforzo dello Stato riesca non solo a frenare l'accennato decremento di quelle popolazioni, ma altresì ad avviarlo ad un notevole sviluppo sia interno sia con il movimento turistico già iniziato.

blemi connessi con una maggiore instabilità dei terreni nella zona interessata dagli acquedotti del Reatino per la presenza, più o meno notevole, di rocce ad alto contenuto argilloso.

TAB. 2 — *Dotazioni giornaliere per abitante classificate secondo l'ampiezza dei centri.*

Regioni - Provincie	Centri abitati con popolazione compresa tra			
	1.000 + 5.000 ab. l/ab/g.	5.000 + 10.000 ab. l/ab/g.	10.000 + 20.000 ab. l/ab/g.	20.000 + 50.000 ab. l/ab/g.
Lazio :				
Frosinone . . .	60 + 100	100 + 120	100 + 150 (capoluogo)	—
Latina . . .	70 + 100	100 + 120	120 + 150 (capoluogo)	120 + 200
Rieti	60 + 100	—	—	—
Roma . . .	70 + 100	80 + 120	100 + 120	—
Abruzzi :				
L'Aquila . . .	60 + 100	70 + 120	—	—

TAB. 3 — *Coefficienti di calcolo della popolazione futura (valori percentuali di aumento rispetto al 1951).*

Regioni - Provincie	Acquedotti				
	Complesso Capofiume Val S. Pietro e minori	Complesso Aurunci e minori	Complesso Simbrivio Castelli	Acquedotti piana Pontina	Acquedotti del Reatino e zone adiacenti
Lazio :					
Frosinone . . .	40	50	40	—	—
Latina . . .	—	50	80	170	—
Roma	—	—	40 + 100	100 + 150	
Rieti	—	—	—	—	30 + 50
Abruzzi :					
L'Aquila . . .	—	—	—	—	30

Al termine di questo terzo periodo poteva la situazione essere riassunta sul modo seguente [6].

[6] Oltre la risoluzione del problema dell'approvvigionamento idrico per le due isole di Ventotene e Ponza (Latina) mediante potabilizzazione delle acque di mare — l'acquedotto di Ventotene, che utilizza acque di mare, è da tempo in esercizio a cura della « Cassa » stessa — e con ricorso ad acque di sorgenti e del continente (di esso viene fatto più dettagliato cenno in altra parte della relazione).

a) *Zona di opere in esecuzione diretta della Cassa per il Mezzogiorno.*

— *Complesso di acquedotti Capofiume, Val S. Pietro e minori* [7]: ultimate le opere principali ed in esercizio provvisorio gli acquedotti Capofiume, Caporelle, Val S. Pietro, Strangolagalli, Filettino e Civita; ancora sospese le opere dell'acquedotto di Veroli e Castelliri; in corso di progettazione quelle per l'acquedotto Capo Rio.

— *Acquedotti della piana pontina* [8]: in esercizio l'impianto di S. Felice Circeo; definito lo schema dei due complessi di acquedotti per l'alimentazione dell'agro romano, che prevede anche la utilizzazione dell'esistente acquedotto di Carano ed iniziati i lavori di perforazione dei pozzi destinati ad alimentare, previo sollevamento, detti acquedotti con una portata totale di 220 l./sec.; in avanzato corso gli studi per la definizione dello schema di acquedotto per la zona orientale della piana stessa.

— *Acquedotti del Reatino e zone adiacenti* [9]: in esercizio l'acquedotto per il capoluogo di Leonessa e quello per il Terminillo; in gran parte ultimate le opere di ricerca e captazione alle sorgenti; definito lo schema dei tre complessi di acquedotti destinati ad alimentare tutta la zona, salvo una quota interessata dai comuni di Cantalice e Rieti; in esecuzione i lavori di estensione dell'acquedotto di Leonessa nonché quelli dei primi 8 lotti dell'acquedotto Verrecchie.

b) *Zona di opere in concessione.*

Consorzio Aurunci.

— *Acquedotti Aurunci, Capodacqua, Interamna, Terracina, Itri. S.Giovanni Incarico*: ultimati i lavori alle sorgenti e lungo quasi tutto l'acquedotto, le opere erano per la gran parte in esercizio;

— *Vetere*: definito lo schema dell'acquedotto; in corso i relativi lavori;

— *Maenza, Roccagorga, S. Donato, Settefrati, Gallinaro, ecc.*: in corso studi ed accertamenti alle sorgenti e alle opere esistenti.

[7] Vedi Atlante, sezione II: *Acquedotti*, Tav. 3.
[8] Vedi Atlante, sezione II: *Acquedotti*, Tav. 4.
[9] Vedi Atlante, sezione II: *Acquedotti*, Tav. 5.

c) *Opere promiscue tra « Cassa » e Ministero LL. PP.*

Consorzio Simbrivio.

— Con convenzione stipulata nel 1957, il finanziamento delle opere di costruzione del nuovo acquedotto Simbrivio-Castelli e quello di sistemazione degli esistenti acquedotti Simbrivio e Acqua Nera, per la prevista cifra di 6.036 milioni di lire, veniva assunto per il 75% dal Ministero dei LL.PP. e per il rimanente 25% dalla « Cassa »; alla progettazione esecutiva dell'opera avrebbe provveduto il Ministero dei LL.PP.

Nel frattempo, mentre lo stesso Ministero provvedeva direttamente, tramite l'ufficio del Genio Civile di Roma, all'esecuzione parziale dei lavori di ricerca alle sorgenti nonché dei lavori del primo tronco dell'asta principale del nuovo acquedotto, all'esistente Consorzio dello acquedotto Simbrivio veniva affidata la progettazione — e la successiva concessione [10] — di alcune opere di sistemazione ed estensione dell'esistente acquedotto, tra cui il raddoppio del ramo di Canterano. Era stato anche possibile escludere, fin dal 1959, qualsiasi partecipazione della Società Condotte d'Acqua al consorzio Simbrivio il quale, da detta epoca, era il solo concessionario delle sorgenti e l'unico gestore dell'acquedotto, che poteva così utilizzare, in alcuni periodi dell'anno, quasi per l'intera portata effettiva e cioè per circa 180 l./sec., per anticipare il miglioramento di alimentazione idrica dei propri comuni consorziati.

Anche sulla base dei risultati ottenuti con i lavori di indagine alle sorgenti, veniva poi studiato dall'ufficio del Genio Civile e approvato dal Consiglio Superiore dei LL.PP., sempre per il complesso Simbrivio-Castelli, un progetto generale di variante a quello originario con il quale, pur rimanendo sostanzialmente invariate le previsioni e gli schemi precedenti, veniva aumentata di circa 80 l./sec. la portata del nuovo acquedotto, in gran parte destinata ad incrementare la dotazione *pro capite* dei castelli romani; l'importo aumentava da 6.036 a 8.400 milioni di lire.

Infine, presso la « Cassa » è allo studio la definizione dello schema di normalizzazione idrica per gli accennati 4 comuni di Sezze, Sermoneta, Bassiano e Norma (acquedotto Lepino) essendo in via di ultimazione gli accertamenti e le indagini alle sorgenti e alle opere esistenti.

[10] L'affidamento in concessione delle opere è stato fatto con provvedimenti abbinati alle due amministrazioni, dei LL.PP. e della « Cassa ».

4. - Alcune considerazioni finali sul piano di normalizzazione del sistema di acquedotti

a) La regione del Mezzogiorno, ove la linea di demarcazione del limite di intervento della « Cassa » non coincide, in gran parte, con quella di confine regionale e, quindi, con una linea di naturale separazione geografica, è il Lazio; questa caratteristica si riscontra nella zona più meridionale interessata dalla provincia di Roma e in quella più settentrionale dalla provincia di Rieti. Lungo lo stesso confine regionale — costituito, per la gran parte, da linee di cresta di notevoli catene montuose — esistono poi particolari sovrapposizioni o incuneamenti là ove esso viene interrotto da valli o sostituito da piccoli corsi d'acqua.

Ciò spiega come mai, nel Lazio, lo studio di normalizzazione idrica abbia interessato, più che altrove, proporzionalmente, zone ubicate fuori dell'area originariamente prevista; il che, comunque, per la zona fuori intervento della « Cassa » è avvenuto solo dopo preliminari contatti con il Comitato dei Ministri per il Mezzogiorno che sovraintende anche alle zone depresse del centro nord, e, in particolare, con il Ministero dei LL.PP., per definire, anche amministrativamente, le questioni cui dava origine questo stato di cose [11].

b) Le fonti di alimentazione degli acquedotti del sistema laziale sono tutte di origine sotterranea — sorgenti o acque sotterranee estratte a mezzo pozzi —; è stato cioè escluso qualsiasi ricorso ad acque superficiali.

Le acque di mare, previamente potabilizzate, sono state utilizzate solo per l'approvvigionamento idrico dell'isola di Ventotene; analogo ricorso, seppure parziale, sarà fatto anche per l'isola di Ponza.

c) La gradualità dell'intervento, seppure imposta da altre considerazioni, ha consentito di ritardare la pianificazione della zona di maggiore avvenire e cioè quella dei Castelli romani e della piana pontina, ove assume importanza notevolissima, anzi fondamentale, la popolazione

[11] Per il complesso Simbrivio-Castelli e in particolare per le opere si richiama a quanto già detto in precedenza; per gli acquedotti del Reatino, 4° - 8° lotto dell'acquedotto Verrecchie — che interessano anche l'approvvigionamento idrico di 5 comuni ubicati fuori della zona di intervento della « Cassa » — sono in corso contatti con lo stesso Comitato per definire le questioni dei finanziamenti di opere di pertinenza dei 5 comuni accennati per i quali, comunque, la « Cassa », in sede di approvazione dei relativi progetti, ha già anticipato la quota-parte di spesa interessante *opere comuni* con quelle di pertinenza dei comuni ricadenti nella zona di competenza della « Cassa ».

cosiddetta fluttuante; ha altresì consentito di meglio adeguare le valutazioni ai futuri fabbisogni, così come è stato più recentemente riconosciuto dallo stesso Consiglio Superiore dei LL.PP. per il caso precedentemente accennato del complesso Simbrivio-Castelli.

d) Il sistema degli acquedotti laziali ha interessato, come studio di normalizzazione idrica, un complesso di 215 comuni (con 564 centri abitati e 1.6000.000 abitanti) dei quali 53 ricadenti al di fuori della zona di competenza della « Cassa » (4 del Reatino e 49 della provincia di Roma) e 12 di altre regioni pur comprese nella zona di competenza della « Cassa » (Abruzzi, Molise e Campania), rispetto alle previsioni originarie di 150 comuni, 420 centri e 860.000 abitanti; con un aumento, cioè, di quasi il 50% del numero dei comuni e il 100% della popolazione [12].

e) Tale sistema di acquedotti interessa la captazione di una portata totale di quasi 2,5 mc./sec, la costruzione e sistemazione di circa 2.300 km. di condotte e di 451 serbatoi per la capacità totale di circa 130 mila mc., così come più dettagliamente indicato nella tabella 4.

f) Nella tabella 5 sono indicate le condotte che si presume di riutilizzare e quelle che, viceversa, si prevede di abbandonare.

Le più basse percentuali di condotte riutilizzabili si notano nella provincia di Rieti (circa il 32%); la più alta percentuale si rileva invece nelle due province di Frosinone e Latina, e particolarmente nella prima provincia, in considerazione della esistenza di alcuni acquedotti consorziali, come quelli di Capofiume, dell'Interamna e del Simbrivio, costruiti poco prima dell'ultima guerra. Mentre l'acquedotto del Simbrivio è dotato di un'efficienza abbastanza notevole, gli altri due, pur carenti notevolmente nella gestione, possono ancora essere riutilizzati, in quanto il breve periodo trascorso dalla costruzione, le ottime carat-

[12] I 65 comuni non contemplati nelle previsioni originarie sono: per la provincia di Rieti quelli di Collalto Sabino, Collegiove, Marcetelli e Nespolo; per la provincia dell'Aquila i comuni di Cagnano Amiterno, Cappadocia, Carsoli, Magliano dei Marsi, Montereale, Oricola, Pereto, Rocca di Botte, Sante Marie e Tagliacozzo; per la provincia di Campobasso quello di Concacasale; per la provincia di Caserta il comune di Rocca d'Evandro; per la provincia di Roma quelli di Affile, Arcinazzo Romano, Artena, Bellegra, Camerata Nuova, Canterano, Capranica Prenestina, Carpineto Romano, Casape, Castel Gandolfo, Castel Madama, Castel S. Pietro Romano, Cave, Cerreto Laziale, Ciciliano, Colleferro, Colonna, Frascati, Gallicano nel Lazio, Gavignano, Genazzano, Gerano, Gorga, Grottaferrata, Jenne, Labico, Marino, Monte Compatri, Montelanico, Monte Porzio C., Nemi, Olevano Romano, Palestrina, Pisoniano, Poli, Rocca Canterano, Rocca di Cave, Rocca di Papa, Rocca Priora, Rocca S. Stefano, Roiate, Sambuci, S. Gregorio da Sassola, S. Polo dei Cavalieri, S. Vito Romano, Segni, Vallepietra, Valmontone e Zagarolo.

teristiche delle costruzioni stesse ed i successivi interventi da parte dello Stato, nel periodo compreso tra la guerra e l'intervento della « Cassa », hanno fortunatamente impedito un rapido depauperamento del patrimonio. Esistono poi degli acquedotti a servizio dei singoli abitati gestiti in modo sufficiente ed ivi la « Cassa » non è intervenuta, così come ad esempio nei comuni di Atina ed Amaseno del Frusinate.

I motivi della situazione esposta nella tabella 5 sono dovuti, oltre che a deficienza di manutenzione, anche ad una insufficienza di progettazione e di costruzione; a tutto questo si aggiunge il sistema di distribuzione generalmente in vigore e cioè a luce tassata che, come è noto,

TAB. 4 — *Opere riguardanti il sistema degli acquedotti laziali (previsioni di normalizzazione fut*

Acquedotti	Opere di presa					
	di nuova costruzione		ricostruite o sistemate		In totale	
	N.	l./sec.	N.	l./sec.	N.	l./sec.
1 Capofiume e minori	1	150	6	80	7	230
2 Capod'acqua di Veroli	2	45	—	—	2	45
3 Capo Rio	3	9	—	—	3	9
4 Frazione Strangolagalli	—	—	—	—	—	(a) —
5 Filettino	1	6	—	—	1	6
6 Per la Fraz. Civita Collep.	1	1	—	—	1	1
7 Caporelle	3	18	—	—	3	18
8 V. S. Pietro	1	44	1	18	2	62
9 S. Felice Circeo	2	18	—	—	2	18
10 Pontino Occidentale	2	220	2	120	4	340
11 Leonessa	—	—	1	11	1	11
12 Terminillo	2	13	—	—	2	13
13 Verrecchie	1	100	1	10	2	110
14 Ex Cittaducale Nord	4	80	4	10	8	90
15 Ex Cittaducale Centro	5	23	4	17	9	40
16 Isola di Ventotene	1	—	—	—	1	—
17 Isola di Ponza	1	2	—	—	1	2
18 Aurunci e Canneto	4	240	6	24	10	264
19 S. Giovanni Incarico	—	—	—	—	—	(a) —
20 Interamna	2	22	2	12	4	34
21 Capod'acqua (Spigno Saturnia)	1	95	—	—	1	95
22 Terracina	—	—	1	80	1	80
23 Itri	—	—	1	12	1	12
24 Vetere	—	—	1	57	1	57
25 Simbrivio-Castelli	4	650	3	200	7	850
Totale	41	1.736	33	651	74	2.387

(a) Per Strangolagalli e per S. Giovanni Incarico l'intervento della « Cassa » si è limitato alla costruzione delle opere ubicate a valle delle sorgenti e del capoluogo.

si presta purtroppo ad abusi di vario genere; la distribuzione a contatore, invece, là ove esiste, lascia a desiderare per insufficienza di organizzazione e attrezzatura tecnica, per cui spesso il sistema si riduce ad una distribuzione a luce tassata munita di contatore; altro motivo è costituito dall'irrisorio prezzo unitario con cui viene distribuita l'acqua agli utenti, salvo casi particolari; infine, dalle numerosissime e incontrollate prese per fontanili pubblici, per abbeveratoi, ecc.

L'ordine di grandezza della perdita economica determinata dall'accennata carenza di gestione si calcola come segue:

zazione futura totale).

	Condotte			Serbatoi					
e	di nuova costruzione	esistenti sistemati	totale	di nuova costruzione		esistenti utilizzati		Totale	
sec.	ml.	ml.	ml.	N.	mc.	N.	mc.	N.	mc.
230	149 000	50.500	199.500	21	6.580	6	1.690	27	8.270
45	31 500	10.000	41 500	10	1.475	2	500	12	1.975
9	14 000	18 000	32.000	5	950	1	300	6	1.250
—	5 500	—	5.500	—	—	—	—	—	—
6	5.700	—	5 700	1	400	—	—	1	400
1	3 000	—	3.000	1	40	—	—	1	40
18	26.000	—	26 000	5	825	—	—	5	825
62	108.900	6 000	114.900	18	4.315	4	1.200	22	5.515
18	12 000	—	12.000	3	860	—	—	3	860
40	72 000	20 000	92.000	4	1.100	4	2.0	8	1.320
11	16.000	15 000	31.000	6	710	—	—	6	710
13	11.200	5.000	16.200	3	2 350	3	700	6	3.050
10	250.000	30 500	280.500	70	17 000	4	2.000	74	19 000
00	202 000	—	202.000	67	5.830	—	—	67	5.830
40	35 000	6.000	41.000	13	1.820	1	150	14	1.970
—	13 100	—	13.100	1	500	—	—	1	500
2	10 800	—	10 800	1	1.200	—	—	1	1.200
54	390 000	30 000	420.000	50	5.000	2	600	52	5.600
—	6 100	—	6 100	1	200	—	—	1	200
4	96.000	35.000	131.000	21	3.100	1	1.000	22	4.100
5	60 000	—	60 000	7	3.500	—	—	7	3.500
0	20 000	10.000	30 000	3	3 500	2	2.000	5	5 500
2	—	10.000	10.000	1	450	1	600	2	1.050
7	37 000	1 000	38.000	7	650	1	450	8	1.100
0	280 000	180 000	460.000	52	21.600	48	32.400	100	54 000
7	1.854.800	427.000	2.281 800	371	83 955	80	43.810	451	127.765

TAB. 5 — *Condotte da riutilizzare e da abbandonare.*

Provincie	Comuni	Condotte che si presume di riutilizzare			Condotte previste di abbandonare km.	Condotte nel totale km.	Popolazione residente al 1951 (abitanti)
		Esclusa revisione e riparazione giunti km.	Compresa revisione e riparazione giunti km.	Totale km.			
Frosinone . .	91	245	—	245	58	303	468.594
Latina . . .	33	93	13	106	52	158	283.699
Rieti . . .	17	11,500	—	11,500	36,500	48	59.722
Roma . . .	9	148	—	148	21	169	48.912
Sommano	150	497,500	13	510,500	167,500	678	860.927
Diametri:							
inf. ∅ 100 mm. .		153,500	—	153,500	105,500	259	
da 100 a 200 mm.		224	3	227	46	273	
sup. 200 mm. .		120,000	10	130	16	146	
Sommano		497,500	13	510,500	167,500	678	

— valore medio di condotta completa da abbandonare (coefficiente di svalutazione = 0,50):

∅ inferiore a 100 mm. . . . L. 6.000 × 0,50 = L. 3.000 il ml.
∅ compreso tra 100 e 200 mm. L. 12.000 × 0,50 = L. 6.000 il ml.
∅ compreso tra 200 e 300 mm. L. 20.000 × 0,50 = L. 10.000 il ml.

— costo medio di sistemazione di condotta utilizzabile:
L. 500 il ml. escludendo revisione e riparazione giunti;
L. 4.000 il ml. compreso revisione e riparazione giunti.
Ne consegue, con i dati della tabella 5, che:

Valore condotte abbandonate . { L. 3.000 000 × 105,500 = L. 316 500.000; L. 6.000.000 × 46 = L. 276.000.000; L. 10.000.000 × 16 = L. 160.000.000

Costo lavori di sistemazione . condotte utilizzabili . . . . { L. 500 000 × 497,500 = L. 248.750.000; L. 4 000.000 × 13 = L. 52.000.000

Totale . L. 1.053.250.000
ed in c. t. L. 1.050.000.000

III

PROGETTAZIONE DI MASSIMA ED ESECUTIVA

Man mano che andavano definendosi gli schemi di acquedotti, venivano elaborati, in genere a cura della « Cassa » stessa — che era la sola a disporre di elementi organici e totali e che si avvaleva della continua assistenza di un geologo, e a volte di un geofisico, e che aveva contatti metodici e con i laboratori dell'Università di Roma e Napoli e con gli uffici d'igiene delle varie province e con gli uffici del Servizio Idrografico di Napoli, Bari e Bologna — i progetti di massima delle varie opere di acquedotti, successivamente sottoposti al parere della Delegazione presso il Consiglio Superiore dei LL.PP. nonché all'approvazione della « Cassa ».

I progetti esecutivi venivano invece affidati in genere — salvo le zone di opere in concessione per le quali provvedeva direttamente il consorzio interessato — a professionisti particolarmente specializzati, a volte riuniti in gruppi quando l'importanza e la complessità delle opere suggerivano di suddividerle in più stralci anche per accelerare la presentazione dei relativi elaborati [1]. Sovente i progettisti venivano affiancati dallo stesso geologo, già utilizzato in sede di massima, per una necessaria collaborazione nella fase esecutiva e soprattutto per il riconoscimento dei tracciati e gli accertamenti ai terreni di impianto dei serbatoi.

Ai progettisti venivano altresì indicati gli elementi più generali da tenere a base della progettazione stessa, per le caratteristiche di esecuzione dei rilievi (rilievi tacheometrici, livellazioni di precisione, apposizione di caposaldi, larghezza fasce da rilevare, ecc.) e per la preparazione dei vari elaborati, con particolare riferimento ai serbatoi e alle

[1] Solo in casi particolari, per l'urgenza e per risolvere complesse situazioni, la « Cassa » ha fatto luogo direttamente alla progettazione esecutiva delle opere, così come per gli acquedotti indipendenti di S. Felice Circeo e del Terminillo e per la perforazione di alcuni pozzi lungo la piana pontina.

opere d'arte tipo, al materiale di tubazione e al capitolato speciale di appalto.

Per i serbatoi in genere — soprattutto per quelli di particolare importanza — prima ancora di passare alla fase esecutiva, venivano eseguiti saggi ai terreni per meglio definirne le qualità e la caratteristiche; sulla base dei risultati, necessariamente frammentari, venivano inseriti, negli elaborati progettuali, le previsioni di costruzione spesso aggiungendo, oltre lo schema tipo, altra struttura in alternativa con caratteristiche diverse, allo scopo di consentire, in sede lavori — allorché cioè, venivano esattamente conosciute le caratteristiche dei terreni — di realizzare le opere nel modo più razionale e conveniente escludendo richieste di ulteriori compensi e riserve da parte delle imprese e, soprattutto, notevoli perditempo; sono stati così progettati e costruiti serbatoi in calcestruzzo semplice, a struttura indipendente o contro roccia, e in cemento armato, ad una o due vasche, all'aperto e in galleria.

I tipi delle opere d'arte venivano forniti ai progettisti dalla « Cassa » stessa, allo scopo di realizzare la massima uniformità anche in sede di futuro esercizio.

I materiali di tubazione erano generalmente quelli previsti in sede di massima, salvo le variazioni suggerite dagli ulteriori accertamenti e affinamenti della fase esecutiva; nel Lazio (per diametri e pressioni rispettivamente variabili tra 40 e 800 mm.[2] e tra 1 e 60 atm.) i criteri adottati per la scelta di questi materiali e che hanno ovviamente tenuto conto delle qualità e caratteristiche dei terreni attraversati e delle acque convogliate, nonché di altre considerazioni di carattere economico (coefficienti di scabrezza, durata, lunghezza dei tubi, oneri di trasporto e di giunzione e di ancoraggi e di prove ecc.) hanno condotto ad impiegare, per la gran parte, tubazioni di acciaio con rivestimento fibro-cementizio, a giunti saldati, nonché tubazioni di cemento amianto a bicchiere e a testata liscia; in misura minore, tubazioni di ghisa con giunti a mastice di zolfo (per alcuni tronchi dell'acquedotto Aurunci e per diametri notevoli) e a piombo (fuso e a freddo), generalmente impiegati per le condotte di avvicinamento dai serbatoi agli abitati; infine tubazioni di cemento armato normale e tipo « Bonna », per diametri comunque superiori ai 300 mm.

I progetti esecutivi elaborati dai professionisti incaricati dalla « Cassa » sono apparsi in genere bene studiati; solo in alcuni casi è

[2] Salvo brevi tronchi costituiti in tubi di resina sintetica, a titolo sperimentale, del diametro di 20÷30 mm.

TAB. 6 — *Situazione delle opere approvate al 31 dicembre 1961.*

Acquedotti	Progetti approvati		
	N.	Importo (migliaia di lire)	
		parziale	totale
a) *Opere in esecuzione diretta (Cassa per il Mezzogiorno)*			
1) Aquedotto Capofiume	10	1.936.920	
2) Capod'acqua di Veroli	3	351.800	
3) Acquedotto Capo Rio	2	21.440	
4) Frazioni di Strangolagalli	2	30.760	
5) Acquedotto di Filettino	2	62.510	
6) Frazione Civita di Collepardo	1	24 130	
7) Acquedotto Caporelle	1	228 460	
8) Acquedotto Val S. Pietro	6	1.192 480	
9) Acquedotto S. Felice Circeo	3	190.790	
10) Zona occidentale piana pontina	1	93.000	
11) Lavori di indagine e captazione a gruppo di sorgenti del Reatino e zone adiacenti	3	126.510	
12) Acquedotto per Leonessa	1	91.150	
13) Acquedotto Verrecchie	5	3.536 300	
14) Acquedotto Terminillo	1	482 500	
15) Acquedotto di Itri	2	103.000	
16) Acquedotto per Ventotene	3	130.700	
17) Acquedotto per Ponza	1	57.300	
Totale	47		8.659.750
b) *Opere in concessione (Consorzio Aurunci)*			
1) Acquedotto Canneto	1	1 298 280	
2) Acquedotto Aurunci	17	5.860.090	
3) Acquedotto per S. Giovanni Incarico	1	91.580	
4) Acquedotto Interamna	3	1 083 340	
5) Acquedotto Capodacqua	2	987.600	
6) Acquedotto di Terracina	1	336.360	
7) Acquedotto Vetere	1	403.000	
Totale	26		10.060.250
c) *Complesso Simbrivio-Castelli*	2		344.500
Complesso	75		19.064.500

TAB. 7 — *Progetti di massima in fase di studio e di elaborazione.*

Acquedotti	Centri abitati al 1961 N	Popolazione assunta in progetto ab	Importo (milioni di lire)
a) *Opere in esecuzione diretta*			
Acquedotti della piana pontina orientale .	26	172 900	2 400
Acquedotto Lepino	7	47.000	500
Zona ex Circondario Cittaducale . . .	4	9 000	250
Acquedotti Capofiume, Val S. Pietro e minori	15	70.000	2.300
Totale	52	298 900	5.450
b) *Opere in concessione* (consorzio Aurunci)			
Per acquedotto dei Comuni di S. Donato, Settefrati e Gallinaro	10	12.000	250
Per acquedotti locali	5	30 000	1.000
Totale	15	42.000	1.250
Complesso	67	340.900	6.700

TAB. 8 — *Opere per la normalizzazione idrica del Lazio (importi in milioni di lire).*

Acquedotti	Situazione al 31/12/1961						Complesso delle opere	
	Lavori eseguiti		Lavori in esecuzione		Progetti in corso o di futura elaborazione			
	Importo	%	Importo	%	Importo	%	Importo	%
Opere in esecuzione diretta	3.918	42	2.305	29	13.755	60	19.978	50
Opere promiscue tra Cassa e Ministero LL PP.	840	9	1.680	21	5.880	26	8.400	21
Opere in concessione .	4.549	49	3.968	50	3 127	14	11.644	29
Totale	9.307	100	7.953	100	22.762	100	40.022	100
Percentuale	23,3	—	19,8	—	56,9	—	100,0	—

stato necessario intervenire per evitare che eventuali insufficienze potessero incidere negativamente sul totale della progettazione in corso; i tempi di presentazione degli elaborati sono stati in genere rispettati, salvo casi particolari giustificati dalla complessità degli studi e degli accertamenti preliminari, richiesti a volte dalla « Cassa » stessa, anche per far luogo a rettifiche e integrazioni e varianti alle previsioni già approvate in sede di massima. Meno accurati, in linea generale, sono apparsi i progetti interessanti le opere di concessione; sovente sono stati restituiti al consorzio elaborati che apparivano insufficientemente studiati sia tecnicamente che economicamente.

Al 31 dicembre 1961 erano stati approvati progetti esecutivi (per opere in esecuzione diretta e in concessione) per un importo totale di oltre 19 miliardi di lire come risulta dalla tabella 6; l'importo previsto di corrispondenti progetti di massima, o piani di normalizzazione, approvati fino a tale data ammontava invece ad oltre 33 miliardi di lire, *così come risulta dalla tabella riassuntiva generale* (sono comprese, in in tale cifra, anche le aliquote di spesa interessanti opere ubicate al di fuori della zona di intervento della « Cassa » per gli acquedotti Simbrivio-Castelli e Verrecchie); il presunto importo dei progetti di massima non ancora approvati (allo studio o in elaborazione) ammonta a quasi 7 miliardi di lire così come indicato nella tabella 7.

In definitiva l'importo totale presunto di tutti i progetti per la normalizzazione idrica del Lazio assomma a circa 40 miliardi di lire riassunti nella tabella 8.

Una idea della notevole variabilità del costo unitario delle opere si ricava dalla tabella 9; il costo per l./sec. varia per *opere nuove* da un massimo di circa 37 milioni di lire (acquedotto Terminillo) — escluse le isole di Ventotene e Ponza per ovvie ragioni — ad un minimo di circa 9 milioni (il massimo si riferisce, come è intuitivo, all'acquedotto a servizio di un solo centro e il minimo a quello per più comuni), corrispondenti a circa L. 80.000 e circa L. 10.000 per abitante. Nel caso invece di *sistemazione di opere esistenti*, le cifre esposte variano tra un massimo di L. 45 milioni a l./sec. e L. 90.000 ad abitante (acquedotto di S. Giovanni Incarico) ad un minimo di L. 3,6 milioni a l./sec. e circa L. 7.000 ad abitante.

TAB. 9 — *Variabilità del costo unitario delle opere per abitanti e per l./sec.*

A c q u e d o t t i	Abitanti al 2000 (resid.+fluttuanti)
Ventotene	1 500
Terminillo	6.000
Civita di Collepardo	1 500
Filettino	1.660
Totale acquedotti nuovi per un solo centro	10.660
Media relativa al solo totale	—
Itri	12.000
Totale acquedotti esistenti per un solo centro	12.000
Media relativa al solo totale	—
Totale acquedotti per un solo centro	22.660
Medie generali per acquedotti a servizio di un solo centro	—
Isola di Ponza	6.500
Isola di Ventotene	1.500
Terminillo	6 000
Leonessa	10.000
S. Felice Circeo	15.000
Per la Frazione di Civita di Collepardo	1.500
Filettino	1.660
Totale acquedotti nuovi per un solo comune	42.160
Media relativa al solo totale	—
Itri	12.000
Terracina	49.100
S. Giovanni Incarico	1 000
Frazione Strangolagalli	4.000
Totale acquedotti esistenti per un nuovo comune	66.100
Media relativa al solo totale	—
Totale acquedotti per un solo comune	108.260
Medie generali per acquedotti a servizio di un solo comune	—

2000 anti)	l./sec.	Importo opere (lire)	Costo per abitante (lire)	Costo per l./sec. (lire)	Media l./sec.	Media l./ab.
0	0,4	131.000 000	87.300	328.000.000		
0	13	482.000.000	80.000	37.100.000		
0	1	30.000 000	20.000	30 000 000		
0	6	70 000 000	42 100	11.666 667		
0	20,4	713 000.000	—	—		
–	—	—	66.800	35 000 000		
0	12	103.000.000	8.600	8.560.000		
0	12	103 000 000	8.600	8.560 000		
–	—	—	8.600	8.560.000		
0	32,4	816.000.000	—	—		
–	—	—	—	—	25.200.000	36.000
0	2	300 000 000	46.100	150.000.000		
0	0,4	131.000.000	87 300	328 000 000		
0	13	482.000.000	80.000	37.100.000		
0	11	230 000.000	23 000	20 909 090		
0	18	250 000.000	16.700	13.900.000		
0	1	30 000.000	20 000	30.000.000		
0	6	70.000.000	42.200	11.666 667		
0	51,4	1.493.000.000	—	—		
–	—	—	35.400	29.100.000		
0	12	103 000 000	8.600	8 560 000		
0	100	360 000 000	7 300	3.600.000		
0	2	90 000 000	90.000	45.000 000		
0	3	30.000.000	7.500	10 000 000		
0	117	583.000 000	—	—		
–	—	—	8.800	4.980 000		
0	168,4	2.076.000.000	—	—		
–	—	—	—	—	12.320.000	19.100

(segue tabella 9)

Acquedotti	Abitanti al 2000 (resid. + fluttuanti)
Vetere	44.950
Capo d'acqua di Veroli	31.200
Caporelle	14.700
Val S. Pietro	56.114
Pontino Occidentale	222.800
Verrecchie	88.602
Ex Cittaducale Nord	55.516
Ex Cittaducale Centro	21.381
Aurunci e Canneto	228.887
Capo d'Acqua (Spigno-Saturnia)	77.900
Simbrivio-Castelli	606.904
Totale acquedotti nuovi per più di un comune	1.448.954
Media relativa al solo totale	—
Capofiume e Minori	190 000
Interamna	30.670
Totale acquedotti esistenti per più di un comune	220.670
Media relativa al solo totale	—
Totale acquedotti per più di un comune	1.669.624
Medie generali per acquedotti a servizio di più di un comune	—

00 nti)	l./sec.	Importo opere (lire)	Costo per abitante (lire)	Costo per l./sec. (lire)	Media l. sec.	Media l./ab
	57	403.000.000	8 965	7 070 000		
	45	352 000.000	11 300	7 822 000		
	18	260 000 000	17.700	14.444.444		
	62	1.193.000 000	21.260	19 241.000		
	220	1 500.000 000	6 700	6 818.000		
	100	4 000 000 000	45.150	40.000 000		
	80	2.700 000 000	48.600	33.750 000		
	23	700 000.000	32.700	30 434.000		
	240	7.350.000 000	32.100	30.625.000		
	95	988.000.000	12.600	10.400 000		
	850	8 400.000.000	13.850	9 882 350		
	1.790	27.846 000 000	—	—		
	—	—	19.200	15 556.000		
	200	2 300.000.000	12.100	11 500 000		
	34	1 100.000.000	35.800	32 353.000		
	234	3.400.000.000	—	—		
	—	—	15.400	14 530.000		
	2 024	31.246.000 000	—	—		
	—	—	—	—	15.437 747	18 700

IV

ESERCIZIO PROVVISORIO DEGLI ACQUEDOTTI

1. - Opere in esecuzione diretta

La prima opera messa in esercizio provvisorio dalla « Cassa » è stata, come detto, la diramazione dell'acquedotto Capofiume per Frosinone capoluogo, *nel maggio 1952*, dopo appena un anno circa dall'approvazione del progetto di costruzione dell'opera stessa; con tutto che i lavori non erano stati ultimati, era tuttavia possibile erogare l'acqua per la popolazione del capoluogo, per cui la « Cassa » non ritenne opportuno rinviare oltre un tale beneficio.

Dopo quella data e con gli stessi concetti sono via via entrate in esercizio, in epoche diverse, numerose altre diramazioni dello stesso acquedotto Capofiume, per alimentare altri 5 comuni, nonché gli acquedotti di Civita di Collepardo (1953), Filettino (1955), Val S. Pietro e San Felice Circeo (1957).

Nel dicembre 1957 — quando nel Lazio già 17 comuni di Frosinone e 1 di Latina, per un complesso di 40 centri, godevano di questo anticipato beneficio — la « Cassa » decideva di porre a carico dei singoli comuni il rimborso delle spese che essa doveva sostenere per assicurare tale gestione provvisoria fino ai serbatoi (consegnando ai comuni stessi, provvisoriamente, le opere ubicate a valle di questi ultimi) e li invitava quindi a sottoscrivere apposita convenzione regolante i reciproci futuri rapporti.

Successivamente sono state messe in esercizio provvisorio tutte quelle altre condotte interessate da comuni che nel frattempo avevano firmato la convenzione e cioè gli acquedotti di Caporelle (1959) limitato a 4 comuni, di Leonessa (1959) e di altre condotte dell'acquedotto Capofiume (1959-60) fino a interessare 14 comuni.

In definitiva, quindi, la « Cassa » sovrintende oggi all'esercizio prov-

visorio di otto acquedotti [1] interessanti l'alimentazione di 30 comuni (50 centri abitati) di cui 27 in provincia di Frosinone, 1 di Latina e 2 di Rieti; di questi, 21 comuni, comprendenti 38 centri, hanno finora sottoscritto la citata convenzione [2].

Poiché la gestione del Lazio interessa in parte — salvo S. Felice, Terminillo e Leonessa — complessi unitari di acquedotti, è stato possibile adottare per essi, e cioè per il Frusinate, un costo unitario medio dell'acqua, uguale per tutti i comuni (esclusi i tre casi accennati che, oltre ad interessare province diverse, rappresentano solo esempi sparsi di una anticipata parziale messa in esercizio di futuri complessi organici più generali).

I consumi dell'acqua hanno denunciato, nel tempo, aumenti più o meno sensibili, con ciò realizzandosi una graduale diminuzione del costo unitario del servizio; si è passati da circa 30 L./mc. (preventivo 1958) a circa 10 L./mc. (consuntivo 1960) per il Frusinate [3]; il preventivo 1961 indica un costo di 8 L./mc. per Leonessa, di 66 L./mc. per Terminillo e di 23 L./mc. per S. Felice Circeo (si ricorda che in queste cifre sono anche comprese le quote di rinnovamento impianti nonché delle spese generali pari al 5%; è comunque da aggiungere che per Terminillo e S. Felice, e cioè per acqua sollevata, la « Cassa » chiede ai comuni un rimborso sulla base di 16 L./mc).

È peraltro necessario far presente che i notevoli consumi registrati negli ultimi anni nel Frusinate sono anche da attribuire al fatto che alcuni comuni, non avendo finora sottoscritto la citata convenzione, danno luogo a notevoli sperperi d'acqua, particolarmente attraverso i numerosi fontanili e lavatoi esistenti e privi, per la maggior parte (per deficienze originarie e per successivi atti di vandalismo), di idonei apparecchi di regolazione; deve quindi prevedersi che quando anch'essi pagheranno i rimborsi di gestione, i consumi diminuiranno e aumenterà, conseguentemente, il costo unitario del servizio.

Per gli acquedotti di più lontana realizzazione (Verrecchie e piana pontina), si prevedono, almeno per i primi anni, valori superiori a quelli

[1] Tutti alimentati a gravità, salvo S. Felice Circeo e Terminillo.

[2] Per ragioni di carattere contingente, l' Ufficio Acquedotti del Lazio sovrintende anche alla gestione di tre comuni — con quattro centri — della provincia di L'Aquila (Morino, S. Vincenzo e Balsorano) le cui opere sono state progettate dall' Ufficio Abruzzi ed eseguite dall' Ufficio Lazio.

[3] Hanno peso determinante, in questi complessi del Frusinate, i notevoli consumi accentrati dei due abitati di Frosinone e Sora che dispongono di vaste reti di distribuzione con numerose utenze.

ora raggiunti per gli acquedotti del Frusinate, causa anche le caratteristiche particolari di costruzione e di esercizio e il prevedibile basso consumo *pro capite* della zona Verrecchie ove mancano notevoli accentramenti di consumo.

L'esercizio provvisorio degli acquedotti del Lazio viene svolto attraverso il personale direttivo della « Cassa » che si occupa anche della costruzione delle opere, con ciò realizzandosi notevoli economie. Per la parte più minuta la stessa « Cassa » si avvale di personale giornaliero che svolge le mansioni di guardiania e sorveglianza dell'acquedotto e che ha i propri centri direzionali in Frosinone per l'acquedotto Capofiume e minori, in Sora per l'acquedotto Val S. Pietro e in località più decentrate per gli acquedotti sparsi nelle altre zone; questo personale, tra l'altro, deve rilevare, ogni tre mesi e in contradditorio con i rappresentanti dei comuni alimentati, i valori di portata erogata ai vari serbatoi mediante letture agli apparecchi di misura appositamente installati; sulla base di questi valori vengono fatti i successivi addebiti dei costi di gestione ai comuni stessi.

All'inizio di ogni anno l'Ufficio Acquedotti del Lazio, nel trasmettere il consuntivo e il bilancio di gestione dell'anno precedente, inoltra anche il preventivo per quello in corso.

Alcuni casi particolari meritano un cenno a parte.

— *Frazioni di Frosinone e Sora.* Nell'interno degli abitati di questi due capoluoghi e, quindi, a valle dei serbatoi, sono state costruite numerose condotte per le frazioni alla cui gestione provvede tuttora l'Ufficio Acquedotti del Lazio [4]; i maggiori oneri che ne conseguono sono notevoli perché attualmente queste condotte svolgono un servizio di distribuzione e in parte sono collegate con la vecchia rete dei capoluoghi e quindi con condotte di servizio molto precario che impongono maggiore vigilanza al complesso mentre si debbono eseguire continue manovre di apertura e chiusura dei serbatoi secondo le variabili richieste dei comuni interessati.

— *Acquedotto di S. Felice Circeo.* Dal momento dell'entrata in esercizio, e cioè da circa 4 anni, si è assistito ad un aumento notevolissimo ed incessante del numero di utenze private e dei consumi unitari; l'entità delle portate richieste, particolarmente nel periodo estivo, minaccia di rendere insufficiente l'acquedotto, entro qualche anno, nonostante le

[4] Il Comune di Sora è tra quelli che non hanno ancora sottoscritto la convenzione. Con il Comune di Frosinone — che ha sottoscritto la convenzione nell'agosto 1961 — sono in corso contatti per stabilire le modalità e le caratteristiche del prossimo trasferimento, ad esso, delle opere accennate nella convenzione stessa.

larghe previsioni progettuali; una integrazione è comunque prevista di realizzare anche con opere locali.

— *Acquedotto di Leonessa.* Nell'attesa che il Comune realizzi la trasformazione a contatore del vecchio sistema di distribuzione dell'acqua all'abitato, la « Cassa » ha consentito di erogare portate notevolmente superiori a quelle calcolate necessarie per realizzare attualmente una sufficiente distribuzione a contatore; si verifica quindi il caso che venga temporaneamente convogliata a Leonessa una portata financo superiore a quella calcolata necessaria per i presumibili fabbisogni al 2000, con conseguente notevole diminuizione del costo effettivo *unitario* del servizio rispetto agli altri comuni.

— *Acquedotto Terminillo.* L'esercizio è stato iniziato nell'aprile del 1961.

La particolare ubicazione delle opere e la complessità degli impianti rendono, come visto, molto oneroso il corso dell'acqua, che, tra l'altro, viene previamente sollevata di alcune centinaia di metri; è ovvio che con il passare del tempo e quindi con l'aumento dei fabbisogni, detto costo si ridurrà, anche notevolmente.

È comunque da sottolineare che le opere realizzate dalla « Cassa » consentono una tranquilla gestione durante tutti i mesi dell'anno e quindi anche durante i mesi invernali (in cui si sono accertate altezze del manto nevoso fino anche a 10 metri).

V

NOTA ILLUSTRATIVA SULL'INTERVENTO PRELIMINARE ALLE SORGENTI

È stato già detto della necessità, da parte della « Cassa », di condurre studi, indagini e lavori preliminari ai vari gruppi di sorgenti prima di definire il piano di normalizzazione idrica nelle varie zone del Lazio. Si fa qui di seguito un breve cenno sulle caratteristiche più particolari di questo intervento preliminare, graduato nel tempo di esecuzione.

In linea generale, le osservazioni sistematiche di portata delle varie manifestazioni sorgentizie — particolarmente estese nel Reatino ove, come detto, non esistendo precedenti misure di portata del Servizio Idrografico, è stato effettuato un vero e proprio censimento delle sorgenti — sono state eseguite dai tecnici della « Cassa » (misure dirette o con l'ausilio di stramazzi, di mulinelli, ecc.) e poi collegate con altre del Servizio Idrografico; contemporaneamente sono stati periodicamente prelevati campioni di acqua da sottoporre ad analisi. Queste misure e questi accertamenti sono stati fatti in periodi diversi, a seconda dell'importanza della manifestazione sorgentizia nonché delle caratteristiche degli affioramenti; in genere, per periodi compresi da 1 a 2 anni, avendo cura di far comprendere quelli di presumibile magra delle sorgenti stesse (in questi ultimi, anzi, le misure venivano intensificate fino ad effettuarne una ogni settimana).

Sulla base dei risultati ottenuti e delle prime indicazioni fornite dagli studi di normalizzazione — che, nel frattempo, andavano elaborandosi presso l'Ufficio del Lazio — sono stati poi decisi i primi interventi diretti dando inizio ai lavori di indagine a quelle manifestazioni che apparivano offrire le maggiori garanzie di costanza di portata e di convenienza di utilizzazione; questi lavori si sono ovviamente sviluppati con criteri e cautele diversi da caso a caso, perché hanno dovuto adeguarsi alle variabili caratteristiche delle manifestazioni sorgentizie, alle differenti qualità dei terreni e a fattori esterni di diversa natura

(strade e fossi e abitazioni in prossimità delle sorgenti, comunicazioni dirette con acque superficiali, alimentazione in atto di acquedotti, ecc.) anche sulla base dei suggerimenti del geologo che, in genere, sempre affiancava l'Ufficio del Lazio.

Più volte i risultati iniziali dei lavori hanno suggerito di variare, anche fondamentalmente, le previsioni originarie e, quindi, i criteri di esecuzione dei lavori stessi; altre volte, addirittura di sospenderli e modificare alcune previsioni del piano di normalizzazione della zona. Al termine di questi lavori e sempre nel caso di risultati positivi, si è dato inizio alle opere di captazione.

Si fa ora cenno ad alcuni principali gruppi di sorgenti captate nella zona del Lazio, escluse quelle più dettagliatamente riportate nella descrizione degli acquedotti (vedi capitolo VI).

— *Caporelle.* È stato necessario sospendere i previsti lavori di captazione delle acque Caporelle — che già alimentano il vecchio acquedotto di Guarcino — causa l'accertata loro diretta comunicazione con quelle superficiali dell'adiacente fosso Caporelle; sono stati quindi condotti lavori di indagine ad altre acque di origine sorgentizia che si manifestano sempre lungo il fosso Capo Rio ma a quota più elevata e che danno origine, praticamente, alla corrente superficiale del fosso stesso in periodo di magra; tali acque sono state poi captate con apposite gallerie, mentre accertamenti condotti successivamente hanno escluso ogni loro eventuale comunicazione con quelle superficiali dello stesso fosso.

— *Capo Rio.* Sono state captate le acque — mediante escavazione di più cunicoli in galleria — a quote diverse, stante le caratteristiche geologiche dei terreni interessati dalle stesse manifestazioni sorgentizie; a queste diverse quote di manifestazioni delle acque sono state poi adeguate le caratteristiche di costruzione dell'acquedotto Capo Rio.

— *Aurunci.* È stato detto dei particolari problemi che si sono presentati in sede lavori per la captazione della sorgente Madonna di Canneto e della successiva decisione di costruire un diaframma in calcestruzzo onde captare quelle acque nella loro sede naturale di manifestazione. Si aggiunge che detto diaframma, dell'altezza media di circa m. 15 e della lunghezza di circa m. 200, è stato immorsato entro la roccia posta alla base del materasso detritico del subalveo del fiume Melfa e al di sopra di esso è stato costruito un cordolo di coronamento per meglio proteggere la zona delle sorgenti dalle acque di piena del fosso stesso; la derivazione verso valle delle acque sorgentizie avviene con una galleria parietale, in sinistra del fosso, il cui piano di calpestio è a quota

notevolmente inferiore a quella massima del diaframma; al termine di detta galleria, lunga qualche centinaio di metri, è ubicato l'edificio di riunione e di carico di tutto l'acquedotto.

— *Capodacqua di Minturno.* Si è fatto cenno alle caratteristiche particolari di captazione che presentano notevoli analogie con quelle di Madonna di Canneto avendo richiesto la costruzione in un diaframma in calcestruzzo attorno alla zona di naturale affioramento delle acque. Dalle osservazioni eseguite dopo l'ultimazione dei lavori si ha ragione di ritenere che la portata di magra si mantenga ora superiore a quella originariamente prevista, causa l'eliminazione — o la notevole riduzione — delle perdite d'acqua che si manifestavano lungo i vecchi muri perimetrali della esistente rifolta.

— *S. Felice Circeo.* Sulla base dei risultati di alcuni studi geologici e geofisici è stato dapprima scavato un pozzo, profondo circa 8 metri, sotto il fondo di un esistente Ninfeo dell'epoca romana, rinvenendo una certa quantità d'acqua nel punto più depresso della linea di contatto tra i calcari permeabili del massiccio del Circeo e il materiale meno permeabile nella copertura quaternaria della piana pontina; su questa falda idrica, originata dall'assorbimento dell'acqua di precipitazione atmosferica di una parte dell'affioramento calcareo del Circeo, sono state condotte prove di eduzione, a mezzo pompaggio, per un intero anno idrologico; al termine di esse, sulla base dei risultati ottenuti, sono stati iniziati i lavori di captazione che, praticamente, sono consistiti nell'approfondimento del pozzo accennato e nel suo collegamento — attraverso un breve tronco di galleria — ad altro pozzo già esistente nel quale pescano le tubazioni di aspirazione dell'impianto di sollevamento dell'acquedotto; è stato così possibile chiudere, dal di sopra, il pozzo primitivo e rendere indipendenti le opere visibili di alimentazione dell'acquedotto dall'esistente Ninfeo romano che è stato opportunamente isolato.

VI

DESCRIZIONE DI ALCUNI COMPLESSI DI ACQUEDOTTI

1. - Acquedotto di capofiume

Complesso è stato lo studio dello schema definitivo da adottare per questo acquedotto, stante quanto già detto nel testo della relazione.

Le sorgenti Capofiume si manifestano, in territorio di Collepardo, lungo l'alto corso del torrente Fiume, che ha origine da Monte Rotondo (gruppo degli Ernici) e sbocca nel fiume Sacco, e sono le uniche alimentatrici della portata di magra del torrente; si manifestano tra le quote di m. 840 e m. 780. Il torrente è quivi profondamente incassato tra ripidissime sponde rocciose. Questa stretta gola di erosione ha il fondo ricoperto da un imponente accumulo di materiali d'alluvione e da detrito di falda in cui abbondano grossi massi. La potenza di questo materasso è dell'ordine di alcune decine di metri.

I lavori di indagine a queste sorgenti avevano avuto inizio, a cura del consorzio omonimo, nel 1925 ed avevano sostanzialmente interessato lo scavo di cunicoli in galleria entro il materasso alluvionale del fosso Fiume: tali cunicoli, al momento dell'intervento della « Cassa », erano per la maggior parte franati o impraticabili; fino all'epoca di intervento della « Cassa » era stata reperita, in sede geologica, una quota parte soltanto di dette acque per una portata complessiva di magra dell'ordine di 50 l./sec. (Fot. 1).

La « Cassa » dal 1951 al 1954 ha condotto notevoli lavori di indagine e di ricerca culminati, sostanzialmente, nello scavo di una galleria in roccia in sinistra del fosso, lunga circa 400 metri che ha intercettato numerosi piani di faglia e fratture della roccia stessa; nella zona centrale ed al termine di questa galleria è stata praticamente captata tutta la rimanente portata di magra del campo sorgentizio di Capofiume (150 l./sec.); l'opera è stata successivamente rivestita in calcestruzzo predisponendo quanto necessario [1] per convogliare le acque allo sbocco



Fot. 1 - Acquedotto di Capofiume: Vista dal torrente Fiume delle acque di sfioro della galleria di presa costruita dalla « Cassa ».

ove è stato ubicato l'edificio di riunione e di carico della nuova condotta di raddoppio costruita dalla « Cassa » per il tronco sorgenti-monte Capezzoi.

È stato quindi possibile estendere il servizio dell'acquedotto fino a 15 comuni con 62 centri abitati della provincia di Frosinone, con popolazione complessiva al 1951 di 138.544 abitanti, secondo quanto segue:

Provincia di Frosinone	*Popolazione al 1951 (abitanti)*
Alatri	20.459
Arnara	2.871
Boville	7.873
Ferentino	16.328
Frosinone	24.688
Giuliano	2.843
Monte S. Giovanni	12.246
Morolo	3.453
Patrica	3.208
Ripi	7.748
Supino	5.423
Torrice	6.503
Villa S. Stefano	2.037
Ceccano	17.196
Pofi	5.668
Totale	138.544

È stato così studiato — proporzionandolo per i fabbisogni futuri sulla base di un coefficiente medio di incremento di popolazione, rispetto al 1951, del 40% circa e di dotazioni variabili da 60 a 150 l./ab./g. — il progetto generale dell'acquedotto il cui schema è costituito, sostanzialmente (Grafici 1 e 2) dalle nuove gallerie di presa delle sorgenti captate dalla « Cassa » e da un nuovo primo tronco di asta principale — in raddoppio a quello esistente del consorzio — fino al nuovo partitore di monte Capezzoi (a quota notevolmente più elevata di quello esistente, previsto di abbandonare); da questo primo tronco hanno inizio i due rami successivi: quello orientale già esistente a servizio di Alatri e Ferentino, e prolungato al di là del fiume Sacco con nuove condotte costruite dalla « Cassa » per alimentare altri cinque comuni e quello

[1] La presa nella parte terminale è predisposta in modo da escludere che l'abbassamento del livello piezometrico della falda sia spinto al di sotto di quello normale di magra della falda stessa.

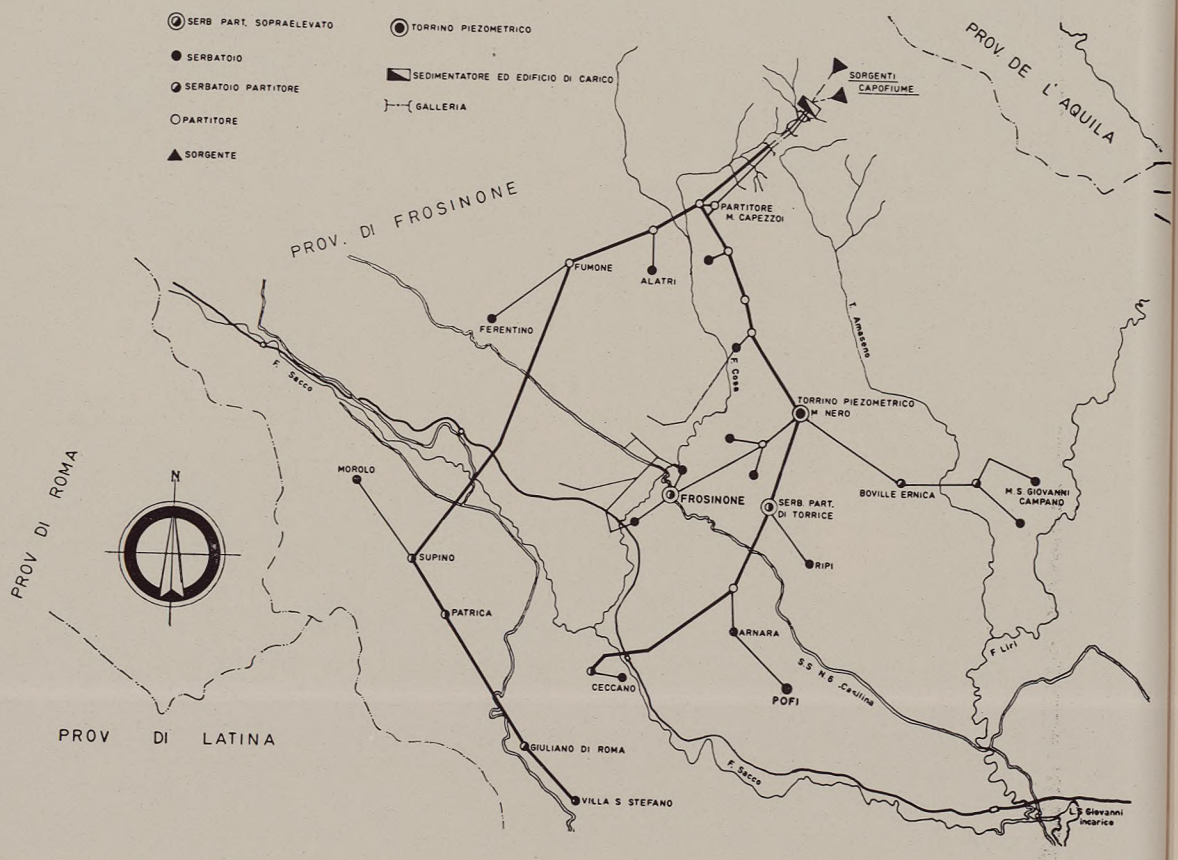


Grafico 1 - Acquedotto di Capofiume: Schema.

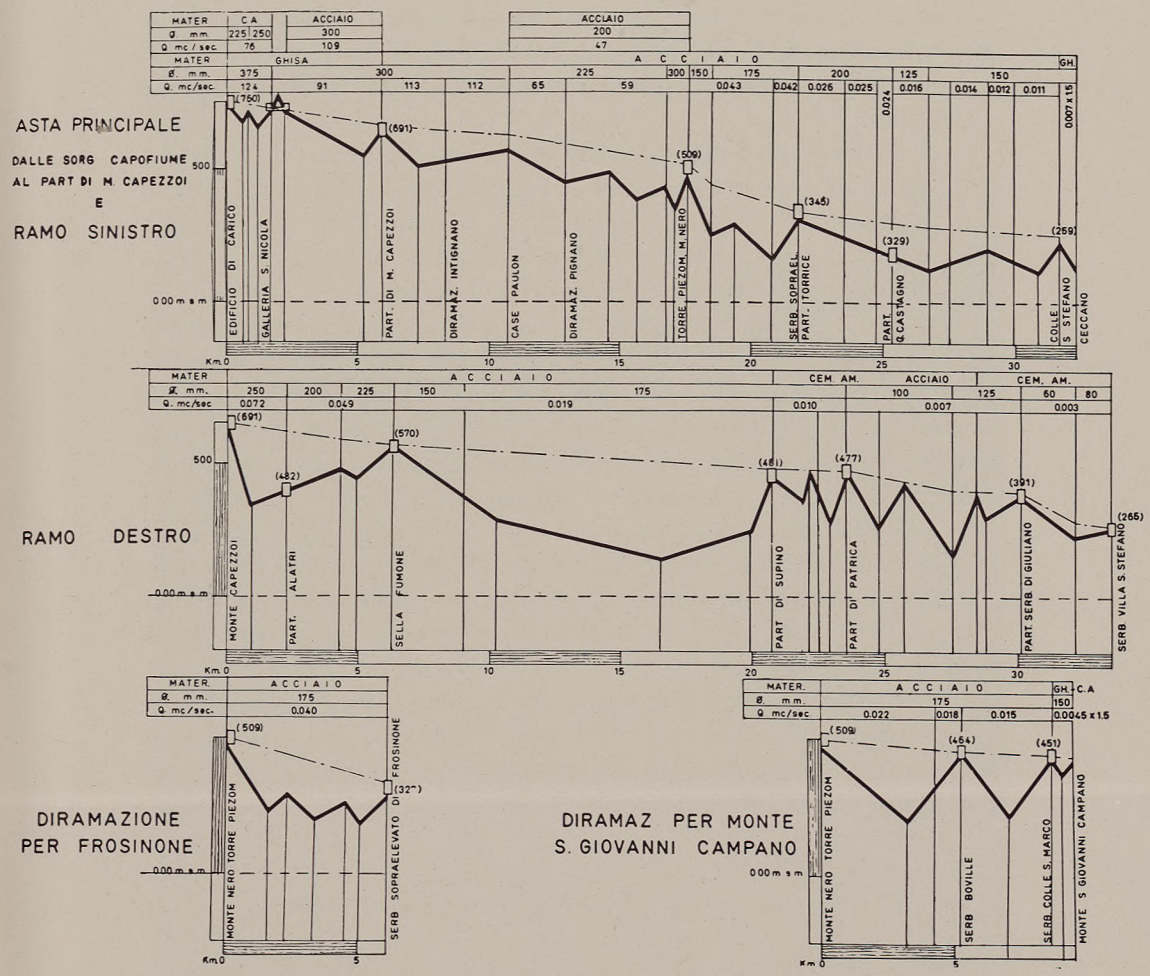


Grafico 2 - Acquedotto di Capofiume: Profili schematici.

occidentale fino ad un torrino-partitore a quota 485, dal quale hanno inizio le diramazioni per i rimanenti comuni da servire (e in parte previsto di collegare, con funzione di vettore, con l'acquedotto per Veroli e Castelliri). Le tubazioni sono in ghisa, acciaio e cemento amianto. È prevista una spesa complessiva di 2,3 miliardi di lire con costi unitari a l./sec. e ad abitante futuro rispettivamente pari a 11,5 milioni e 12.100 lire.

È da tener presente che, oltre gli abitati di Ferentino e Alatri, dispongono di acquedotti previsti di utilizzare in futuro anche gli abitati di Boville, Frosinone, Patrica, Ripi, Supino, Torrice, Ceccano e Pofi, per una portata totale di magra dell'ordine di 30 l./sec. Lo stato attuale della progettazione e dei lavori è il seguente:

— *progettazioni*: approvato il progetto di massima nonché numerosi lotti di progetti esecutivi. Sono in istruttoria altri progetti esecutivi stralcio per l'estensione dell'alimentazione ad alcuni centri abitati dei comuni serviti dall'acquedotto; come pure sono allo studio opere di completamento e sistemazione dell'acquedotto già esistente e di adeguamento per convogliare le maggiori portate fino al limite dei 200 l./sec.;

— *lavori*: per quanto riguarda lo stato dei lavori, le opere principali risultano ultimate ad eccezione di quelle del Comune di Pofi (Fot. 2-3).

La « Cassa » provvede con l'esercizio provvisorio delle opere da essa costruite e di quelle preesistenti del Consorzio ad alimentare 14 comuni della zona.

Infine sono in corso i lavori di costruzione della linea telefonica e di protezione catodica lungo le condotte in tubazioni di acciaio nonché quelli interessanti la estensione dell'acquedotto ad alcuni centri del Comune di M. S. Giovanni Campano.

2. - Sistema di aquedotti Val S. Pietro e Canneto

Il progetto presentato originariamente è stato profondamente modificato dalla « Cassa » dopo accurati studi ed indagini per accertare i fabbisogni dei vari comuni della zona interessata e le relative disponibilità sorgentizie.

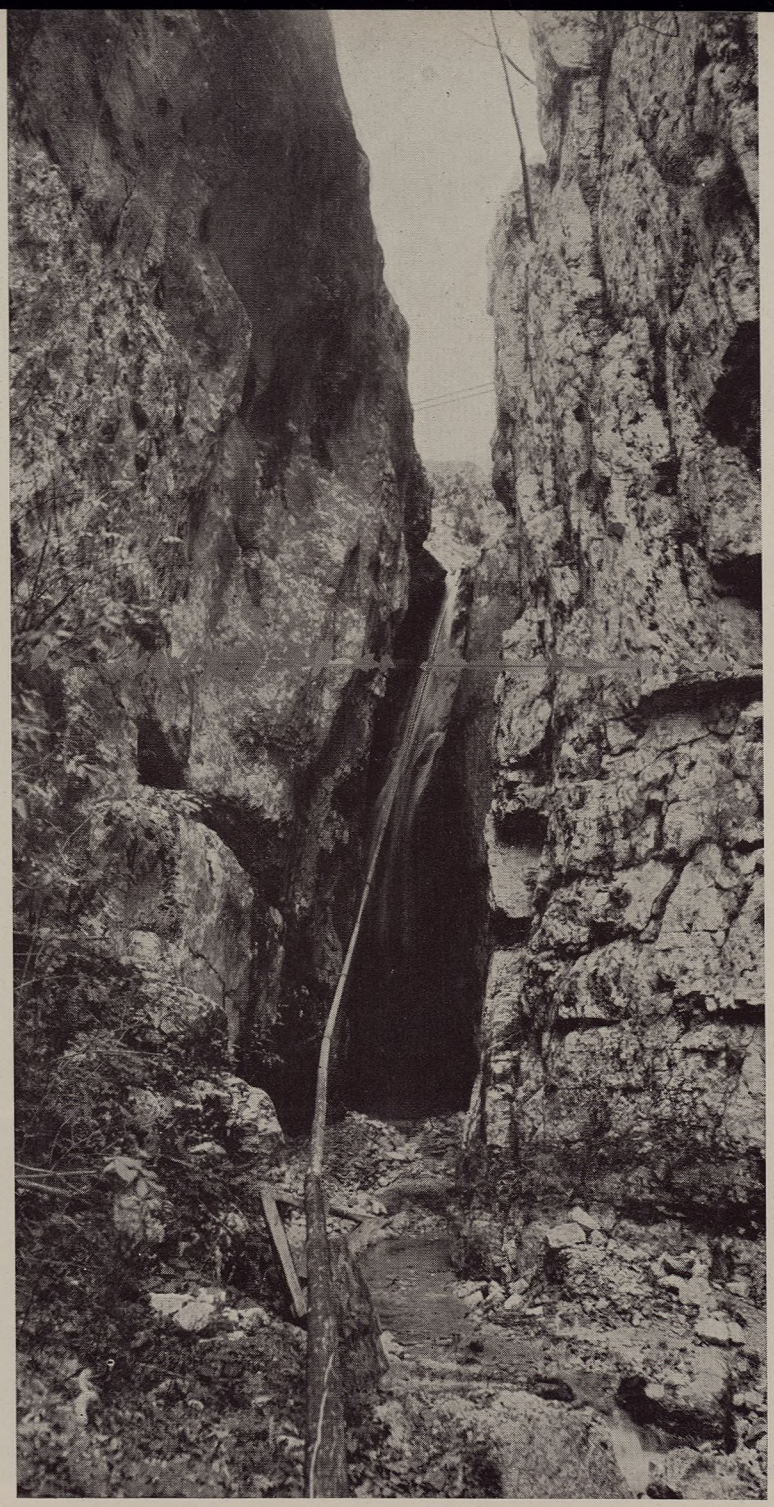
È stato così scisso l'acquedotto in due complessi nettamente distinti: uno, detto di Val S. Pietro, alimentato a gravità con acque delle sorgenti omonime, l'altro, detto Canneto, aggregato all'acquedotto degli Aurunci mediante utilizzazione del primo tronco di detto acquedotto per l'adduzione della maggior portata necessaria fino all'altezza del serbatoio di monte Piano. Il primo complesso è a servizio di 8 comuni



Fot. 2 - Acquedotto di Capofiume: Veduta della strada di servizio e del torrino piezometrico di M. Nero.



Fot. 3 - Acquedotto di Capofiume: Partitore-serbatoio sopraelevato di Torrice.



Fot. 4 - Acquedotto di Val S. Pietro: Parziale deviazione delle acque del torrente Lacerno durante l'esecuzione dei lavori di indagine alle sorgenti.



Fot. 5 - Acquedotto di Val S. Pietro: Parete esterna dell'edificio di carico dell'acquedotto allo sbocco della galleria di eduzione.

e 11 centri del Frusinate e il secondo di altri 9 comuni e 31 centri della stessa provincia.

Acquedotto Val S. Pietro. I comuni alimentati da questo acquedotto, con popolazione al 1951 di 40.309 abitanti sono:

	Popolazione al 1951 (abitanti)
Alvito	4.934
Brocco	2.261
Campoli	1.890
Fontechiari	2.143
Pescosolido	2.708
Sora	23.707
Vicalvi	1.116
Posta Fibreno	1.550
Totale	40.309

Le sorgenti, con portata di magra dell'ordine di 50 l./sec.; si manifestavano lungo l'alto corso del torrente Lacerno, che ha origine dal monte Cornacchia e sbocca nel fiume Liri, tra quote di m. 1.120 (sorgenti Forno) e m. 900, su un tronco lungo circa km. 1 frequentemente interrotto da piccole e grandi cascate essendo profondamente incassato tra pareti verticali di calcari. Il fondo del torrente è in genere ricoperto da ammassi di materiale detritico e alluvionale.

Sono stati condotti delicati e complessi lavori di indagine, per la necessità di separare i diversi gruppi di sorgenti della zona le cui acque — che fuoruscivano attraverso giunti di stratificazione (e fratture) separati gli uni dagli altri da grandi banchi compatti di calcare — venivano drenate dal torrente e ivi confusamente si mescolavano con le acque di monte, rendendo difficoltoso qualsiasi lavoro di suddivisione delle varie scaturigini, in gran parte ricoperte dal materiale detritico del fosso stesso. Particolare impegno è stato quindi necessario dedicare alla interpretazione dei risultati di numerosissime misure differenziali di portata istituite lungo il torrente, nei periodi di magra e di morbida, nonché dei frammentari lavori di ricerca inizialmente condotti, causa anche la riscontrata differenza di temperatura delle acque di alcuni gruppi di sorgenti (Fot. 4).

La captazione è stata assicurata con la costruzione di quattro distinti gruppi di gallerie, a quote diverse e in calcari di diversa compattezza, parzialmente poi collegate, a valle, con la galleria di eduzione di tutto l'acquedotto (Fot. 5); tutto ciò ha anche reso più agevole la sorveglianza dell'intero complesso Val S. Pietro, inizialmente molto precaria e difficoltosa.

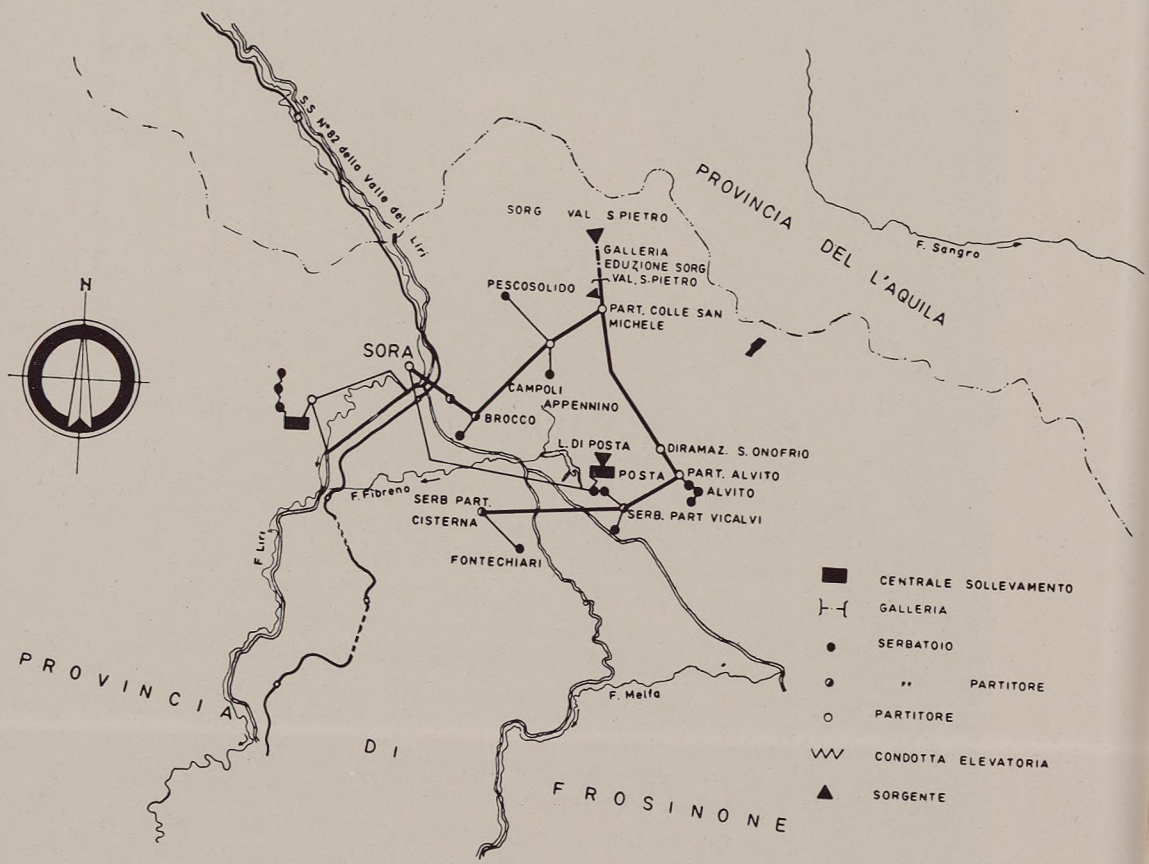


Grafico 3 - Acquedotto di Val S. Pietro: Schema.

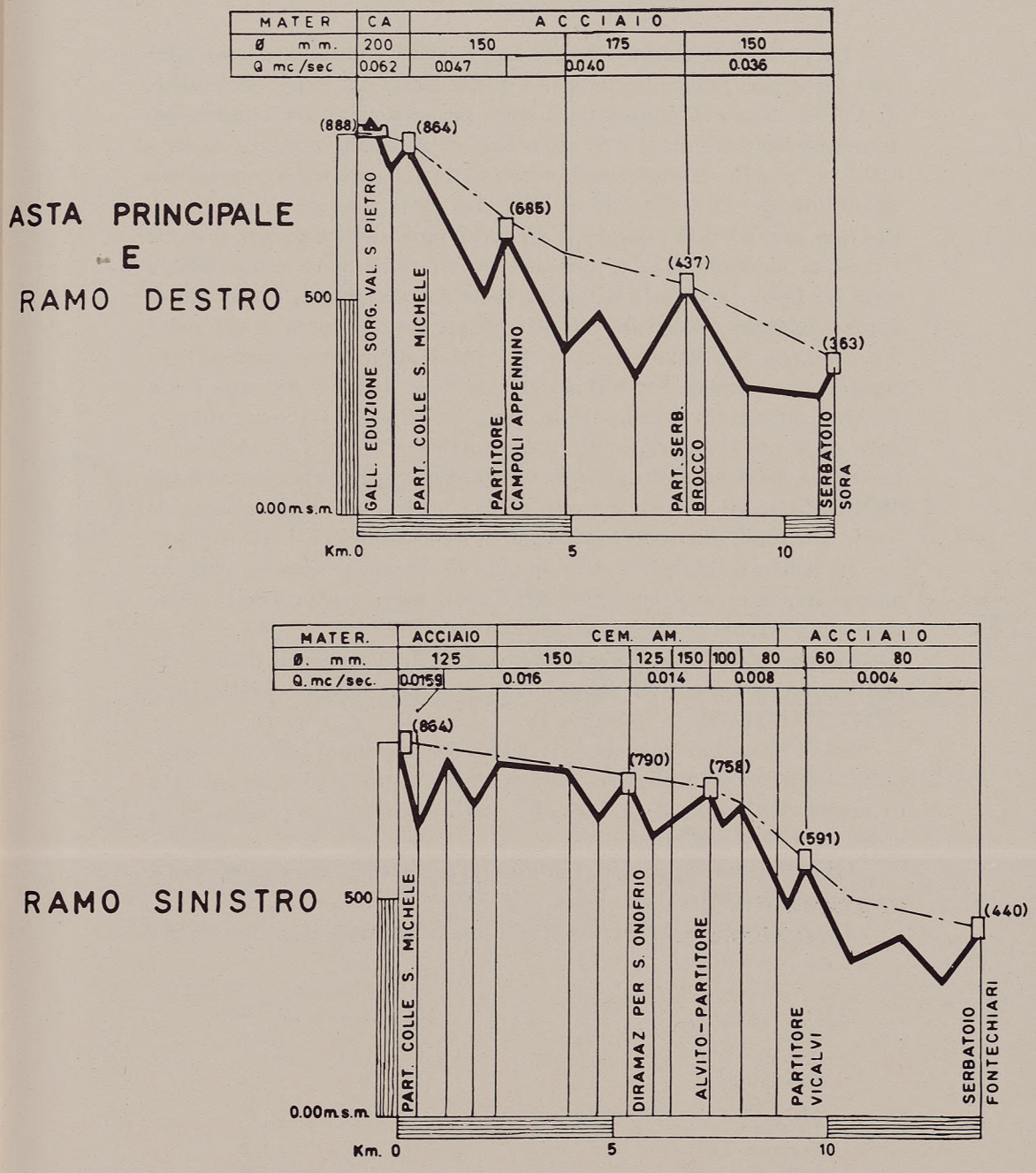


Grafico 4 - Acquedotto di Val S. Pietro: Profili schematici.

La portata di magra reperita con i lavori effettuati, è pari circa a 44 l./sec. cioè praticamente pari a quella totale del campo sorgentizio di Val S. Pietro. L'acquedotto è stato proporzionato per i fabbisogni futuri presunti all'anno 1985 sulla base di dotazioni variabili da 60 a 120 l./ab./g. e di un coefficiente medio di incremento della popolazione dell'ordine del 40% rispetto al 1951. La portata totale occorrente di 62 l./sec. sarà addotta totalmente a gravità dalle dette sorgenti, durante i mesi di morbida; mentre nei mesi estivi, riducendosi come detto a circa 44 l./sec. la portata di magra delle sorgenti stesse, è previsto di approvvigionare totalmente con dette acque tutti i comuni sopra detti. Fa eccezione il Comune di Sora, per cui è stato fatto luogo ad una integrazione parziale con acque derivate dalle sorgenti del lago Posta Fibreno, previamente sollevate di circa m. 90 e quindi convogliate a Sora mediante altro acquedotto della lunghezza di circa 10 chilometri. Lo schema dell'acquedotto prevede la captazione in galleria delle sorgenti Val S. Pietro ed un primo tronco di asta principale che si suddivide poi in due rami, uno verso Sora e l'altro verso Fontechiari (Grafici 3-4).

Le condotte adduttrici sono in tubi di acciaio e cemento amianto, mentre quelle di avvicinamento agli abitati sono in ghisa; dette opere sono state ultimate e messe in esercizio nel 1957.

La previsione di spesa complessiva è di 1.193 miliardi di lire con costi unitari a l./sec. e ad abitante futuro rispettivamente pari a circa 19.241.000 e 21.260 lire (Grafico 4).

Solo i comuni di Pescosolido e Alvito dispongono di esistenti acquedotti — previsti di utilizzare nello schema futuro — per una portata di magra dell'ordine di 5 l./sec. Lo stato attuale della progettazione e dei lavori è il seguente.

Progettazione: approvato l'originario progetto di massima generale e i progetti esecutivi delle opere principali.

Acquedotto Canneto. I comuni alimentati da questo acquedotto sono:

	Popolazione al 1951 (abitanti)
Arce	7.616
Arpino	10.381
Casalattico	1.124
Casalvieri	5.658
Ceprano	8.812
Fontana Liri	4.164
Isola Liri	12.550
Rocca d'Arce	1.586
Santo Padre	2.498
Totale	54.389

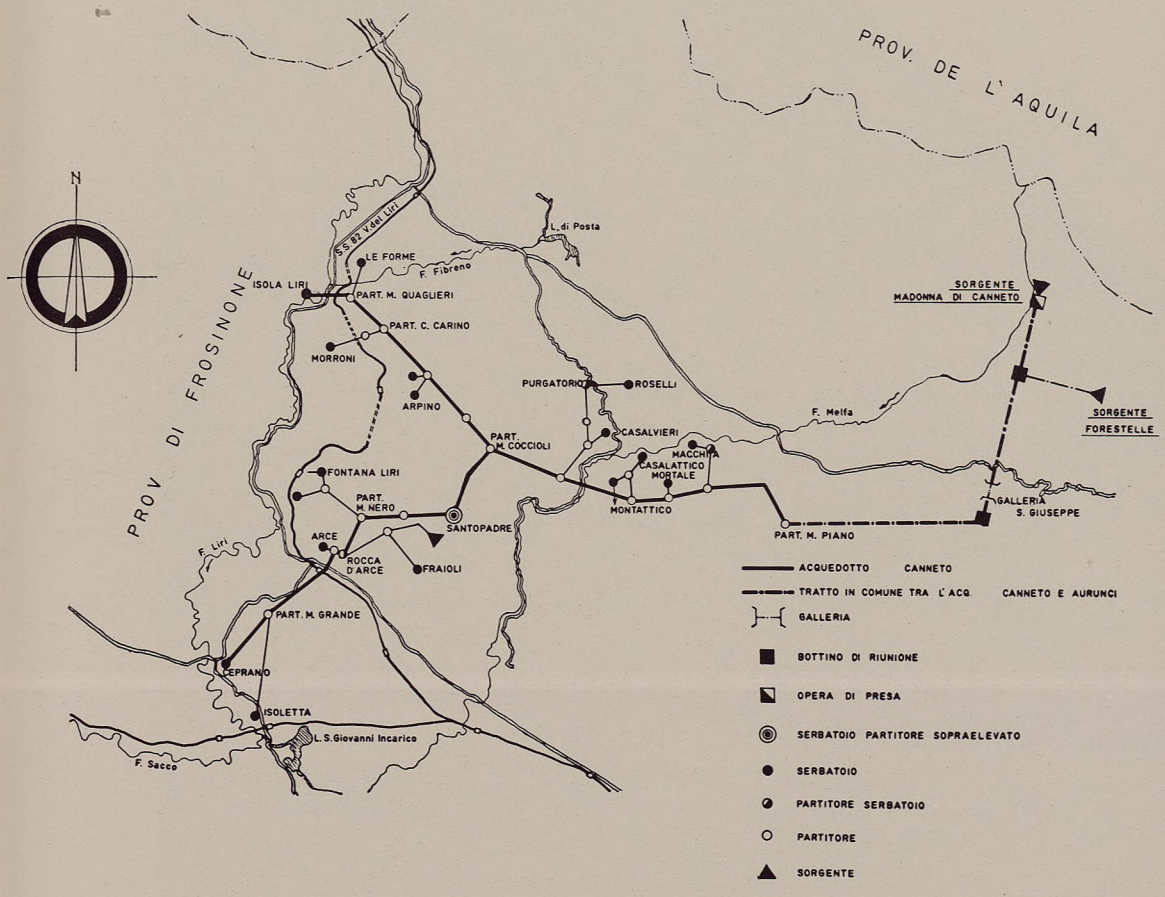


Grafico 5 - Acquedotto di Canneto: Schema.

CONDOTTA PRINCIPALE E RAMO DESTRO

RAMO SINISTRO

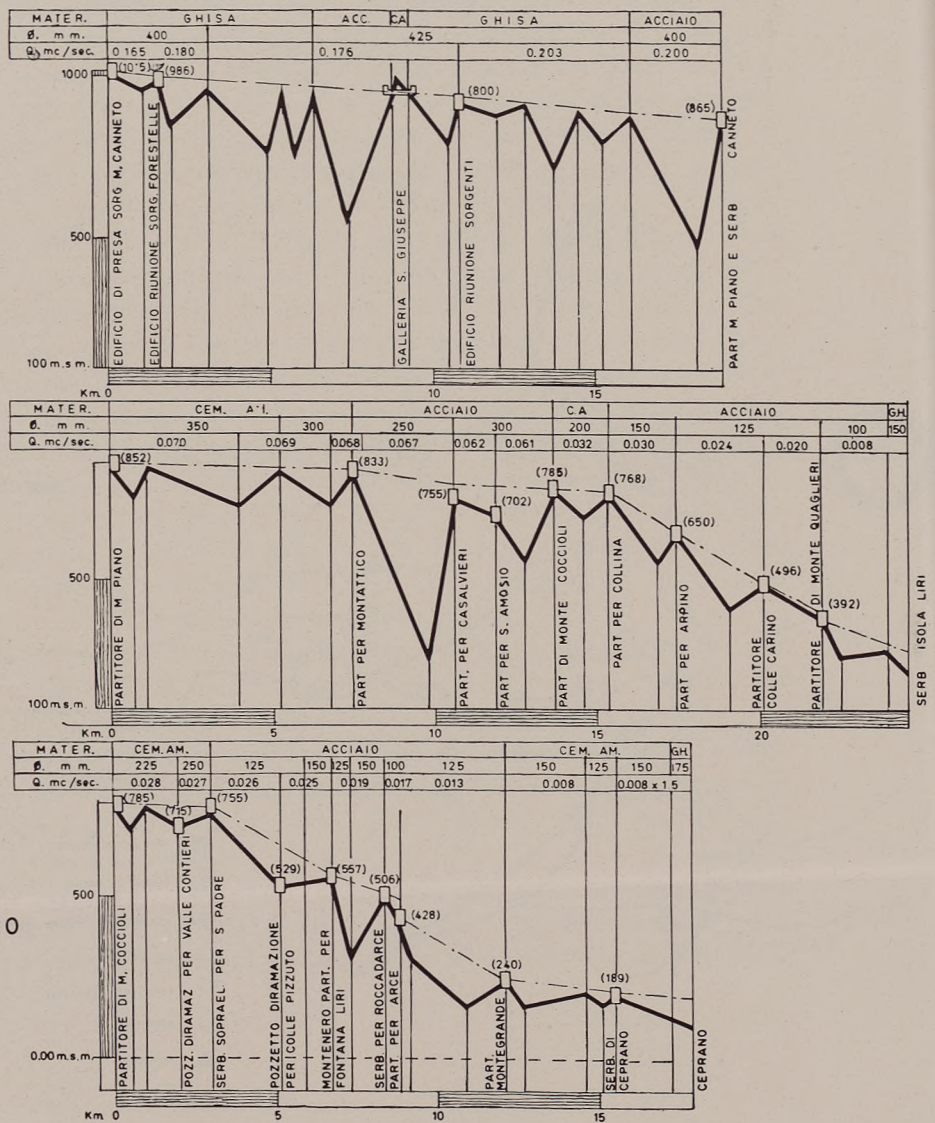
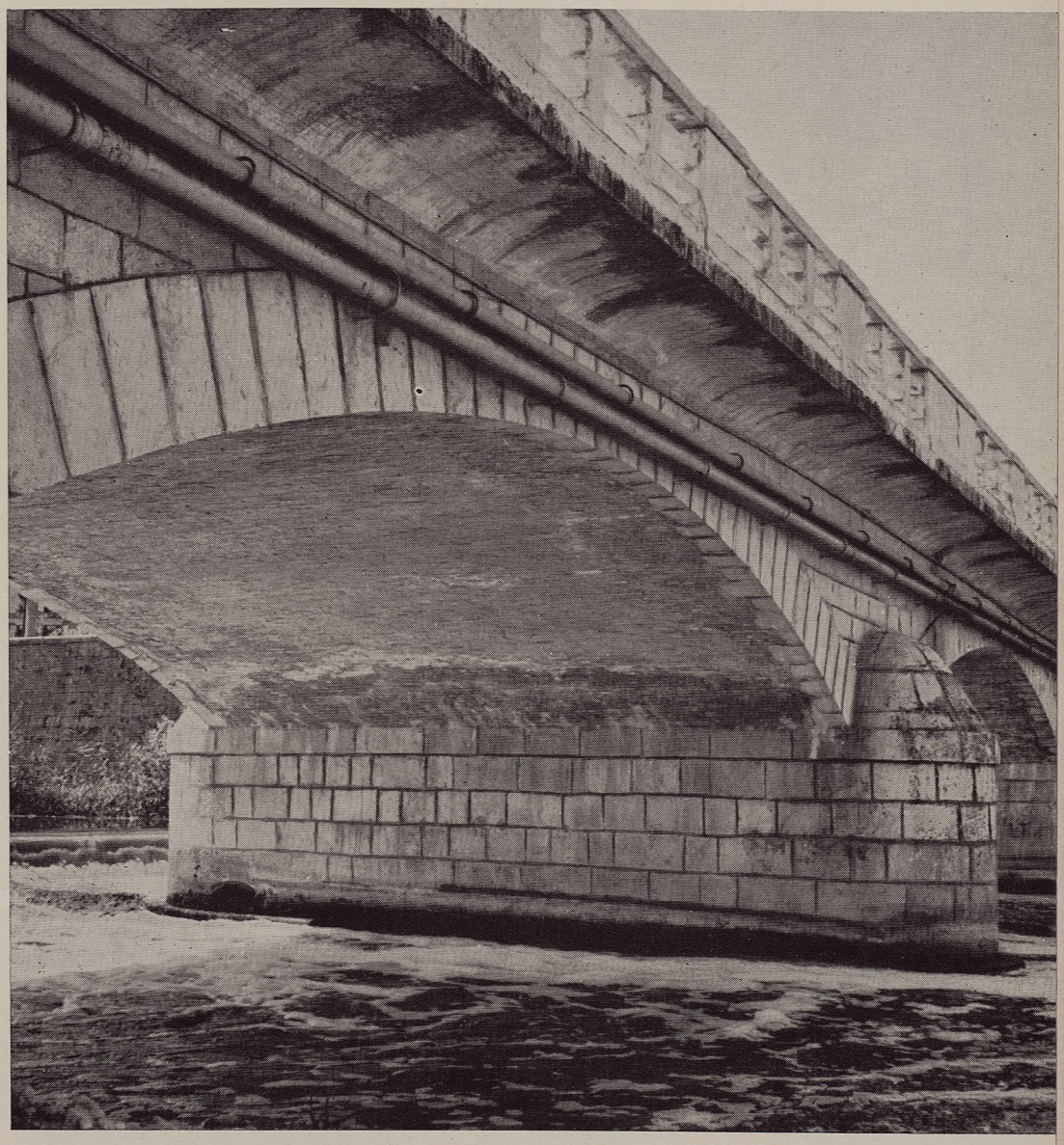
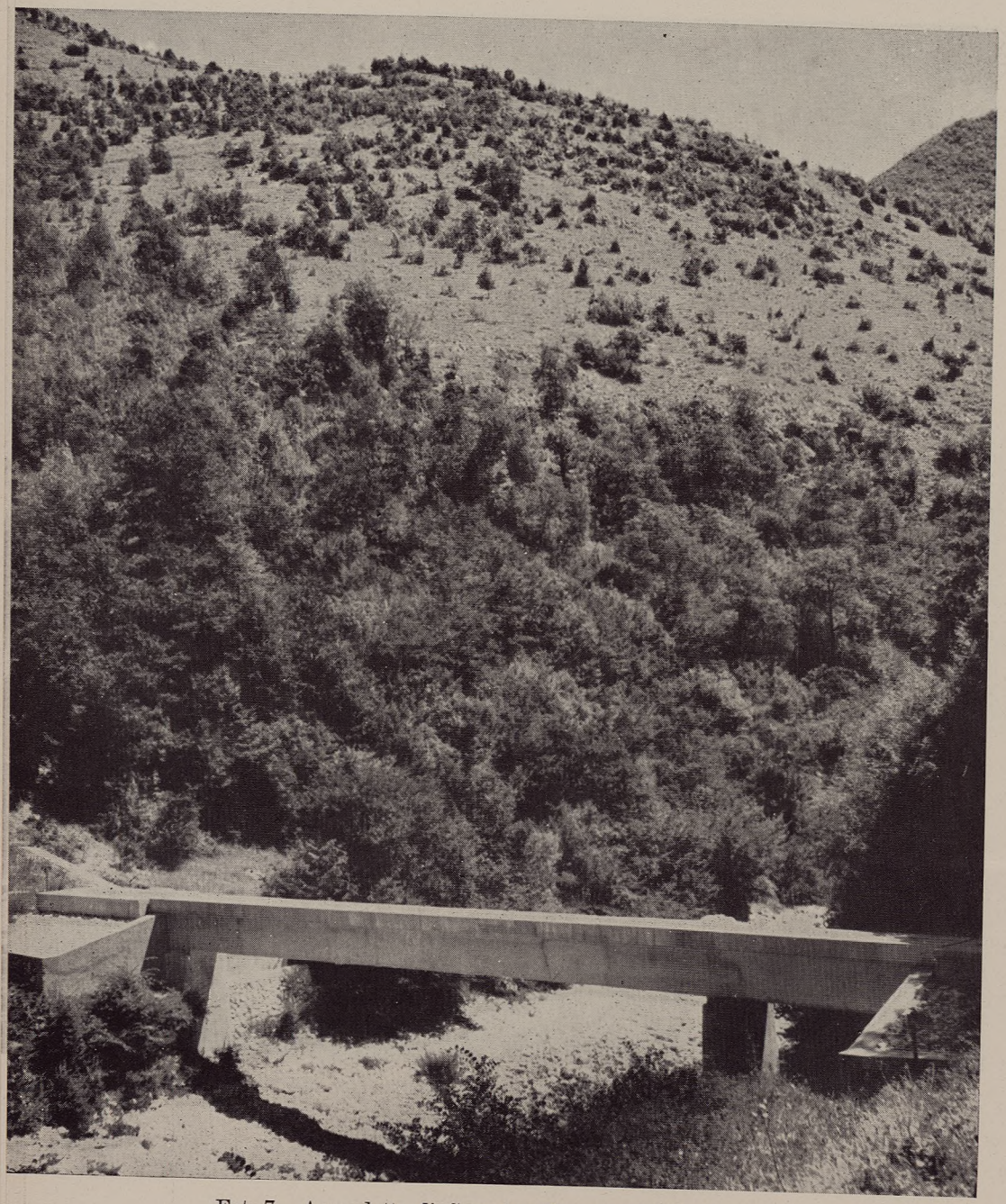


Grafico 6 - Acquedotto di Canneto: Profili schematici.



Fot. 6 - Acquedotto di Canneto: Attraversamento del fiume Liri utilizzando un ponte esistente.



Fot. 7 - Acquedotto di Canneto: Trave per l'attraversamento del fiume Melfa.

Detto acquedotto è stato proporzionato per i fabbisogni futuri presunti all'anno 1985 sulla base di un coefficiente medio di incremento di popolazione del 40% rispetto al 1951 e di una dotazione *pro capite* variabile da 60 a 120 l./ab./g. La portata totale occorrente, pari a circa 70 l./sec. è derivata dall'acquedotto degli Aurunci (Grafici 5-6).

Lo schema dell'acquedotto è costituito da un primo tronco di asta principale che si suddivide poi in due rami, uno verso Isola Liri e l'altro verso Arce. Le tubazioni delle condotte adduttrici sono in acciaio e in cemento amianto, in ghisa quelle delle condotte di avvicinamento. È prevista una spesa — compresa la quota di incidenza per il primo tronco in comune con l'acquedotto Aurunci — di circa 1,5 miliardi di lire, con costi unitari a l./sec. e ad abitante futuro rispettivamente pari a 21,4 milioni e 30.000 lire.

Solo i comuni di Rocca d'Arce e Ceprano dispongono di acquedotti esistenti, previsti di utilizzare nello schema di futura alimentazione, per una portata totale di magra di circa 5 l./sec. Lo stato dei progetti e dei lavori è il seguente.

Progetti: approvati il progetto di massima generale e quello esecutivo di tutte le opere.

Lavori: sono in corso lungo tutto l'acquedotto e si prevede di ultimarli entro il 1962; l'acquedotto entrerà in esercizio prima della fine di detto anno (Fot. 6-7).

3. - Acquedotto Verrecchie

Le acque delle sorgenti omonime, che alimentano da alcuni decenni gli acquedotti locali per Tagliacozzo e per la frazione Verrecchie di Cappadocia (L'Aquila), con portata presunta di magra dell'ordine di 80 l./sec. (Fot. 8) sono parzialmente visibili in tre distinte scaturigini. Queste sono localmente ricoperte con tre bottini in muratura, semplicemente appoggiati al versante montuoso e ubicate a poche decine di metri l'una dall'altra, all'inizio del fosso Verrecchie e dalle quali derivano le acque gli acquedotti sopra indicati (acque che, in alcuni casi, e specialmente dopo le prime violenti piogge, si intorbidano per un certo periodo di tempo).

Per effettuare, una captazione in sede geologica di tutte le acque di questo campo sorgentizio è stata costruita una galleria planimetricamente a « U », in destra fosso, con imbocco da valle a quota inferiore di circa 7 metri della più bassa delle scaturigini esistenti. La galleria



Fot. 8 - Acquedotto Verrecchie: Vista dello scarico delle acque delle sorgenti, dopo aver azionato un mulino locale.

è stata prolungata per circa 100 metri fino a drenare una portata di magra dell'ordine di 10 l./sec., senza però prosciugare alcune delle scaturigini già esistenti; la captazione della portata residua — che verrà eseguita mediante breve tronco di galleria orientato verso la polla principale — sarà effettuata in tempo successivo, e cioè quando saranno pronte le opere di valle dell'acquedotto Verrecchie, onde evitare che nel frattempo possano verificarsi deficienze di approvvigionamento idrico nei due esistenti acquedotti per l'abbassamento delle attuali quote di manifestazione.

Lo schema di normalizzazione studiato dalla « Cassa » prevede di sistemare gli acquedotti esistenti dei due comuni di Cappadocia e di Tagliacozzo [2]; prevede inoltre la costruzione di un nuovo acquedotto a servizio di altri 16 comuni (e 113 centri abitati) di cui 6 in Abruzzi e 10 nel Lazio. Di questi ultimi, 5 sono fuori della zona di competenza della « Cassa ».

		abitanti al 1951	
	Provincia di Rieti		
Entro zona « Cassa »	1) Borgo Collefegato	7.009	
	2) Fiamignano	4.270	
	3) Pescorocchiano	6.675	
	4) Petrella	4.493	
	5) Cittaducale (alcune frazioni)	2.500	
Fuori zona « Cassa »	6) Collalto Sabino	2.022	
	7) Collegiove	623	
	8) Marcetelli	723	
	9) Nespolo	904	
	Totale parziale		29.219
	Provincia dell'Aquila		
Entro zona « Cassa »	10) Cappadocia	2.330	
	11) Carsoli	6.803	
	12) Oricola	946	
	13) Pereto	1.175	
	14) Rocca di Botte	771	
	15) S. Marie	3.261	
	16) Tagliacozzo	10.209	
	17) Magliano dei Marsi	4.058	
	Totale parziale		29.453
	Provincia di Roma		
Fuori zona « Cassa »	18) Camerata Nuova		952
	Totale generale		59.724

[2] Per Tagliacozzo, alcune frazioni saranno alimentate anche con il nuovo acquedotto.

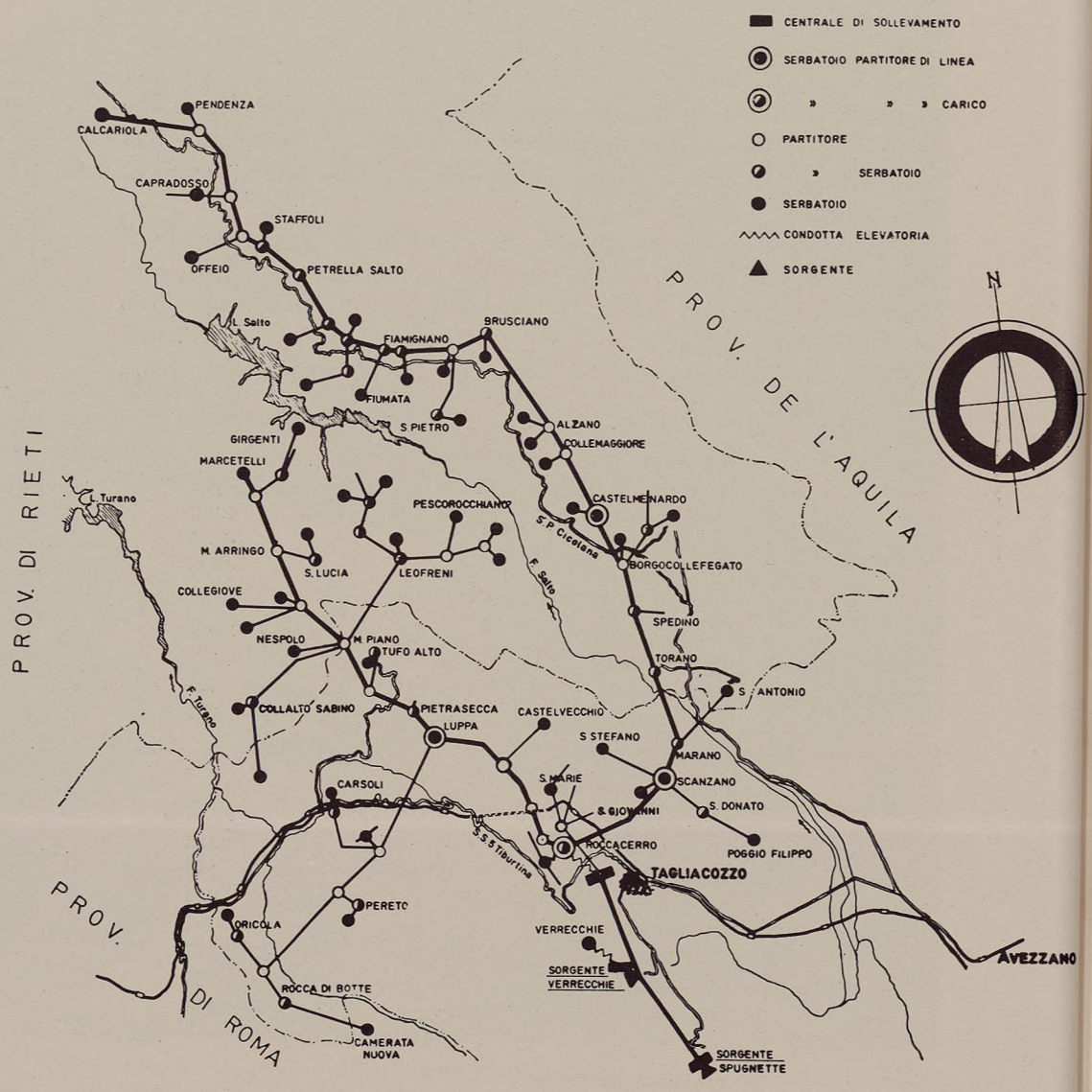


Grafico 7 - Acquedotto Verrecchie: Schema.

L'acquedotto è proporzionato ai fabbisogni presunti all'anno 2000, sulla base di un coefficiente di aumento di popolazione dell'ordine del 30% rispetto a quella del 1951 e di dotazioni variabili da 60 a 100 litri abitante al giorno (Grafico 7).

La portata totale occorrente, pari a circa 100 l./sec., sarà derivata dalle sorgenti Verrecchie nonché, per la parte integrativa eventualmente necessaria in futuro, dalle sorgenti Alto Liri che si manifestano nei pressi del capoluogo di Cappadocia, lungo l'opposto versante ove ha inizio il fiume Liri; è previsto che queste acque in seguito, previamente sollevate all'origine, e dopo alimentato il capoluogo e un altro centro di Cappadocia, siano convogliate fino all'edificio di carico del nuovo acquedotto Verrecchie (Grafico 8). Da questo ha inizio il primo tronco di asta principale, lungo qualche chilometro, in tubazioni di cemento armato, calcolato per una portata di 170 l./sec. che convoglia a gravità le acque fino in zona Roccerro, a quota circa m. 1000 s.l.m. ove, sfruttando una caduta di circa 230 metri, potrebbe essere realizzato un impianto per l'autosollevamento della portata necessaria al sovrastante serbatoio di carico generale dal quale hanno poi inizio i due rami principali. La realizzazione di questo impianto di autosollevamento è subordinata ad un più dettagliato accertamento delle portate erogate dalle sorgenti Verrecchie, dopo completate le opere di captazione (Fot. 9-10).

Le tubazioni sono in acciaio e cemento amianto, salvo l'accennato primo tronco in tubi di cemento armato; sono invece in ghisa quelle di avvicinamento ai singoli abitati. È prevista una spesa di circa 4 miliardi di lire, con costi unitari a l./sec. e ad abitante futuro rispettivamente pari a 40 milioni e 45.150 lire [3].

Lo stato delle progettazioni e dei lavori è il seguente.

Progettazioni: approvati il progetto di massima generale e i progetti esecutivi dei primi 8 lotti dell'acquedotto che interessano la costruzione delle opere iniziali e dei due rami dell'acquedotto. Rinviato, per ora, il progetto esecutivo del IX lotto (opere comprese tra i due gruppi di sorgenti Alto Liri e Verrecchie ed opere di costruzione dell'impianto di autosollevamento).

Lavori: in corso di ultimazione le opere dei primi 3 lotti esecutivi; in avanzata esecuzione quelle del IV lotto; appena iniziate quelle dei lotti successivi fino all'VIII.

[3] Valori così elevati di costi unitari si giustificano con l'assenza di manifestazioni sorgentizie entro la zona interessata e con il basso valore di densità di popolazione; ciò che, d'altronde, è confermato dall'assenza pressoché totale di ogni alimentazione in atto per la maggior parte dei comuni interessati e particolarmente per quelli del Cicolano.

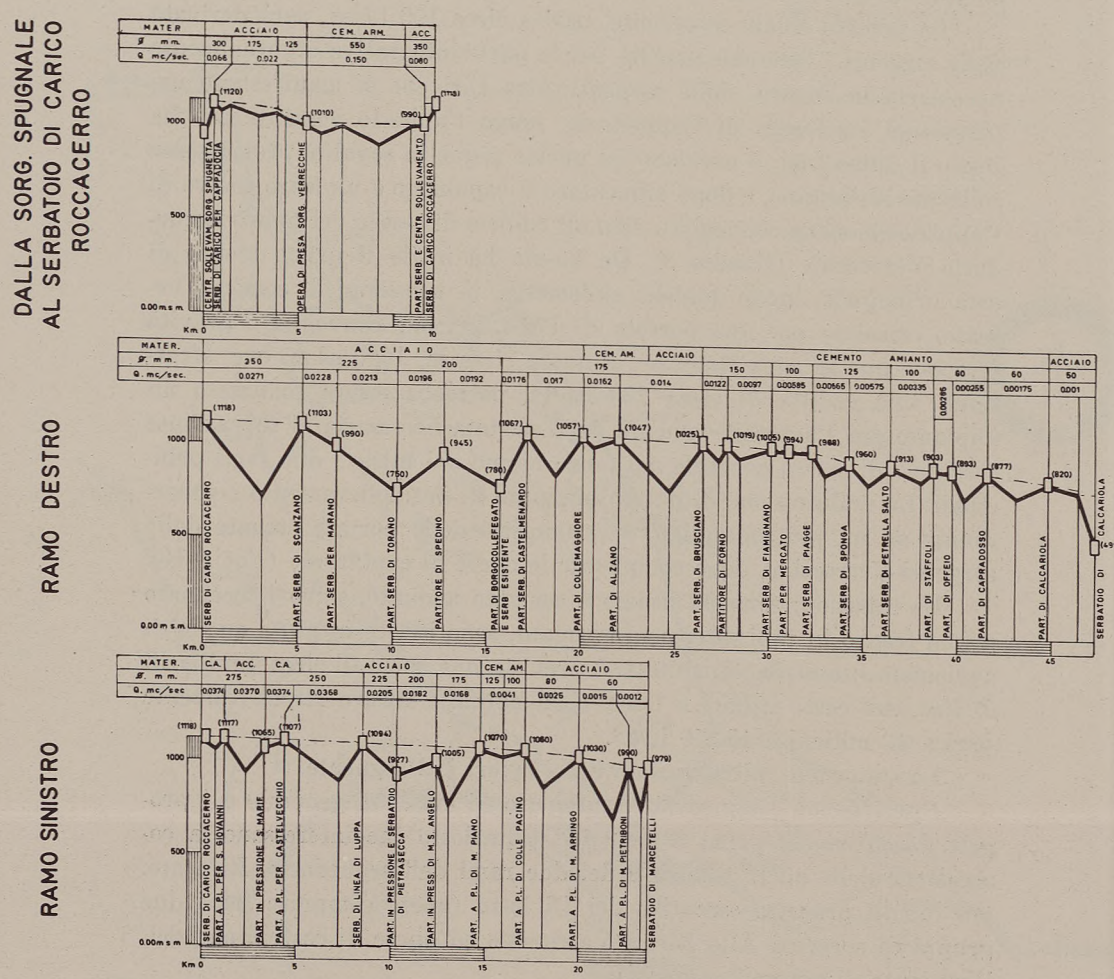


Grafico 8 - Acquedotto Verrecchie: Profili schematici.





Fot. 9 - Acquedotto Verrecchie: Vista da valle del primo tronco di asta principale che ha inizio dalle sorgenti Verrecchie, ed è costituito da tubi in cemento armato (diam. mm. 550).

Fot. 10 - Acquedotto Verrecchie: Vista da monte, durante la costruzione, della centrale di sollevamento di Roccacerro con annesso serbatoio di compenso.

4. - Sistema di acquedotti della zona settentrionale del Reatino (e zone adiacenti)

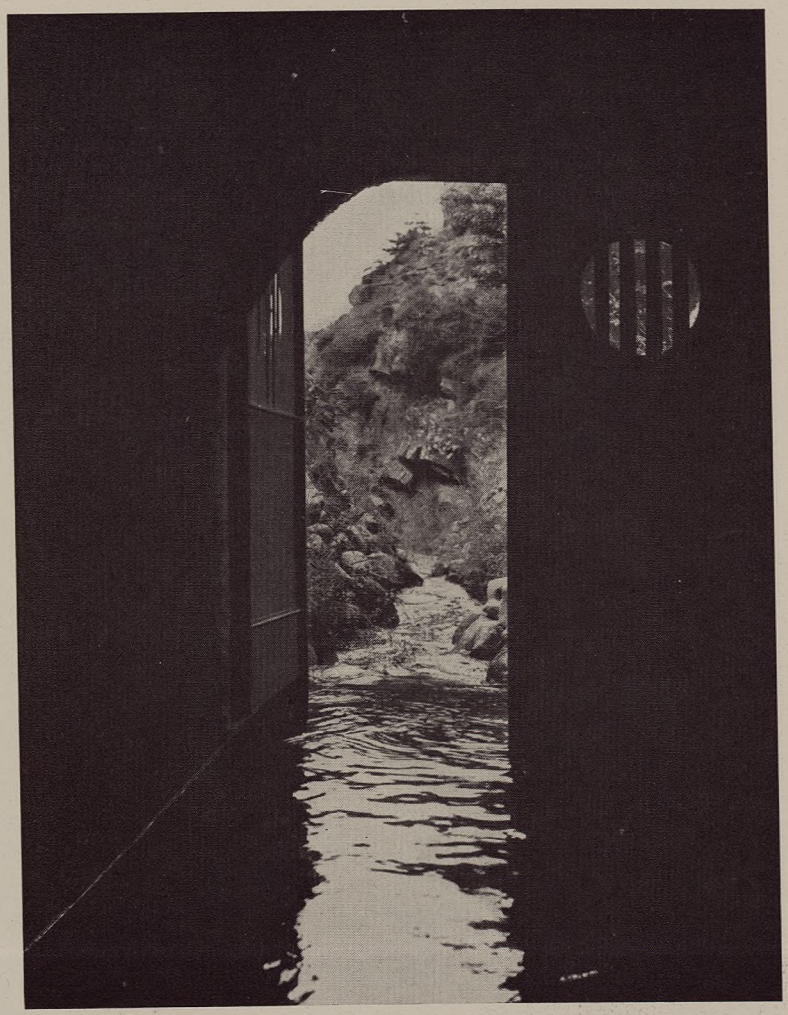
Sorgenti. Sono stati anzitutto condotti lavori preliminari di indagine, e quelli successivi di captazione, ai vari gruppi di sorgenti della zona interessata (uno in Comune di Cittareale, uno di Accumuli e uno di Amatrice); non sono stati iniziati, invece, quelli di un secondo gruppo di sorgenti in territorio di Amatrice (sorgenti Settefonti) perché le relative acque già alimentano l'esistente acquedotto del capoluogo; sono stati anche eseguiti lavori di indagine ad un gruppo di manifestazioni di acque in comune di Campotosto, lungo l'emissario di quel lago artificiale, tributario del fiume Tronto; lavori che sono stati peraltro successivamente sospesi essendo stato accertato che trattavasi di manifestazioni originate da perdite dello stesso lago artificiale.

Le sorgenti Caprini (Comune di Amatrice) si manifestavano lungo il torrente Molinaro, entro un materasso di materiale detritico e alluvionale.

È stata costruita una galleria lunga circa 160 metri, in destra del fosso, a quota inferiore a quella del corrispondente profilo longitudinale del fosso stesso; entro questa galleria sono state riunite, in sede geologica, le acque di origine sorgentizia della zona, con il conseguente risultato di disporre di una portata di magra notevolmente superiore a quella originariamente attribuita a quel campo sorgentizio, sulla base delle interpretazioni dei risultati di misure differenziali di portata condotte lungo il fosso stesso negli anni precedenti (Fot. 11).

Le acque delle sorgenti Acqua Santa (Comune di Cittareale) si manifestavano originariamente sparse lungo il versante del colle omonimo e, più a valle, davano origine alla corrente superficiale di un fosso locale, tributario del Velino; i successivi lavori di indagine hanno condotto alla costruzione di una galleria, entro la montagna e in direzione normale al versante, lunga circa m. 70; al termine di essa sono state concentrate, in sede geologica, tutte le acque di origine sorgentizia della zona (Fot. 12).

Le acque delle sorgenti Laghetto (Comune di Accumuli) venivano a giorno, alla base di un notevole cono detritico della zona di Terracino, e davano origine ad un piccolo fosso locale scavato entro terreni costituiti da detriti e ad alto contenuto argilloso lungo il quale la portata aumentava fino a raggiungere, in zona notevolmente più bassa, a fondo valle, valori dell'ordine di 10 l./sec. in magra. Opportuni studi e accer-



Fot. 11 - Acquedotti del Reatino settentrionale: Vista delle acque delle sorgenti Caprini allo sbocco della galleria di presa costruita dalla Cassa per il Mezzogiorno.



Fot. 12 - Acque delle sorgenti Acquasanta, a valle della galleria di presa costruita dalla « Cassa ».

tamenti geologici e geofisici e la contemporanea sistematica assunzione dei dati di precipitazione atmosferica e delle variazioni di portata del fosso, hanno condotto a costruire, a quote gradualmente più elevate, alcuni tronchi di cunicoli in galleria entro l'accennato cono detritico e in direzione normale al versante per raggiungere, dopo attraversato il materiale detritico, la sede geologica di manifestazione delle acque sorgentizie; il più elevato tronco di galleria, a quota di circa 50 metri sopra l'affioramento originario, lungo circa 60 metri (al termine del quale sono state concentrate in sede geologica tutte le acque sorgentizie della zona), costituisce oggi l'opera di captazione di quelle sorgenti la cui portata di magra si è rivelata superiore anche a quella precedentemente misurata lungo il fosso accennato (Fot. 13).

Opere di adduzione. Lo studio dello schema dell'acquedotto ha interessato le province di Rieti e l'Aquila; è così derivata la necessità di far luogo alla costruzione di un sistema di acquedotti a servizio di 7 comuni (112 centri abitati) e che si elencano di seguito (5 di Rieti e 2 dell'Aquila).

		Abitanti al 1951
Provincia di Rieti		
1) Accumuli		2.239
2) Amatrice		6.566
3) Borbona		1.752
4) Cittareale		1.312
5) Posta		1.919
	Totale	13.788
Provincia dell'Aquila		
1) Cagnano Amiterno		2.898
2) Montereale		6.657
	Totale	9.555
	Complesso	23.343

È proporzionato ai fabbisogni presunti all'anno 2000 sulla base di un coefficiente di aumento di popolazione dell'ordine del 30% rispetto al 1951 e di una dotazione variabile da 60 a 100 l./ab./g.

La portata occorrente, pari a circa 80 l./sec. è prevista di derivare dai suddetti 4 gruppi di sorgenti, opportunamente collegati come sarà detto. Lo schema di questo sistema di acquedotti prevede, anzitutto, la costruzione di un acquedotto locale per la zona più bassa del comune di Amatrice tra cui il capoluogo (previo distacco di quest'ultimo dal-



Fot. 13 - Acque delle sorgenti Laghetto all'altezza della vasca di misura.

l'acquedotto delle sorgenti Settefonti, destinate ad alimentare zone più elevate); prevede poi la costruzione di due rami di un nuovo grande acquedotto, opportunamente collegati lungo il percorso; il sinistro, alimentato a gravità con acque delle sorgenti Settefonti — integrate a sollevamento, quando necessario con le sorgenti Caprini — serve la zona alta di Amatrice e i due comuni dell'Aquilano; il destro serve a gravità i rimanenti comuni ed è alimentato con acque dei due gruppi di sorgenti che si manifestano nei comuni di Accumuli e Cittareale. Le tubazioni sono in acciaio e cemento amianto; la ghisa è utilizzata per le condotte di avvicinamento dai serbatoi agli abitati (Grafici 9-10).

È prevista una spesa di circa 2,7 miliardi di lire con costo unitario a litro secondo e abitante futuro servito rispettivamente pari a 33,75 milioni e 48.600 lire.

Lo stato attuale della progettazione e dei lavori è il seguente.

Progettazione: approvato il progetto di massima generale, in corso di elaborazione i progetti stralci esecutivi per la costruzione di tutta l'opera.

Lavori: completati i lavori di indagine e di captazione ai tre gruppi di sorgenti Caprini (Amatrice), Laghetto (Accumuli) e Acqua Santa (Cittareale).

5. - Acquedotto del Terminillo

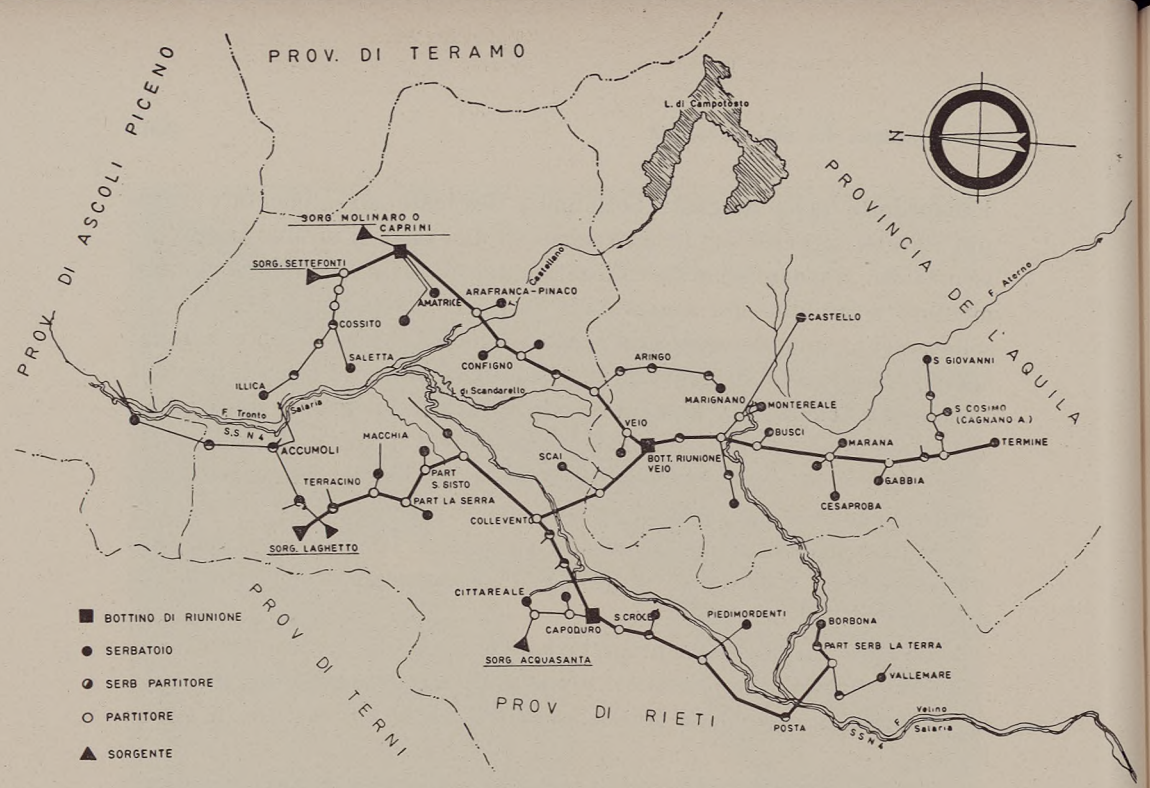
Convoglia a quel centro turistico le acque di due gruppi di sorgenti (Cavalli e Porcini) che si manifestano a quote rispettive di m. 1.560 e m. 1.450 circa lungo il versante Sigillo. Detto versante è separato da quello del Terminillo dalla sella Sigillo, a quota m. 1.930 circa, prevista di attraversare con l'acquedotto mediante la perforazione di apposito cunicolo in galleria a quota di m. 1.750 circa, lungo circa m. 400 (Grafici 11-12).

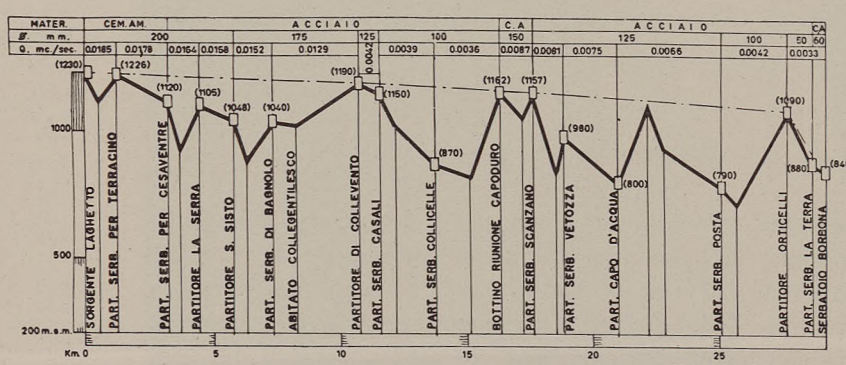
È stata così prevista la costruzione delle seguenti opere:

a) *versante Sigillo* (oltre le opere di captazione):

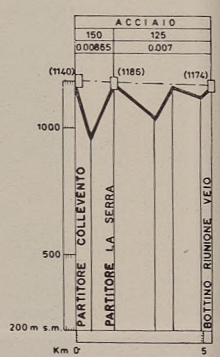
— doppia condotta adduttrice per convogliare a gravità le acque dei due gruppi di sorgenti alle rispettive centrali di sollevamento (e annessi serbatoi di compenso);

— centrali di sollevamento Cavalli e Porcini e serbatoi annessi, alle rispettive quote di m. 1.550 e m. 1.540 circa, in galleria, per sollevare al serbatoio Cavalli le acque Porcini ed al serbatoio del cunicolo di valico le acque di ambedue le condotte;

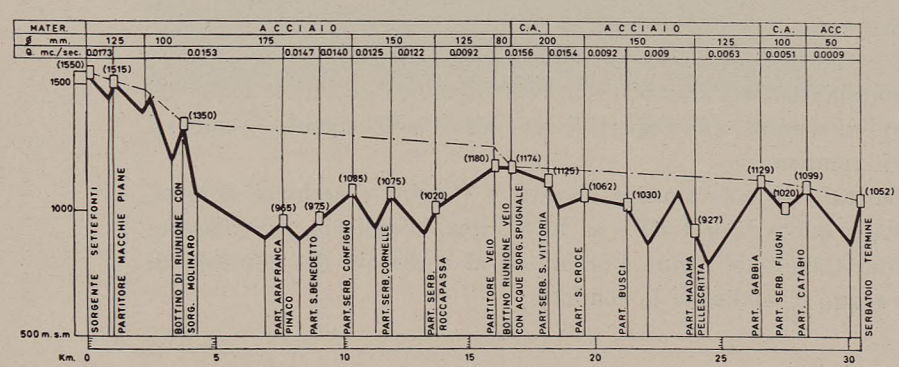




RAMO DESTRO

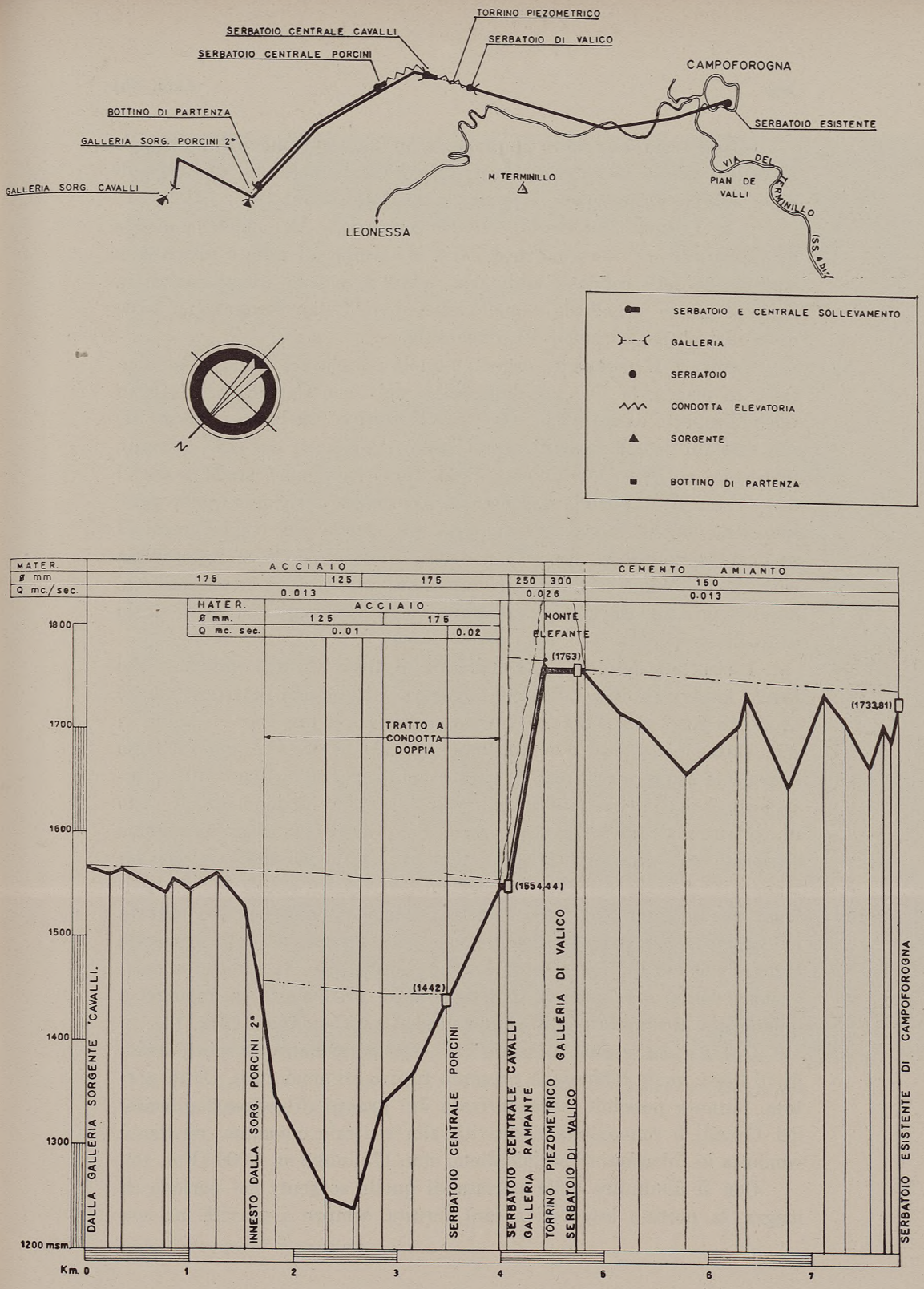


CONDOTTA DI COLLEGAMENTO



RAMO SINISTRO

Grafici 9 e 10 - Acquedotti del Reatino settentrionale: Schema e profili schematici.



Grafici 11 e 12 - Acquedotto del Terminillo: Schema e profili schematici.

— cunicolo rampante in galleria in prosecuzione della centrale Cavalli e fino al detto cunicolo di valico (per superare il dislivello di circa 215 metri) nel quale è posata la condotta elevatoria.

b) *Versante Terminillo.* Oltre la costruzione del suddetto cunicolo di valico e di un serbatoio in galleria al termine di esso, è prevista la costruzione della condotta adduttrice per il successivo collegamento tra detto serbatoio in galleria e quello esistente di Campoforogna (m. 1.700 circa) del centro turistico del Terminillo.

Sorgenti. Il gruppo di sorgenti a quota più elevata (Cavalli) alimentava, in magra, la corrente superficiale del fosso Cavalli, per la gran parte ricoperto da materiale detritico; il gruppo più basso (Porcini II) era rivelato da affioramenti sparsi lungo il versante del colle Porcini, in terreni ad alto contenuto argilloso. Dopo prolungati studi geologici e accertamenti di portata e di precipitazioni atmosferiche in quelle zone, sono stati iniziati i lavori di indagine. Le sorgenti del colle Porcini II sono state riunite in apposita galleria, lunga circa 50 metri, scavata entro la montagna in direzione normale al versante; la stessa galleria, opportunamente rivestita e sistemata, costituisce oggi l'opera di presa di quelle sorgenti.

I risultati dei lavori di indagine al fosso Cavalli, invece — che hanno interessato scavi di cunicoli lungo il materasso detritico nonché di alcuni pozzi spia — hanno condotto a variare le previsioni originarie; sono state cioè sospese, dopo un lungo periodo, le ricerche lungo il fosso stesso e le acque sorgentizie di quel bacino reperite mediante il successivo scavo dell'ultimo tronco dell'acquedotto che, inizialmente previsto di costruire all'aperto per aggirare, dopo circa 500 metri, il costone compreso tra i due fossi Cavalli e Camini, è stato poi sostituito con un tronco in galleria di attraversamento del costone stesso. Questa galleria, con imbocco dal fosso Camini, dopo circa 130 metri è entrata nel bacino sotterraneo di alimentazione delle sorgenti Cavalli drenando l'intera portata di magra di quel campo sorgentizio; la successiva derivazione dell'acqua lungo la galleria è stata predisposta in analogia a quanto già accennato per il campo sorgentizio Capofiume (Fot. 14).

Opere di adduzione. L'acquedotto è proporzionato per una portata di 13 l./sec. quale fabbisogno presunto futuro all'anno 2000. Detta portata, fintanto possibile, sarà derivata dai gruppi di sorgenti più alte dei Cavalli e convogliata a gravità alla centrale omonima, mediante condotta in tubazioni di acciaio diam. mm. 175 lunga m. 4.000 (Fot. 15).

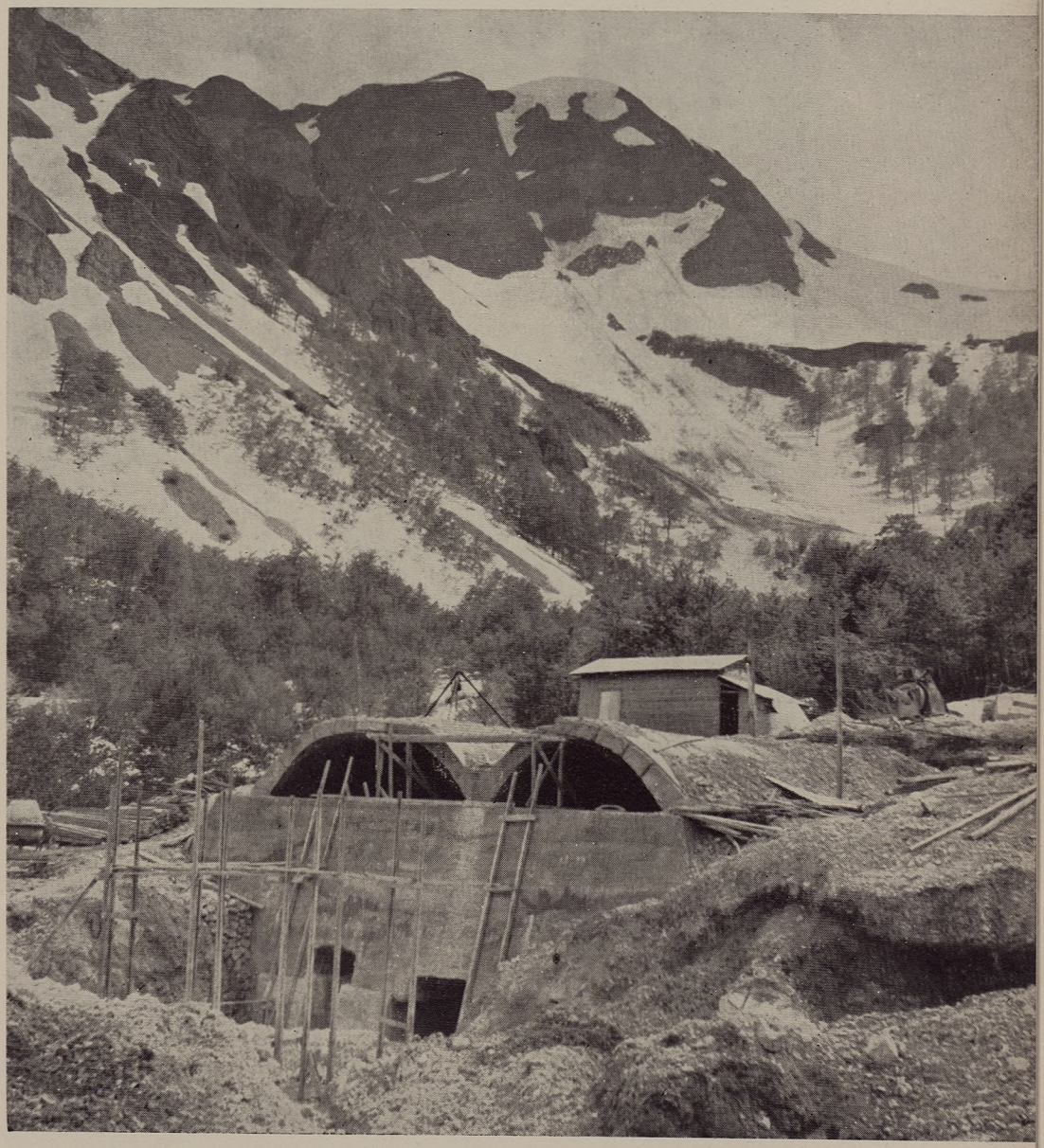
Con il diminuire della portata di quelle sorgenti nel periodo di magra, la portata integrativa sarà fornita, sempre a gravità ma con



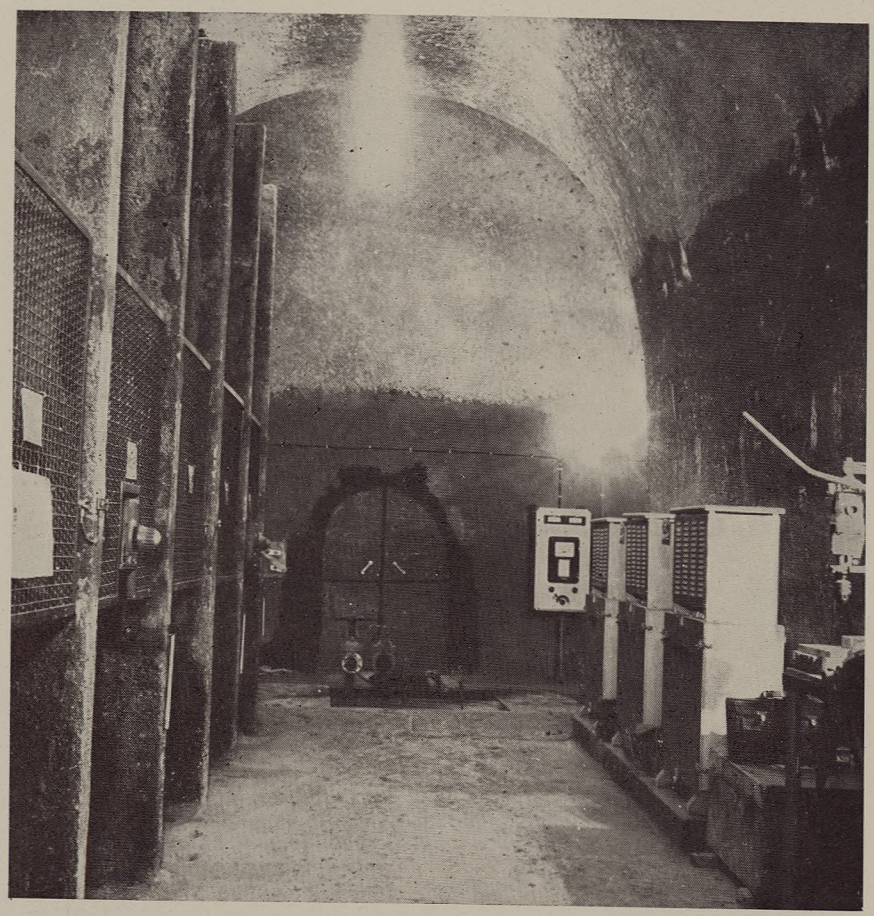
Fot. 14 - Acquedotto del Terminillo: Vista da valle del tronco in galleria per l'attraversamento del costone.



Fot. 15 - Acquedotto del Terminillo: Vista da valle di un tronco dell'asta principale tra i due gruppi di sorgenti Cavalli e Porcini.



Fot. 16 - Acquedotto del Terminillo: Vista da valle del serbatoio Porcini durante la costruzione.



Fot. 17 - Acquedotto del Terminillo: Centrale di sollevamento Cavalli in galleria; in fondo si scorge la porta da cui ha inizio il cunicolo rampante.





Fot. 18 - Acquedotto del Terminillo: Vista verso l'alto del cunicolo rampante nel quale ha sede la condotta elevatoria.
Fot. 19 - Acquedotto del Terminillo: Sbocco del cunicolo rampante nella galleria orizzontale di valico (durante la costruzione).

arrivo alla centrale Porcini, dal gruppo di sorgenti più basse (Porcini) fino ad arrivare, se necessario, ai 13 l./sec. totali, mediante condotte in tubazioni di acciaio del diametro di 125 e 175 mm. lunghe rispettivamente m. 1.241 e 620 poste nello stesso cavo della prima.

La centrale Porcini — adiacente ad un serbatoio di compenso di 450 mc. (Fot. 16) — è costituita da 3 gruppi di elettropompe, ciascuno per la portata di 10 l./sec. e per la prevalenza di m. 115; quella Cavalli (Fot. 17), con adiacente serbatoio di mc. 750, è costituita parimenti da tre gruppi elettropompe ciascuno per Q = l./sec. 13 e H = m. 216; in questa ultima centrale l'energia arriva in AT — tramite cavo posto lungo la platea delle gallerie di monte — e vi hanno sede, oltre 4 trasformatori, il quadro comando e le apparecchiature particolari.

Le acque sono poi sollevate mediante condotta in tubazioni di acciaio del diametro di 250 mm. lunga m. 435 posta entro apposito cunicolo rampante (con pendenza media del 60%) che costituisce agevole accesso alle opere dell'acquedotto particolarmente durante i periodi invernali (Fot. 18-19). L'acqua sollevata arriva ad un torrino, a pelo libero, ubicato all'inizio del cunicolo di valico dal quale parte una condotta in tubi di cemento amianto del diametro di 300 e 150 mm. interrotta da un serbatoio che sbocca a quello esistente di Campoforogna dal quale si alimenta la rete del centro turistico.

È prevista una spesa di circa 480 milioni di lire con costo unitario a litro secondo e ad abitante futuro pari a 37,1 milioni e 80 mila lire.

Lo stato attuale delle progettazioni e dei lavori è il seguente:

Progettazioni: ultimate.

Lavori: praticamente ultimati, salvo il completamento di alcune opere di rifinitura.

Dott. Ing. Mario Crocco

capo dell'ufficio acquedotti dell'abruzzo
del servizio acquedotti e fognature della « cassa »

GLI ACQUEDOTTI DEGLI ABRUZZI E DEL PICENO

Con la collaborazione del dott. ing. Alfonso Visconti.

1

PREMESSE

1. - Territorio di intervento

Il territorio di intervento della « Cassa » che forma l'oggetto di questa relazione comprende per intero le quattro province abruzzesi di Chieti, L'Aquila, Pescara e Teramo e quella porzione della provincia marchigiana di Ascoli Piceno che è inclusa nel comprensorio di bonifica del fiume Tronto. Il confine nord-occidentale di tale comprensorio rappresenta anche l'estremo limite settentrionale del territorio di intervento della « Cassa » nell'Italia continentale.

In base ai risultati del censimento del 1951, il territorio delle quattro province abruzzesi include 299 comuni [1] con 1.277.207 abitanti, coprendo una superficie di 10.787 kmq.; quello del Piceno, incluso nel comprensorio di bonifica del fiume Tronto, 25 comuni con 164.178 abitanti, coprendo una superficie di 1.013 kmq.: complessivamente, pertanto, la zona in esame include 324 comuni con 1.441.385 abitanti, coprendo una superficie di 11.800 kmq.

2. - Panorama geografico, demografico, economico

Il territorio in esame può considerarsi suddiviso, da una ideale linea percorrente il piede orientale delle catene della Laga, del Gran Sasso, del Morrone e della Majella, in due parti aventi caratteristiche geografiche, demografiche ed economiche nettamente dissimili.

[1] Successivamente al 1951 sono stati costituiti tre nuovi comuni: Alba Adriatica in provincia di Teramo, in seguito a scissione del Comune di Tortoreto; S. Eusanio Forconese e Villa S. Angelo in provincia de L'Aquila, in seguito a scissione del Comune di S. Demetrio nei Vestini.

La parte occidentale, la più vasta (per la massima parte occupata dalla provincia de L'Aquila) include i rilievi montuosi più imponenti dell'Appennino centrale: l'economia è quella tipica della montagna, prevalentemente fondata sulla pastorizia e quindi assai povera; la popolazione vive per oltre il 90% agglomerata in centri abitati, per la maggior parte, di piccole dimensioni: il bisogno spinge la gente, pur tradizionalmente attaccata alla propria terra, ad emigrare in cerca di fonti di lavoro, per cui si verifica da un cinquantennio un progressivo, generale spopolamento di queste contrade.

Fanno eccezione alcune località di alta montagna ove si assiste ad un promettente sviluppo di attività connesse con il turismo.

La parte orientale della regione è costituita dal sistema collinare che, dai monti, degrada fino al mare; la densità della popolazione è in essa circa doppia che nella parte occidentale con tendenza all'aumento, in alcuni centri anche notevole; l'attività prevalente è l'agricoltura, onde la metà della popolazione vive nelle campagne.

Nella valle del fiume Pescara e in alcune località della costiera teramana si nota un certo insediamento di medie e piccole industrie, con tendenza a ulteriore sviluppo. Particolarmente nel Pescarese è in atto un promettente fermento di iniziative, favorite da massicci interventi, sia pubblici che privati, nel settore dei servizi.

3. - Panorama geo-idrologico

Alla sostanziale diversità morfologica delle due parti in cui abbiamo idealmente suddiviso il territorio della regione abruzzese e del Piceno corrispondono due distinti volti geologici.

Ad occidente si ergono le potenti formazioni calcaree e calcareo-marnose del massiccio centrale appenninico, le più antiche delle quali appartengono al Lias, le più recenti all'Eocene e al Miocene. Le valli incise in tali formazioni e che spesso si aprono in forma di tipici altipiani, talora senza emissario apparente, sono ricoperte da depositi alluvionali di età più o meno recente, spesso di origine lacustre, o da formazioni argillo-sabbiose del Miocene (molasse).

Verso nord i massicci calcarei cedono il passo a quelli arenacei e arenaceo-marnosi dei monti della Laga.

A questa configurazione geo-morfologica si conforma la idrologia sorgentizia del territorio. Le manifestazioni sorgentizie più importanti si concentrano ai piedi delle grandi formazioni calcaree permeabili, e

particolarmente nella zona della vallata di Sulmona e delle gole di Popoli, laddove l'Aterno-Pescara con i suoi affluenti (Gizio, Sagittario, Tirino) degrada bruscamente a valle, incidendo profondamente, come un gigantesco drenaggio naturale, nei fianchi delle possenti montagne circostanti.

Nelle valli più alte del massiccio appenninico, le risorse sorgentizie di una certa consistenza sono piuttosto rare; più o meno diffuse, a seconda delle zone, sono invece le piccole manifestazioni dovute a locali incidenti della tormentata tettonica delle montagne abruzzesi.

Nella fascia costiera orientale, costituita da terreni praticamente impermeabili, mancano quasi del tutto anche le piccole risorse locali.

4. - Situazione dell'approvigionamento idrico preesistente all'intervento della « Cassa »

I brevissimi cenni geo-idrologici che precedono sono sufficienti a dar ragione della diversità di carattere dei sistemi di alimentazione idrica nelle due parti, occidentale ed orientale, in cui abbiamo suddiviso il territorio in esame.

a) Nella parte occidentale, le naturali barriere montane che separano i comuni, l'accentramento della popolazione in abitati mediamente di modeste dimensioni e la presenza, in molte valli, di piccole risorse idriche distribuite a quote sufficienti fanno sì che in essa predominino gli acquedotti a gravità a servizio di singoli abitati o di piccoli gruppi di essi.

b) Nella parte orientale, la mancanza quasi assoluta di risorse idriche, anche piccole, nei terreni impermeabili del Pliocene è causa dell'esistenza di diversi acquedotti a vasta zona di servizio, alimentati dalle sorgenti che sgorgano dalle propaggini della catena appenninica.

Si veda in proposito la tabella 1 in cui sono messi a confronto i numeri dei comuni serviti da acquedotti comunali e consorziali per la provincia de L'Aquila da un lato e per quelle di Chieti, Pescara, Teramo dall'altro.

I maggiori impianti a servizio plurimo della parte orientale della regione abruzzese sono: gli acquedotti del Ruzzo, del Tavo, della Nora, alimentati da sorgenti degli omonimi corsi d'acqua nascenti dal Gran Sasso; gli acquedotti dell'Orfento, dell'Avello, di Roccadiferro e del Sinello che derivano l'acqua dalla Majella o da montagne ad essa adiacenti; l'acquedotto Val di Foro, il solo alimentato da sorgenti basse, affioranti nell'omonimo fiume del Chietino. Si indicano nella tabella 2 le

principali caratteristiche di questi otto acquedotti, che da soli interessavano, nel 1950, oltre il 65% dell'intera popolazione delle tre province di Chieti, Pescara e Teramo. Di essi si parlerà meglio in sede di descrizione degli schemi di normalizzazione.

TAB. 1 — *Confronto fra i comuni alimentati da acquedotti locali o sprovvisti di acquedotti e quelli alimentati da acquedotti di tipo consorziale (a).*

Provincie	Comuni alimentati da acquedotti locali o sprovvisti di acquedotto	Comuni alimentati da acquedotti di tipo consorziale	
		Numero dei comuni	Numero degli acquedotti consorziali
Chieti . . .	44	58	12
Pescara . . .	17	29	5
Teramo . . .	7	38	2
Totale	68	125	19
L'Aquila . . .	77	29	10

(a) Per i comuni con alimentazione mista (comunale e consorziale) è stato considerato il tipo di alimentazione prevalente.

TAB. 2 — *Caratteristiche dei maggiori acquedotti dell'Abruzzo orientale e comuni da questi alimentati nel 1950.*

Acquedotto	Comuni consorziati (Numero)	Comuni alimentati		Portata (a l./sec.)	Quota delle sorgenti (m. s m.)	Sviluppo delle condotte (km.)
		(Numero)	Popolazione			
Ruzzo . . .	31	23	163.048	265	960÷1460	388
Tavo . . .	22	23 (*b*)	164.116	120	760	228
Nora . . .	8	8	23.247	18	940	47
Orfento . . .	6	5	12.569	15	1170÷1200	40
Avello . . .	17	17 (*b*)	62.187	48	960÷1800	147
Rocca di Ferro	— (*c*)	4	48.519	30	570÷1830	30
Sinello . . .	15	15	73.948	36	880	98
Val di Foro . .	6	6 (*b*)	59 192	48	295	66
		Totali	606.826	580	—	1.044

(a) Assicurata, in epoca di magra normale, dalle sorgenti captate e adducibile dall'acquedotto.

(b) Il Comune di Pescara era alimentato contemporaneamente dagli acquedotti del Tavo e del Val di Foro; quello di Ortona dagli acquedotti del Val di Foro e dell'Avello.

(c) Acquedotto comunale di Chieti, da cui sono riforniti altri 3 comuni.

L'unico impianto a vasta area di servizio dell'Aquilano è l'acquedotto delle sorgenti Riosonno (monti Simbruini), che alimenta, peraltro in modo assai disordinato e incompleto oltre che con impianti inefficienti, 7 comuni del Fucino e zone adiacenti con una popolazione di oltre 40.000 abitanti, erogando una portata complessiva di circa 90 litri al secondo.

Le indagini e i rilevamenti preliminari condotti in Abruzzo per determinare con dati di fatto lo stato dell'approvvigionamento idrico dei comuni e passare, in conseguenza, allo studio degli schemi di normalizzazione hanno posto in evidenza una situazione decisamente negativa, specie se messa in rapporto al tutt'altro che irrilevante patrimonio acquedottistico accertato, di cui sono state dianzi menzionate solo le unità principali.

Si ritengono al riguardo significativi i dati comparati delle tabelle 3 e 4.

La tabella 3 fornisce un quadro che, pur nella sua inevitabile sintesi statistica, può assumersi come indicativo dello stato di rifornimento idrico della regione abruzzese *con riguardo alla disponibilità media di acqua per abitante e per giorno* [2], assicurata, comune per comune, dalle risorse idriche captate e, almeno potenzialmente, dalle caratteristiche tecniche degli impianti esistenti. Si desume dalla tabella che la disponibilità d'acqua è decisamente scarsa solo nel 17,4% dei comuni; insufficiente nel 25,4%; sufficiente, o quasi, nel 23,1%; addirittura esuberante (esclusi pochi casi) nel 34,1%.

La reale situazione dei servizi idrici, però, è ben altrimenti grave, come emerge dal confronto tra le risultanze della tabella 3 e quelle della tabella 4.

In quest'ultima sono classificati i comuni abruzzesi, in base agli elementi emersi dagli accertamenti e rilevamenti effettuati dalla « Cassa » ed agli studi di normalizzazione, in tre categorie:

a) comuni i cui impianti di approvvigionamento idrico non manifestano, in atto, necessità di intervento in ragione delle abbondantissime portate addotte agli abitati;

b) comuni che per la normalizzazione del proprio servizio idrico

[2] Tale disponibilità si riferisce al più piccolo dei seguenti due valori: portata che l'impianto di approvvigionamento idrico è in grado di addurre ai centri riforniti in base alle sue caratteristiche di progetto; portata di massima magra delle fonti di alimentazione. La disponibilità considerata è inoltre riferita alle intere popolazioni comunali, quasi mai rifornite al completo; quella media *pro capite* degli utenti effettivi è, pertanto, generalmente maggiore.

abbisognano di un intervento parziale, cioè di opere integrative o di sistemazione di quelle esistenti;

c) comuni che abbisognano di un intervento totale, cioè interamente di nuove opere, non essendo convenientemente utilizzabili quelle esistenti.

Si vede che i comuni che abbisognano di intervento totale non dovrebbero superare, stando alla situazione di disponibilità idrica, il 17,4%, mentre in realtà sono il 43,4%; d'altra parte i comuni per i quali non è necessario un intervento integrativo, tra i quali dovrebbero annoverarsi almeno quelli aventi disponibilità esuberante (34,1%), sono soltanto l'1,7%.

TAB. 3 — *Disponibilità media giornaliera di acqua (litri per abitante).*

Province	da 0 a 30 litri		da 30 a 60 litri		da 60 a 100 litri		oltre 100 litri		Totale	
	Comuni	Percentuale	Comuni	Percentuale	Comuni	Percentuale	Comuni	Percentuale	Comuni	Percentuale
Chieti .	16	15,8	42	41,1	29	28,4	15	14,7	102	34,1
L'Aquila .	28	26,4	16	15,1	19	17,9	43	40,6	106	35,5
Pescara .	5	10,9	14	30,4	15	32,6	12	26,1	46	15,4
Teramo .	3	6,7	4	8,9	6	13,3	32	71,1	45	15,0
Totale	52	17,4	76	25,4	69	23,1	102	34,1	299	100,0

TAB. 4 — *Classificazione dei comuni abruzzesi in base alla necessità, o meno, di intervento per assicurare la normalizzazione del loro rifornimento idrico (a).*

Province	Nessun intervento		Intervento parziale		Intervento totale		totale	
	Comuni	Percentuale	Comuni	Percentuale	Comuni	Percentuale	Comuni	Percentuale
Chieti	1	1,0	63	61,8	38	37,2	102	34,1
L'Aquila	2	1,9	40	37,7	64	60,4	106	35,5
Pescara	2	4,4	25	54,3	19	41,3	46	15,4
Teramo	—	—	36	80,0	9	20,0	45	15,0
Totale	5	1,7	164	54,9	130	43,4	299	100,0

(a) Per i comuni del Piceno la situazione preesistente alla costruzione dell'acquedotto Pescara d'Arquata (eseguita a cura e spese del Ministero dei LL.PP.) era la seguente:
— comuni abbisognevoli di intervento parziale n. 4
— comuni abbisognevoli di intervento totale » 21

Le cause di questa negativa situazione sono talvolta da attribuirsi a deficienze di progetto e di costruzione; ma nella massima parte dei casi il motivo determinante è rappresentato dalla mancanza di sani criteri di gestione ed esercizio degli impianti e dall'assenza di manutenzione.

Non è questa la sede per una approfondita disamina di questo importantissimo argomento delle gestioni inefficienti e delle loro cause sul piano tecnico ed amministrativo. Basti qui rilevare che dagli accertamenti effettuati è risultato che nell'80% almeno dei comuni abruzzesi il servizio di rifornimento idrico degli abitati è effettuato in modo discontinuo, cioè con interruzione giornaliera del flusso nell'intero abitato o in parti di esso. A questa regola non sfuggono importanti centri come quelli de L'Aquila, di Avezzano e di Sulmona, dove pure le portate in arrivo alle città assicurano agli abitanti dotazioni medie individuali dell'ordine di 250÷350 litri giornalieri.

Un significativo aspetto, che è poi una conseguenza dello stato di incuria in cui sono tenuti gli acquedotti da parte degli enti gestori, è costituito dalla scarsa utilizzazione che si può fare, nel quadro delle opere per la normalizzazione idrica, del notevole patrimonio acquedottistico esistente negli Abruzzi.

Senza contare gli acquedotti rurali, che in certe zone sono notevolissimi, lo sviluppo delle condotte interrate ammonta, nelle quattro province abruzzesi, a 2.150 km.; cioè, con riferimento alla popolazione censita nel 1951, a ben m. 1,68 per abitante.

Ebbene, nonostante che lo studio del piano di normalizzazione idrica nelle varie zone degli Abruzzi sia stato condotto dalla « Cassa », col

TAB. 5 — *Lunghezza delle condotte che si presume di riutilizzare o di abbandonare nelle province degli Abruzzi.*

Province	Condotte che si presume di riutilizzare previa sistemazione (km.)	Condotte da abbandonare (km.)	Totale (km.)
Chieti	181	439	620
L'Aquila	158	451	609
Pescara	150	111	261
Teramo	452	208	660
Totale	941	1.209	2.150

criterio fondamentale di utilizzare la massima quantità possibile di opere esistenti, il loro stato d'uso è tale che si valuta che il 60% circa di questo patrimonio acquedottistico dovrà essere abbandonato (Tabella 5).

L'assenza di manutenzione, infatti, fa sì che per continuare ad utilizzare le condotte esistenti (che, se ben mantenute, potrebbero quasi sempre trovare un utile collocamento nei nuovi schemi di alimentazione) occorrerebbe provvedere a lavori di revisione e sistemazione, i quali comporterebbero in molti casi spese tali da rendere più conveniente la sostituzione che non l'utilizzazione delle opere.

II

L'INTERVENTO DELLA « CASSA »

1. - Zone di studio dei piani di normalizzazione idrica

L'originario piano di intervento della « Cassa » — il piano decennale — prevedeva, per la regione abruzzese, il finanziamento di quattro soli complessi di opere, uno per ogni provincia, per l'importo complessivo di 11.020 milioni di lire. Uno di essi riguardava opere di completamento e miglioramento di un grande acquedotto esistente (acquedotto del Ruzzo in provincia di Teramo), gli altri tre si riferivano ad importanti acquedotti di nuova costruzione: acquedotto Val di Pescara (provincia di Pescara), acquedotto del Verde (provincia di Chieti), acquedotto de La Ferriera (provincia de L'Aquila).

I progetti di massima, sollecitamente pervenuti alla « Cassa », dei tre nuovi acquedotti, pur mostrandosi degni di considerazione, esaminati singolarmente, per sagacia di studio tecnico-economico, rivelarono subito il loro difetto fondamentale: il vincolo imposto alla libera ed organica impostazione dei problemi dalla natura stessa degli enti che avevano assunto, ognuno per proprio conto, l'iniziativa dei progetti: consorzi facoltativi di comuni, determinati quindi dalla volontà soggettiva di questo o quel comune e non dall'obiettiva considerazione delle reali esigenze delle intere zone interessate e dei legami con situazioni, esigenze, e parallele iniziative delle zone limitrofe.

La « Cassa », nella sua funzione di organo centrale destinato dalla legge all'esecuzione di complessi organici di opere e dotato all'uopo di mezzi e libertà di azione, non poteva riconoscere tali vincoli estranei a quelli, squisitamente tecnico-economici, che debbono governare la materia degli impianti di approvvigionamento idrico: cominciò quindi a studiare i problemi nel loro insieme, senza riguardo a confini o pregiudiziali di carattere amministrativo.

Da tale organico inquadramento — iniziatosi in Abruzzo con lo studio di coordinamento tra gli schemi degli acquedotti Val di Pescara e del Verde (a servizio di territori tra loro confinanti) e con l'esame della situazione di approvvigionamento idrico delle aree che potevano essere interessate dagli stessi due acquedotti e da quello de La Ferriera nell'Aquilano — è nata la divisione degli Abruzzi in tre distinte zone di studio [1].

a) *Zona Trigno-Vomano*, delimitata a sud-est dal fiume Trigno, a nord-ovest dal fiume Vomano, a sud-ovest dalla dorsale appenninica Majella-Morrone-Gran Sasso;

b) *Zona Vomano-Tronto,* delimitata a sud-est dal fiume Vomano, a nord-ovest dal fiume Tronto, a sud-ovest dalla dorsale appenninica Gran Sasso-Laga. Alla zona Vomano-Tronto è stato poi incorporato il territorio del comprensorio di bonifica in sinistra del fiume Tronto, che si estende fin quasi al corso del fiume Aso e per il quale, in un primo tempo, non erano previsti interventi da parte della « Cassa ».

c) *Zona dell'Appennino centrale abruzzese* coincidente, praticamente, con la montuosa provincia de L'Aquila. Questa ultima zona è stata ulteriormente suddivisa, agli effetti dello studio dei piani di normalizzazione, in alcune distinte sottozone (tra loro separate da alte giogaie montuose); due di esse — l'estremo lembo nord-occidentale della provincia e l'alta valle del Salto — rientrano nei sistemi di alimentazione studiati per l'ex circondario di Cittaducale (Lazio).

Tali zone possono considerarsi tra loro indipendenti dal punto di vista dello studio degli schemi di normalizzazione idrica; ma entro i loro limiti i problemi sono stati studiati e risolti in modo unitario, si sono determinati, cioè, gli schemi tecnicamente più razionali ed economicamente più convenienti per assicurare la normalizzazione idrica all'anno 2000 di tutti i centri abitati in esse compresi, tenuto conto dei loro fabbisogni, delle risorse idriche disponibili e del grado di utilizzazione delle opere esistenti.

Le caratteristiche demografiche (riferite al 1951) delle tre zone di studio sono indicate nella tabella 6.

Si osservi l'elevato numero di centri abitati, che risulta di 8 per ogni 100 kmq. in media, e di oltre 9 per le zone Trigno-Vomano e Vomano-Tronto, mentre nel Mezzogiorno la densità media dei centri abitati è di 4 per ogni 100 kmq.

[1] Vedi Atlante, sezione II: *Acquedotti,* Tav. 6.

Si noti anche l'elevata incidenza della popolazione sparsa o agglomerata in piccoli nuclei rurali nelle zone Trigno-Vomano (45%) e Vomano-Tronto (50%), e, per contro, lo scarso valore di tale incidenza nella zona dell'Appennino centrale (9%).

TAB. 6 — *Caratteristiche demografiche, riferite al 1951, delle zone di studio del piano di normalizzazione idrica degli Abruzzi e del Piceno.*

Zone	Comuni	Centri abitati (a)	Popolazione		
			residente in centri abitati	residente in nuclei abitati o in case sparse	Totale
Trigno-Vomano	156	291	376.550	307.025	683.575
Vomano-Tronto	62	346	195.299	197.434	392.733
Appennino centrale	97	248	299.714	29.952	329.666
Totale	315	885	871.563	534.411	1.405.974
Sotto-zone dell'Appennino centrale facenti parte del sistema di alimentazione dell'ex circondario di Cittaducale (Lazio)	9	61	32.680	2.731	35.411
Totale	324	946	904.243	537.142	1.441.385

(a) Trattasi dei centri abitati definiti come tali dall'Istituto Centrale di Statistica in occasione del censimento del 1951. Nel corso degli studi sono stati individuati altri 349 agglomerati che, avendo acquisito anch'essi caratteristiche di centri abitati, sono stati introdotti negli schemi di alimentazione.

2. - IL PIANO DI NORMALIZZAZIONE IN SINTESI

Cardini dello studio degli schemi di normalizzazione sono stati le indagini e i rilevamenti preliminari diretti a stabilire da un lato lo stato di fatto dell'approvvigionamento idrico dei comuni, dall'altro il regime di portata delle risorse sorgentizie utilizzabili.

Il rilevamento dello stato di fatto dell'approvvigionamento idrico — i cui non confortevoli risultati sono stati sinteticamente rappresentati nelle premesse — sono stati condotti sul posto, direttamente dai tecnici della « Cassa ».

Le indagini dirette a determinare la portata delle sorgenti utilizzabili — effettuate dal Servizio Idrografico dello Stato con la collaborazione saltuaria dei tecnici della « Cassa » — hanno avuto come base di par-

tenza l'accertamento della consistenza del patrimonio sorgentizio esistente; ciò in quanto, in Abruzzo, mancava il censimento delle sorgenti già fatto dal Servizio Idrografico per le altre regioni del Mezzogiorno [2].

Individuate e misurate, in epoca di presunta magra, le sorgenti esistenti in tutto il territorio, si è quindi provveduto a porre sotto controllo, con misure mensili di portata, quelle che per le loro caratteristiche apparivano suscettibili di utilizzazione.

I risultati, al 31 dicembre 1961, di tale delicato e importante lavoro, che con la progressiva selezione del materiale di studio si è andato man mano affinando negli anni, possono riassumersi nei seguenti dati:

— sorgenti censite (Abruzzo e Piceno)	n.	5.916
— sorgenti sottoposte a misura periodica	»	1.607
— misure effettuate (dal 1953 al 31 dicembre 1961)	»	29.303

Partendo dai risultati di questo ponderoso lavoro preparatorio, valutati, con dotazioni variabili da 80 a 250 l./g. abitante, i fabbisogni all'anno 2000 dei comuni, sono stati gradualmente studiati, e sono ora definiti in tutto l'Abruzzo e nel Piceno, gli schemi di alimentazione per la normalizzazione idrica.

TAB. 7 — *Classificazione degli acquedotti del piano di normalizzazione degli Abruzzi e del Piceno in relazione al tipo di intervento previsto.*

Zona	Costruzione di nuovi acquedotti		Ricostruzione di acquedotti esistenti (con eventuale integrazione)		Integrazione, sistemazione e ampliamento di acquedotti esistenti	
	a servizio di un solo comune (Numero)	a servizio di più comuni Numero)	di servizio a un solo comune (Numero)	a servizio di più comuni (Numero)	a servizio di un solo comune (Numero)	a servizio di più comuni (Numero)
Trigno-Vomano . .	7	4	9	1	20	9
Vomano-Tronto . .	20	3	2	—	24	2
Appennino Centrale .	13	8	14	3	29	2
Totale	40	15	25	4	73	13

Tali schemi comprendono in tutto 170 acquedotti [3] sinteticamente classificati, a seconda del tipo di intervento, nella tabella 7.

[2] Ministero LL.PP. Consiglio Superiore, Servizio Idrografico, *Le sorgenti italiane* (pubblicazione n. 14).

[3] Non sono contati quelli studiati nell'ambito del piano di normalizzazione dell'ex circondario di Cittaducale (Lazio).

Con questi acquedotti si provvede a normalizzare l'approvvigionamento idrico di 1.225 centri abitati [4] di 310 comuni del territorio [5] e si interessa complessivamente una popolazione di 1.383.668 abitanti (1951). La popolazione residente nei centri abitati, direttamente rifornita con le opere di cui è prevista la costruzione o la sistemazione, è di 897.718 abitanti.

La restante popolazione, di 485.950 unità, risiede nelle campagne; gli impianti previsti comprendono la relativa portata normalizzatrice, ma non le opere particolari di adduzione che vengono finanziate con le provvidenze e nei modi contemplati dalle leggi a favore dello sviluppo dell'agricoltura e dei comprensori montani.

Sono soltanto 9 i centri per i quali, almeno per ora, non è previsto intervento alcuno: essi appartengono a 8 comuni e sono serviti da 8 acquedotti locali che interessano una popolazione di 18.076 unità. Per completare il quadro, si debbono infine considerare altri 3 acquedotti locali per i quali non è previsto intervento, a servizio parziale di altrettanti comuni inclusi nel piano di normalizzazione e che interessano una popolazione di 4.230 unità.

Dei 170 acquedotti, che aggiunti agli 11 per i quali non è previsto l'intervento, concorrono a normalizzare la situazione idrica del territorio in esame, 143 sono *acquedotti locali*, cioè a servizio (parziale o totale) di un solo comune; gli altri 31 sono invece *acquedotti a servizio plurimo*, interessano cioè due o più comuni.

TAB. 8 — *Classificazione degli acquedotti del piano di normalizzazione degli Abruzzi e del Piceno in acquedotti a servizio plurimo e acquedottti a servizio locale.*

Zone	Acquedotti a servizio plurimo (a servizi di più comuni)			Acquedotti a servizio locale (di un solo comune)		
	Numero	Centri abitati serviti	Popolazione interessata	Numero	Centri abitati serviti	Popolazione interessata
Trigno-Vomano .	14	365	608.970	36	49	57.641
Vomano-Tronto . .	5	407	365.993	46	99	25.280
Appennino Centrale .	13	240	242.260	56	65	83 524
Totale	32	1.012	1 217 223	138	213	166.445

[4] 876 di tali centri abitati sono stati ufficialmente classificati come tali dall'Istituto Centrale di Statistica in occasione del censimento del 1951. Gli altri 349 sono invece nuclei abitati che successivamente al 1951 hanno acquistato, anche in conseguenza degli interventi della « Cassa », caratteristiche di centri abitati.

[5] Per provvedimenti successivi al 1951 (cfr. nota 1 a p. 313) il numero di tali comuni è salito a 313.

Questi ultimi, ovviamente, nonostante il minor numero arrecano di gran lunga il maggior contributo alla normalizzazione, interessando l'80% dei centri abitati e l'87% della popolazione (Tabella 8).

Il costo totale delle opere necessarie si valuta in 34 miliardi di lire, suddiviso come segue:

— zona Trigno-Vomano	L.	17.000	milioni
— zona Vomano-Tronto	»	6.500	»
— zona Appennino centrale abruzzese	»	10.500	»
Totale	L.	34.000	milioni

La portata complessiva degli acquedotti del piano è di 3.219 l./sec.; circa i due terzi di essa, e cioè l./sec. 2.089, proviene da captazione di nuove fonti di alimentazione (quasi tutte sorgenti) assicurata da 61 opere di presa e raccolta; i residui 1.130 l./sec. riguardano invece risorse già utilizzate dagli acquedotti esistenti, le cui opere di presa — quasi ovunque superficiali e fatiscenti — vengono ricostruite in base a razionali criteri geologici e tecnici, o quanto meno sistemate e protette nei pochi casi in cui le condizioni di captazione diano sufficente affidamento sotto l'aspetto idro-geologico.

Alle opere di presa delle fonti di alimentazione degli acquedotti occorre aggiungere alcune captazioni di rilevanti portate fatte saltare per ottenere in determinati casi, mediante gruppi turbina-pompa, il

TAB. 9 — *Opere previste nel piano di normalizzazione (opere di presa, condotte, serbatoi).*

Z o n e	Opere di presa per acqua potabile					
	Di nuova costruzione		Da ricostruire o sistemare		T o t a l e	
	Numero	l./sec.	Numero	l./sec.	Numero	l./sec.
Trigno-Vomano	12	1.310,0	44	485,2	56	1.795,2
Vomano-Tronto (*a*) . . .	28	407,2	29	290,0	57	697,2
Appennino Centrale . . .	21	372,0	53	355,0	74	727,0
Totale	61	2.089,2	126	1.130,2	187	3.219,4

(a) Non sono comprese le opere dell'acquedotto Pescara d'Arquata (zona Vomano-Tronto) costruito dopo il 1950 con fondi del Ministero dei LL.PP. (legge 10 agosto 1950 n. 647). Esse riguardano (limitatamente al territorio di competenza della

sollevamento dell'acqua potabile: sono in tutto 5 (due delle quali di nuova costruzione) per una portata utile complessiva di 1.690 l./sec.

Il piano prevede, in totale, una rete di condotte di alimentazione — adduttrici dalle opere di presa ai serbatoi e da questi ai centri abitati — dello sviluppo di 3.287 km., per 2.366 km. costituite da adduttrici di nuova costruzione e per 921 km. da condotte esistenti sistemate. Per quest'ultimo sviluppo va rilevato che si tratta di una valutazione che, allo stato attuale della progettazione, può tener conto solo in parte degli elementi tecnico-economici che determinano la convenienza o meno di riutilizzare le condotte esistenti. Per le più importanti di tali condotte sono già stati effettuati, o sono in corso, studi ed indagini particolari dirette a determinare: le condizioni di servizio, con particolare riguardo all'esistenza di attacchi per utenza sulle adduttrici, purtroppo assai frequenti anche su adduttrici importanti; la tenuta (la quasi totalità di esse sono metalliche e con giunti a corda catramata e piombo) sia alle pressioni attuali di esercizio che a quelle — talora maggiori — cui dovrebbero essere sottoposte nella loro nuova destinazione; lo stato di conservazione nei riguardi dell'azione corrosiva dei terreni e gli eventuali provvedimenti protettivi da adottare; l'individuazione dei tronchi posati in terreni instabili o di quelli, purtroppo assai numerosi per una deplorevole seppure spiegabile consuetudine invalsa in passato, situati sotto le sedi stradali, per definire le eventuali varianti di tracciato; la profondità di posa; la consistenza delle opere d'arte e di presidio, ecc. La preliminare conoscenza di tutti questi elementi è

Condotte			Serbatoi					
Di nuova costruzione	Esistenti da sistemare	Totale	Di nuova costruzione		Esistenti da utilizzare		Totale	
km.	km.	km.	Numero	mc.	Numero	mc.	Numero	mc.
1.002	331	1.333	262	110.785	73	26.620	335	137.405
697	452	1.149	275	40.390	24	4.990	299	45.380
667	138	805	244	42.735	44	14.100	288	56.835
2.366	921	3.287	781	193.910	141	45.710	922	239.620

« Cassa »): 2 opere di presa per 450 l./sec.; 150 km. di condotte e 26 serbatoi per la capacità di 5.600 mc.

indispensabile per effettuare correttamente la progettazione di massima, almeno degli impianti più importanti e complessi, giacché ne può derivare la convenienza ad abbandonare un determinato tronco di condotta esistente e procedere alla sua sostituzione, se non addirittura a un sostanziale cambiamento dello schema di alimentazione previsto.

Pertanto la detta valutazione dello sviluppo di condotte da utilizzare (previa sistemazione) va presa con la dovuta cautela; è suscettibile, cioè, di essere smentita dai fatti, come purtroppo si è verificato per molte delle adduttrici del cui abbandono è già stata accertata la necessità o la convenienza.

Per completare questo sintetico quadro del piano di opere predisposto per la normalizzazione idrica degli Abruzzi e del Piceno, si consideri che esso comprende la costruzione di 781 nuovi serbatoi, per la

TAB. 10 — *Opere previste nel piano di normalizzazione (impianti di sollevamento, impianti di produzione di forza motrice).*

Zone	Impianti di sollevamento					
	Di nuova costruzione			Esistenti da ricostruire o sistemare		
	Numero	Portata media giornaliera (sollev.) l./sec.	Potenza di regime assorbita kw. (a)	Numero	Portata media giornaliera sollev.) l./sec.	Potenza di regime assorbita kw.
Trigno-Vomano . .	11	173,60	526	5	18,00	86
Vomano-Tronto . .	2	201,00	202	—	—	—
Appennino Centrale .	11	189,45	328	6	40,05	96
Totale	24	564,05	1 056	11	58,05	182

Zone	Impianti per forza motrice					
	Di nuova costruzione			Esistenti da ricostruire o sistemare		
	Numero	Portata utilizzata l./sec.	Potenza resa kw.	Numero	Portata media l./sec.	Potenza resa kw. (a)
Trigno-Vomano . .	1	530	355 (b)	1	550	44
Vomano-Tronto . .	—	—	—	—	—	—
Appennino Centrale .	2	440	206	2	700	58
Totale	3	970	561	3	1.250	102

(a) Esclusi i gruppi di riserva.
(b) Di cui 120 kw per produzione di energia elettrica.

capacità complessiva di 193.910 mc., e l'utilizzazione, previa eventuale sistemazione, di 141 serbatoi esistenti per una capacità di 45.710 mc.; la costruzione, ricostruzione o sistemazione di 35 impianti di sollevamento per una potenza di regime di 1.238 kw.

Degli impianti di sollevamento previsti, uno è un *autosollevamento* (acquedotto del Giardino), utilizza, cioè, su un salto appositamente creato, allo scopo di produrre l'energia necessaria a realizzare un sollevamento parziale in una determinata sezione dell'acquedotto, la portata che deve proseguire per alimentare i centri posti a valle della sezione stessa; altri cinque, come si è già detto innanzi, ricavano l'energia necessaria dall'esuberante portata delle stesse sorgenti alimentatrici o da sorgenti vicine.

I dati sopra riassunti sono riportati, divisi per zone, nelle tabelle 9 e 10. La tabella 11 riporta alcuni dati rappresentativi dell'avanzamento delle opere al 31 dicembre 1961.

3. - Gli acquedotti del piano di normalizzazione

Forniti in riepilogo i dati statistici riguardanti gli schemi di alimentazione studiati, passiamo ad una sommaria illustrazione, zona per zona, degli schemi stessi e dei problemi che essi hanno risolto.

A) *Zona Trigno-Vomano* [6].

Questa zona, come s'è già accennato, è caratterizzata dalla presenza di 7 grandi acquedotti che, percorrendola trasversalmente dalle montagne appenniniche al mare, alimentano o alimentavano 76 comuni e 443.778 abitanti, cioè il 49% dei comuni e il 65% dell'intera popolazione della zona medesima. Essi sono, procedendo da nord verso sud (Tabella 2) e denominandoli brevemente col nome delle sorgenti: il Tavo, il Nora, l'Orfento, il Rocca di Ferro, il Val di Foro, l'Avello, il Sinello. Tutti svolgono, o svolgevano prima dell'intervento della « Cassa », un servizio insufficiente sia in ragione di un'effettiva carenza di disponibilità idrica — particolarmente avvertita negli impianti cui era affidata l'alimentazione dei centri più importanti e progrediti di Pescara, Chieti, Lanciano, Francavilla, Ortona e Vasto — sia a causa delle notevoli deficienze di manutenzione, degli erronei criteri e della scarsa disciplina di esercizio.

Gli altri comuni della zona erano o serviti da piccoli acquedotti consorziali e da acquedotti comunali, o praticamente sprovvisti di alimentazione idrica e si trovavano tutti, comunque, in deficiente condizione di

[6] Vedi Atlante, sezione II: *Acquedotti*, Tav. 7.

servizio per le stesse ragioni accennate a riguardo degli impianti maggiori, aggravate dalle limitate dimensioni degli organi esercenti.

Due problemi fondamentali si presentavano quindi in questa zona: normalizzare i grandi impianti e, al tempo stesso, alimentare o integrare l'alimentazione dei comuni inclusi nelle loro aree di influenza e sprovvisti di regolare approvvigionamento idrico o serviti da impianti locali insufficienti.

I progetti dei nuovi acquedotti del Val di Pescara e del Verde, pervenuti nel 1951 alla « Cassa » ad iniziativa di due consorzi volontari, rappresentavano un incompleto e non coordinato tentativo di risoluzione del duplice problema, ma avevano tuttavia giustamente individuato nelle grosse sorgenti del Giardino e del Verde — affioranti alla base del massiccio Morrone-Majella — le fonti di alimentazione risolutive.

Il piano di normalizzazione idrica studiato dalla « Cassa » poggia, infatti, essenzialmente sull'utilizzazione delle due sorgenti anzidette, pur risultandone modificati ed ampliati la funzione e gli schemi dei due acquedotti da esse derivati.

Il disegno di base del piano studiato dalla « Cassa » affida ai due grandi acquedotti derivati dalle sorgenti del Giardino e del Verde — affioranti rispettivamente a quota 248 e 416 m.s.m. — il compito di disimpegnare dal servizio degli acquedotti consorziali esistenti, i centri abitati più bassi (che sono anche quelli più popolati e progrediti), rendendo in conseguenza disponibili, per integrare le dotazioni dei centri più alti, le portate così svincolate; e di alimentare inoltre, totalmente o parzialmente, tutti i centri abitati delle zone attraversate sprovvisti di approvvigionamento idrico e serviti da locali acquedotti insufficienti o che convenga abbandonare.

TAB. 11 — *Stato di avanzamento delle opere del piano di normalizzazione al 31 dicembre 1961.*

Zone	Progetti esecutivi approvati (a) (*milioni*) *di lire*	Opere di presa			
		Comprese nei progetti esecutivi approvati		Eseguite o riattate	
		Numero	l./sec.	Numero	l. sec.
Trigno-Vomano	11.292	20	1.511	8	1.287
Vomano-Tronto	2.353	17	382	11	173
Appennino Centrale . . .	4.836	38	1.128	23	800
Totale	18.481	75	3 021	42	2.260

(a) Importi al lordo del ribasso d'asta.

Tale funzione è esplicata, con una portata di 800 l./sec., dall'*acquedotto del Giardino* nei riguardi degli esistenti acquedotti del Tavo, del Rocca di Ferro, dell'Orfento, della Nora e del Val di Foro, ai quali il nuovo impianto sottrae il servizio di 34 importanti centri (tra cui Pescara e Chieti) sui 123 in totale alimentati, provvedendo inoltre all'alimentazione di altri 21 abitati. Dall'*acquedotto del Verde* la stessa funzione è esplicata nei confronti degli acquedotti dell'Avello e del Sinello: dal loro servizio il nuovo acquedotto, che ha una portata di 460 l./sec., svincola il rifornimento di ben 85 dei 106 centri prima alimentati, approvvigionando inoltre altri 54 centri delle zone attraversate.

La notevole riduzione di servizio che dall'anzidetta operazione deriva ai 7 acquedotti consorziali esistenti vale a renderli non solo sufficienti per i centri abitati che ad essi restano allacciati — 110 in tutto — ma anche a consentire — con una modesta integrazione di portata per i soli acquedotti del Tavo e del Sinello — di rifornire altri 39 abitati di alta quota abbisognevoli di alimentazione totale o parziale.

La normalizzazione idrica della zona viene completata con la costruzione di un nuovo acquedotto a vasta rete di alimentazione, l'acquedotto dalle sorgenti di Capo Vallone a servizio di 11 centri; con la sistemazione o ricostruzione di quattro acquedotti a servizio di due comuni ciascuno e, complessivamente, di 11 centri abitati; infine, con la costruzione, il riattamento o la ricostruzione di 36 acquedotti a servizio comunale, che interessano i residui 49 abitati.

Dal quadro che si è dato emerge l'organicità, la razionalità e la conseguente economicità del piano di normalizzazione studiato dalla « Cassa » per la zona Trigno-Vomano. Esso, infatti, assicura il massimo e razionale sfruttamento delle risorse idriche già captate, quasi tutte

Nuove condotte		Nuovi serbatoi				Centri abitati serviti	
Comprese nei progetti esec. approvati	Costruiti	Compresi nei progetti esecutivi approvati		Costruiti			
km.	km.	Numero	mc.	Numero	mc.	Numero	Popolazione
620	386	156	72.244	80	32.010	47	216.749
297	179	105	17.708	69	15.710	78	91.573
353	194	95	24.678	61	19.658	22	60.756
1.270	759	356	11.4630	210	67.378	147	369.078

di alta quota e che restano destinate agli abitati di alta quota; riserva alle zone più basse e suscettibili di sviluppo le grosse ed esuberanti sorgenti basse; consente, infine, la massima possibile utilizzazione delle importanti opere esistenti.

Il sistema è concepito come un tutto unitario, per un esercizio unitario, ed è dotato di un alto grado di elasticità e sicurezza di funzionamento, conferitogli dai numerosi collegamenti tra gli acquedotti alti e quelli bassi (per esempio: Tavo-Giardino, Nora-Giardino, Rocca di Ferro-Giardino, Avello-Verde, Sinello-Verde) che consentono di far fronte, utilizzando come condotte di soccorso alcune di quelle esistenti, ad eventuali situazioni di emergenza.

Dall'impostazione stessa del piano discende l'ordine cronologico di realizzazione delle sue varie parti.

Il primo tempo — quasi giunto a termine — è stato dedicato essenzialmente alla costruzione dei due principali acquedotti integrativi del Giardino e del Verde. Ciò consente di normalizzare l'approvvigionamento idrico dei comuni bassi, distaccandoli dagli acquedotti esistenti e, ad un tempo, di dare un immediato beneficio ai comuni alti serviti dagli stessi acquedotti, giacché questi ultimi possono godere — entro i limiti consentiti dalle caratteristiche tecniche ed idrauliche delle condotte che li alimentano — delle portate resesi in conseguenza disponibili.

Il secondo tempo — attualmente nella fase iniziale — comprende le opere per l'estensione degli acquedotti esistenti agli abitati alti che da essi sono previsti di alimentare e le opere di integrazione e sistemazione degli acquedotti stessi. È questa la fase più complessa e laboriosa del piano di normalizzazione, in quanto implica delicate indagini ed interventi su condotte in esercizio, spesso di antica costruzione, e dev'essere realizzata recando il minimo possibile turbamento al servizio idrico dei comuni alimentati.

La traduzione in realtà delle linee progettuali del piano comporta, inoltre, la risoluzione di non semplici problemi di natura amministrativa. I mutamenti, spesso radicali, di schema e di servizio degli esistenti acquedotti consorziali e i conseguenti trasferimenti dei comuni da un acquedotto ad un altro creano una situazione che dev'essere governata da un organismo unitario ed estraneo ai consorzi ed ai comuni, ai quali viene richiesto di rinunziare, in tutto o in parte, ai loro diritti sulle acque utilizzate e sulle opere esistenti. Tale organismo non può essere, attualmente, che la stessa « Cassa », costretta ad assumere direttamente l'esercizio delle opere costruite ed a provvedere, d'intesa con le amministrazioni responsabili, ad affrontare e gradualmente risolvere le deli-

cate e complesse questioni di carattere amministrativo ed economico che man mano si presentano.

È doveroso riconoscere che, in questa difficile azione, la « Cassa » incontra — salvo poche eccezioni — la comprensione delle amministrazioni comunali che si dimostrano pienamente consapevoli dell'importanza e degli scopi di quest'opera di riordinamento e dei grandi vantaggi che, in definitiva, ai comuni stessi ne verranno, anche se ciò comporta inizialmente qualche sacrificio.

Rimandando ad apposita trattazione la descrizione dei nuovi e più importanti acquedotti di questa zona — il Giardino e il Verde — diamo ora qualche cenno sul disegno progettuale e sulle caratteristiche tecniche e di servizio degli altri complessi.

Terzo in ordine di importanza, dopo i due nominati, l'*acquedotto del Tavo,* trasformato, riattato e con portata aumentata da 120 a 180 l./sec., resterà a servizio della zona di montagna e di collina che dalle pendici del Gran Sasso degrada ad est verso il mare, a nord e a sud verso le valli del Vomano e del Pescara. Dei 66 centri abitati prima serviti, tredici (tra cui Pescara) sono passati all'acquedotto del Giardino; con l'allacciamento di altri tre centri abitati l'acquedotto rifornirà pertanto in tutto 56 centri, appartenenti a 25 comuni.

L'acquedotto, che ha attualmente una rete di adduzione di ben 228 km. di sviluppo, è costituito da tre rami derivati da un partitore che è collegato alle sorgenti Mortaio d'Angri da una breve adduttrice generale. I tre rami sono gestiti da tre distinti consorzi (Atri, Penne e Pescara); le opere di presa, l'adduttrice generale ed il partitore da una federazione dei medesimi; molte adduttrici particolari dai singoli comuni. Costruito con tubazioni in acciaio trafilato con giunti piombati, svolge un servizio assai precario ed irregolare a causa della quasi assoluta assenza di serbatoi e a motivo dei numerosi attacchi per utenza disseminati lungo le adduttrici, oltre che per le frequenti interruzioni dovute alla generalmente scarsa stabilità e all'aggressività elettrochimica dei terreni attraversati, costituiti da sabbie ad alto contenuto argilloso, che nella zona di Atri danno lungo alle tipiche formazioni di calanchi.

Si comprenderà quindi come il problema della normalizzazione di questo acquedotto si presenti notevolmente complesso, anche a causa della molteplicità degli enti che se ne suddividono la gestione.

La portata integrativa di 60 l./sec. sarà ottenuta, con tutta probabilità, col recupero (in fase di studio) delle rilevanti perdite della attuale imperfetta captazione delle sorgenti Mortaio d'Angri. Il piano di massima contempla comunque come soluzione di riserva, la capta-

zione dell'abbondante e non lontana sorgente Vitella d'Oro, che peraltro è soggetta ad intorbidamenti ed abbisogna quindi di opere protettive.

Sempre secondo il piano di massima, il ramo nord dell'acquedotto (quello di Atri) conserverà all'incirca la sua attuale configurazione; gli altri due rami invece (Penne e Pescara), che seguono tracciati diversi, pur sovrapponendosi in molti punti, saranno unificati. Lo schema definitivo delle opere necessarie per riordinare l'acquedotto è in corso di avanzato studio, sulla base dei risultati degli accertamenti e delle indagini, recentemente effettuati dalla « Cassa », sullo stato di servizio e di conservazione delle attuali adduttrici e conseguentemente sul grado di utilizzazione delle medesime.

Alcune opere preliminari sono costruite o in corso di costruzione: prevalentemente serbatoi, tra cui quelli dei principali centri di Atri e di Penne.

A servizio di 16 centri e 8 comuni della zona pedemontana meridionale della parte orientale del Gran Sasso, l'*acquedotto della Nora,* derivato dalla sorgente Pietrarossa tributaria del fiume Nora (affluente del Pescara) sarà totalmente ricostruito, giacché le sue pessime condizioni di efficienza non consentono una conveniente utilizzazione delle opere esistenti.

Il funzionamento del nuovo acquedotto sarà strettamente collegato con quello dell'acquedotto del Giardino (adduttrice alta in sinistra del Pescara) in base al seguente schema [7]: il complesso dei due acquedotti provvederà al servizio di 24 centri appartenenti a 12 comuni; nel periodo di morbida della sorgente Pietrarossa l'acquedotto della Nora, proporzionato ad una portata di 38 l./sec., servirà la maggior parte della zona, mentre nel periodo estivo-autunnale, in cui la portata di detta sorgente scende a valori dell'ordine di 18-20 l./sec., l'alimentazione dei comuni bassi sarà effettuata, attraverso le stesse condotte ma in senso inverso, dall'acquedotto del Giardino, a mezzo di apposito impianto di sollevamento nei pressi di Alanno.

Tale caratteristico schema assicura la massima economia complessiva (spese di impianto più spese di esercizio capitalizzate) al sistema e conferisce inoltre al suo esercizio un alto grado di elasticità e di sicurezza.

Nel periodo di magra della sorgente, l'acquedotto della Nora alimenterà (nell'anno 2000) 15 centri, 8 dei quali (appartenenti a 4 comuni) di nuova alimentazione.

[7] È stato variato lo schema dell'originario piano del 1952 che prevedeva l'integrazione dell'acquedotto della Nora con sorgenti alte, rivelatesi, dalle ulteriori approfondite indagini idro-geologiche, di portata insufficiente oltre che di incerta e costosissima captazione.

L'opera verrà eseguita in due lotti, il primo dei quali, riguardante la rete di adduzione alta, è in corso di costruzione. Uno studio particolare si è reso necessario, data la natura dei terreni molto simili a quelli della zona del Tavo, per la scelta dei nuovi tracciati lungo linee di massima stabilità.

Dirimpetto all'acquedotto della Nora, sull'opposto versante della valle del Pescara, vi è l'*acquedotto dell'Orfento,* alimentato dalla sorgente Rava Avellana, sgorgante dalle pendici della Majella.

Con le sottrazioni e le aggiunte previste nel piano, l'acquedotto servirà in definitiva, con una portata di 15 l./sec., 17 abitati di 5 comuni. Costruiti i serbatoi, di cui l'acquedotto praticamente mancava, e la nuova diramazione per il Comune di Roccamorice, occorre ora provvedere a sistemare le opere di presa e l'adduttrice principale (costituita da tubazioni in acciaio) e a rifare le altre diramazioni essendosi rivelate inutilizzabili quelle esistenti.

Passando al Chietino, menzioniamo anzitutto gli *acquedotti Rocca di Ferro* e *Val di Foro,* il primo derivato da sorgenti alte della Majella, il secondo da sorgenti basse tributarie del fiume Foro, ai quali era affidato, prima dell'intervento della « Cassa », rispettivamente il servizio integrale di Chieti e quello parziale di Pescara, oltre che di altri 8 comuni tutti del Chietino. Il distacco, già avvenuto, di Pescara dal Val di Foro e quello di Chieti dal Rocca di Ferro bastano da soli a rendere le attuali portate dei due acquedotti (76 l./sec. in tutto) sufficienti ad approvvigionare gli altri 8 comuni — fatta eccezione per Francavilla a Mare che, in aggiunta alla portata provenientegli dal Val di Foro, gode di un'integrazione dal Giardino — e ad alimentarne un'altro, Bucchianico. Quest'ultimo, in conseguenza, sarà distaccato dall'attuale insufficiente acquedotto che esso ha in consorzio col Comune di Rapino, che ne risulterà in tal modo — previa opera di sistemazione — normalizzato.

Gli acquedotti Val di Foro e Rocca di Ferro, costituiti da condotte in ghisa ed in acciaio, abbisognano peraltro di notevoli lavori integrativi e di riattamento, attualmente in corso di progettazione.

Un'ingentissima amputazione subirà ad opera dell'acquedotto del Verde (adduttrice nord) il servizio dell'*acquedotto dell'Avello,* che alimenta ben 17 comuni ed ha una rete di adduzione assai vasta (circa 150 km.) e sproporzionata alle possibilità finanziarie e organizzative del consorzio esercente.

Il servizio dell'acquedotto dell'Avello sarà ridotto dagli attuali 78 a soli 21 abitati, appartenenti a 7 comuni, ai quali andrà una portata di 47 l./sec.

Opere notevoli, già progettate, sono necessarie per normalizzare l'impianto, a causa di notevoli varianti resesi necessarie ai tracciati delle attuali adduttrici (in acciaio) perché alcuni tronchi attraversano terreni di scarsa stabilità ed altri sono alloggiati sotto sedi stradali. Anche le opere di captazione delle sorgenti — affioranti in uno scosceso vallone inciso nei fianchi della Majelletta — abbisognano di importanti e delicati lavori di miglioramento e protezione igienica.

Un primo lotto di lavori, comprendente i serbatoi e le condotte di avvicinamento per i centri abitati di 4 comuni, è ultimato.

La rete di adduzione bassa dell'acquedotto dell'Avello verrà incorporata — entro i limiti consentiti dalla utilizzazione delle condotte — nell'acquedotto del Verde.

L'attuale *acquedotto del Sinello,* alimentato da sorgenti alte dell'omonimo fiume, ha anch'esso una vasta zona di servizio (15 comuni alimentati e circa 100 km. di adduttrici, tutte in acciaio con giunti in parte saldati e in parte a piombo) e ripete le deficienze di gestione dell'acquedotto dell'Avello, aggravate da una più depressa economia e da più sfavorevoli condizioni geologiche del territorio interessato.

Il suo schema di servizio subirà una radicale trasformazione; dei 15 comuni e 28 centri prima alimentati, solo 6 comuni, con 8 centri, resteranno ad esso allacciati. Inoltre, previa un 'integrazione di portata fornita da sorgenti basse del Sinello sollevate all'origine e a mezzo di due nuove adduttrici secondarie (nord e sud), saranno approvvigionati *ex novo* 9 comuni e 13 centri abitati siti nelle valli del Sinello e del Trigno e sarà inoltre fornito un tributo integrativo di portata a un piccolo acquedotto consorziale per 2 comuni (Lentella-Fresagrandinaria).

Questo schema è il risultato di una variante al piano di massima del 1952 che, in mancanza di esaurienti misure sulle portate delle sorgenti del Sinello, prevedeva prudentemente di affidare l'alimentazione della zona, oltre che all'acquedotto del Sinello, ad un altro acquedotto da costruire *ex novo* in derivazione dalle sorgenti del Quarto nell'alto Molise. I numerosi cicli di misure effettuate successivamente e la captazione portata a buon fine delle sorgenti basse del Sinello, hanno dimostrato la possibilità e la convenienza di normalizzare l'alimentazione idrica dei 17 comuni interessati interamente con le sorgenti del Sinello, abolendosi, con notevole economia complessiva, la prevista realizzazione dell'acquedotto del Quarto, che sarebbe risultata assai costosa comprendendo tra l'altro la costruzione di una galleria lunga 2 km.

Il progetto di massima approvato contempla l'utilizzazione — con le occorrenti opere di sistemazione — dell'esistente adduttrice princi-

pale, dalle sorgenti alte del Sinello ad un partitore generale da costruirsi nei pressi di Roccaspinalveti: poiché questa condotta, superdimensionata, è in grado di convogliare l'intera portata — 48 l./sec. — del nuovo acquedotto, alle sorgenti basse del Sinello sarà riservata, con notevole economia di esercizio, soltanto una funzione di integrazione nei mesi in cui la portata delle sorgenti alte scenderà al di sotto del fabbisogno.

Delle due nuove adduttrici secondarie (entrambe costituite da tubazioni in acciaio con giunti saldati), la *nord,* a servizio di 4 comuni tra cui 3 di nuova alimentazione, è già costruita; la *sud,* che provvederà al rifornimento, totale o parziale, di 8 comuni, è di prossima costruzione.

Si noti infine che la realizzazione dell'acquedotto del Sinello permette di risolvere indirettamente il problema dell'alimentazione di altri due comuni (Fraine e Torrebruna) ai quali potranno essere destinate due sorgenti minori oggi impegnate e che il nuovo schema renderà disponibili.

Mediante la costruzione di un nuovo acquedotto ad estesa rete di alimentazione sarà normalizzato il rifornimento idrico di 10 comuni montani del territorio compreso fra le valli del Sangro e dell'Aventino. Tale acquedotto deriverà la portata di 22 l./sec. dalle uniche risorse idriche di alta quota esistenti nella zona — le sorgenti del gruppo di Capo Vallone sgorganti a quota variabile da 1.100 a 1.200 m.s.m. — ed alimenterà direttamente 8 comuni (6 in misura totale e 2 in misura parziale), disimpegnando inoltre dal servizio di 3 di essi due sorgenti che potranno così essere adibite alla normalizzazione di altri 2 comuni.

I non facili lavori di captazione delle sorgenti di Capo Vallone, che si manifestano in numerosi affioramenti, sono in corso. Sono stati altresì appaltati i lavori relativi alla maggior parte dell'acquedotto.

Per l'acquedotto di Capo Vallone si presenta evidente la necessità della difesa dalla corrosione, particolarmente nel suo tronco settentrionale che interessa formazioni di marne argillose gessifere (zona di Gessopalena).

I comuni che nella zona Trigno-Vomano saranno o resteranno alimentati esclusivamente o principalmente da acquedotti locali sono soltanto in numero di 27, per oltre due terzi appartenenti al territorio di media e alta montagna che occupa l'angolo sud-occidentale della provincia di Chieti.

La normalizzazione di questi 27 comuni verrà assicurata da piccoli acquedotti; per 14 di essi sono già eseguiti o sono in corso di esecuzione i lavori di costruzione o sistemazione.

B) *Zona Vomano-Tronto* [8].

Oltre l'80% dei comuni di questa zona (51 su 62) sono interessati dai due grandi acquedotti consorziali del Ruzzo e del Pescara d'Arquata: il primo con riguardo al territorio teramano, il secondo a quello piceno.

Gli altri 11 comuni, siti a quota tale da non poter essere approvvigionati a gravità dai due acquedotti suddetti, appartengono al vasto territorio montuoso che occupa la parte occidentale della zona: territorio impervio, assai povero e in gran parte privo dei servizi indispensabili per la vita civile (acquedotti, elettrodotti e viabilità).

L'intervento della « Cassa » nella zona Vomano-Tronto è diretto, pertanto, da un lato a completare e normalizzare gli acquedotti del Ruzzo e del Pescara d'Arquata; dall'altro a dotare di impianti di approvvigionamento idrico gli 11 comuni del territorio occidentale.

L'acquedotto del Ruzzo, costruito nelle sue parti principali nel quinquennio 1930-35 era ancora incompleto nel 1950. Mancava un'intera adduttrice, quella per i comuni della valle del Vibrata; mancavano le opere per l'alimentazione di diversi centri abitati e, quasi del tutto, i serbatoi di distribuzione.

Primo compito della « Cassa », quindi, è stato quello di finanziare gli urgenti lavori di completamento dell'acquedotto, secondo lo schema del progetto di massima originario.

Sono state così posate, nel dodicennio, nuove condotte per uno sviluppo di 160 km., alimentandosi con esse 30 centri abitati prima sprovvisti di rifornimento potabile o serviti con vecchi acquedotti insufficienti e fatiscenti; sono stati costruiti 69 serbatoi per una capacità complessiva di 15.700 mc. L'ammontare delle opere finora finanziate è di oltre un miliardo e mezzo di lire.

L'acquedotto, alimentato dalle sorgenti Fossaceca, Mescatore e Vacelliera tributarie del torrente del Ruzzo, serve oggi con una portata di 265 l./sec. 127 centri abitati di 32 comuni — 31 in provincia di Teramo e uno in provincia di Ascoli Piceno — con una popolazione complessiva di circa 200.000 abitanti ed ha una rete di adduzione (con condotte in acciaio e in ghisa) che sviluppa — senza contare le numerosissime adduttrici a servizio esclusivamente rurale — ben 570 km.

Si deve ora provvedere a normalizzare l'acquedotto, adeguandone la portata ai fabbisogni previsti nell'anno 2000 e costruendo le opere integrative necessarie per addurre ai centri abitati le accresciute portate.

[8] Vedi Atlante, sezione II: *Acquedotti,* Tav. 8.

Per quanto riguarda l'aumento di portata, sono state individuate le fonti d'alimentazione sussidiarie in una ulteriore sorgente del gruppo del Ruzzo (Vacelliera bassa) della quale è già stata effettuata la captazione, e nelle acque subalvee di alcuni dei fiumi che solcano le colline del Teramano e in particolare del basso corso del Vomano, dove gli studi geognostici ed idraulici effettuati dalla « Cassa » hanno fornito risultati positivi.

L'acquedotto riceverà quindi una doppia integrazione, da monte e da valle. La progettazione generale delle opere per la normalizzazione dell'acquedotto è in fase di studio, ma verranno frattanto eseguite alcune opere urgenti dirette a migliorare al più presto le condizioni di alimentazione dei centri costieri di Roseto e Giulianova.

L'acquedotto Pescara d'Arquata è stato nelle sue parti principali costruito nell'ultimo decennio a spese del Ministero dei LL.PP. con i fondi della legge 10 agosto 1950 n. 647 per le aree depresse del Centro-Nord. Esso interessa una vasta zona di servizio dell'Ascolano e del Fermano, comprendente 45 comuni, con una popolazione di 238.000 abitanti, 19 dei quali, con 147.000 abitanti, rientrano nel territorio di intervento della « Cassa ». Le opere finora costruite riguardano 116 km. di adduttrici principali e 100 km. di diramazioni (rispettivamente per 67 km. e 83 km. installate nel territorio di competenza della « Cassa ») e comprendono circa 12 km. di gallerie. La portata totale e di 450 l./sec., derivati dalla sorgente Pescara d'Arquata (884 m.s.m.) e, mediante sollevamento con gruppo turbina-pompa, dalle sorgenti Capodacqua (850 m.s.m.). Le due manifestazioni sorgentizie sono tributarie entrambe dell'alto corso del Tronto.

L'acquedotto comprende inoltre, limitatamente al territorio di competenza della « Cassa », 26 serbatoi per una capacità totale di 5.600 mc., evidentemente insufficiente.

Le diramazioni costruite riguardano solo i capoluoghi comunali.

Nel piano di normalizzazione della zona, la « Cassa » ha compreso le opere di completamento dell'acquedotto Pescara d'Arquata relative al territorio di propria competenza, opere che riguardano 130 km. di condotte urbane e rurali e serbatoi per una capacità totale di circa 13.000 mc.

Gli 11 comuni montani (6 del Teramano e 5 dell'Ascolano) esclusi dalle zone di servizio degli acquedotti del Ruzzo e del Pescara d'Arquata occupano un territorio vastissimo e morfologicamente tormentato, in cui la popolazione vive sparsa o agglomerata in un elevato numero di piccoli centri o nuclei abitati (oltre 200).

Dei 6 comuni teramani, solo 2 (Pietracamela e Fano Adriano, che sono i meno frazionati) hanno un discreto approvvigionamento idrico da acquedotti locali, gli altri quattro (Cortino, Crognaleto, Rocca S. Maria e Valle Castellana), in base a un progetto di massima approvato, saranno alimentati da quattro estesi acquedotti derivati da sorgenti alte dei monti della Laga (Mercurio-Orso, Malbove-Coste Armellino, Sportelle-Calcara, Fonte dei Guardiaboschi) e da numerosi acquedotti locali. Le opere, parte costruite o in costruzione, parte in progettazione, comprenderanno una rete di condotte dello sviluppo di ben 180 km.

Per i comuni del territorio ascolano è stato studiato un nuovo acquedotto a vasta area di servizio che deriverà l'acqua da sorgenti sgorganti dai fianchi del monte Vettore, a quote variabili tra 1.270 e 1.400 m.s.m.

Per iniziativa della « Cassa », d'intesa col Ministero dei LL.PP., *l'acquedotto del Vettore* è stato esteso ad altri 3 comuni siti al di fuori della zona di competenza della « Cassa », di modo che esso, attraverso una rete di condotte, tutte in acciaio, di ben 132 km. di sviluppo (ivi compresi 32 km. di adduttrici rurali) e con una portata di 55 l./sec. normalizzerà il rifornimento idrico di tutto il territorio compreso tra le zone di servizio dell'acquedotto del Pescara d'Arquata a sud e dell'acquedotto del Tennacola a nord (altro acquedotto costruito con i fondi della legge 10 agosto 1950 n. 647). Sono stati già eseguiti, con buon esito, lavori preliminari per la captazione dei numerosi affioramenti che costituivano le sorgenti del monte Vettore, che si è riusciti a concentrare alla quota della polla più bassa (1.270 m.s.m.(. È stato approvato il progetto di massima dell'acquedotto e saranno prossimamente iniziati i lavori di un primo lotto di opere.

Sia gli acquedotti della Laga che quello del Vettore hanno, per la scarsa densità demografica degli estesi territori serviti, elevati costi unitari d'impianto (da 40.000 a 50.000 lire per abitante); ad essi sono state pertanto conferite caratteristiche della massima semplicità e funzionalità allo scopo di renderne l'esercizio il più sicuro ed economico possibile.

C) *Zona dell'Appennino centrale abruzzese* [9].

In questa zona, una volta riconosciuti con accuratezza lo stato di fatto dell'approvvigionamento idrico nei comuni e l'ubicazione e consistenza delle risorse idriche utilizzabili, e avviati i primi studi

[9] Vedi Atlante, sezione II: *Acquedotti*, Tav. 9.

di normalizzazione, i problemi si sono andati circoscrivendo in distinte sotto-zone, i cui confini sono generalmente rappresentati dalle alte creste montuose che fiancheggiano o dalle strette gole che, spesso, strozzano le dolci vallate e i tipici altipiani dell'Appennino centrale.

La prima e più importante di queste sotto-zone è quella che occupa la parte nord-occidentale della provincia de L'Aquila e che abbraccia l'intera vallata dell'alto e medio Aterno (fino alle aspre gole di Molina), estendendosi ad est all'ampia e corta valle del Tirino e a sud-ovest alla piana del Fucino ed ai valloni che ad essa affluiscono, comprendendo 58 comuni.

Il fiume Aterno, pur disponendo di un vasto bacino, è estremamente povero di sorgenti distribuite. Le scarse risorse naturali trovansi concentrate in pochi, se pur rilevanti, affioramenti di fondovalle (L'Aquila, Molina) e sono quasi interamente utilizzate per irrigazione.

Lungo il suo medio corso e nell'attiguo e caratteristico altipiano di Navelli, risiede una dozzina di piccoli comuni, quasi totalmente sprovvisti di acquedotto, ad iniziativa dei quali venne redatto e presentato nel 1950 alla « Cassa » il progetto di massima di un acquedotto che prevedeva la derivazione di una portata di 37 l./sec. dalle sorgenti de La Ferriera, tributarie del Giovenco. Poiché la quota delle sorgenti (1.041 m.s.m.) non è sufficiente ad assicurare a gravità il valico dello spartiacque tra l'Aterno e il Giovenco, era previsto il sollevamento dell'acqua con utilizzazione di energia prodotta dalla vicina sorgente Pulciara di S. Sebastiano, tributaria dello stesso Giovenco (1.033 m.s.m.).

L'elevato costo dell'opera, contrapposto alla sua scarsa funzionalità, non poteva non destare fondate apprensioni sulla sorte futura del suo esercizio, tenuto anche conto della povertà dei comuni interessati, dell'elevata altimetria e della scarsa accessibilità dei luoghi. D'altra parte nella zona esistevano parecchi altri comuni sprovvisti o insufficientemente dotati di approvvigionamento idrico.

Queste considerazioni hanno indotto la « Cassa » ad estendere il servizio dell'acquedotto, mantenendone lo schema originario, fino ai limiti massimi consentiti dalla disponibilità di portata delle due sorgenti, dopo aver riconosciuto la convenienza anche economica di tale soluzione globale rispetto ad altre possibili.

Contro i 13 comuni originari con meno di 20.000 abitanti, l'acquedotto alimenterà, con una portata di 170 l./sec., 33 comuni con 90.000 abitanti attuali, 20 dei quali (tra cui quello de L'Aquila) appartenenti alla stessa valle dell'Aterno e all'altipiano di Navelli, 8 alla valle del Giovenco e alla Marsica, 5 alla valle del Tirino e alle propaggini del Gran Sasso che ad essa si affacciano.

L'ampliamento comporta la riduzione a L. 38.000 per abitante dell'elevatissimo costo unitario (L. 60.000 per abitante) dell'originario progetto.

La costruzione dell'acquedotto, fino al 1959, è stata effettuata in concessione dal consorzio interessato, ma non si è svolta, per motivi diversi, con ritmo sufficientemente sollecito, tanto che la « Cassa » ha dovuto assumere in gestione diretta i lavori di completamento.

Le caratteristiche tecniche dell'opera saranno dettagliate in apposito capitolo; si noti in questa sede che la realizzazione dell'acquedotto de La Ferriera, rendendo disponibile la maggior parte della portata dell'*acquedotto del Chiarino*, che oggi alimenta la città de L'Aquila, consentirà di destinare quest'ultima alla normalizzazione idrica della parte occidentale dello stesso Comune de L'Aquila, oltre che a numerosi abitati di 5 altri comuni dell'alta valle dell'Aterno. La progettazione di massima del nuovo acquedotto del Chiarino (le sorgenti, a quota di 1.300 m.s.m., sono tributarie dell'alto corso del Vomano sul fianco occidentale del Gran Sasso) viene effettuata in concomitanza con le indagini e gli accertamenti per determinare i limiti di utilizzabilità delle opere esistenti.

La normalizzazione idrica dei comuni della parte nord-occidentale della piana del Fucino verrà assicurata ordinando e sistemando, e in gran parte ricostruendo, gli esistenti acquedotti delle sorgenti Riosonno e Tassi (affioranti sulle pendici settentrionali dei monti Simbruini), da cui si alimentano oggi Avezzano ed altri 5 comuni.

Per Avezzano la « Cassa » ha costruito il serbatoio di distribuzione, di cui la città era priva, e che ha consentito di migliorare in modo sensibile il servizio idrico cittadino, oggi purtroppo assai precario, nonostante l'elevata portata in arrivo, a causa di disfunzioni nella distribuzione.

Per 8 centri abitati dei comuni di Massa d'Albe, Magliano dei Marsi e Ovindoli, siti sulle basse pendici del monte Velino e quasi totalmente sprovvisti di approvvigionamento idrico, è stato già progettato, in linea di massima, un acquedotto che deriverà una portata di 9,6 l./sec. da due piccole sorgenti di alta quota (S. Eugenia e Formarotta).

Nella parte orientale dell'alveo del Fucino e lungo i valloni ad esso affluenti, risiedono 9 comuni, 6 dei quali rientrano nell'area di servizio dell'acquedotto de La Ferriera, mentre gli altri tre — due dei quali, Villavallelonga e Collelongo, praticamente privi di rifornimento idrico — saranno riforniti con un nuovo acquedotto dalle sorgenti Acquasanta, Sauco e Le Prata (1.260÷1.520 m.s.m.). Tale acquedotto, che

ha una portata complessiva di 10 l./sec., è in parte costruito e in parte in costruzione con tubazioni in acciaio e in cemento amianto.

La normalizzazione di questa prima sotto-zona sarà completata con un acquedotto a servizio di due comuni e con 17 acquedotti locali, in massima parte esistenti e da ricostruire o, nel migliore dei casi, da sistemare. Solo 3 sono gli acquedotti locali di nuova costruzione previsti e uno di essi (Barete) è quasi ultimato. Pure ultimati sono i lavori di ricostruzione dell'acquedotto di Capestrano dalla cospicua sorgente Fonte Presciano del Tirino, comprendente un impianto iniziale di sollevamento con gruppo turbina-pompa; in corso sono i lavori di ricostruzione dell'acquedotto di Celano, anch'esso con sollevamento iniziale effettuato con gruppo turbina-pompa.

Una seconda sotto-zona, compresa nel perimetro della prima, è rappresentata dall'altipiano di Roccadimezzo, specie di conca sita a 1.300 m. di quota e circondata da alti monti dove risiedono 3 comuni. Per il più grande di essi, Roccadimezzo, sono in via di completamento le opere di normalizzazione, che comprendono due acquedotti costruiti *ex novo*, 3 ricostruiti e 1 sistemato, per una portata complessiva di 7,6 l./sec. È pronta la progettazione esecutiva delle opere per la normalizzazione degli altri due comuni, Roccadicambio e Ovindoli che prevedono la derivazione di una portata di 14 l./sec. dalla sorgente Caporitorti.

Una terza sottozona è costituita dall'alta valle del Liri, denominata Valle Roveto, limitata dalle alte catene dei monti Simbruini e dei monti della Serra Lunga e che interessa 8 comuni. Le relative opere di normalizzazione idrica comprendono la costruzione di 4 nuovi acquedotti e la ricostruzione o sistemazione di 5 esistenti, tutti alimentati dalle risorse idriche che il fianco destro della vallata offre con relativa abbondanza. Le opere sono quasi tutte progettate e appaltate ed in gran parte costruite. Gli impianti di maggior rilievo sono quelli derivati dalle sorgenti Rio di Roccavivi e Pantaneccia, a servizio rispettivamente di 3 abitati bassi e di 15 alti di 4 comuni, per una portata complessiva di 20 l./sec.: il primo già costruito, il secondo in costruzione.

Laddove il corso dell'Aterno, uscendo dalle strette gole di S. Antonio sotto Molina e ricevendo i cospicui tributi del Sagittario-Gizio, di Capo Pescara e del Giardino, si trasforma da magro torrente in pingue fiume, si distende la piana Peligna, che con i valloni in essa confluenti costituisce la quarta sotto-zona e ospita 17 comuni. Dieci di essi sono alimentati da sufficienti risorse locali, e per la loro normalizzazione bastano pertanto interventi di sistemazione e riordino degli esistenti impianti, fatta eccezione per un nuovo acquedotto, già in

costruzione, occorrente per alimentare l'isolata frazione Castrovalva del Comune di Anversa. Il più importante di tali interventi riguarda l'acquedotto dalla sorgente Capodacqua per i comuni di Bugnara e Prezza: acquedotto da ricostruire totalmente e i cui lavori sono in via di ultimazione.

Per la normalizzazione idrica degli altri 7 comuni, tutti giacenti nella vallata Peligna, e tra i quali sono Sulmona e Pratola Peligna, è in corso la progettazione di massima. Lo schema definitivo delle opere di normalizzazione dipende in modo essenziale dall'uso che si potrà fare delle esistenti opere dell'acquedotto di Sulmona, dalle sorgenti del Gizio, e di quello consorziale per Rajano, Corfinio, Vittorito dalle sorgenti di S. Antonio.

Si è già provveduto a costruire un serbatoio di 4.000 mc. per la città di Sulmona, che ne era sprovvista.

La quinta ed ultima sotto-zona dell'Appennino centrale è rappresentata dall'alta valle del Sangro e dai caratteristici altipiani ad essa sovrastanti: territorio di alta montagna, ove risiedono 12 comuni. Due di essi (Barrea e Villetta Barrea) non abbisognano di intervento data l'esuberanza della dotazione idrica assicurata dalle sorgenti utilizzate.

Per gli altri dieci comuni si sta provvedendo o si provvederà costruendo o sistemando, acquedotti a servizio locale, o, al più, di due comuni. È stato costruito un acquedotto integrativo per il Comune di Pescocostanzo; sono in corso lavori per la ricostruzione e l'ampliamento dell'acquedotto di Ateleta; è in corso la costruzione di un piccolo acquedotto per l'abitato di Roccacinquemiglia (frazione di Castel di Sangro).

Ricerche idriche numerose ed estese sono state effettuate e sono tuttora in corso per migliorare l'alimentazione idrica di Roccaraso, in modo da tenere conto del fortissimo sviluppo turistico che in tale centro si sta verificando; è stato intanto costruito ed è già entrato in funzione, un serbatoio di 2.500 mc., con funzione di accumulazione plurigiornaliera.

Lavori preliminari alle sorgenti sono in avanzato corso per poter procedere su basi concrete alla progettazione di due acquedotti a servizio, ciascuno, di due comuni: uno per Alfedena e Villa Scontrone, l'altro per Opi e Pescasseroli.

4. - Gli impianti principali

Acquedotto dalle sorgenti del Giardino.

Degli impianti costruiti od in corso di realizzazione in Abruzzo, l'acquedotto dalle sorgenti del Giardino, per funzione, portata e caratteristiche, costituisce il complesso più importante.

Lo schema, secondo cui detto impianto è stato realizzato, fu studiato ed elaborato dal Servizio Acquedotti e Fognature della « Cassa » nel 1952 in variante ad un progetto ad essa presentato e sulla scorta dei numerosi elementi scaturiti da una complessa indagine sulla consistenza delle opere esistenti e sulle risorse idriche della zona.

L'acquedotto dalle sorgenti del Giardino, proporzionato per una portata di l./sec. 800 occorrente per l'alimentazione all'anno 2000, con dotazioni giornaliere variabili da 250 a 80 l./ab., di 55 centri abitati appartenenti a 23 comuni, con una popolazione di circa 330.000 abitanti, prende origine dalle sorgenti omonime, tributarie del fiume Pescara, e si sviluppa con le condotte adduttrici e di avvicinamento per complessivi chilometri 240, di cui 180 già costruiti.

A) *Sorgenti - Opere di captazione - Caratteristiche chimico-batteriologiche delle acque captate.*

Le sorgenti del Giardino scaturiscono da un ampio anfiteatro naturale posto ai piedi del colle Marrociane a sud dell'abitato di Popoli, a quota 247,60 m.s.m.

Il bacino acquifero che alimenta le sorgenti si sviluppa entro calcari eocenici disposti in strati poco potenti; esso è sostenuto ed isolato da una fascia di materiale cataclastico fino ad argilloso, che si sviluppa nella parte sud-orientale dalla massa eocenica in corrispondenza probabilmente di una grande faglia orientata secondo NO-SE.

In base ai risultati delle numerose indagini esperite con la esecuzione di sondaggi geognostici e con l'apertura di cunicoli di ricerca, la captazione delle acque è stata realizzata col criterio della massima semplicità e funzionalità, *in loco,* con la costruzione, a titolo precauzionale, di un diaframma sotterraneo avente il fine di perfezionare il sostegno e l'isolamento igienico delle acque sorgive.

L'opera di presa, costruita totalmente all'aperto, è costituita da un bacino colmato di pietrame calcareo di grossezza decrescente dal

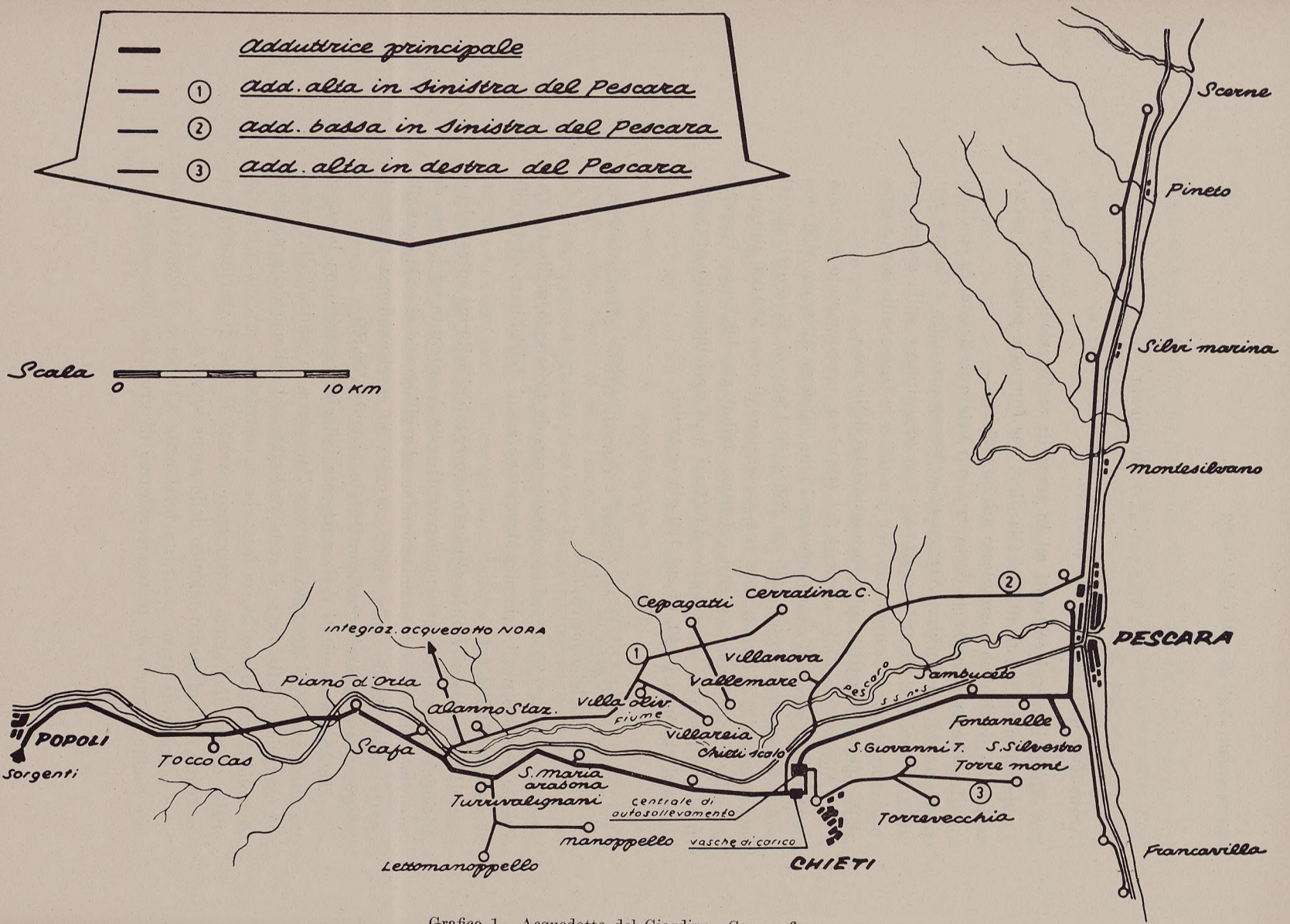


Grafico 1 - Acquedotto del Giardino: Corografia.

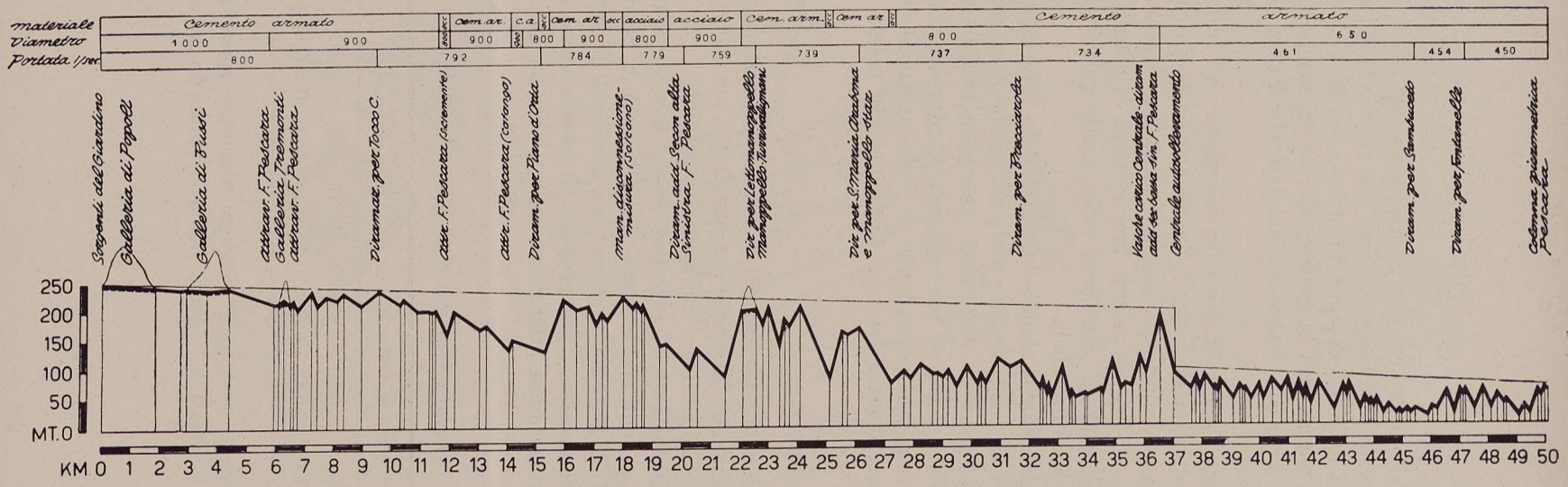


Grafico 2 - Acquedotto del Giardino: Profilo dell'adduttrice principale.

basso verso l'alto, entro cui si sviluppa un sistema di cunicoli drenanti per una lunghezza complessiva di circa 200 metri. Detto bacino è chiuso e sostenuto da un muro di cemento armato, opportunamente collegato al diaframma sotterraneo in calcestruzzo, di cui rappresenta la prosecuzione fuori terra e lateralmente innestato alla roccia mediante iniezioni di cemento.

Completano l'opera di presa tre manufatti: gli edifici di sfioro e scarico di fondo disposti lungo il fronte principale, in corrispondenza del diaframma, e l'edificio di partenza realizzato a ridosso del massiccio roccioso e da cui prende origine una galleria di eduzione della lunghezza di circa 2.000 m. che sbocca nella stretta gola incisa nei monti dal Pescara a valle di Popoli.

Le numerose analisi chimico-batteriologiche fatte eseguire su campioni di acqua sistematicamente prelevati, hanno confermato la razionalità delle opere eseguite e le ottime caratteristiche delle acque captate (limpide, inodori, incolori, temperatura 10°, durezza totale in gradi francesi 16, durezza permanente 8, concentrazione idrogenionica 7,45, ammoniaca e nitriti assenti, *bacterium coli* assente in 100 cc.).

B) *Opere di adduzione.*

Le opere di adduzione fino agli abitati si sviluppano prevalentemente nelle marne sabbiose plioceniche per complessivi km. 240. Come rilevasi dallo schema planimetrico, l'impianto è costituito:

a) da una adduttrice primaria che ha una portata in partenza di 800 l./sec. e si sviluppa da Popoli fino alla città di Pescara per oltre 50 km., di cui circa 45 km. realizzati con tubazioni di cemento armato ordinario e precompresso, per pressioni di esercizio sino a 17 atm. Il tracciato si svolge quasi interamente sulle colline in destra del fiume Pescara.

TAB. 12 — *Tipi, diametri e lunghezze delle tubazioni dell'adduttrice principale.*

	Cemento armato ordinario				Cemento armato precompresso		Acciaio	
∅	1.000	900	800	650	900	800	900	800
m.	5.760	3.350	4.230	12.870	7.230	10.320	3.150	2.600

Sull'adduttrice principale ricadono numerose opere d'arte di notevole rilievo tecnico tra le quali vanno ricordate le gallerie, per uno

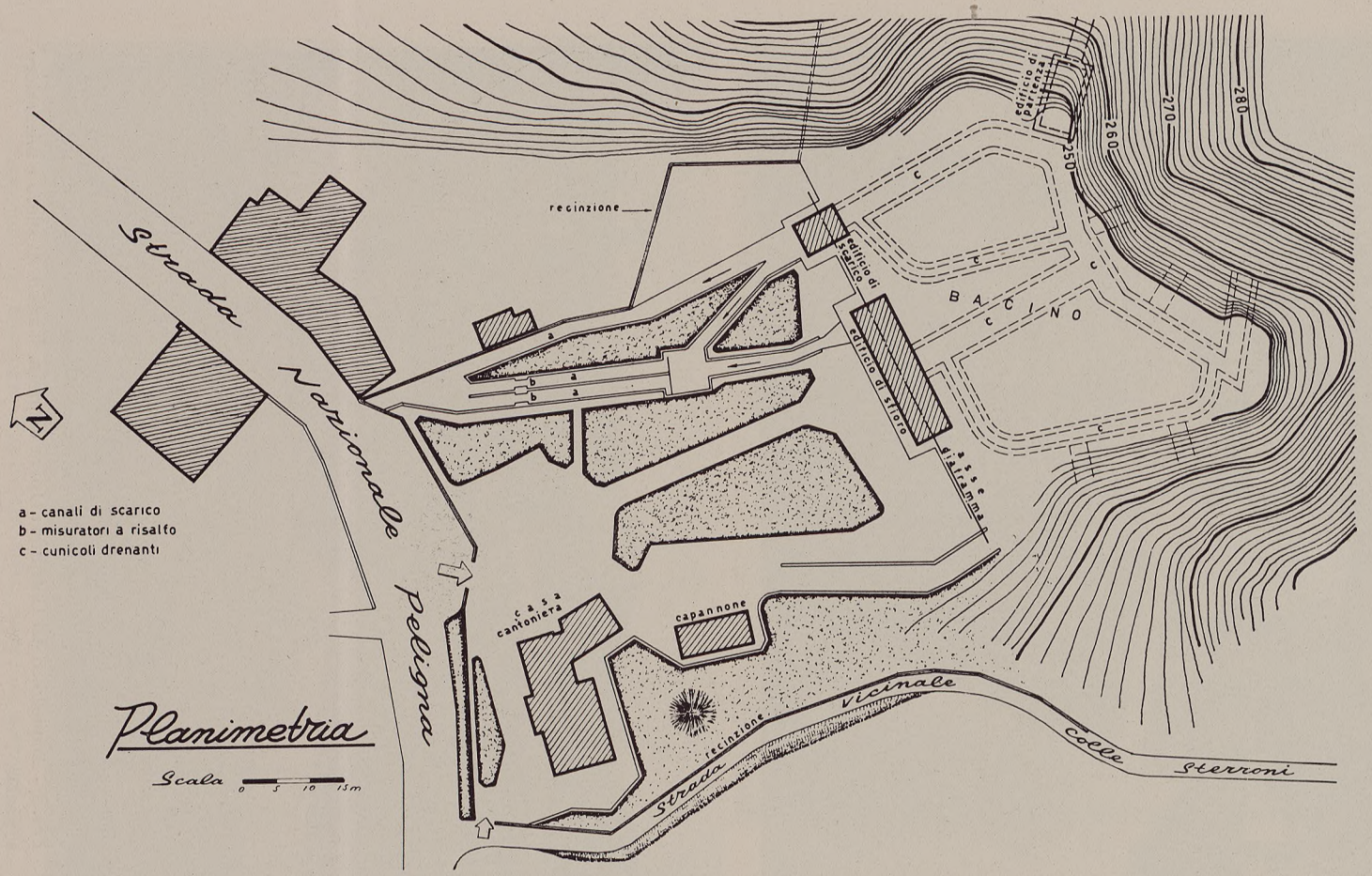


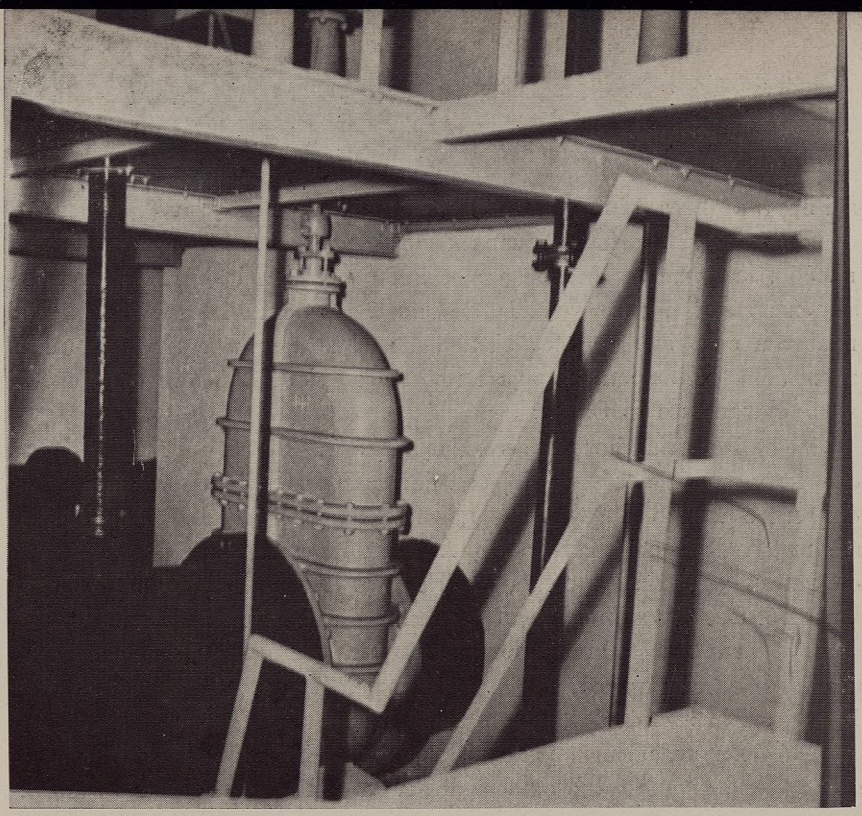
Grafico 3 - Acquedotto del Giardino: Planimetria delle opere di presa.

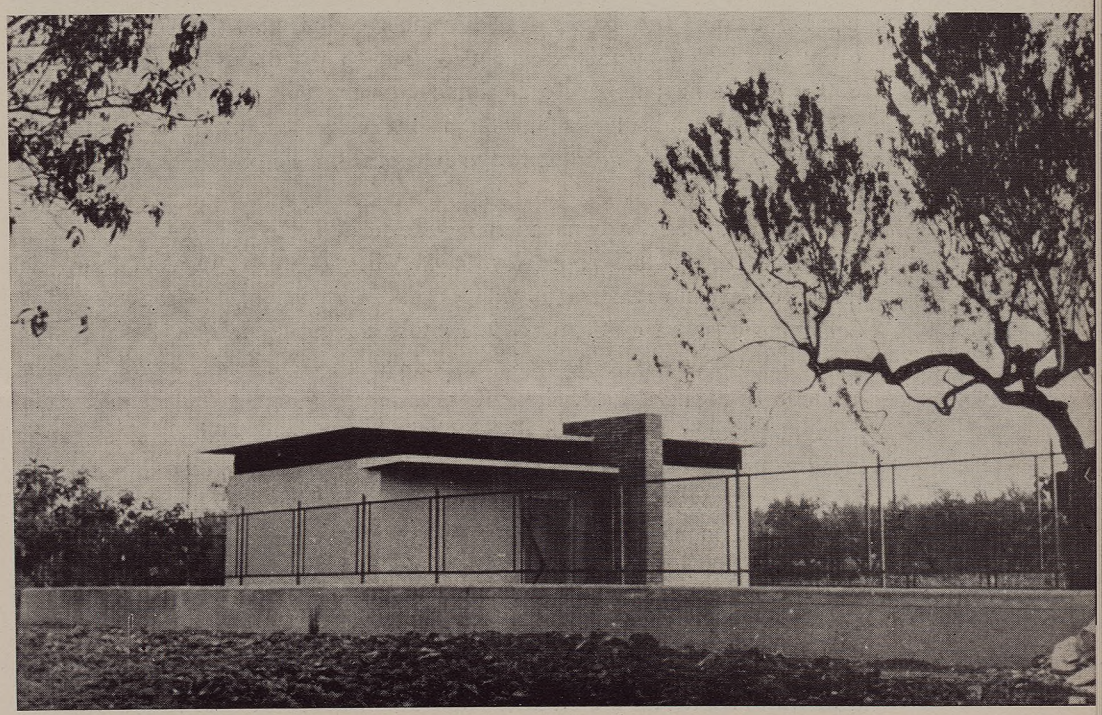




Fot. 1 - Acquedotto del Giardino: Opera di presa. Edificio di sfioro e misuratore a risalto.

Fot. 2 - Acquedotto del Giardino: Attraversamento con trave armata del torrente Lavino.





Fot. 3 - Acquedotto del Giardino: Particolare della camera di manovra del manufatto di disconnessione e misura in località Solcano.
Fot. 4 - Acquedotto del Giardino: Partitore a pelo libero in località Villa Oliveti.

sviluppo di circa 5 km., 9 travi armate realizzate per l'attraversamento di fiumi, torrenti, fossi e canali, per una lunghezza complessiva di m. 550, le numerose briglie praticabili e non praticabili, gli attraversamenti stradali e ferroviari quasi tutti praticabili, un manufatto di misura a pelo libero in località Solcano ed un manufatto per l'interruzione delle oscillazioni di massa realizzato a km. 12,5 dall'impianto di autosollevamento di Chieti.

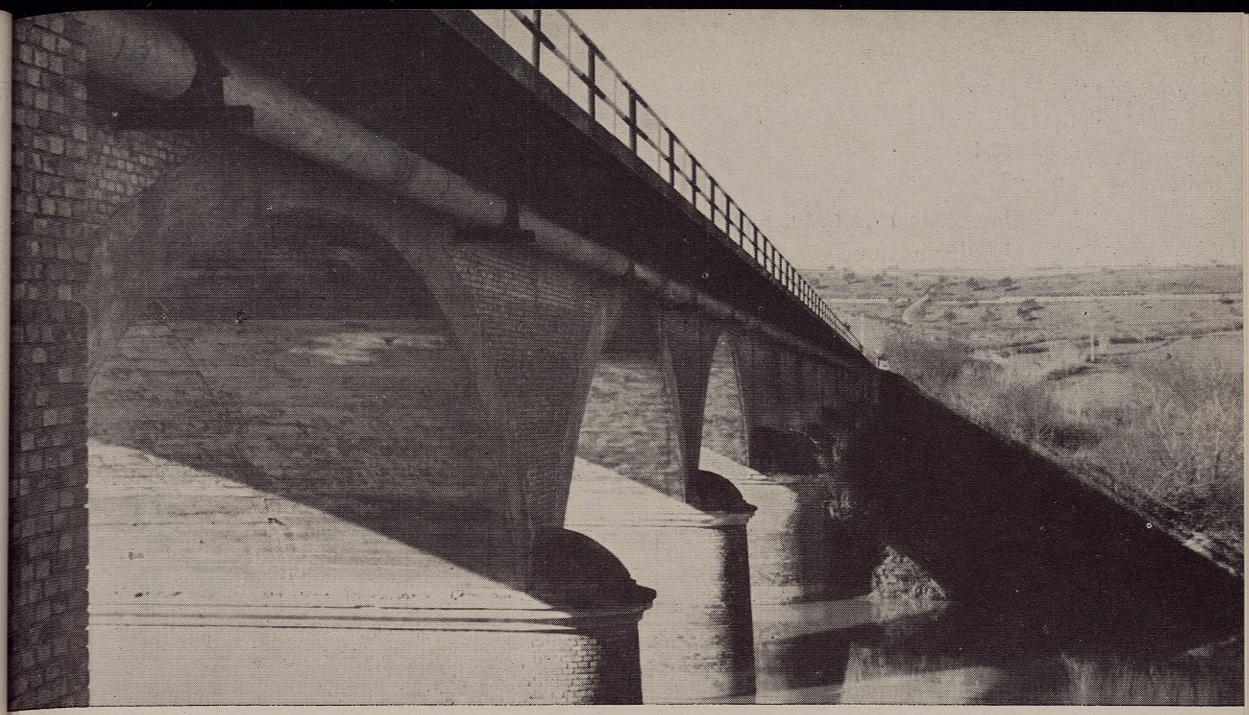
b) Da un'adduttrice secondaria alta in sinistra del fiume Pescara che deriva una portata di 37 l./sec. dall'adduttrice principale nei pressi del centro abitato di Scafa, e, superato il fiume Pescara su un ponte esistente, si snoda nei territori comunali di Alanno, Rosciano, Cepagatti e Pianella per una lunghezza complessiva, comprese le diramazioni, di km. 32,5. Realizzata interamente con tubi di acciaio del diametro interno compreso tra 250 e 60 mm., detta adduttrice comprende numerose opere d'arte di rilievo tra cui il partitore a pelo libero di Villa Oliveti ed i partitori in carico di Alanno e Cepagatti.

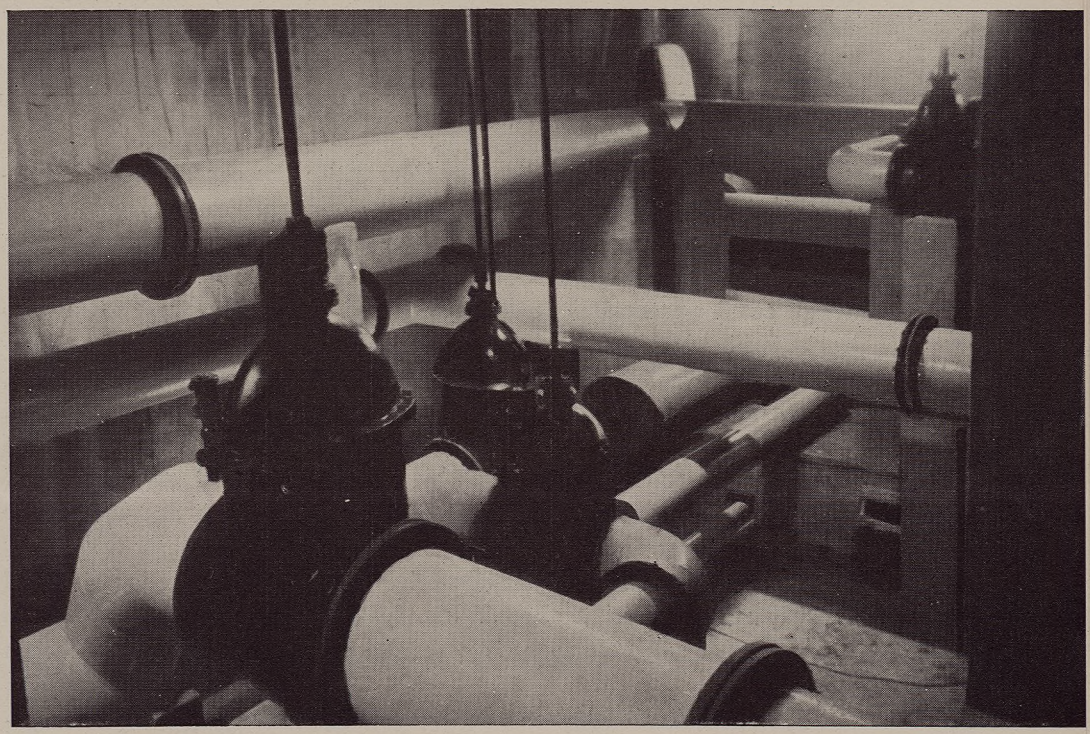
c) Da un'adduttrice secondaria bassa in sinistra del fiume Pescara che, derivando dall'edificio di carico dell'impianto di autosollevamento (descritto in seguito) una portata iniziale di 107 l./sec., è costituita per km. 21,5 da tubi di acciaio (di diametro compreso tra 375 e 200 mm.) e per km. 23,7 da tubi di cemento amianto (di diametro compreso tra 250 e 150 mm.); superato il fiume Pescara sul ponte esistente della SS. 81, detta adduttrice interessa i territori comunali di Cepagatti, Spoltore, Pescara e quindi, lungo il litorale, i comuni di Montesilvano, Silvi e Pineto.

Tra le opere d'arte ricadenti su detta adduttrice meritano di essere ricordate il serbatoio sopraelevato di Villanova, l'attraversamento del torrente Calvano realizzato con tubo autoportante e gli attraversamenti del fiume Pescara e del torrente Piomba sui ponti dell'ANAS.

d) Da una adduttrice secondaria alta in destra del fiume Pescara, in corso di realizzazione, che, utilizzando una portata di 16 l./sec. sollevata attraverso l'impianto di autosollevamento di Chieti, si sviluppa integralmente sulle colline che da Chieti degradano verso Francavilla a Mare, attraversando i comuni di Chieti, Torrevecchia Teatina, S. Giovanni Teatino, Pescara e Francavilla a Mare.
L'adduttrice, con le relative diramazioni, è costituita da condotte di acciaio, ghisa e cemento amianto per una lunghezza complessiva di 30 km. con diametri variabili da 150 a 60 mm.;

e) da numerose diramazioni, per uno sviluppo di oltre 80 km., alimentate a gravità o mediante sollevamento; tra di esse vanno partico-





Fot. 5 - Acquedotto del Giardino: Attraversamento del fiume Pescara sul ponte esistente (SS. 81).
Fot. 6 - Acquedotto del Giardino: Vasche di carico dell'impianto di autosollevamento. Interno della camera di manovra.

larmente ricordate, per portata addotta e per lunghezza delle condotte, la diramazione che prende origine dall'impianto di sollevamento di Colle Luce per l'approvvigionamento dei centri di Turrivalignani, Manoppello e Lettomanoppello, e la diramazione progettata per assicurare la integrazione stagionale della portata della sorgente Pietrarossa utilizzate per l'alimentazione del limitrofo acquedotto della Nora;

TAB. 13 — *Caratteristiche degli impianti di sollevamento inseriti nell'acquedotto del Giardino.*

Comuni	Portata alimentazione (l. sec.)	Ore di pompaggio	Portata condotta premente (l./sec.)	Prevalenza manometrica (m.)	Potenza di regime (kw)
Alanno . . .	11,0	12	22,00	180	60
Lettomanoppello .	4.5	16	6,75	77	9
Rosciano . . .	3,0	12	6,00	96	10
Tocco da Casauria .	9,0	18	12,00	200	37
Turrivalignani . .	16,7	16	25,05	141	58

f) da un impianto di autosollevamento che conferisce all'acquedotto del Giardino un particolare rilievo di carattere tecnico.

In sede di pianificazione degli schemi di normalizzazione della zona Trigno-Vomano, fu rilevata, attraverso numerosi e laboriosi confronti tecnico-economici, la convenienza di alimentare con l'acquedotto del Giardino (anziché con l'acquedotto del Verde come previsto nel progetto fatto elaborare dall'omonimo Consorzio) anche la città di Chieti, pur comportando detta inclusione il sollevamento di una portata di circa 100 l./sec. per circa 200 metri. Successivamente, in sede di progettazione di massima dell'acquedotto, il problema fu ripreso in esame più dettagliatamente e, per eliminare la sensibile maggiore spesa di esercizio che derivava dalla presenza del suddetto sollevamento, si pensò di sovradimensionare la tubazione dell'adduttrice principale ricavando nei pressi dell'abitato di Chieti, a circa 35 km. dalle sorgenti, un salto motore da utilizzare per la produzione dell'energia occorrente per il sollevamento stesso.

La validità di detto schema fu, quindi, controllata sul piano economico e gli studi redatti in tal senso confermarono la sua convenienza rispetto allo schema più tradizionale, che, pur consentendo una minore spesa di primo impianto (minor diametro dell'adduttrice principale in

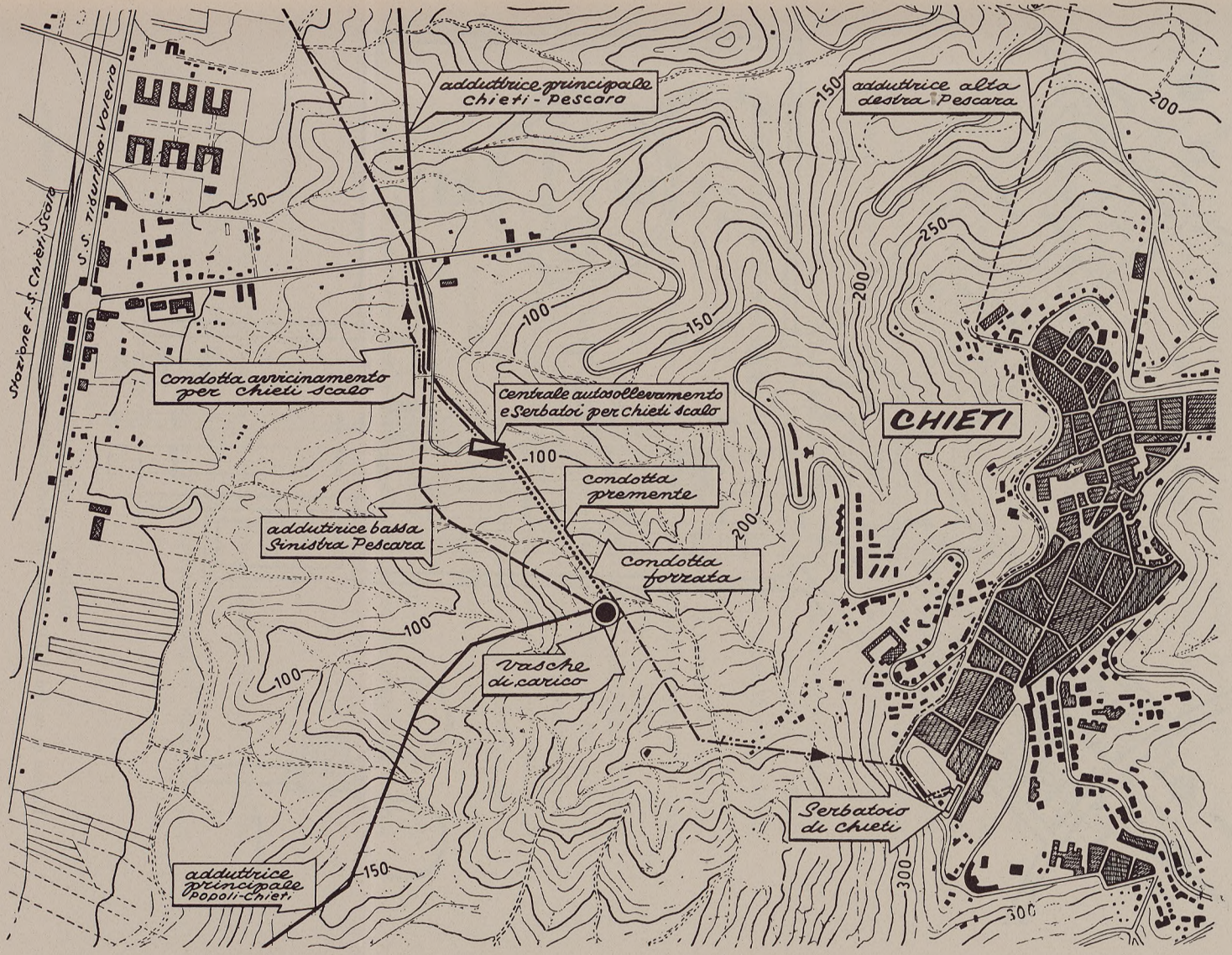


Grafico 4 - Acquedotto del Giardino: Corografia dell'impianto di autosollevamento.

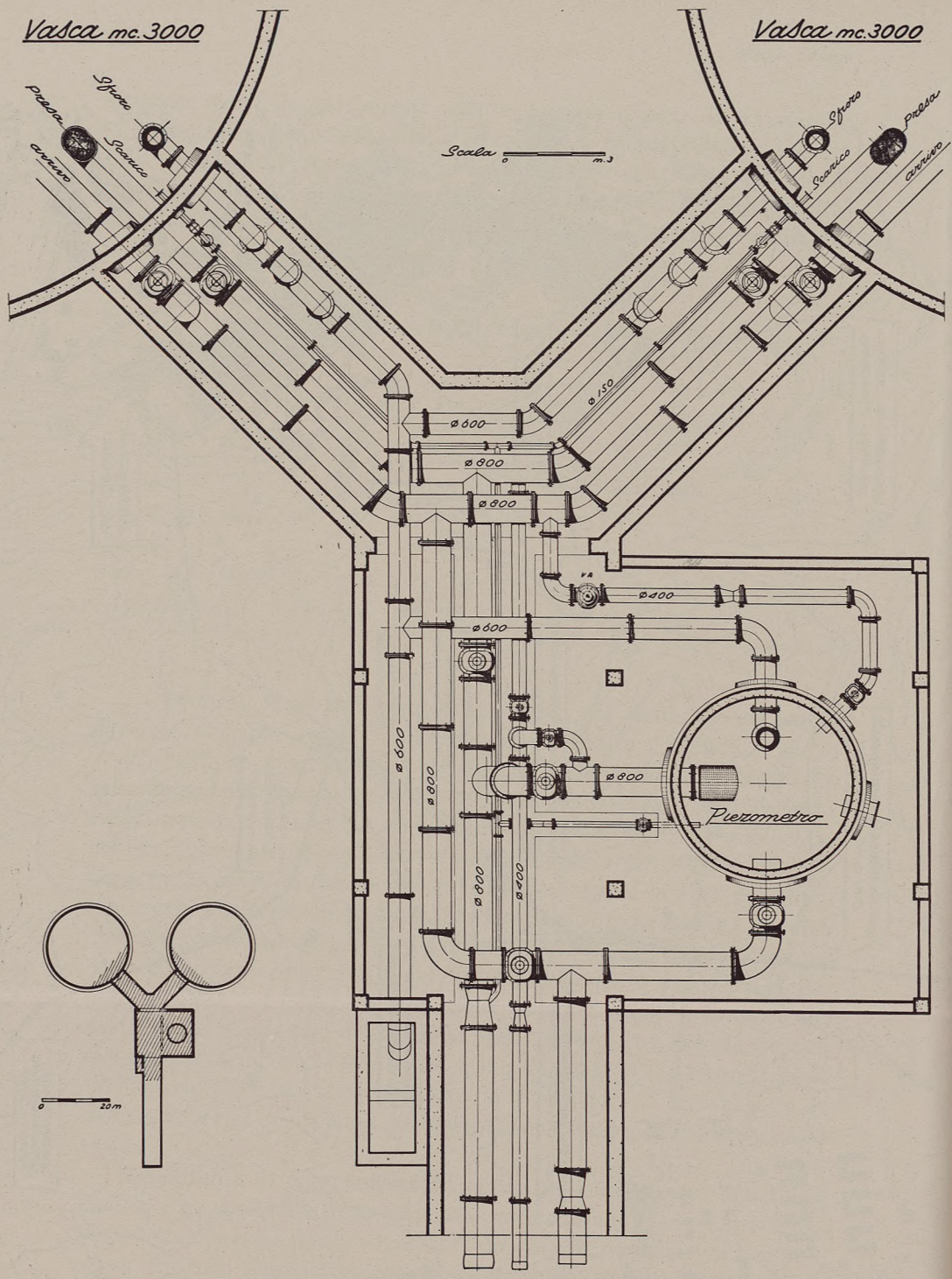


Grafico 5 - Acquedotto del Giardino:
Vasche di carico dell'impianto di autosollevamento. Pianta della camera di manovra.

dipendenza dello sfruttamento di tutto il carico disponibile) comportava un'onerosa spesa di esercizio per l'acquisto dell'energia occorrente per il sollevamento.

L'impianto di autosollevamento è costituito da due complessi di notevole interesse tecnico, sia per la funzionalità del sistema che per le soluzioni costruttive adottate per assicurare la stabilità delle opere ricadenti su terreni morfologicamente e geologicamente difficili.

Il primo complesso comprende: 2 vasche di carico dell'impianto per una capacità complessiva di mc. 6.000, che assolvono anche la funzione di serbatoio di linea dell'acquedotto; una colonna piezometrica alta circa m. 20 per il recupero del maggior carico disponibile nel primo periodo di esercizio durante il quale l'acquedotto funzionerà a portata ridotta e la camera di manovra realizzata con pezzi speciali di acciaio

Nel secondo complesso sono compresi la centrale di autosollevamento, la vasca di restituzione delle turbine (mc. 500) ed il serbatoio di Chieti Scalo realizzato con due vasche cilindriche della capacità ciascuna di mc. 2.250.

Completano l'impianto la condotta forzata di acciaio del diametro di 800 mm. lunga circa m. 500 e la condotta premente, sempre di acciaio, del diametro di 400 mm. che si sviluppa per circa m. 1.600.

Si forniscono qui appresso i dati caratteristici dell'impianto nella fase definitiva di funzionamento: salto motore turbine m. 84; portata motrice (turbine) 527 l./sec.; prevalenza pompe m. 176; portata da sollevare (pompe) 100 l./sec.; potenza residua utilizzata per produzione di energia elettrica 120 kw. La produzione di energia elettrica serve a rendere più economico l'esercizio dell'acquedotto che, come si è visto, comprende numerosi sollevamenti secondari.

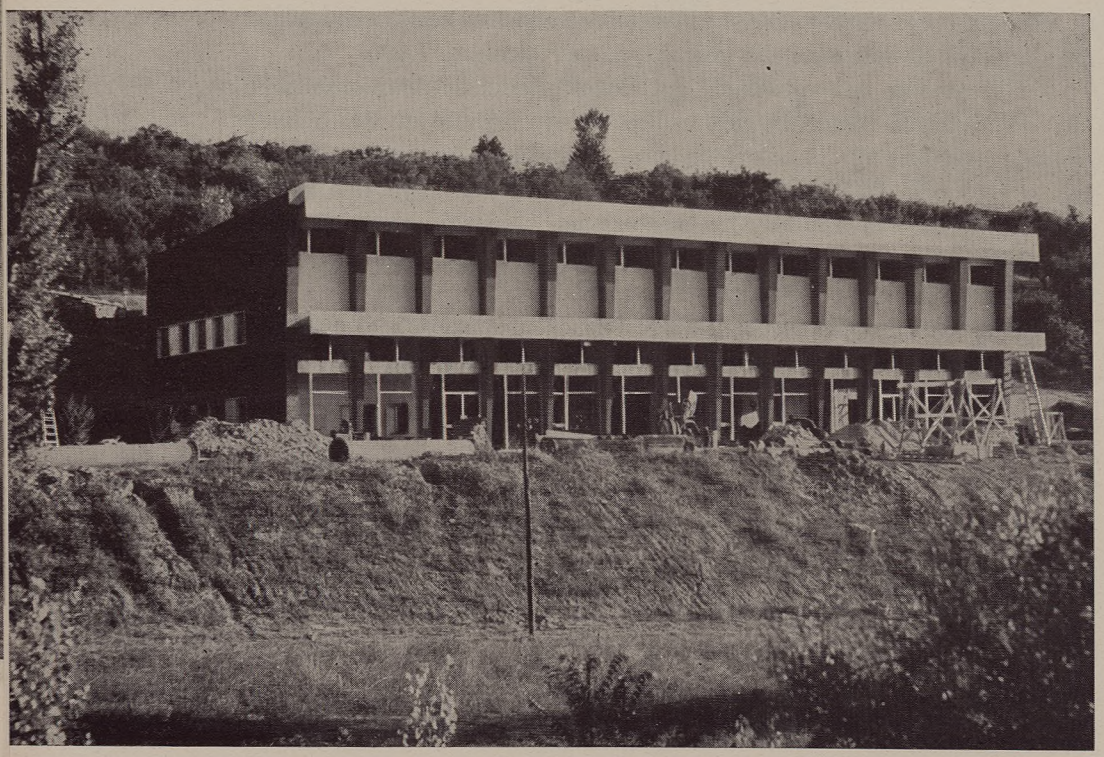
Nella centrale, già entrata in funzione, sono installati due gruppi turbina-pompa, due gruppi turbina-alternatore ed un gruppo di riserva « Diesel »-pompa.

C) *Serbatoi.*

Sono stati costruiti e sono in corso di costruzione numerosi serbatoi per una capacità complessiva di 47.285 mc.

Verranno utilizzati, previa sistemazione, serbatoi esistenti per 10.300 mc.





Fot. 7 - Acquedotto del Giardino: Vasche di carico dell'impianto di autosollevamento e torre piezometrica.
Fot. 8 - Acquedotto del Giardino: Centrale di autosollevamento.

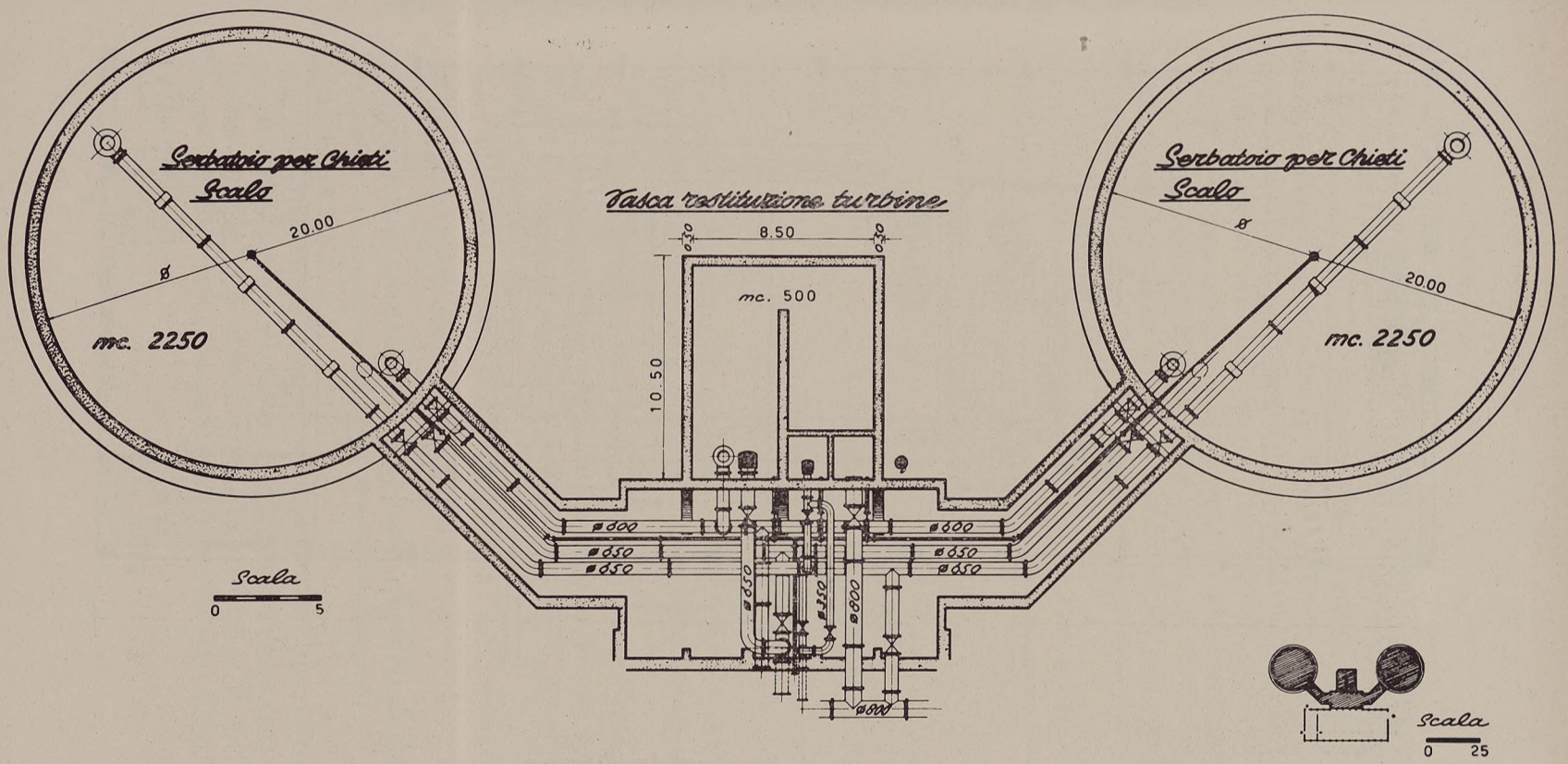


Grafico 6 - Acquedotto del Giardino: Centrale di autosollevamento. Disegni costruttivi.

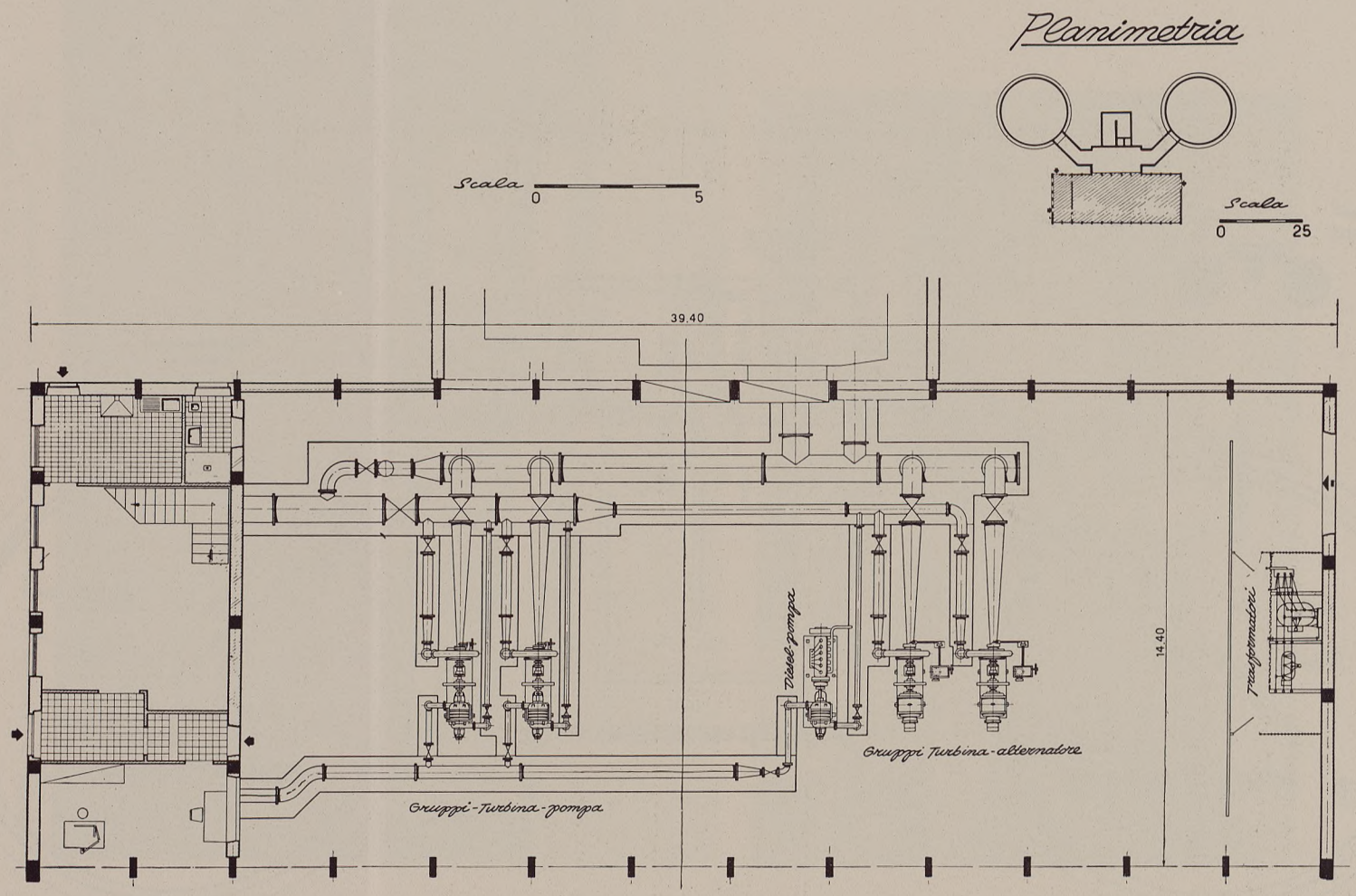


Grafico 7 - Acquedotto del Giardino: Centrale di autosollevamento. Disegni costruttivi.

La struttura prescelta per le vasche dei nuovi serbatoi è quella realizzata con l'adozione di lastre curve cilindriche e sferiche, collegate da opportuni anelli di cemento armato che consentono di ottenere una struttura monolitica leggera ben rispondente alla natura sabbiosa-argillosa dei terreni interessati; sono state realizzate vasche cilindriche di cemento armato anche di 3.000 mc. con diametro della parete cilindrica di m. 23 e battente d'acqua di 7 m., mentre il serbatoio di compenso e riserva della città di Pescara, della capacità di 18.000 mc., verrà realizzato con due vasche, sempre cilindriche, di cemento armato precompresso con diametro di m. 35 e battente d'acqua di m. 10.

TAB. 14 — *Capacità dei serbatoi esistenti utilizzati e di nuova costruzione.*

Comuni	Serbatoi		Totale (mc.)
	esistenti utilizzati (mc.)	di nuova costruzione (mc.)	
Pescara	5.800	18.000	23.800
Chieti	4.500	7.500	12 000
Comuni minori . . .	—	21 785	21 785
Totale	10.300	47.285	57 585

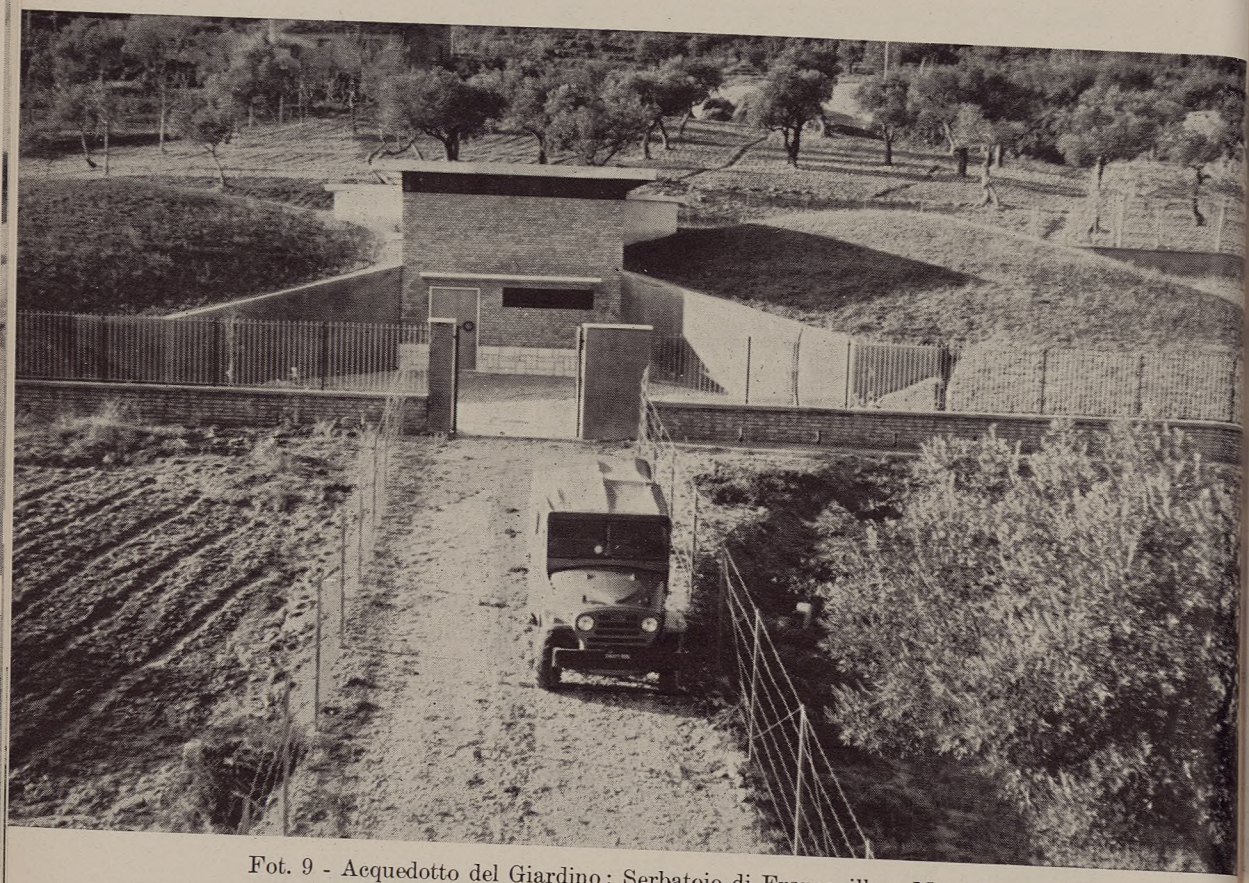
Tutti i serbatoi sono dotati di camere di manovra razionali nelle quali sono state alloggiate le apparecchiature e gli strumenti di misura necessari.

Per il centro abitato di Villanova, ove non è stato possibile realizzare il serbatoio interrato per mancanza di quota idonea, è stato costruito un serbatoio sopraelevato della capacità di mc. 150 e dell'altezza di m. 16.

D) *Impianti di protezione catodica.*

Particolare importanza, sul piano tecnico, rivestono gli impianti di protezione catodica delle condotte attualmente in funzione e che appresso si elencano:

— sull'adduttrice principale dalle sorgenti a Piano d'Orta, limitatamente alle tubazioni di cemento armato precompresso, per una lunghezza complessiva di circa 6,6 km., con installazione di anodi di magnesio e di 2 centraline alimentatrici in vicinanza degli attraversamenti ferroviari;



Fot. 9 - Acquedotto del Giardino: Serbatoio di Francavilla a Mare (mc. 1.350).

— sull'adduttrice principale da Piano d'Orta a Chieti, limitatamente alle tubazioni di acciaio (per una lunghezza complessiva di circa km. 4,7) mediante centralina alimentatrice posta in funzione sull'adduttrice secondaria alta in sinistra Pescara;

— sull'adduttrice secondaria alta in sinistra Pescara per protezione di 35 km. di tubazione di acciaio, mediante 2 centraline montate nei partitori di Alanno e Cepagatti;

— sull'adduttrice secondaria zona bassa in sinistra Pescara, nel tratto Chieti-Pescara, su 20,5 km. di tubazione di acciaio, con centralina alimentatrice disposta nella camera di manovra del serbatoio sopraelevato di Villanova.

Complessivamente sono oggi sotto protezione circa 67 km. di tubazione, mentre sono in corso indagini per accertare l'opportunità di porre in funzione altri impianti in relazione alla natura delle tubazioni e dei terreni attraversati.

E) *Impianti di misura.*

Particolare cura è stata posta all'atto esecutivo nella scelta e nella installazione delle apparecchiature di misura che consentono oggi, in fase di esercizio, di esercitare il controllo ed intervenire sull'impianto con la massima tempestività.

Si ricordano quindi:

— l'impianto di misura alle sorgenti costituito da due misuratori a risalto disposti sui canali di scarico e sfioro e da un venturimetro del diametro di 1.000 mm. installato sull'adduttrice principale a circa 2 km. dalle sorgenti; quest'ultimo è corredato di apparecchiature elettriche per la ripetizione delle misure a distanza, per cui il rilevamento e la registrazione della portata in partenza è effettuata non solo nel manufatto in cui è alloggiato il venturimetro, ma anche nell'edificio di partenza dell'opera di presa e nella casa cantoniera costruita alle sorgenti;

— l'impianto di misura realizzato nella camera di manovra delle vasche di carico dell'impianto di autosollevamento che raccoglie in un unico quadro numerose misure di portata (rilevate attraverso venturimetri) e di altezza dei livelli d'acqua nel piezometro e nelle vasche;

— l'impianto di misura realizzato nella centrale di autosollevamento che completa l'impianto dianzi descritto con il rilevamento di altre misure di portata e di pressione sulla condotta forzata e su quella premente e di altezza dei livelli d'acqua nella vasca di restituzione delle turbine e nelle vasche per Chieti Scalo.

F) *Servizio attuale svolto dall'acquedotto.*

Attualmente l'acquedotto del Giardino, costruito per il 75%, approvvigiona, con una portata di 350 l./sec., 22 centri abitati dei seguenti comuni: Alanno, Bolognano, Chieti, Cepagatti, Francavilla a Mare, Montesilvano, Pescara, Pianella, Pineto, Rosciano, Scafa, S. Giovanni Teatino, Tocco da Causaria e Silvi.

I lavori sono stati e vengono eseguiti direttamente dal Servizio Acquedotti e Fognature della « Cassa », che effettua anche l'esercizio dell'acquedotto in attesa di poterlo consegnare ad organismo idoneo.

Acquedotto delle sorgenti del Verde.

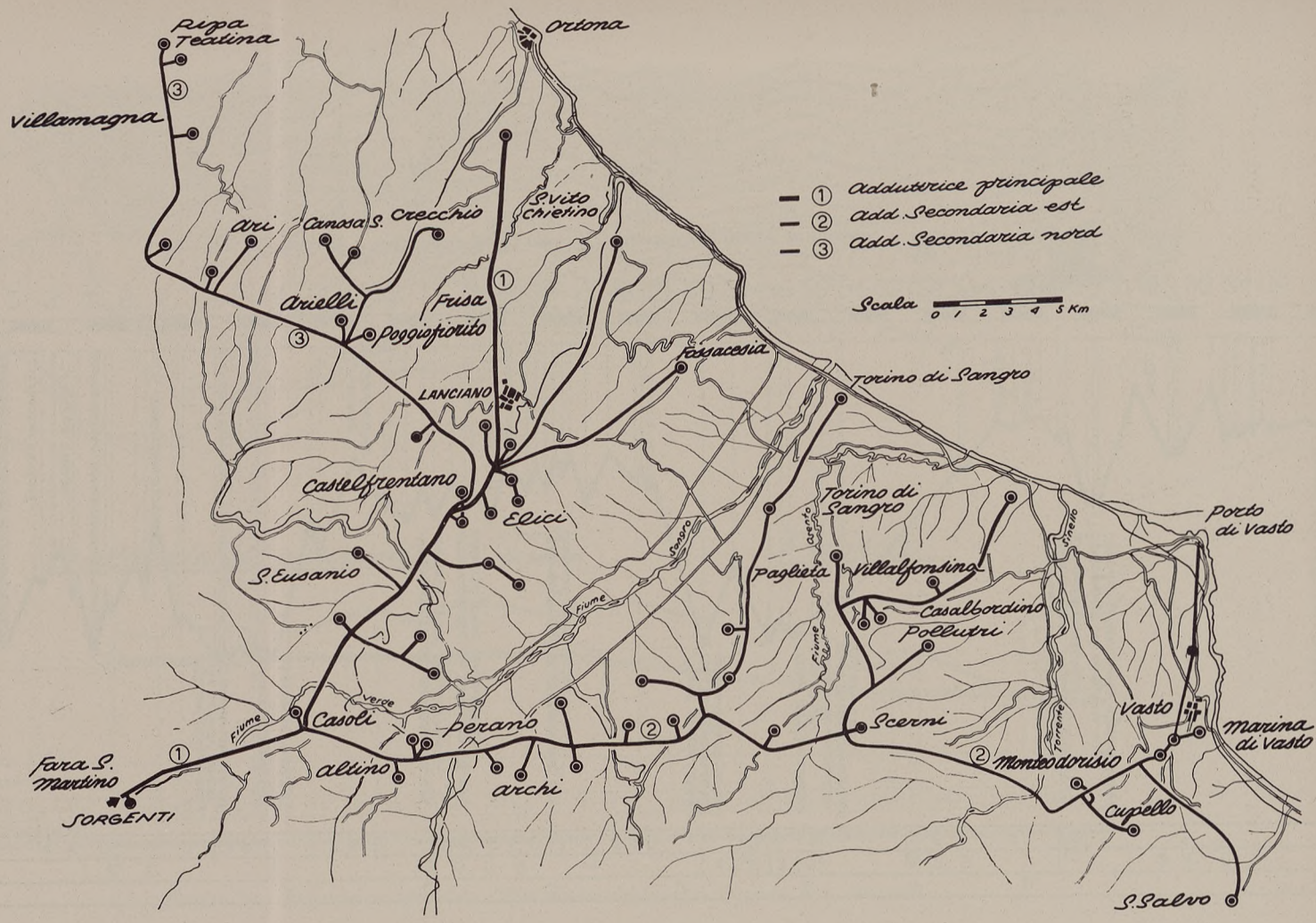
L'acquedotto delle sorgenti del Verde, in avanzata costruzione, è alimentato dalle acque che scaturiscono al piede del versante orientale del massiccio della Majella, nei pressi del centro abitato di Fara S. Martino (Chieti).

Destinato a servire ben 139 centri abitati appartenenti a 35 comuni della provincia di Chieti con una portata di 460 l./sec., occorrente per l'alimentazione all'anno 2000 di una popolazione di 265.000 abitanti, con dotazioni giornaliere *pro capite* variabili da 200 a 80 litri, l'acquedotto del Verde si sviluppa a forma di ventaglio per complessivi km. 300 circa, comprese le condotte di avvicinamento agli abitati e quelle degli acquedotti esistenti in esso incorporate.

A) *Sorgenti - Opere di captazione - Caratteristiche chimico-batteriologiche delle acque captate.*

Le sorgenti del Verde, affioranti a quota 416 m.s.m. nel vallone di S. Spirito a nord del centro abitato di Fara S. Martino, si manifestano nella zona ove la linea di contatto tra i calcari della Majella e la formazione argillosa eocenica sottostante risulta più bassa; esse costituiscono lo sfioratore di un serbatoio naturale contenuto nella formazione calcarea permeabile, limitato inferiormente da formazioni dolomitiche impermeabili e lateralmente dalle formazioni argillose.

Sul versante sinistro del fiume Verde, ove sono state realizzate le opere di presa, in particolare, le manifestazioni sorgentizie a quota più elevata e di portata più rilevante, affiorano al di sopra del contatto argille-calcare essendo il bacino idrico sotterraneo sbarrato verso valle da intercalazioni argillose verdastre presenti fra i calcari frantumati



① Adduttrice principale
② Add. Secondaria est
③ Add. Secondaria nord

Grafico 8 - Acquedotto del Verde: Corografia.

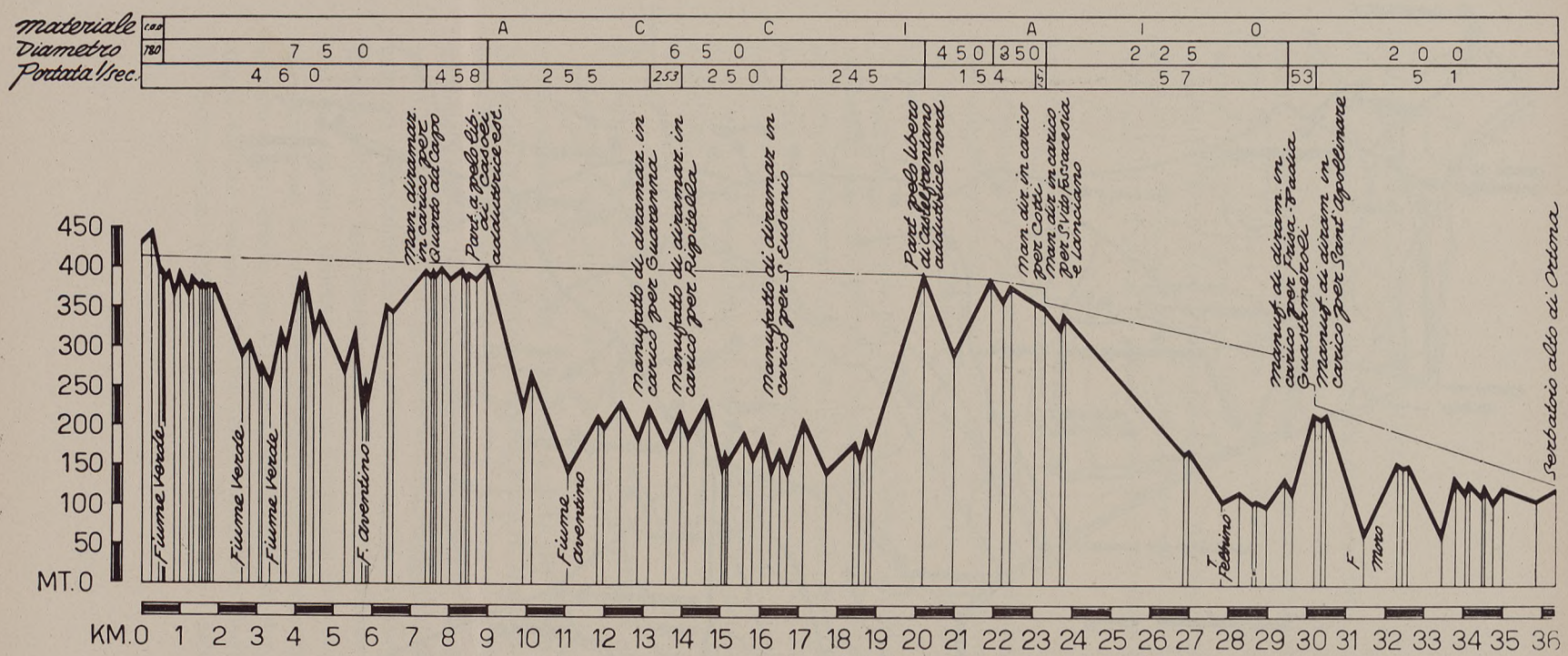
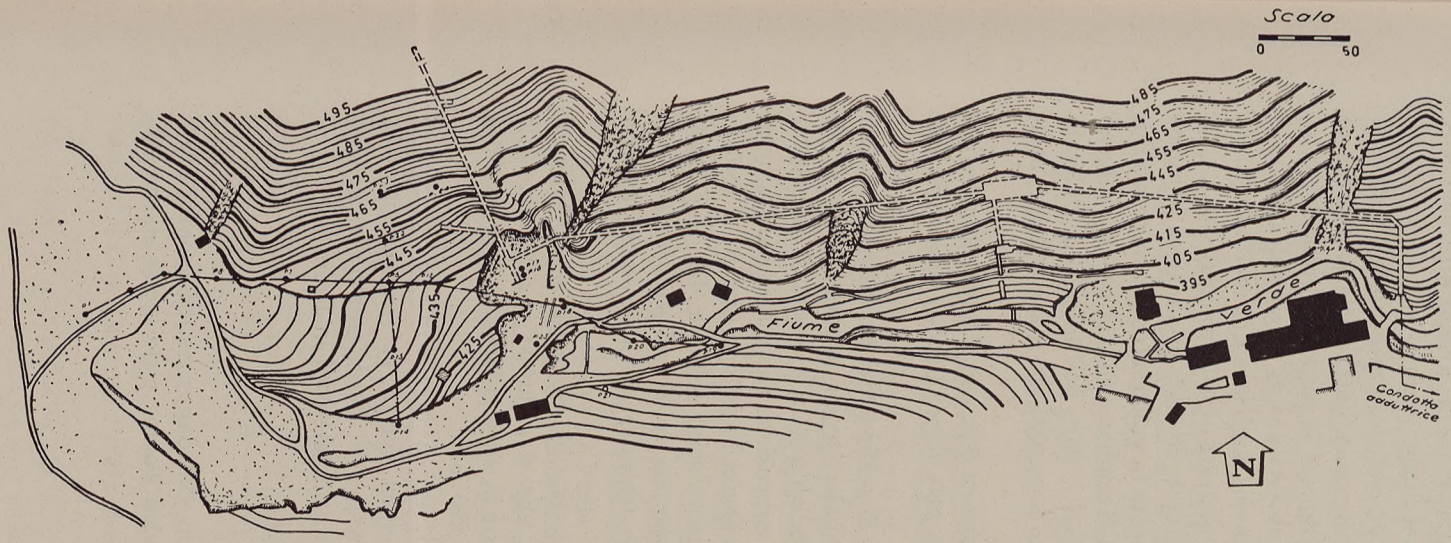


Grafico 9 - Acquedotto del Verde: Profilo dell'adduttrice principale.

Scolo



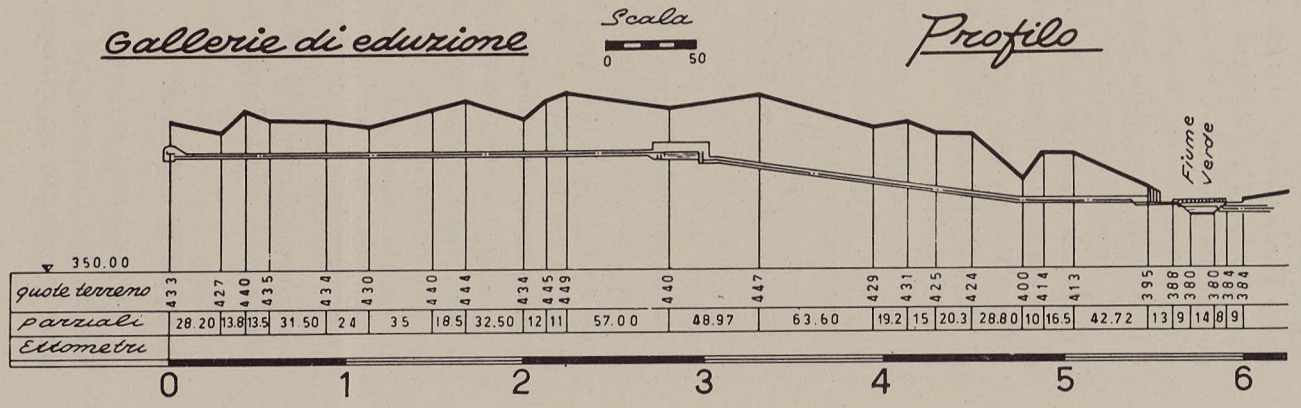


Grafico 10 - Acquedotto del Verde: Planimetria delle opere di presa e di eduzione.

e macinati dall'azione meccanica di una faglia avente direzione N-S, disposta trasversalmente all'alveo del fiume Verde.

L'opera di presa è costituita da un cunicolo praticato in sinistra del fiume Verde con orientamento N-S per una lunghezza complessiva di circa 210 m.; l'orientamento prescelto per il cunicolo, pressoché ortogonale alla giacitura degli strati (subverticali) di roccia calcarea, assicura un emungimento razionale dell'acqua dagli strati di roccia fessurata e fortemente permeabili, intercalati a strati di calcare compatto.

Le opere di derivazione sono concepite secondo uno schema semplice e funzionale e sono eseguite interamente in galleria, data l'impossibilità di sviluppare l'acquedotto prima nell'angusto vallone ove si svolgono il fiume Verde ed un canale industriale, e dopo nell'interno dell'abitato di Fara S. Martino. Esse risultano schematicamente costituite nella loro successione:

— da una galleria parietale lunga m. 270, completamente rivestita, attraverso la quale viene derivata a pelo libero l'acqua necessaria per l'alimentazione dell'acquedotto;

— da un manufatto in galleria di sedimentazione, misura e carico, delle dimensioni di m. 25×6, nel quale l'acqua, superando opportuni setti, viene dapprima calmata, subisce quindi un processo di sedimentazione che la libera del materiale in sospensione (un esame particolareggiato del cunicolo di presa pose in evidenza l'esistenza di lenti di calcare pelitico formatesi certamente nel movimento relativo dei vari strati nella zona di faglia); infine, viene misurata su di uno stramazzo rettangolare in parete sottile a contrazione laterale, prima di essere immessa definitivamente in condotta.

— da una seconda galleria parietale in roccia della lunghezza di m. 245, quasi totalmente rivestita, che si sviluppa per buona parte con una pendenza di oltre il 14%, ed in cui è alloggiata una condotta di cemento armato del diametro di 800 mm.

Limpide, incolori, inodori, con temperatura costante aggirantesi sui 9°, durezza totale in gradi francesi pari a 11 (permanente 5,5), *bacterium coli* assente in 100 cc., le acque del Verde possono essere classificate tra le migliori acque potabili utilizzate oggi in Italia.

B) *Opere di adduzione.*

Si sviluppano per complessivi km. 190, dapprima nelle marne argillose del Mio-Pliocene e nei calcari dell'Eocene e poi nelle marne sabbiose e giallastre del Pliocene.

L'acquedotto è costituito da una adduttrice principale, da due adduttrici secondarie e da numerose diramazioni.

— *Adduttrice principale* — Realizzata interamente con tubazioni di acciaio, si sviluppa lungo la direttrice Fara S. Martino, Casoli, Castelfrentano, Lanciano, Ortona per complessivi km. 35,6, con una portata in partenza di 460 l./sec.

TAB. 15 — *Diametro e lunghezza delle tubazioni dell'adduttrice principale.*

∅	750	650	450	350	225	200
m.	8.300	11.200	1.700	1.100	6.200	7.100

Su detta adduttrice ricadono numerose opere d'arte tra cui vanno annoverate la trave armata sul fiume Verde, il tubo-ponte ad arco autoportante sul fiume Aventino (della luce di m. 51), numerose briglie per attraversamento dei fossi e torrenti, manufatti per attraversamenti stradali e ferroviari, i manufatti a pelo libero (di disconnessione, misura e partizione) di Casoli e Castelfrentano e i numerosi pozzetti di diramazione in carico.

— *Adduttrice secondaria est* — Prende origine dal manufatto di disconnessione a pelo libero realizzato sull'adduttrice principale nei pressi dell'abitato di Casoli, derivando da esso una portata di 195 l./sec. e svolgendosi quindi per complessivi km. 37,3 con andamento da ovest verso est sino all'abitato di Vasto.

Anche per la realizzazione di detta adduttrice — già in esercizio — data la natura argillosa dei terreni interessati, sono state utilizzate esclusivamente tubazioni di acciaio.

TAB. 16 — *Diametro e lunghezza delle tubazioni dell'adduttrice secondaria est.*

∅	500	450	350	300
m.	8.800	14.900	10.400	3.200

La morfologia dei terreni ha imposto lungo detta adduttrice la costruzione di numerose ed importanti opere d'arte tra cui vanno ricordate le travi armate per l'attraversamento dei torrenti Rio Secco, Pia-





Fot. 10 e 11 - Acquedotto del Verde: Opere di presa.

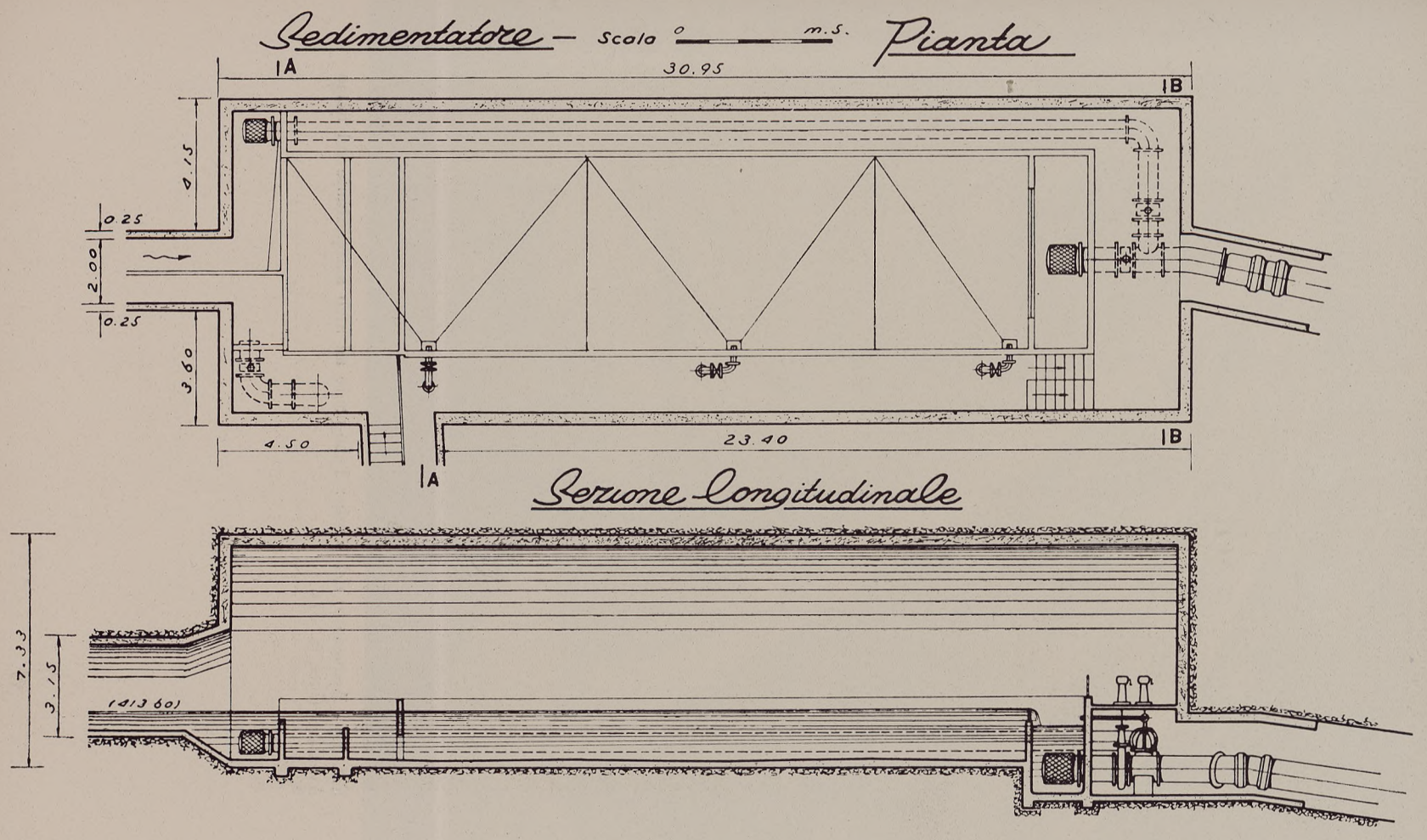


Grafico 11 - Acquedotto del Verde: Pianta e sezione del sedimentatore.



Fot. 12 - Acquedotto del Verde: Tubo-ponte ad arco autoportante sul fiume Aventino (luce m. 51).



Fot. 13 - Acquedotto del Verde: Attraversamento del fiume Sangro su ponte esistente (SS. 154).

nello ed Osento; uno studio accurato dei tracciati in sede di progettazione ha consentito di utilizzare, per l'attraversamento dei fiumi Sangro e Sinello, i ponti esistenti sulla SS. 154 e sulla provinciale Scerni-Vasto.

— *Adduttrice secondaria nord* — Si dirama dall'adduttrice principale in corrispondenza del partitore a pelo libero di Castelfrentano con una portata di 87 l./sec. sviluppandosi per km. 26 verso nord sino al centro abitato di Ripa Teatina.

Detta adduttrice, in corso di costruzione, è costituita interamente con tubazioni di acciaio aventi diametri variabili tra 350 e 200 mm.

— *Diramazioni* — I numerosi centri abitati ricadenti nella zona, la elevata percentuale di popolazione residente nelle campagne, l'altimetria e la morfologia dei terreni attaversati hanno reso necessario lo studio e la realizzazione di numerose diramazioni anche di notevole lunghezza.

Le diramazioni, realizzate secondo la natura dei terreni con tubazioni di acciaio, di ghisa e di cemento amianto, si estendono per complessivi km. 90; anche lungo dette diramazioni ricadono numerose opere d'arte tra cui partitori in carico, manufatti per attraversamento di corsi d'acqua, strade, ferrovie e impianti di sollevamento.

TAB. 17 — *Caratteristiche degli impianti di sollevamento inseriti nell'acquedotto del Verde.*

Centri serviti	Portata alimentazione (l./sec.)	Ore di pompaggio	Portata condotta premente (l./sec.)	Prevalenza manometrica (m.)	Potenza di regime (kw)
Fara S. Martino .	2,5	8	7,5	105	13
Castelfrentano . .	4,0	8	12,0	45	10
Cupello . . .	7,2	8	21,6	79	30
Monteodorisio . .	5,0	6	20,0	83	30

C) *Serbatoi.*

L'acquedotto comprende 67 serbatoi di nuova costruzione per una capacità complessiva di 27.170 mc., e 20 serbatoi esistenti, sistemati, per una capacità complessiva di 8.405 mc.

Per ognuno dei nuovi serbatoi è stato prescelto il tipo di vasca che strutturalmente si è ritenuto più rispondente alla natura dei terreni di fondazione; tra di essi ricorrono frequentemente quelli del tipo rettan-

golare con pareti di grosso spessore in calcestruzzo e soletta in cemento armato e quelli del tipo cilindrico realizzati con lastre curve, cilindriche e sferiche di cemento armato.

Tra i serbatoi di maggiore capacità si ricordano quelli di Vasto (mc. 4.300) e di Ortona (mc. 2.400) di nuova costruzione e quello esistente di Lanciano (mc. 4.100) convenientemente sistemato.

Tra i serbatoi sopraelevati va menzionato quello già realizzato per l'abitato di Castelfrentano (mc. 105), alto m. 26 da terra.

D) *Impianti di protezione catodica.*

L'acquedotto del Verde, data la natura dei terreni e del materiale tubolare prevalente — l'acciaio — è quasi interamente sottoposto a protezione catodica.

Gli impianti già in funzione sono i seguenti:

— sull'adduttrice principale dalle sorgenti al manufatto di partizione a pelo libero di Castelfrentano e sull'adduttrice secondaria est dal manufatto di partizione a pelo libero di Casoli a quello di Scerni (per una lunghezza complessiva di circa km. 34) mediante centralina alimentatrice collocata nel partitore di Casoli;

— sull'adduttrice principale dal manufatto di partizione a pelo libero di Castelfrentano al serbatoio di Ortona e sulle diramazioni per Fossacesia e S. Vito Chietino — limitatamente alla parte di acciaio — per una lunghezza complessiva di km. 30, mediante centralina alimentatrice installata nel partitore a pelo libero di Castelfrentano;

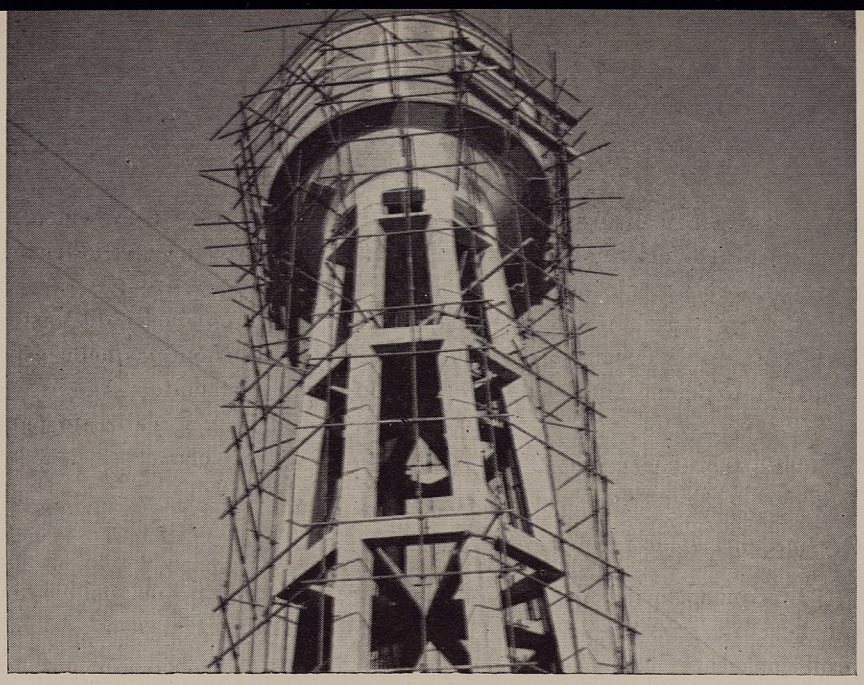
— sull'adduttrice secondaria est, dal partitore a pelo libero di Scerni al serbatoio di Vasto e sulle diramazioni per Pollutri, Torino di Sangro, Casalbordino e Villalfonsina per una lunghezza complessiva di circa km. 28, mediante centralina alimentatrice disposta nel partitore di Scerni.

Complessivamente sono oggi sotto protezione 92 km. di tubazioni.

E) *Impianti di misura e di radiocomunicazione.*

È in corso di realizzazione, secondo uno schema organico, la installazione di apparecchi di misura che consentiranno, in fase di esercizio, di controllare l'impianto e di intervenire su di esso con la massima rapidità e tempestività.

A tal fine, inoltre, data la mancanza di una efficiente rete telefonica pubblica nella zona e considerato anche l'esteso sviluppo dell'acquedotto





Fot. 14 - Acquedotto del Verde: Serbatoio elevato di Castelfrentano (mc. 105).
Fot. 15 - Acquedotto de La Ferriera: Opera di presa alle sorgenti S. Sebastiano.

in territori mal provvisti di rete viabile, onde assicurare rapide comunicazioni lungo tutto l'acquedotto, si prevede di far ricorso ad un sistema di radio-comunicazioni.

Sono state eseguite in proposito prove con 3 centrali-radio fisse ed una mobile che hanno ampiamente confermato l'utilità e funzionalità di detti impianti. La morfologia dei terreni interessati dall'acquedotto del Verde e la presenza del serbatoio sopraelevato di Castelfrentano in zona baricentrica hanno consentito in sede di prova di ottenere un elevato rendimento nelle comunicazioni con la realizzazione di un solo ripetitore.

F) *Servizio attuale svolto dall'acquedotto.*

I lavori di costruzione dell'acquedotto del Verde sono eseguiti in parte in concessione, dal Consorzio di Bonifica delle Valli del Sangro-Aventino e dal Consorzio di Bonifica in Sinistra Trigno e del Sinello, in parte direttamente dalla « Cassa »; oggi oltre il 70% delle opere che costituiscono l'intero complesso è costruito e la rimanente parte è in corso di avanzata realizzazione. L'esercizio provvisorio delle opere è assunto direttamente dalla « Cassa ».

Attualmente l'acquedotto del Verde approvvigiona con una portata complessiva di 200 l./sec. 22 dei più importanti centri abitati inclusi nel suo schema di servizio appartenenti ai seguenti comuni: Altino, Atessa, Casoli, Casalbordino, Castelfrentano, Fossacesia, Lanciano, Ortona, Paglieta, Pollutri, S. Eusanio del Sangro, S. Vito Chietino, Scerni, Torino di Sangro, Vasto e Villalfonsina.

Acquedotti dalle sorgenti de La Ferriera.

L'acquedotto dalle sorgenti La Ferriera è, per portata addotta, il terzo grande complesso acquedottistico di nuova costruzione interamente finanziato dalla « Cassa » in Abruzzo.

Detto complesso, oggi in corso di avanzata realizzazione, ricade interamente nella provincia de L'Aquila e la sua entrata in funzione risolverà il problema dell'alimentazione idrica delle numerose popolazioni delle valli del Giovenco e dell'Aterno distribuite lungo l'asse Bisegna-Forca Caruso-Fontecchio-Paganica-L'Aquila.

Attraverso una rete di adduzione agli abitati sviluppantesi per 240 km. verrà addotta, per l'alimentazione di 87 centri abitati appartenenti a 33 comuni, una portata di 170 l./sec. occorrente per coprire i

fabbisogni all'anno 2000 di una popolazione di circa 113.000 abitanti, con dotazioni giornaliere *pro capite* di 100 l., fatta eccezione per la sola città de L'Aquila cui è stata assegnata una dotazione di 200 litri al giorno per abitante.

A) *Sorgenti - Opere di captazione - Caratteristiche chimico-batteriologiche delle acque captate.*

Le sorgenti captate sono quelle denominate La Ferriera ricadenti in destra del fiume Giovenco a monte dell'abitato di S. Sebastiano a quota 1.041 m.s.m., e quelle della Pulciaria affioranti a quota 1.031 m.s.m. ai piedi del massiccio calcareo su cui è fondato il centro abitato di S. Sebastiano.

Mentre le prime sono state captate per essere addotte a valle attraverso l'impianto e, quindi, distribuite alle popolazioni interessate, le seconde sono state derivate per produzione della forza motrice occorrente per sollevare economicamente e con sistema autonomo le acque de La Ferriera di m. 77,50, in modo da consentire il valico dello spartiacque tra i bacini del Giovenco e dell'Aterno con galleria di limitato sviluppo (m. 513).

Sia le sorgenti La Ferriera che quelle S. Sebastiano si manifestano lungo la linea di contatto tra i calcari del Giura e le argille del Miocene.

Peraltro, mentre le sorgenti La Ferriera sono state captate con un edificio all'aperto, dopo uno sbancamento che ha nettamente messo in evidenza il contatto fra argilla e calcare, quelle di S. Sebastiano hanno richiesto l'apertura di cunicoli di emungimento, praticati nei calcari al disotto della linea di contatto, per una lunghezza di circa m. 200.

Le analisi chimico-batteriologiche eseguite periodicamente sulle acque captate alle sorgenti La Ferriera hanno confermato la razionalità delle opere di presa e l'ottima qualità delle acque stesse (limpide, inodori, incolori, temperatura 7°, durezza totale in gradi francesi 15, durezza permanente 6, ammoniaca e nitriti assenti, *bacterium coli* assente in 100 cc.).

B) *Opere di adduzione.*

Le opere di adduzione fino ai serbatoi che si sviluppano per oltre 200 km., sono realizzate con tubazioni di materiale diverso

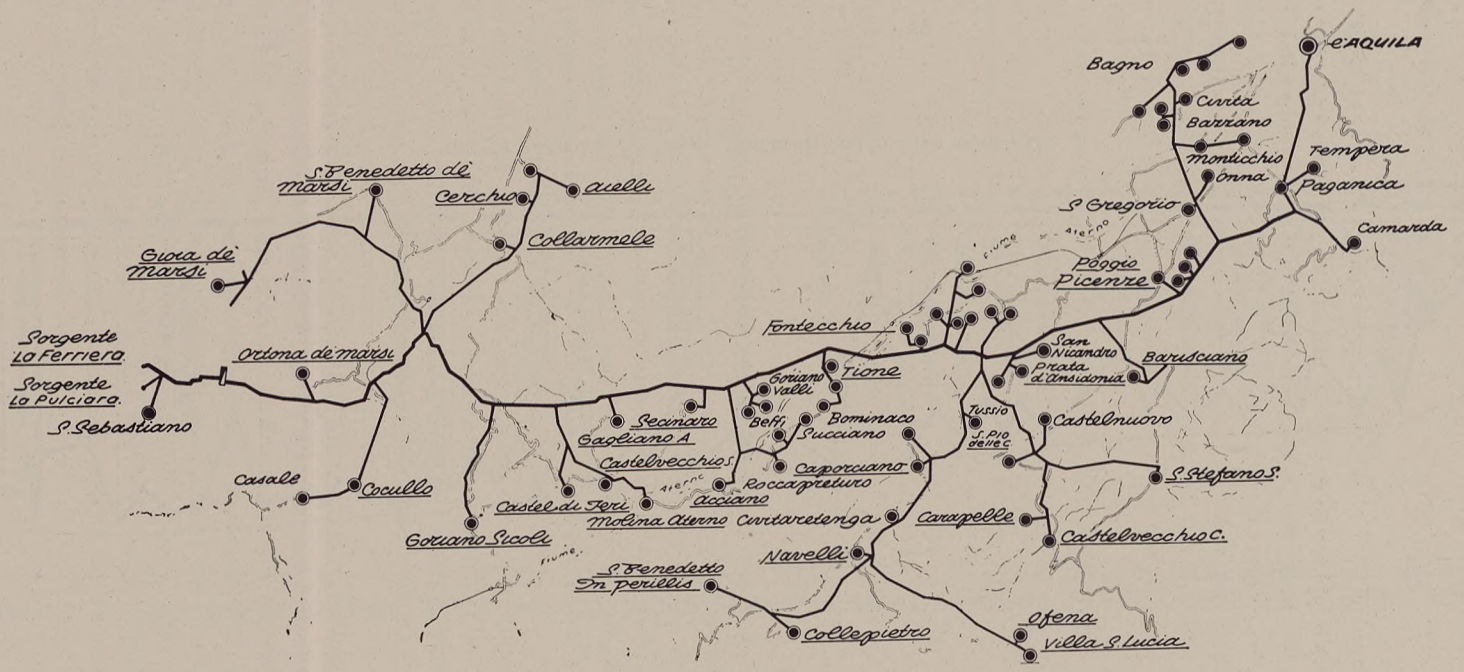


Grafico 12 - Acquedotto de La Ferriera: Corografia.

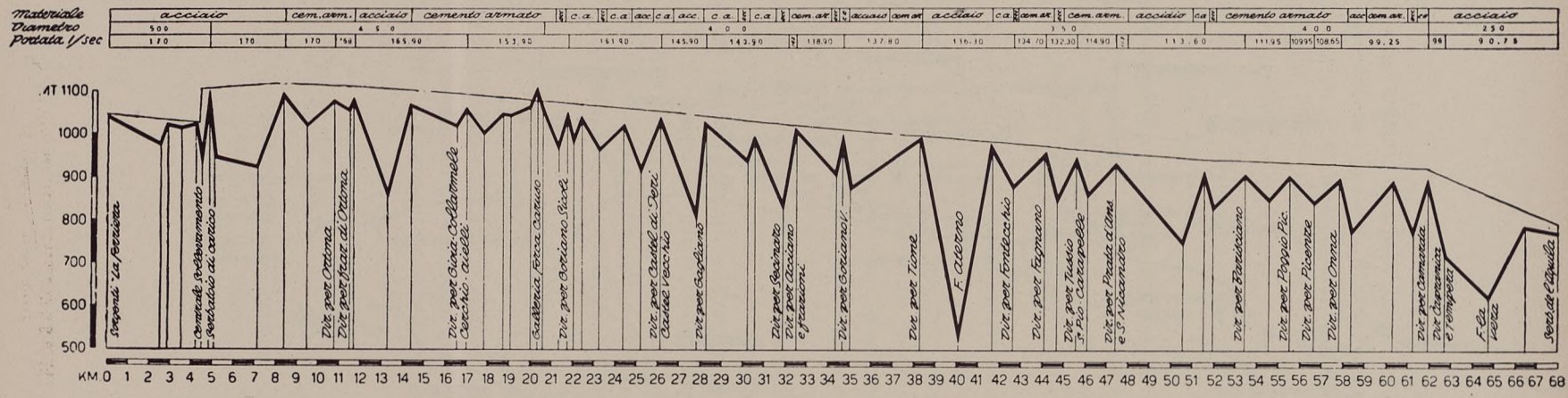


Grafico 13 - Acquedotto de La Ferriera: Profilo dell'adduttrice principale.

(acciaio, cemento armato, ghisa e cemento amianto). L'acquedotto è costituito da un'adduttrice principale e da numerose e lunghe diramazioni interessanti i calcari del Miocene e del Cretaceo, le molasse del Miocene ed i conglomerati antichi del Quaternario.

— *Adduttrice principale* — Realizzata con tubazioni di acciaio e cemento armato ordinario si snoda dalle sorgenti La Ferriera sino al serbatoio per la città de L'Aquila per una lunghezza di circa 70 km.

TAB. 18 — *Tipo del materiale, diametro e lunghezza delle tubazioni dell'adduttrice principale.*

Cemento armato ordinario			Acciaio					
∅	450	400	350	500	450	400	350	300	275
m.	9.451	22.202	4.932	4.850	6.154	6.449	8.339	4.512	2.340

Su detta adduttrice ricadono opere d'arte di notevole interesse tecnico, quali l'impianto di sollevamento dell'intera portata dell'acquedotto, la galleria di Forca Caruso della lunghezza di m. 513,10, le numerose travi armate per l'attraversamento del fiume Giovenco e dell'Aterno, i manufatti per l'attraversamento di linee ferrate, di strade statali, provinciali e comunali ed i numerosi partitori da cui prendono origine le varie diramazioni.

Nell'impianto di sollevamento, attraverso cui viene sollevata per un'altezza di m. 77,50 l'acqua derivata dalle sorgenti La Ferriera (170 l./sec.), viene utilizzata, come dianzi detto, l'energia prodotta facendo saltare per m. 84,30 una portata di 290 l./sec. derivata dalle sorgenti di S. Sebastiano.

Nella centrale, in corso di avanzata costruzione, saranno installati 2 gruppi turbina-pompa; ciascun gruppo, costituito da 1 turbina e da 2 pompe ad essa accoppiate assialmente, assicurerà il sollevamento di una portata di 85 l./sec., pari al 50% della portata corrispondente al regime finale dell'acquedotto per un'altezza di m. 77,50 ed il sollevamento di 1 l./sec. per m. 160 onde provvedere all'alimentazione del centro di Aschi del comune di Ortona dei Marsi; è prevista, inoltre, l'installazione di un gruppo termico di riserva anch'esso proporzionato per il sollevamento del 50% della portata totale.



Fot. 16 - Acquedotto de La Ferriera: Adduttrice principale. Sfilamento di tubazioni d'acciaio (diam. mm. 500) per la costruzione del tronco tra le sorgenti de La Ferriera e la vasca di carico dell'impianto elevatore.

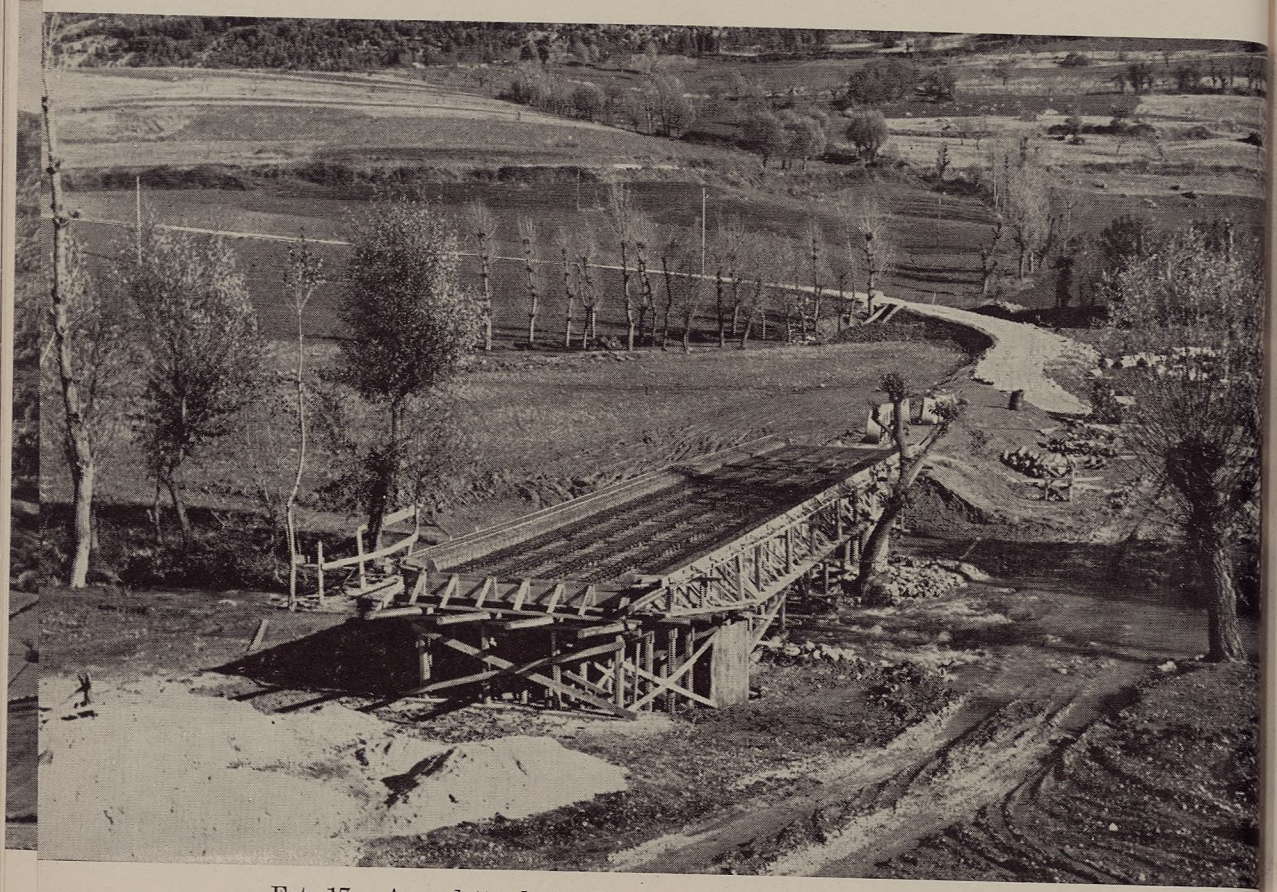
L'impianto di produzione di forza motrice è costituito, oltre che dalla centrale, da una condotta di alimentazione attraverso cui verrà convogliata l'acqua delle sorgenti di S. Sebastiano alle vasche di carico dell'impianto (tubazioni di acciaio del diametro di 600 mm. per m. 3.377), da un serbatoio di carico costituito da due vasche di mc. 500 ciascuna, entro cui verranno convogliate separatamente le acque de La Ferriera e di S. Sebastiano, da una condotta forzata di acciaio del diametro di 600 mm. lunga m. 219, da una condotta premente del diametro di 500 mm. lunga m. 570 e da un serbatoio di carico dell'acquedotto (mc. 500), ove verrà immessa, attraverso la condotta premente, l'acqua sollevata.

— *Diramazioni secondarie* — Le diramazioni secondarie, che si sviluppano per circa 170 km., possono schematicamente suddividersi in quattro gruppi ben definiti: un primo gruppo ricadente nella zona orientale della Marsica; un secondo gruppo, il più importante per estensione di rete e per portata addotta, sviluppantesi nella vallata dell'Aterno; un terzo gruppo a servizio di numerosi comuni dell'altopiano di Navelli, dei comuni di S. Stefano Sessanio, Carapelle Calvisio, Ofena, Villa S. Lucia, ed infine, un quarto gruppo per le frazioni orientali del Comune de L'Aquila.

Lungo dette diramazioni sono inseriti alcuni impianti di sollevamento per l'alimentazione di centri posti a quota elevata e per cui non è stato possibile risolvere il problema dell'approvvigionamento idrico con soluzioni locali a gravità.

TAB. 19 — *Caratteristiche degli impianti di sollevamento inseriti nell'acquedotto de La Ferriera.*

Centri serviti	Portata alimentazione (l./sec.)	Ore di pompaggio	Portata condotta premente (l./sec.)	Prevalenza manometrica (m.)	Potenza di regime (kw)
Barisciano	1,65	8	5,0	140	12
Bominaco (frazione di Caporciano)	0,40	8	1,2	160	4
Castelvecchio Calvisio . .	1,10	8	3,3	160	9
S. Sebastiano (frazione di Bisegna)	1,00	8	3,0	80	5
S. Stefano di Sessanio . .	1,10	8	3,3	510	26



Fot. 17 - Acquedotto de La Ferriera: Strada e ponte per l'accesso alla centrale di sollevamento.

C) *Serbatoi.*

Sono costruiti, in costruzione o in progettazione numerosi serbatoi per una capacità complessiva di 12.990 mc. È inoltre prevista la sistemazione di 12 serbatoi esistenti per mc. 5.860.

TAB. 20 — *Capacità dei serbatoi.*

Di nuova costruzione						Esistenti da sistemare	
Costruiti		In costruzione		In progettaziane			
Numero	mc.	Numero	mc.	Numero	mc.	Numero	mc.
29	4.635	9	1 580	27	6.775	12	5.860

Data la natura variabile dei terreni interessati non si è potuto adottare sempre lo stesso tipo di vasca, ma di volta in volta è stato prescelto il tipo strutturale più rispondente alla natura dei terreni di fondazione; tra di essi ricorrono più frequentemente quelli del tipo rettangolare con pareti di grosso spessore in calcestruzzo con volta a botte e quelli del tipo cilindrico realizzati con l'adozione di lastre curve, cilindriche e sferiche, di cemento armato.

Tra i serbatoi vanno ricordati quello in progettazione per la città de L'Aquila della capacità di 5.000 mc. e quelli in galleria compresi nell'impianto di sollevamento in corso di completamento, per una capacità totale, come già detto, di mc. 1.500.

D) *Impianti di protezione catodica.*

Data la natura geologica variabilissima dei terreni attraversati è prevista la protezione catodica delle condotte di acciaio; la progettazione degli impianti, per le condotte già in opera, è in avanzato studio.

E) *Impianti di misura e di radiocomunicazioni.*

L'acquedotto de La Ferriera è dotato di numerosi apparecchi di misura disposti sia lungo l'adduttrice principale sia lungo le diramazioni.

La presenza di detti strumenti, particolarmente necessari in zone impervie quali quelle interessate dall'acquedotto de La Ferriera, consentirà, in sede di esercizio, di localizzare con tempestività le eventuali

rotture che dovessero prodursi e, quindi, di intervenire sull'impianto stesso con la massima efficienza.

Per facilitare ancora gli interventi e le manovre sull'impianto sono in corso prove con apparecchi radio per il collegamento dei centri nevralgici dell'acquedotto.

L'acquedotto è costruito per il 60% ed entrerà gradualmente in esercizio durante il 1962, cominciando dai comuni di Castelvecchio Subequo, Molina Aterno, Castel di Ieri, Goriano Sicoli e Secinaro, appartenenti tutti all'originario consorzio e che sono praticamente sprovvisti di approvvigionamento idrico.

Dr. Ing. Umberto Messina

capo dell'ufficio acquedotto campano e acquedotti del molise

Dr. Ing. Eugenio Galantini Novi Lena

capo del reparto campania e puglia

Dr. Ing. Mario Cutino

capo del reparto lucania

GLI ACQUEDOTTI DELLA CAMPANIA E DEL MOLISE

Con la collaborazione dei dr. ing. Giuseppe Consiglio, Pietro Pescione, Leonardo Rotundi e Guglielmo Zingale.



1

IL PIANO DI NORMALIZZAZIONE DELL'APPROVVIGIONAMENTO IDRICO DELLA CAMPANIA E DEL MOLISE

Il vasto territorio delle sei province di Avellino, Benevento, Caserta, Napoli, Salerno e Campobasso, costituenti la Campania ed il Molise, viene suddiviso ai fini degli studi di normalizzazione dell'approvvigionamento idrico e degli interventi attuati, in corso e da attuarsi a seguito degli studi stessi, in quattro zone principali [1] (comprendenti anche parte della provincia di Foggia, oltre a due zone minori, alla cui alimentazione idrica viene provveduto con acquedotti a precipuo servizio di abitati di altre regioni (Lazio e Puglia) e delle quali si riferisce nelle monografie relative a dette regioni. Le zone principali sono le seguenti:

— *zona acquedotto campano e acquedotti del Molise* [2], comprendente le zone di servizio: a) del sistema dell'acquedotto campano che, con l'acquedotto esistente di Napoli, in parte modificato ed integrato, e con i nuovi acquedotti del Biferno-Torano e del Sarno serve 166 comuni; b) del complesso degli acquedotti del Molise, che, con i due principali acquedotti rispettivamente in destra ed in sinistra Biferno ed altri minori, alimenta 171 comuni; trattasi in complesso di 337 comuni appartenenti per la maggior parte alle province di Caserta, Napoli e Campobasso e, per una parte minore, a quelle di Avellino, Benevento e Foggia;

— *zona irpino-sannita e nord-casertana* [3], comprendente il complesso di acquedotti che, unitamente alle diramazioni da acquedotti di altre regioni di cui si è fatto cenno sopra a proposito delle zone minori, completano la normalizzazione dell'approvvigionamento idrico delle province di Avellino, Benevento e Caserta, per 170 comuni;

— *zona salernitana in destra Sele e sorrentina* [4], comprendente la

[1] Vedi Atlante, sezione II: *Acquedotti*, Tav. 10.
[2] Vedi Atlante, sezione II: *Acquedotti*, Tavv. 11 e 13.
[3] Vedi Atlante, sezione II: *Acquedotti*, Tav. 12.
[4] Vedi Atlante, sezione II: *Acquedotti*, Tav. 14.

zona di servizio del sistema di acquedotti ausino-sorrentino che, insieme ad altri acquedotti minori, interessano 63 comuni delle province di Napoli e Salerno;

— *zona salernitana in sinistra Sele* [5], comprendente le zone di servizio del complesso degli acquedotti del Cilento, dell'alta valle Sele e del vallo di Diano e di acquedotti minori, per l'alimentazione di 110 comuni, tutti appartenenti alla provincia di Salerno.

Come si è già accennato, la ripartizione nelle zone suddette del territorio della Campania e del Molise è in parte derivata dalla esigenza di suddividere, ai fini degli studi, un comprensorio di tale vastità in parti di minore estensione, con delimitazioni fissate in base alla situazione di opere esistenti ed a considerazioni preliminari di carattere oro-idrografico che potessero farle presumere corrispondenti ad analoghe delimitazioni delle zone di servizio degli acquedotti in studio, in parte è stata determinata dopo il completamento degli studi di normalizzazione, in funzione della definizione delle zone di servizio dei principali complessi di acquedotti progettati.

Il programma iniziale di interventi della « Cassa » nel settore degli acquedotti per le quattro zone principali della Campania e del Molise sopra descritte, stabilito in base alla legge istitutiva del 10 agosto 1950 n. 646, previde uno stanziamento complessivo di 53 miliardi e 788 milioni di lire, successivamente elevato con la legge n. 949 del 25 luglio 1952 a 61 miliardi e 210 milioni e con la legge n. 634 del 29 luglio 1957 a 75 miliardi e 657 milioni. La ripartizione di detti stanziamenti per le quattro zone viene riportata nella seguente tabella.

TAB. 1 — *Ripartizione degli stanziamenti per singole zone.*

Zone	Stanziamenti in milioni di lire		
	Legge n. 646 del 10 agosto 1950	Legge n 949 del 25 luglio 1952	Legge n. 634 del 29 luglio 1957
Acquedotto campano e acquedotti del Molise	44.276	46 720	56.117
Irpino-sannita e nord-casertana	5.382	5.692	8.150
Salernitana destra Sele e sorrentina	2.950	5.568	5.668
Salernitana in sinistra Sele	1.180	3.230	5.722
Totale	53.788	61.210	75.657

[5] Vedi Atlante, sezione II: *Acquedotti*, Tav. 15.

La necessità delle successive variazioni degli stanziamenti per l'approvvigionamento idrico delle zone in parola, a parte gli aggiornamenti conseguenti alle maggiorazioni dei costi delle opere, da prevedersi in dipendenza degli incrementi dei costi elementari della mano d'opera e dei materiali, può essere sinteticamente chiarita dalle considerazioni qui di seguito esposte.

Il programma originario di intervento della « Cassa » previde sostanzialmente il finanziamento di alcuni acquedotti già progettati, o per lo meno definiti nelle grandi linee, ed il completamento di acquedotti la cui costruzione era già stata iniziata prima della « Cassa » stessa.

Nel passare alla fase di attuazione del detto programma si riscontrò ben presto l'esigenza di provvedere a variazioni anche essenziali di schemi di acquedotti previsti, comportanti talora modifiche totali o parziali nella destinazione di acquedotti esistenti, sia in funzione della possibilità di adottare nuove e migliori soluzioni tecniche di detti acquedotti, sia per la necessità di estendere le zone di servizio degli stessi a comuni o gruppi di comuni precedentemente non previsti di servire, per i quali non sarebbe stato talvolta possibile trovare altre soluzioni razionali del problema dell'approvvigionamento idrico.

Di qui l'esigenza di impostare, sulla base di accurati accertamenti dello stato di fatto dell'alimentazione idrica e delle risorse idriche disponibili, completi studi di normalizzazione, la cui definizione, in tempi successivi per le varie zone, ha portato a determinare sia modifiche degli schemi degli acquedotti originariamente previsti sia l'impostazione di schemi di nuovi acquedotti, risultati necessari per completare gli interventi normalizzanti nelle singole zone. Gli studi di cui si è detto sono stati condotti anche con l'intuito di non ritardare l'esecuzione delle opere, sostanzialmente già definite sia nelle grandi linee sia nelle caratteristiche particolari più importanti, ed a tal fine vengono qui di seguito citati, a titolo di esemplificazione, i casi più notevoli, rimandandosi peraltro alle monografie particolari per più completi ragguagli.

In base allo schema di massima del nuovo acquedotto dalle sorgenti del Torano-Biferno del sistema dell'acquedotto campano (denominato originariamente acquedotto sussidiario di Napoli), già impostato all'atto della costituzione della « Cassa » e sostanzialmente approvato nelle linee generali, fu dato l'avvio, già all'inizio dell'attività dell' Ente, alla costruzione di un importante tronco di galleria per l'attraversamento del massiccio montagnoso a settentrione di Caserta, tronco che chiaramente si riconosceva comune a tutte le varianti che apparivano possibili e utili. Contemporaneamente, quindi, venivano impostati gli studi per

l'accertamento della rispondenza degli altri tronchi del canale principale a monte, anche in funzione delle derivazioni da realizzare dagli stessi per il servizio delle zone attraversate, e per la determinazione della rete di adduttrici da prevedere a valle, per l'alimentazione di Napoli e del complesso di comuni gravitanti sul capoluogo della Campania. Fu dato così corso alla redazione di successivi sei progetti di massima di variante negli anni 1951, 1952, 1953, 1955 e 1957 che, anche in funzione del completamento degli studi dei piani di normalizzazione del Sannio, dell'Irpinia e del nord-Casertano, hanno portato alla definizione conclusiva del sistema dell'acquedotto campano, oggi in avanzata fase di costruzione, del quale si riferisce in appresso con il necessario dettaglio.

Analogamente, nel caso dell'acquedotto del Molise di destra Biferno, sulla base del progetto originario di massima del 1950 fu dato l'avvio alla costruzione delle opere dalle sorgenti al serbatoio di testata dell'acquedotto e delle diramazioni in partenza da detto serbatoio per Campobasso e per la maggior parte degli abitati del Molise inclusi in progetto. Peraltro, gli studi di normalizzazione degli acquedotti del Sannio e dell'Irpinia già citati, ed i successivi analoghi studi riguardanti la zona del sub-Appennino della Capitanata non servita dall'acquedotto pugliese, portarono a definire, con successivi progetti di massima del 1955 e del 1960, una estensione della zona di servizio dell'acquedotto a comuni precedentemente non previsti di alimentare, oltre a determinare l'opportunità di realizzare un'alimentazione integrativa a gravità dalle sorgenti dell'alta valle del Tammaro per l'intero acquedotto, al fine precipuo di ridurre i notevoli oneri di esercizio per il sollevamento iniziale di m. 450 di prevalenza delle acque delle sorgenti *caput fluminis* del Biferno, che conservano la funzione di fonte di alimentazione base del complesso.

Giova infine ricordare il caso dell'acquedotto consorziale dell'Ausino, per il quale erano già stati approntati, all'atto dell'istituzione della « Cassa », i progetti per il raddoppio dell'adduttrice principale. Il dimensionamento di dette opere fu aumentato per consentire il trasporto della maggior portata occorrente per l'approvvigionamento a gravità dell'asta principale dell'acquedotto consorziale della penisola sorrentina, la cui costruzione era stata già avviata prima della « Cassa » con previsione di alimentazione a sollevamento meccanico da sorgente locale, e per servire i comuni disposti nella zona che sarebbe stata necessariamente attraversata dalla condotta di collegamento dei due acquedotti. Attualmente il complesso, per la cui descrizione si rimanda

alla monografia di dettaglio, è praticamente completo e funzionante nelle opere fondamentali, mentre è in corso il perfezionamento degli studi per la normalizzazione dei comuni della zona settentrionale di servizio dell'Ausino per i quali, in funzione della loro quota, esistono risorse vicine sufficienti ed idonee.

Si è ritenuto di segnalare solo alcuni casi di opere acquedottistiche, peraltro i più notevoli per la zona della Campania e del Molise, che valgono fra l'altro ad illustrare efficacemente alcune delle caratteristiche essenziali dell'attività della « Cassa », quali lo studio approfondito dei problemi con superamento dei tradizionali vincoli costituiti dalle suddivisioni amministrative, la stretta interconnessione fra le fasi di studio e di costruzione delle opere, per cui la seconda viene a costituire il naturale corollario della prima, senza praticamente soluzione di continuità.

A chiusura di queste brevi premesse appare opportuno porre in rilievo, unitamente all'importo degli stanziamenti disposti allo stato attuale di 75 miliardi e 657 milioni di lire come sopra precisato, i seguenti dati essenziali, che consentono di lumeggiare l'entità dell'intervento della « Cassa » nel settore degli acquedotti per la Campania ed il Molise:

— su un totale di 681 comuni, inclusi nel territorio geografico delimitato dai confini delle quattro zone principali, i programmi della « Cassa » prevedono interventi per 670 comuni;

— la popolazione conseguentemente interessata, secondo i dati ufficiali del censimento del 1951, è di 4.706.594 abitanti; quella al 2000, secondo i calcoli di previsione istituiti sulla base dei censimenti ufficiali delle popolazioni dal 1861 al 1951, è di 7.000.000 di abitanti circa;

— la portata complessivamente assicurata, ivi compresa quella convogliata dalle opere esistenti inserite negli schemi di normalizzazione, completati ed in corso di studio, è di mc./sec. 12,4 circa.

II

ZONA ACQUEDOTTO CAMPANO E ACQUEDOTTI DEL MOLISE

1. - Generalità

Nel vasto programma di opere che sono attualmente in corso di realizzazione nell' Italia meridionale, si presenta con caratteristiche di particolare interesse il complesso degli acquedotti del sistema campano-molisano non solo per le dimensioni strutturali degli elementi che lo compongono, che classificano tale sistema tra le maggiori opere di acquedotto, ma anche per il molteplice insieme di aspetti tecnici, economici e sociali sotto i quali esso verrà ad inserirsi come fattore di peso non trascurabile nell'attuale assetto e nello sviluppo delle due regioni interessate (Grafici 1-28).

L' incidenza di questo vasto complesso di opere di acquedotto nella vita economica e sociale delle aree interessate non si limiterà infatti, come è facilmente intuibile, agli effetti più direttamente connessi con la soddisfazione delle necessità igieniche delle popolazioni attraverso la disponibilità e distribuzione dell'acqua potabile, pur indispensabile presupposto per lo sviluppo di ogni attività e per l'elevazione del livello di vita. Detta incidenza esplicherà, inoltre, per la estensione delle aree dominate, per la cospicuità delle acque derivate, per la quantità di energia che — nelle sue diverse branche — richiederà o consentirà di produrre e per le connesse importanti opere destinate all'irrigazione, influenze sensibili su ogni settore dell'economia della Campania e del Molise.

Le dimensioni e le caratteristiche del complesso di opere si compendiano, a grandi linee, nei dati seguenti.

Il sistema realizzerà la normalizzazione dei servizi di approvvigionamento idrico di 337 comuni, con centri distribuiti nelle province di Napoli, Caserta, Benevento, Avellino, Campobasso, Foggia, tra i quali comuni figurano, con la particolare importanza delle opere che ad esse competono, le città di Napoli, Caserta e Campobasso.

La popolazione complessiva, residente alla data del censimento del novembre 1951 nella zona coperta da questo sistema di acquedotti, fu accertata in 3.057.760 abitanti. Partendo da questo dato, analizzando per ogni singolo centro l'andamento degli incrementi avutisi tra i precedenti censimenti, ed extrapolando con riguardo alle obiettive possibilità di insediamento della futura popolazione, si è giunti a valutare in oltre 4.471.289 abitanti la popolazione prevedibile presente nella stessa area all'anno 2000, epoca per la quale è previsto il pieno impiego delle opere.

Fissate le dotazioni per il giorno dei massimi consumi in misura variabile da 350 a 360 l./ab./giorno a seconda delle caratteristiche dei centri da servire, che vanno dal grande quartiere urbano al piccolo agglomerato rurale, la portata totale da erogare attraverso il sistema di acquedotti è risultata, nelle condizioni di massimi consumi all'anno 2000, di 9,917 mc./sec.

Per la derivazione di tale cospicua portata il sistema di acquedotti fa ricorso a molteplici fonti di alimentazione, costituite da importanti gruppi di sorgenti sgorganti sui due versanti del rilievo appenninico, che separa la Campania dal Molise, e precisamente:

— sorgenti Torano e Maretto che scaturiscono sul versante tirrenico ai piedi del massiccio del Matese;

— sorgenti del Biferno sul versante adriatico, le acque delle quali, per notevole parte, saranno convogliate da un versante all'altro mediante una galleria attraversante l'Appennino;

— parte delle acque delle sorgenti di S. Maria la Foce del gruppo del Sarno;

— sorgenti di Serino del bacino del Sabato;

— sorgenti del gruppo S. Onofrio, Pincio e S. Mauro del bacino del Trigno;

— sorgenti di Sepino e Morcone del bacino del Tammaro;

— sorgenti minori per circoscritte soluzioni locali.

Di questo rilevante complesso di risorse, alcune sono già attualmente utilizzate in tutto o in parte per uso potabile, per le altre, che costituiscono la maggior parte, è in corso la captazione con nuove opere; in pari tempo si provvede a soddisfare con altre acque o con particolari opere, le utilizzazioni (diverse da quella potabile) alle quali le sorgenti sopperiscono attualmente o potevano essere destinate, così da non turbare l'economia delle risorse idrauliche delle regioni interessate.

2. - Il piano generale di utilizzazione delle acque del fiume Biferno

L'attuazione dei criteri generali ora accennati nei riguardi dell'economia dell'utilizzazione delle risorse idrauliche ha il suo più completo e significativo esempio negli studi che hanno dato luogo alla formazione del piano generale di utilizzazione delle acque del fiume Biferno, piano palesatosi necessario per un organico coordinamento e per il più razionale soddisfacimento di tutte le concorrenti esigenze alle quali quel fiume può sopperire.

La necessità di una tale impostazione fu infatti avvertita dal Consiglio Superiore dei LL.PP. che, trovandosi nel 1951 ad esaminare varie domande di concessione di quelle acque incompatibili tra loro e soprattutto con la riserva assentita fin dal 1949 per l'alimentazione dell'acquedotto campano, ritenne indispensabile demandare alla « Cassa » lo studio di un dettagliato programma generale di massima utilizzazione ai fini del soddisfacimento dei fabbisogni potabili e per irrigazione nonché dello sfruttamento idroelettrico.

A seguito di tale incarico, la « Cassa » avviò un imponente complesso di rilievi, indagini, ricerche e lavori necessari a definire chiaramente i numerosi e complessi aspetti dei vari settori, che condizionavano la migliore soluzione unitaria, e ad acquisire su di essi obiettivi elementi di giudizio.

In quattro anni furono perciò effettuati nuovi rilievi per istituire la mancante esatta cartografia della regione; fu completato il rilevamento geologico di dettaglio del massiccio del Matese; furono integrate, raccolte e coordinate le misure idrografiche; furono eseguite numerose profonde trivellazioni ed altri accertamenti geognostici indiretti; furono perforate gallerie esplorative; fu svolto lo studio morfologico e geologico delle possibili zone di invaso lungo tutto il corso del Biferno; furono esaminati, sotto l'aspetto morfologico ed agro-pedologico, i terreni suscettibili di irrigazione.

In tutto questo complesso di indagini la « Cassa » si avvalse largamente del contributo di apposite commissioni di studio e di specifiche consulenze e, infine, tradusse le proprie conclusioni in un piano generale di impianti per lo sfruttamento potabile, irriguo ed idroelettrico, che soddisfano nel miglior modo gli interessi della Campania e del Molise.

Il piano prevede infatti e rende compatibili:

— la completa normalizzazione dei servizi di approvvigionamento idrico del Molise e l'alimentazione dell'acquedotto campano;

— la completa copertura dei fabbisogni irrigui del Molise servibili con acque della valle del Biferno, estendendo l'irrigazione a 20.100 ettari nella piana di Boiano e nel basso Molise;

— la produzione di energia elettrica in 156 milioni di kwh annui effettivi, pari a quattro volte la produzione attuale, dei quali 38 milioni lungo l'asta del Biferno e 118 milioni in due centrali da costituirsi lungo le opere dell'acquedotto campano.

L' impostazione unitaria dello studio intravista dal Consiglio Superiore e attuata dalla « Cassa » ha consentito di armonizzare le diverse utilizzazioni (igienica, irrigua, idroelettrica) in modo da ottenere *il massimo sfruttamento delle acque del fiume.*

La indicata produzione di energia elettrica consente, fra l'altro, di coprire per intero i cospicui fabbisogni di energia per i sollevamenti di tutti gli acquedotti molisani previsti nel piano di normalizzazione e per la irrigazione, ammontanti nel complesso a circa 30 milioni di kwh annui.

La realizzazione del piano di utilizzazione, la cui spesa è prevista in complessivi 54 miliardi e 900 milioni di lire, importa un intervento della « Cassa » sensibilmente superiore a quello stabilito per il Molise nel piano decennale nel settore delle opere per l'agricoltura ed il riconoscimento di tale variante sostanziale al piano decennale è intervenuto con l'approvazione del piano deliberata dal Comitato dei Ministri per il Mezzogiorno nella seduta del 20 febbraio 1957.

3. - L'acquedotto campano

A) *Premessa.*

L'acquedotto campano, parte preminente del sistema campano-molisano è certamente il maggiore tra i grandi complessi che, nel settore dell'approvvigionamento idrico, sono attualmente in corso di realizzazione attraverso l'intervento straordinario della « Cassa ».

Tra questi, esso si caratterizza per una impostazione che lo inserisce, forse come ultimo esempio che storicamente sarà dato di annoverare, nella tradizione romana dei grandi acquedotti, che, da lontane scaturigini di copiose e pure sorgenti, convogliano con opere imponenti, per dimensioni e sviluppo, l'acqua fino ai lontani grandi e piccoli agglomerati urbani da servire.

Ad allontanarsi ormai da quella tradizione costringe spesso il gra-

duale, ma inesorabile, ridursi della disponibilità di fonti di alimentazioni che, allo stato naturale, posseggano i requisiti richiesti per la potabilità delle acque e le conseguenti difficoltà di reperire risorse adeguate quantitativamente ai fabbisogni delle zone da servire entro distanze tecnicamente ed economicamente razionali.

Questa tradizione, così viva e tangibilmente presente in Italia, per la lunga consuetudine e per le imponenti vestigia che ne testimoniano, trova tuttavia nel caso dell'acquedotto campano circostanze e situazioni nelle quali soluzioni tecnicamente ed economicamente ineccepibili di impianto e di esercizio consentono di rinnovarla felicemente.

Agli imponenti sviluppi che, in questo acquedotto, caratterizzano le principali opere di adduzione, fa riscontro infatti la continuità dell'estesa zona di servizio, cosicché, pur se notevoli concentrazioni di consumi si determinano a grande distanza dalle fonti di alimentazione, vi è luogo al collocamento di consumi ben uniformemente distribuiti lungo tutto il tracciato dell'acquedotto, che diviene contemporaneamente l'ossatura centrale di distribuzione del sistema.

B) *Situazioni preesistenti e precedenti storici.*

In tutto il vasto territorio che costituisce la zona di competenza dell'acquedotto campano e che comprende 172 comuni fra i quali i capoluoghi di provincia di Napoli e Caserta, esistevano, all'atto dell'inizio dell'attività della « Cassa », i seguenti acquedotti:

— acquedotto di Napoli, a servizio di Napoli e di altri 74 comuni;

— acquedotto Carolino, a servizio di Caserta;

— acquedotto di Torre Annunziata, a servizio di Torre Annunziata e di altri 3 comuni.

Tutti gli altri comuni, non serviti dagli acquedotti sopra menzionati, disponevano, nel miglior caso, di rudimentali alimentazioni idriche mediante soluzioni locali da pozzi o da piccole sorgenti, non certo assimilabili ad un acquedotto sia dal punto di vista igienico-sanitario che dal punto di vista tecnico.

— *Acquedotto di Napoli.* Il sistema dell'acquedotto di Napoli costituiva il più grande complesso acquedottistico esistente in Campania. La sua struttura fondamentale fu realizzata da una società privata, che ne aveva ottenuta la concessione, negli anni tra il 1881 ed il 1885, allorché ne fu avvertita, sul piano nazionale, la drammatica necessità in occasione della grave epidemia di colera che aveva infierito a Napoli negli anni precedenti.

L'opera ebbe origine dalla captazione della sorgente Urciuoli del gruppo di sorgenti di Serino sgorganti ai piedi del Terminio, in provincia di Avellino, già note ed utilizzate al tempo dei Romani per alimentare un grandioso acquedotto a servizio della zona di Napoli, fino a Miseno, ove sono tuttora visibili le vestigia del serbatoio terminale (Piscina Mirabilis).

Il progetto, realizzato nel 1881, fu senza dubbio concepito secondo criteri di largo respiro; infatti fu possibile alla società, utilizzando i canali e le gallerie costruiti inizialmente ed adeguando opportunamente le condotte e le opere accessorie, non solo seguire il graduale sviluppo dei consumi e l'incremento di popolazione, ma anche estendere la zona di servizio aggiungendo a quella del Comune di Napoli l'alimentazione di altri comuni viciniori aumentando la portata dell'acquedotto, mediante allacciamento delle sorgenti Acquaro e Pelosi, sempre del gruppo di Serino, fino a raggiungere la massima capacità di convogliamento consentita dai canali.

Fu possibile in tal modo, adeguando opportunamente le opere di riserva e di distribuzione, condurre l'esercizio senza eccessive difficoltà, se si eccettua il periodo delle distruzioni belliche, fino al 1947-48 allorché, in occasione di un andamento idrologico particolarmente sfavorevole, venne in più chiara evidenza la grave situazione di insufficienza, già peraltro prima di allora avvertita, dell'acquedotto di Napoli, per cui fu necessario istituire turni di utenza con grave disagio igienico e sociale della popolazione. Ne derivò il rinnovato proposito, con aspetti di inderogabilità, di avviare studi per dotare Napoli ed i comuni della provincia di Napoli e Caserta di un nuovo acquedotto che potesse garantire dotazioni idriche proporzionate ai prevedibili sviluppi delle popolazioni almeno fino all'anno 2000.

Nel 1950 la situazione dell'approvvigionamento idrico era, in sintesi, la seguente: il Comune di Napoli con 1.010.000 abitanti disponeva, nel giorno dei massimi consumi, di mc. 159.840 dalle sorgenti di Serino e di mc. 10.000 dall'acquedotto di Bolla e dai primi emungimenti sfruttanti una falda nella zona di Lufrano; la dotazione unitaria media era di 168 litri per abitante e per giorno.

La distribuzione presentava, come caratteristica fondamentale, quella della suddivisione in dieci zone di pressione scaglionate con quote piezometriche da m. 303 a 65 sul mare, con una capacità complessiva di serbatoi per mc. 249.660. Erano inoltre in attività numerose centrali di sollevamento per complessivi 1.200 CV installati, ed altre — per 1.700 CV installati — avevano compiti di soccorso e di scambio fra i vari serbatoi.

Ne risultava che, nelle condizioni normali, il 69% del territorio comunale, cui corrispondeva l'80% della popolazione, era servito a gravità, mentre il 14% del territorio ed il 18% della popolazione erano serviti attraverso sollevamenti; tale proporzione si aggravava allorché dovevano entrare in servizio gli altri impianti sussidiari di cui si è detto.

Il restante 17% del territorio, e cioè tutte le zone comprese tra quota 300 e quota 450 m. sul mare, non erano affatto servite con acqua condottata.

Una limitata quantità d'acqua delle sorgenti di Serino veniva distribuita fuori del Comune di Napoli a 74 comuni delle province di Napoli, Caserta, Benevento ed Avellino. Trattavasi nella maggior parte dei casi di concessioni definite, come quantità e modalità, ai primi anni del secolo, senza alcun criterio di previsione di sviluppo e tenendo presenti soprattutto le situazioni contingenti dell'epoca. Fanno in un certo senso eccezione i tre principali acquedotti derivati dal sistema principale dell'acquedotto di Napoli, e cioè l'acquedotto vesuviano, l'acquedotto di Pozzuoli e l'acquedotto di Aversa, i quali, costruiti in concessione da società private agli inizi del secolo, assunsero, sotto molteplici aspetti sia tecnici che igienici (serbatoi, sollevamenti, distribuzione a domicilio con contatore), un assetto adeguato ai tempi, a differenza degli altri comuni, pure utenti dell'acquedotto di Napoli, per i quali la distribuzione di acqua si limitava a fontanine pubbliche ed a qualche utente privilegiato.

Non fu peraltro possibile ai comuni utenti dell'acquedotto di Napoli adeguare le proprie disponibilità alle esigenze determinate dall'aumento della popolazione ed al progressivo miglioramento delle condizioni igieniche e sociali, in quanto, allorché tali esigenze si andarono palesando, le disponibilità dell'acquedotto di Napoli erano già tutte impegnate per il capoluogo e già si creava il problema di reperire altre fonti di alimentazione per esso. Ne conseguì una situazione di crisi progressivamente aggravatasi, che tuttora si protrae, pur se fronteggiata, per quanto possibile, con notevoli ampliamenti degli impianti di emungimento e sollevamento della falda di Lufrano, e che determina sistematiche difficoltà di servizio e disagi per gli utenti, quando non sfocia in situazioni drammatiche allorché, come ebbe ad accadere nel luglio 1959, incidenti o guasti turbano la continuità dell'alimentazione.

— *Acquedotto Carolino*. Fu costruito alla fine del XVIII secolo per iniziativa di Carlo III re di Napoli, su progetto del Vanvitelli, per convogliare, a mezzo di un canale, parte in galleria e parte in trincea, le

acque delle sorgenti del Fizzo, sgorganti ai piedi del monte Taburno, fino ad alimentare la reggia di Caserta con le sue fontane e cascate e le pertinenze della reggia stessa. Con il graduale sviluppo assunto dalla città di Caserta fu necessario provvedere a distogliere quasi tutte le acque destinate a scopi non potabili ed immetterle nella rete di distribuzione di Caserta, non essendo possibile aumentare la portata derivata dalle sorgenti del Fizzo avendo l'acquedotto Carolino già da tempo esaurito ogni ulteriore possibilità di convogliamento.

— *Acquedotto di Torre Annunziata.* Fu costruito agli inizi del secolo da una società privata per convogliare parte delle acque della sorgente Gelseto, presso Sarno, fino a Torre Annunziata. L'acquedotto, che non aveva subìto alcun adeguamento con il progredire degli anni, si presentava in condizioni di insufficienza e di vetustà e assolutamente inadeguato allo sviluppo industriale assunto dal territorio che gravita su Torre Annunziata.

Il problema di dotare le zone di Napoli e Caserta di un nuovo acquedotto, che consentisse di estendere a tutti i comuni la distribuzione idrica attuata secondo i più aggiornati criteri igienici e tecnici, e costituisse inoltre l'indispensabile infrastruttura per lo sviluppo industriale ed agricolo delle due province, si prospettò, ben presto, dopo l'entrata in servizio dell'acquedotto di Serino, che dimostrò, con il rapidissimo sviluppo dei consumi e con l'immediato miglioramento delle condizioni igienico-sociali, la preminenza dell'alimentazione idrica fra tutti i problemi che a quell'epoca si presentavano.

Infatti già agli inizi del secolo l'acquedotto di Serino, come innanzi detto, aveva provveduto ad estendere ad alcuni comuni dislocati in zone prossime al tracciato delle proprie opere, l'alimentazione idrica, acuendo in tal modo lo squilibrio tra i comuni serviti e i comuni privi di acquedotto. Fu in quell'epoca che pubblici amministratori, tecnici e società private posero allo studio il reperimento di nuove fonti di alimentazione che potessero servire di base ad un nuovo acquedotto che raggiungesse Napoli ed i comuni del Napoletano, attraversando la Terra di Lavoro.

I molti progetti e le molte idee che andarono sviluppandosi già a quell'epoca puntualizzarono il loro orientamento, tra varie risorse che allora erano disponibili, sulle sorgenti del Biferno ed infatti si arrivò nel 1915 alle formali richieste di concessione, da parte di una società privata, per la derivazione di acqua del Biferno ad uso potabile di 201 comuni delle province di Napoli e Caserta.

Naturalmente sussistevano gravi difficoltà di ordine tecnico ed economico al concretarsi di una simile idea, ma senza dubbio questa ha costituito la illuminata scelta, verso la quale si sono coerentemente rivolti successivamente tutti i tecnici che hanno affrontato il problema dell'alimentazione idrica delle province di Napoli e Caserta e della quale i più estesi e documentati studi, che recentemente hanno anche inquadrato in ben più vasto orizzonte questo problema, hanno a pieno riconfermato la validità.

Nel periodo fra le due guerre mondiali furono messi in istruttoria alcuni progetti di un acquedotto per 201 comuni delle province di Napoli e Caserta alimentato con le acque del fiume Biferno, progetti che subirono lunghissime vicende e non riuscirono a concludersi per il sopravvenire della crisi della seconda guerra mondiale.

La generale ripresa della ricostruzione pose poi in evidenza, subito dopo la guerra, la ormai insostenibile gravità della situazione idrica delle province di Napoli e Caserta, ove ogni processo di sviluppo e di industrializzazione si arrestava contro la mancanza e la deficienza delle infrastrutture e in special modo dell'alimentazione idrica. Gli stessi sviluppi delle popolazioni, l'evolversi delle esigenze e delle condizioni di vita, nonché la necessità di prevedere i futuri fabbisogni almeno per un cinquantennio, dimostrarono poi l'insufficienza della quantità d'acqua derivabile dal Biferno alla soluzione integrale del problema. A questo si interessò il Genio Civile di Napoli — Servizi Generali — che presentò nel 1949 all'esame del Consiglio Superiore dei LL.PP. il progetto di massima del nuovo acquedotto campano che prevedeva, in aggiunta alle acque da derivare dal Biferno, la captazione delle sorgenti Torano e Maretto presso Piedimonte d'Alife.

Il progetto ottenne l'approvazione del Consiglio Superiore dei LL. PP. a sezioni riunite, e già se ne disponevano i primi stralci esecutivi per dar luogo ai graduali finanziamenti dei singoli lotti, allorché, con la istituzione della Cassa per il Mezzogiorno, la realizzazione dell'acquedotto campano fu demandata alla « Cassa » stessa, che provvide ad inserire l'opera nei propri programmi.

C) *Schema dell'acquedotto.*

L'acquedotto, così come è stato definito a seguito degli studi compiuti dalla « Cassa », provvederà alla normalizzazione dei servizi idrici potabili della vasta area che occupa gran parte delle province di Napoli e Caserta, con estensione in limitate zone delle province limitrofe, attraverso tre diversi ordini di opere e lavori:

— opere per la captazione ed adduzione delle acque delle sorgenti dei gruppi Torano, Maretto, Biferno e Sarno;

— sostanziali varianti nelle opere di adduzione e distribuzione delle acque delle sorgenti di Serino;

— opere accessorie intese alla contemporanea attuazione del piano generale di massima utilizzazione del Biferno.

Il sistema, alla sua completa utilizzazione, addurrà e distribuirà una portata di 6.800 l./sec. di acque sorgentizie di nuova captazione e ridistribuirà, secondo le attuali e future esigenze, la portata di 2.000 l./sec. già ora addotta dall'acquedotto di Serino.

Le nuove sorgenti destinate all'alimentazione del sistema acquedotto campano sono:

— sorgenti del fiume Biferno a Boiano, per una portata complessiva di 3.130 l./sec.;

— sorgenti del fiume Torano a Piedimonte d'Alife, per una portata complessiva di 3.150 l./sec.;

— sorgenti di S. Maria la Foce, tributarie del fiume Sarno, per una portata di 520 l./sec.

Lo schema dell'acquedotto può essere brevemente descritto nelle sue linee fondamentali.

Dalle opere di captazione delle sorgenti del Biferno situate sul versante adriatico, a quota circa 500 m.l.m., il canale principale dell'acquedotto raggiungerà, con una galleria di valico di circa 15 km. attraverso il massiccio del Matese, il versante tirrenico, ove proseguirà attraverso il rilievo tra le valli del Titerno e del Volturno con una galleria di circa km. 5 di lunghezza. Le acque, prima dell'immissione nel canale adduttore dalle sorgenti del gruppo Torano e Maretto, verranno utilizzate sul dislivello disponibile tra i due gruppi di sorgenti (m. 300 circa) per produzione di energia elettrica.

Sul versante tirrenico il canale principale a pelo libero ha origine, presso l'abitato di Piedimonte d'Alife, dalla sorgente Torano sgorgante a quota circa 200 m.l.m. e riceve immediatamente, attraverso un sollevamento della prevalenza di circa m. 30, le acque della sorgente Maretto, che scaturisce nella stessa zona a quota più bassa.

L'acquedotto si sviluppa, quindi, per oltre 45 km., con una successione di tronchi di canale a pelo libero prevalentemente in galleria e di grandi condotte in pressione per l'attraversamento della valle del Volturno in due punti e di altre depressioni minori. A circa 8 km. da Piedimonte d'Alife s'immettono nel canale le acque provenienti dalle sorgenti del Biferno attraverso le opere di restituzione della centrale

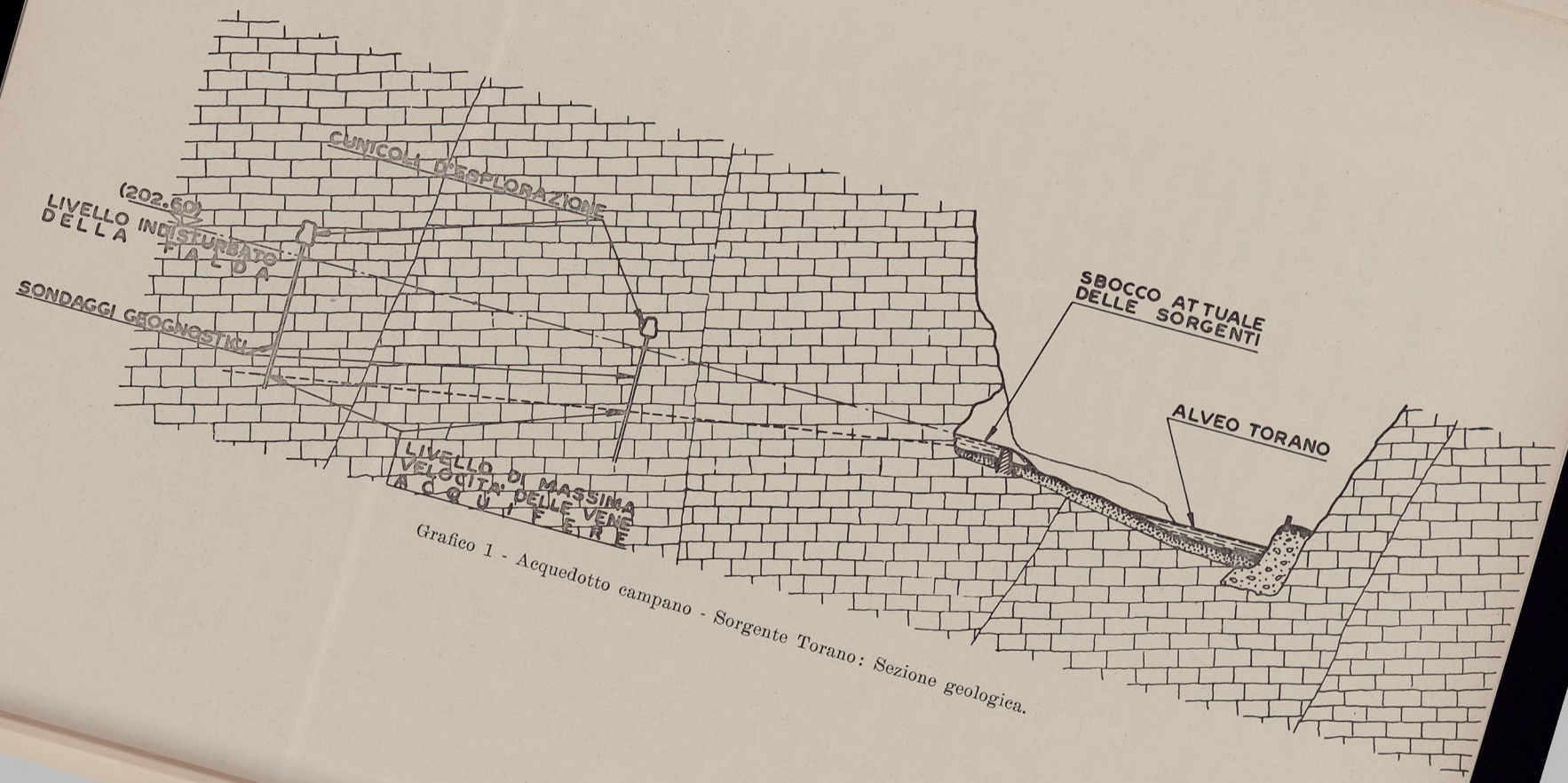


Grafico 1 - Acquedotto campano - Sorgente Torano: Sezione geologica.

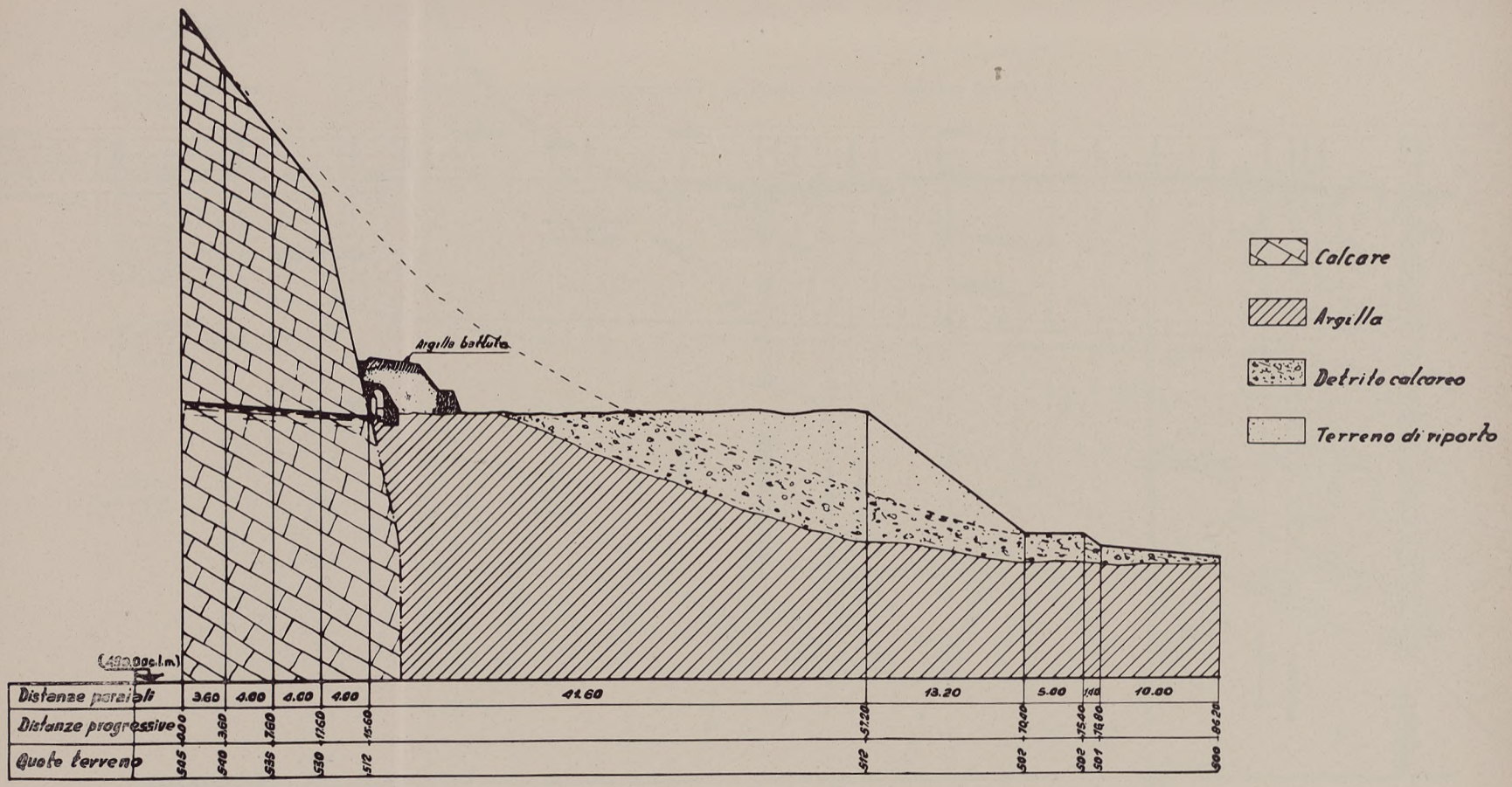


Grafico 2 - Acquedotto campano - Sorgente Riofreddo: Sezione geologica.

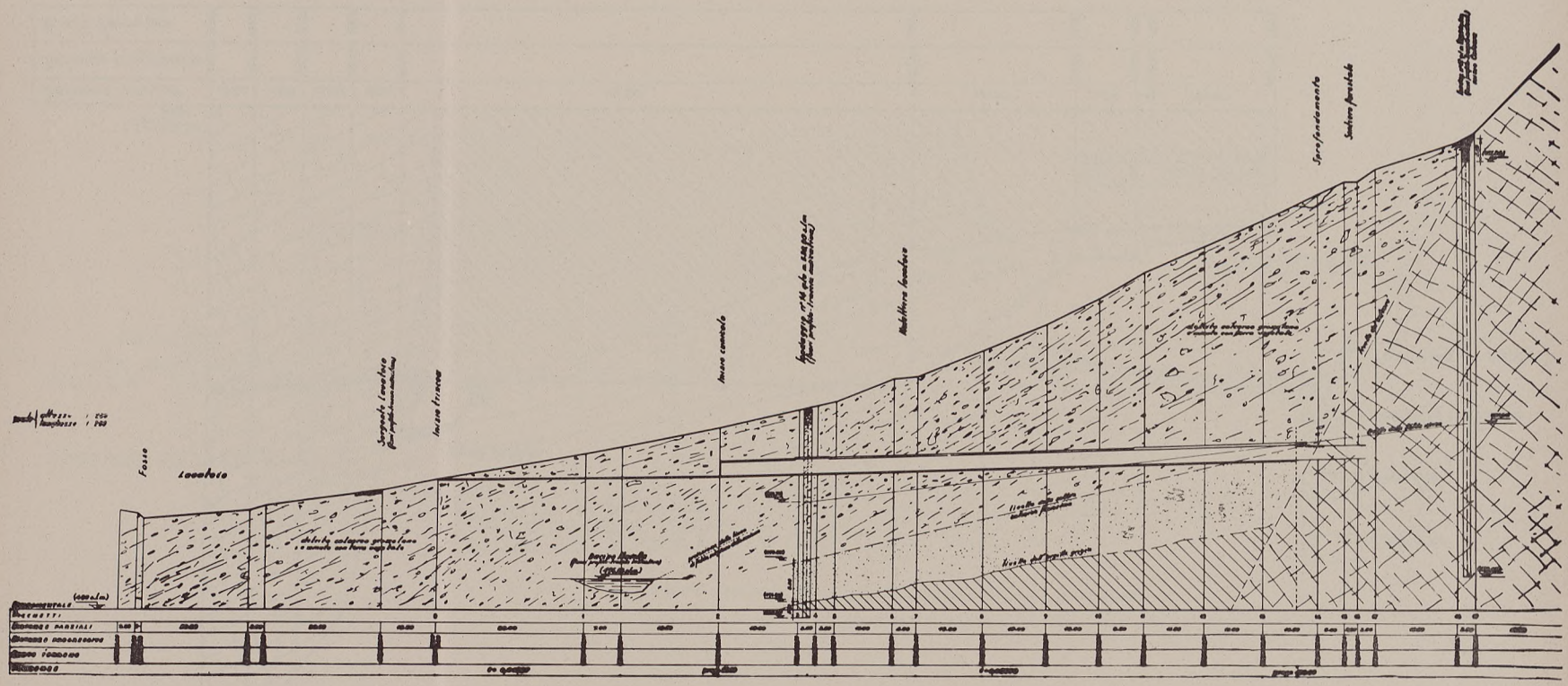


Grafico 3 - Acquedotto campano - Sorgente Maiella: Sezione geologica.

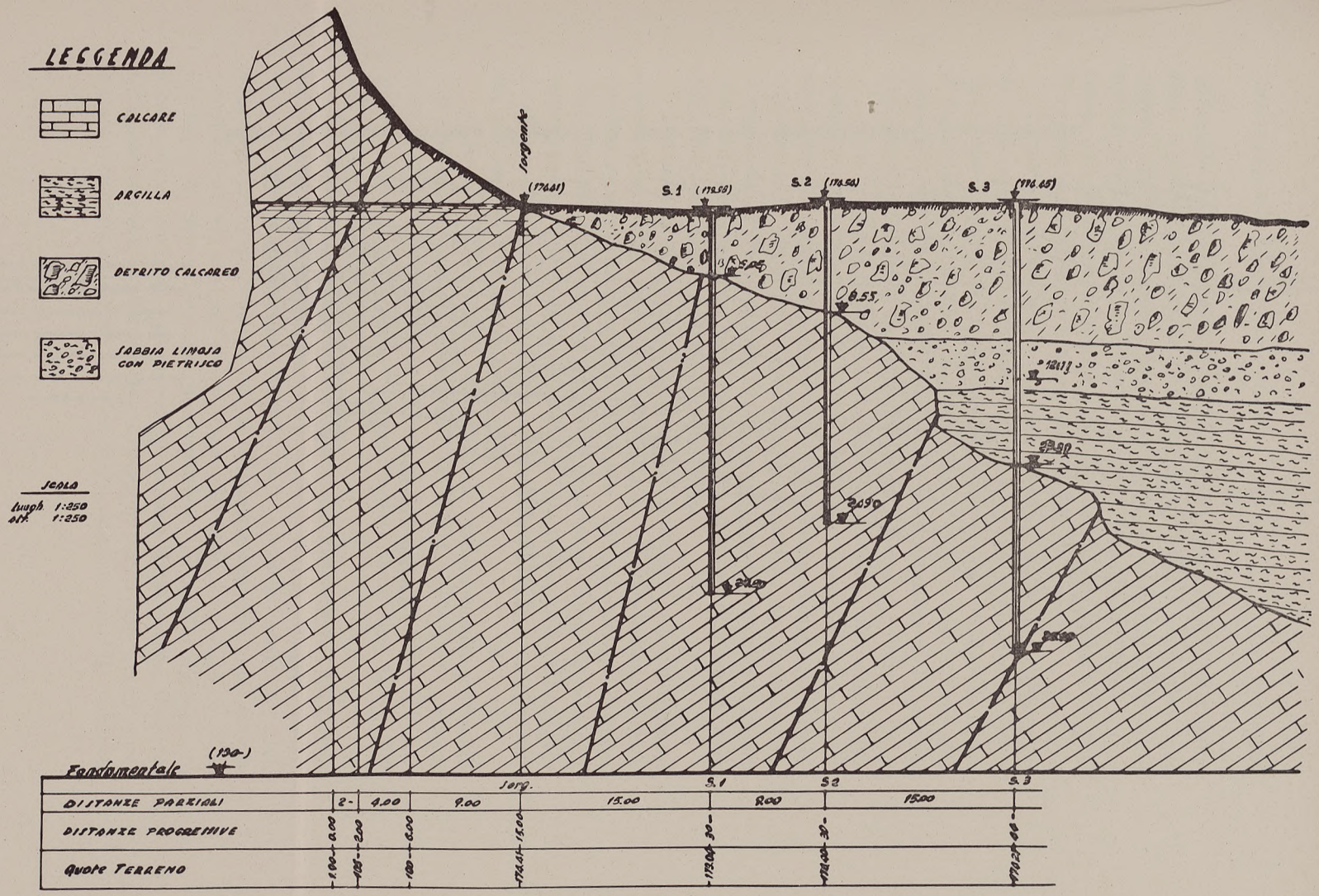


Grafico 4 - Acquedotto campano - Sorgente Maretto: Sezione geologica.

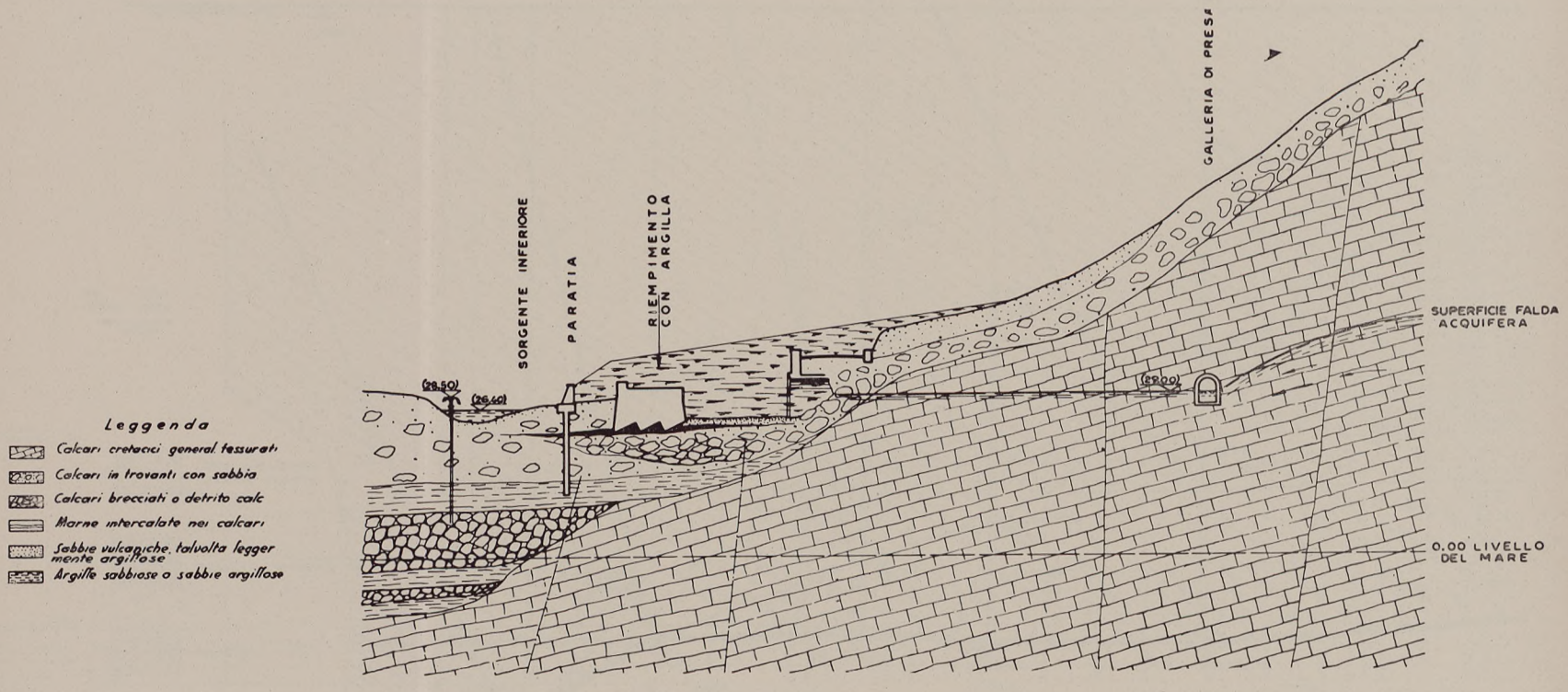


Grafico 5 - Acquedotto campano - Sorgente di S. Maria La Foce: Sezione geologica ad opera ultimata.

utilizzante il salto di cui si è fatto cenno. In questo tronco dell'acquedotto è inoltre previsto che le portate derivabili dal complesso delle sorgenti Biferno, Torano e Maretto comunque eccedenti i fabbisogni dell'acquedotto possano essere scaricate nel Volturno attraverso un impianto di produzione di energia elettrica che può utilizzare le portate di supero su un salto di circa m. 100.

Le portate trasferite per la necessaria integrazione per gli usi potabili delle sorgenti del versante tirrenico e quelle stagionalmente eccedenti consentiranno, nel complesso delle due centrali e nelle condizioni di regime dell'acquedotto, una produzione di energia valutabile mediamente in circa 118 milioni di kwh/anno, che si inquadra nelle utilizzazioni previste dal piano generale del Biferno di cui si è detto.

A valle della derivazione della cosiddetta centrale dei superi, l'acquedotto convoglia, a regime, la sua competenza fissata nella portata di 6.300 l./sec. Da punti opportunamente scelti lungo il canale principale si distaccano le importanti diramazioni alle quali fa capo la estesa rete di acquedotti di Terra di Lavoro, che copre la maggior parte del territorio della provincia di Caserta; e una diramazione per i comuni della piana Telesina della provincia di Benevento.

Dal termine del canale principale in località S. Clemente presso Caserta si protende un fascio di grandi condotte in pressione, direttamente o attraverso diramazioni secondarie, fino ai centri di distribuzione (serbatoi di compenso e riserva) della città di Napoli e di ogni raggruppamento di centri da servire. Una particolare diramazione, che si sviluppa lungo il litorale flegreo, prosegue, con condotte sottomarine, fino alle isole di Procida ed Ischia.

Il sistema delle condotte alimentanti la pianura campana orientale sarà inoltre connesso con le sorgenti del Sarno, dalle quali verranno derivate, mediante sollevamento di m. 85, le acque destinate ai centri della zona del Nolano, della valle del Sarno e della zona bassa delle falde meridionali del Vesuvio.

In stretta connessione con il sistema sommariamente descritto e con riguardo alla distribuzione nella città di Napoli, vengono inoltre poste in atto trasformazioni notevoli nelle opere di adduzione delle acque del Serino allo scopo di valersi adeguatamente della quota elevata (circa 290 m.l.m.) che esse ancora hanno alla testa della valle Caudina, privilegio di alto valore oggi non utilizzato — o meglio distrutto in dissipatori di energia — per necessità imposte dalle antiche opere di adduzione, mentre la distribuzione di Napoli, per le zone aventi quote terreno superiori a 150 m.l.m., è affidata a onerosi impianti elevatori.

Il progetto in attuazione destina, infatti, alle quote basse e medie le acque di nuova adduzione (Biferno, Torano, Maretto e Sarno) e alle quote più alte quelle di Serino, prevedendo, caso per caso, quelle sostituzioni di alimentazione che realizzino il criterio di degradare quanto meno possibile la quota originaria delle acque, riducendo correlativamente gli oneri richiesti per sollevamenti.

Allo schema dell'acquedotto campano è stata, poi, conferita, nel grado più elevato, la caratteristica della possibilità di mutuo soccorso tra zone limitrofe, ove abbiano a verificarsi condizioni di emergenza nell'esercizio. Sono stati infatti previsti vari collegamenti tra le arterie principali del sistema, conferendo a questo possibilità di riserva maggiori e più economiche di quelle che ordinariamente possono essere realizzate dai soli serbatoi.

Tali caratteristiche delle opere di adduzione si traducono, inoltre, in ampia possibilità di un esercizio flessibile e commisurato, nel miglior modo alle esigenze variabili dei consumi nei vari periodi stagionali ed alla gradualità con la quale l'impiego delle acque previste per l'anno 2000 verrà man mano a determinarsi. Infine, di non trascurabile rilievo sono le opere necessarie ad assicurare, attraverso una coordinata gestione, il contemporaneo soddisfacimento sia dei fabbisogni potabili che delle utilizzazioni irrigue e idroelettriche.

Nel settore della produzione di energia elettrica, due centrali, per complessivi 27.376 kw installati, danno luogo sul versante tirrenico — avvalendosi in gran parte delle stesse opere di convogliamento dell'acquedotto — ad una utilizzazione concentrata estremamente favorevole sotto il profilo tecnico ed economico.

Una nuova centrale prevista tra il Biferno ed il Cigno aggiungerà una ulteriore produzione di energia idroelettrica a quella che sarà ancora resa dalle centrali esistenti lungo il fiume Biferno, per completare le previsioni del piano nel settore idroelettrico.

Per le irrigazioni, un invaso di 84 milioni di mc. da realizzare con una diga di sbarramento del Biferno a ponte Liscione ed altre opere minori, assicureranno il fabbisogno di acque per irrigare la maggior parte dei 20.100 ettari previsti nel piano.

È altresì indicata, nel piano del Biferno, la possibilità di realizzazione di un invaso sul corso del torrente Quirino in località Arcicchiaro, allo scopo di consentire, ove se ne determinasse la necessità, l'irrigazione di ulteriori 5.500 ettari di terreni delle alte zone del Molise.

Sul versante tirrenico, una traversa sul medio corso del fiume Volturno in località Raviscanina e un impianto elevatorio, al cui fabbi-

sogno di energia sopperisce lo stesso sistema dell'acquedotto, consentiranno l'irrigazione di 5.400 ettari del medio bacino del Volturno, in modo da compensare la minor disponibilità determinata dalla derivazione per uso potabile delle sorgenti Torano e Maretto.

D) *Opere di captazione e convogliamento delle sorgenti del fiume Biferno.*

L'alimentazione dell'acquedotto campano è prevista, come si è detto, mediante la captazione e adduzione delle sorgenti del fiume Biferno, nella zona di Boiano e Riofreddo, in provincia di Campobasso.

La utilizzazione di tali sorgenti rientra nel piano generale di utilizzazione del fiume Biferno, per gli acquedotti e le irrigazioni e per la produzione di energia elettrica che, come esposto al paragrafo 2, fu predisposto dalla « Cassa » e incluso dal Comitato dei Ministri per il Mezzogiorno nei programmi interessanti la Campania e la provincia di Campobasso.

Lo studio della captazione delle sorgenti e della galleria di valico del Matese, che consentirà di convogliare le acque dal versante adriatico a quello tirrenico, ha impegnato per 5 anni tecnici della « Cassa », geologi, consulenti ed una commissione di esperti di chiara fama incaricata di esaminare specificamente le possibilità di realizzazione delle opere.

La struttura geologica e la idrologia del Matese sono state studiate con rilevamenti di dettaglio e con due campagne di sondaggi profondi, che hanno consentito di individuare la sede della circolazione idrica nel massiccio calcareo percolabile del Matese, che, tamponato verso nord, in contatto di faglia, dalle argille mioceniche della piana di Boiano, origina sorgenti di trabocco. Le opere previste possono dividersi in opere di captazione e in opere di convogliamento. Le prime interessano le zone da Boiano a Riofreddo e consistono in una galleria di raccolta, sottoposta al piano piezometrico, che consente una sicura captazione passando alle spalle delle scaturigini apparenti e svolgendosi parallelamente al contatto calcare-argilla. In base alle prospezioni già eseguite anche con cunicoli di saggio, la galleria consentirà la captazione a quote più elevate (circa 510 m.l.m.) degli affioramenti attuali, ciò con vantaggio per lo scavo della galleria, per la facilità degli accessi, e con utilità per la produzione idroelettrica e per la distribuzione dell'acqua irrigua nella piana di Boiano.

Dalle opere di captazione, infatti, l'acqua viene distribuita, secondo quanto previsto nel citato piano del Biferno, all'acquedotto campano, all'acquedotto molisano destro, alla irrigazione della piana di Boiano

e in parte restituita al Biferno stesso per la integrazione delle fluenze estive. La galleria di captazione, a sezione variabile secondo le portate da addurre, avrà, comprese le finestre e i tronchi di collegamento, sviluppo complessivo di m. 5.000 circa.

La portata destinata all'acquedotto campano verrà convogliata in un canale a pelo libero che, in gran parte in galleria, la trasporterà dal versante adriatico a quello tirrenico attraverso le montagne del Matese con un tracciato che si svolge lungo la direttrice Guardiaregia-Cusano Mutri-Carattano, sviluppandosi a notevole distanza dal lago del Matese, onde non alterare minimamente l'equilibrio idrologico della zona. Il tronco propriamente di valico della lunghezza di circa km. 11, che potrà essere attaccato dai soli imbocchi estremi, per la necessità di attraversare per larga estensione il rilievo appenninico, porta ad affrontare sia in sede di progettazione esecutiva che in sede di costruzione un complesso di delicati problemi.

Il progetto esecutivo di questa opera è in avanzata fase di allestimento, dopo lo svolgimento di una vastissima indagine preliminare appoggiata a rilievi topografici e geologici di dettaglio, integrati da sondaggi a grande profondità e intesi, come si è detto, all'accertamento, tra l'altro, di ogni possibile elemento della idrografia superficiale e sotterranea del massiccio.

Le dimensioni della sezione caratteristica della galleria non sono condizionate dalla portata da addurre, bensì da necessità costruttive e la sezione scelta risponde all'esigenza di essere la più economica tra quelle tecnicamente eseguibili.

Nella galleria di adduzione ad un tratto parietale di m. 3.500 circa, seguirà il tronco di valico di m. 11.000 circa, che sboccherà a Cusano Mutri. Da qui si svilupperà un tronco di galleria lungo m. 7.000 circa, al cui termine, nei pressi di Carattano, è prevista la costruzione di una centrale idroelettrica (Biferno - 1° salto acquedotto campano) che utilizza un salto netto di m. 300 tra il canale proveniente dalle sorgenti del Biferno e quello principale proveniente dalle sorgenti del Torano e del Maretto.

E) *Opere di captazione delle sorgenti Torano e Maretto.*

Le sorgenti Torano e Maretto costituiscono due gruppi di scaturigini a piede del massiccio del Matese sul versante tirrenico, alimentate dalla circolazione carsica ed affioranti in corrispondenza del margine superiore del colletto impermeabile costituito dai materiali detritici e argillosi della zona pedemontana del Matese.

La sorgente Torano, che sgorga a quota 202 m.l.m., viene a giorno attraverso una importante via di circolazione carsica interrotta da una frattura originata da una faglia che costituisce il vallone del Torano. La sorgente Maretto sgorga a quota 175 m.l.m. e viene a giorno dal tamponamento di materiali impermeabili di una serie di importanti fratture della roccia calcarea. Entrambe le sorgenti hanno costituito oggetto di una vasta ed approfondita serie di studi idrogeologici estesi a tutto il presumibile bacino delle sorgenti, e ciò sia allo scopo di individuare le caratteristiche idrogeologiche delle sorgenti, sia per determinare la correlazione fra i numerosi inghiottitoi esistenti nella zona del lago Matese e nelle profonde incisioni che solcano le pendici meridionali del Massiccio e le sorgenti stesse, che, da tali inghiottitoi, possono, in particolari condizioni, ricevere più o meno direttamente afflussi di torbida.

Questi fenomeni, già ampiamente osservati per il passato e che avevano costituito una remora alla destinazione ad uso potabile delle sorgenti, hanno formato oggetto di una campagna sistematica di osservazioni e rilevamenti da parte della « Cassa ». Fin dal 1952 le sorgenti sono state, infatti, tenute sotto costante controllo provvedendosi alla registrazione continua delle portate, dei livelli di scaturigine, della temperatura dell'acqua messa in correlazione con quella atmosferica locale, della conducibilità elettrica, come indice del contenuto di sali. Queste registrazioni sono state elaborate insieme con una serie di analisi chimiche e batteriologiche eseguite dal laboratorio di igiene e profilassi di Caserta sia sistematicamente a regolari intervalli di tempo, sia addensate in occasione di particolari eventi metereologici, che venivano del pari tenuti sotto osservazione con il continuo rilevamento dei dati pluviometrici del bacino.

Sperimentazioni accurate e ripetute sono state poi condotte per mettere in evidenza le possibili comunicazioni tra acque superficiali, inghiottitoi e scaturigini delle sorgenti in tutte le zone sospette del bacino. La campagna di studi e di indagini, condotta con i più moderni mezzi a disposizione della idrogeologia, ha portato ad individuare gli inghiottitoi in diretta comunicazione con le sorgenti e, pertanto, è ormai possibile intervenire per ottenere adeguate garanzie di protezione igienica da queste vie di inquinamento. Comunque le opere previste consentono di avviare a scarico, ove fosse necessario, le acque di queste due sorgenti per la durata di eventuali intorbidamenti, senza ridurre la portata dell'acquedotto a valle che può essere assicurata da quella derivata dalle sorgenti del Biferno.

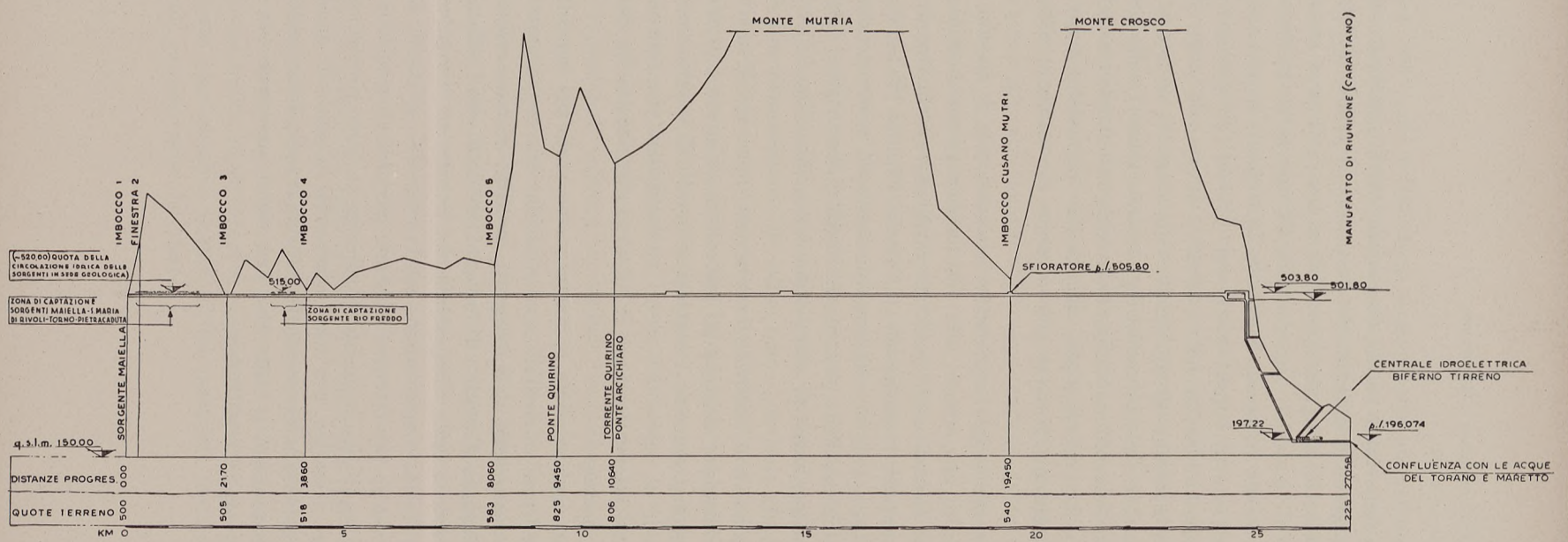


Grafico 6 - Acquedotto campano - Galleria di attraversamento del Massiccio del Matese: Profilo longitudinale.

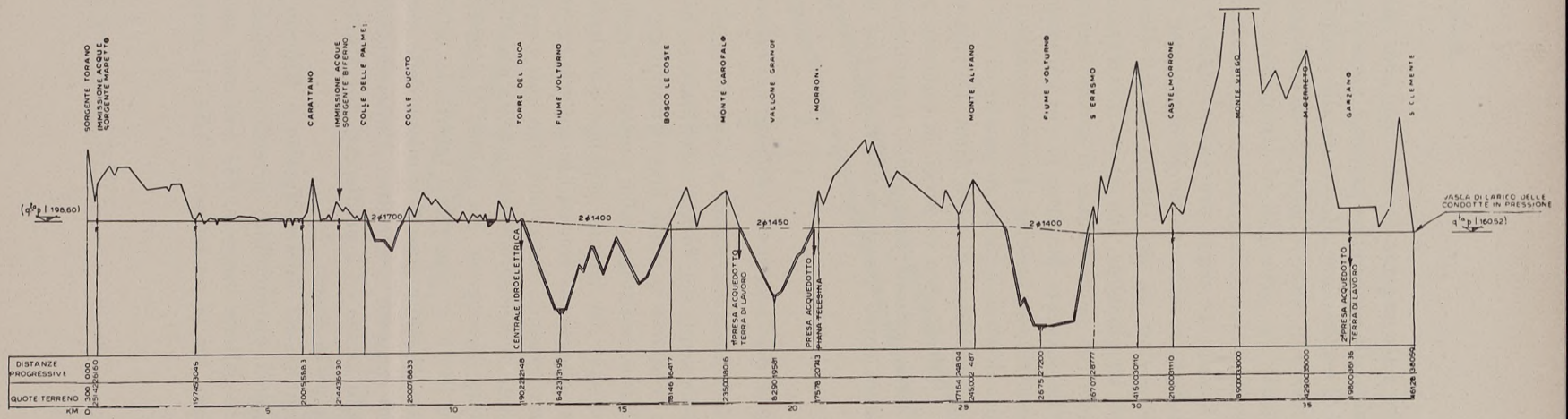


Grafico 7 - Acquedotto campano: Profilo longitudinale dell'asta principale.

La captazione della sorgente Torano, dopo aver individuato le principali vie di afflusso alla scaturigine naturale, attraverso sondaggi effettuati da gallerie di esplorazione addentrate alle spalle della scaturigine stessa, è fatta a mezzo di opere in galleria che derivano direttamente le acque dalle predette vie principali di circolazione convogliandole al canale principale. In un manufatto, sempre in galleria, saranno immesse a circa m. 200 a valle, le acque provenienti dalla sorgente Maretto. Nello stesso manufatto si raduneranno gli organi per la intercettazione e lo scarico delle portate sia del Torano che del Maretto, gli accessi, attraverso galleria ispezionabile, alle opere di captazione della sorgente Torano e l'ingresso con porta stagna, al canale derivatore.

Le acque della sorgente Maretto, la cui captazione è prevista a mezzo di scopertura delle scaturigini ed intercettazione delle vie d'acqua circolanti nel banco detritico a mezzo di paratìe di pali accostati, richiedono un sollevamento iniziale di circa 28 m. Da una centrale di sollevamento ubicata presso l'opera di presa, la condotta premente, posata prevalentemente entro galleria praticabile, raggiungerà il vallone Torano ove si attesterà entro il manufatto di riunione in galleria sopra menzionato.

F) *L'asta principale dell'acquedotto campano nel versante tirrenico.*

— *Descrizione delle opere.* Subito a valle del manufatto in galleria per la riunione delle acque del Torano e del Maretto, ha inizio il canale a pelo libero che trasporta le acque fino al manufatto di riunione con le acque del Biferno restituite dalla centrale idroelettrica Biferno-Tirreno. Questo canale, che ha uno sviluppo complessivo di m. 6.920, è costituito da una alternanza di canali in galleria ed in trincea, rispettivamente realizzati secondo le sezioni tipo con pendenza del fondo $i = 0{,}0004$ e consente di convogliare una portata massima di 5.000 l./sec. I tronchi in galleria dispongono, fra l'altro, di finestre con porta stagna per accesso a livello in due punti intermedi, oltre che nei punti iniziale e terminale. Il manufatto di riunione delle acque del Torano-Maretto e Biferno consente, fra l'altro, l'intercettazione e lo scarico delle due portate in arrivo ed è predisposto per l'accesso a livello nel canale a mezzo di porta stagna.

Le portate riunite del Torano-Maretto e Biferno (costituenti la somma della massima disponibilità) procedono quindi con un breve tronco di canale in galleria lungo m. 844 realizzato secondo la sezione tipo per convogliare, con la pendenza $i = 0{,}005$, la portata massima di 10.000 l./sec.

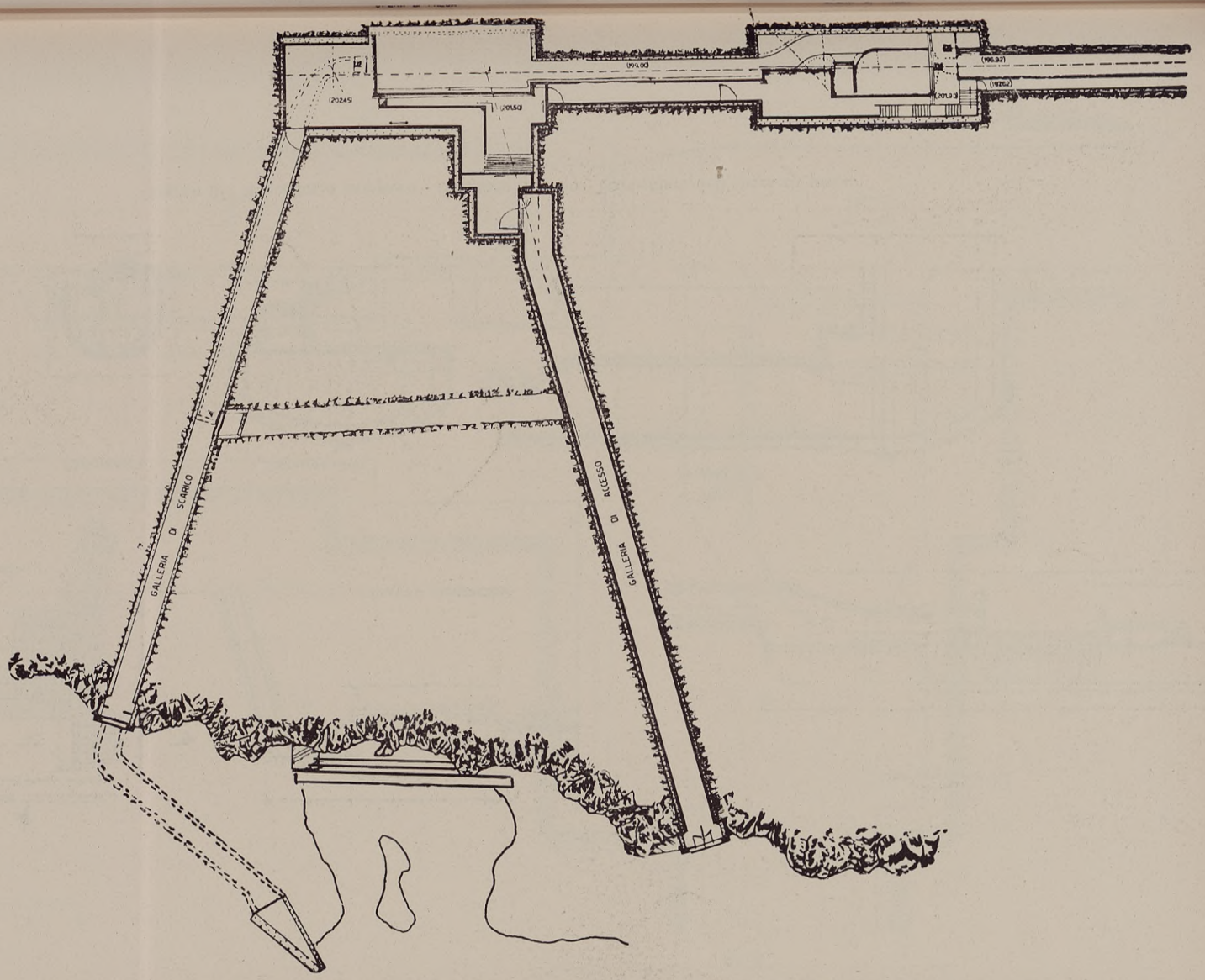


Grafico 8 - Acquedotto campano - Sorgente Torano: Planimetria dell'opera di presa.

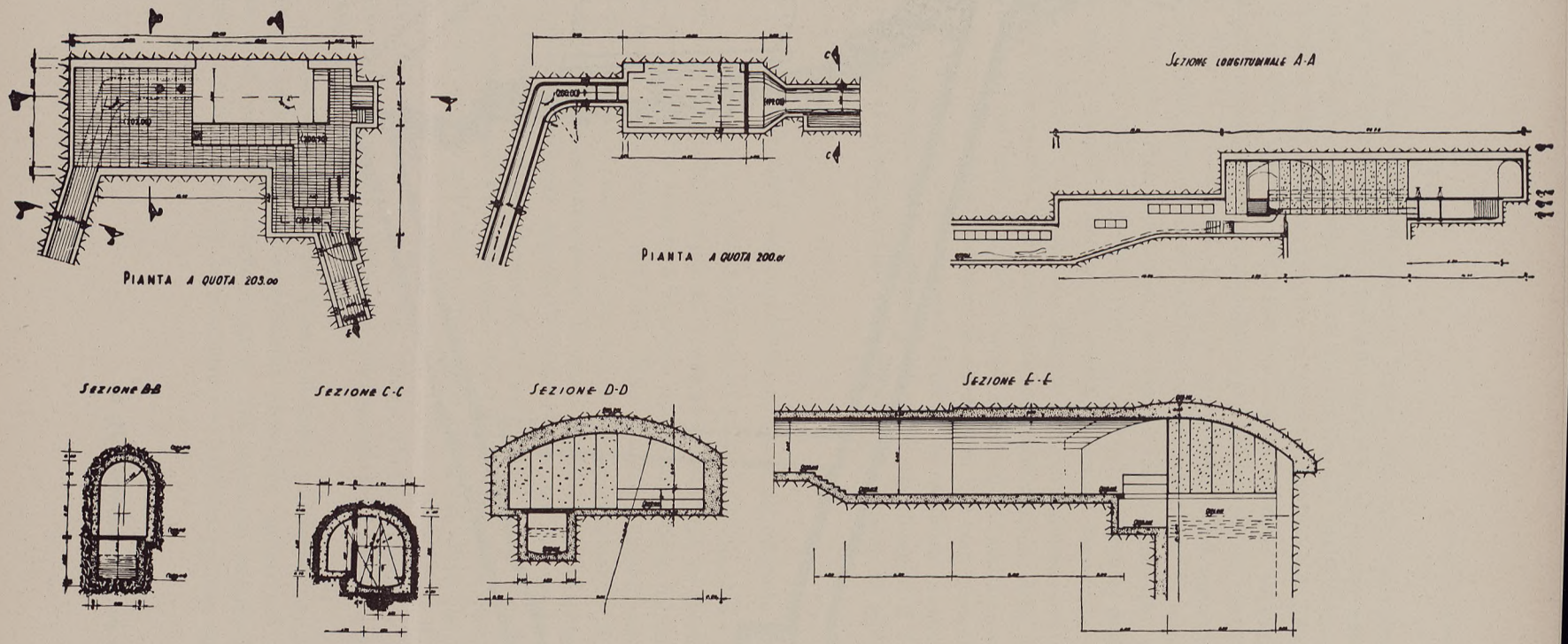


Grafico 9 - Acquedotto campano - Sorgente Torano: Particolari dell'opera di presa.

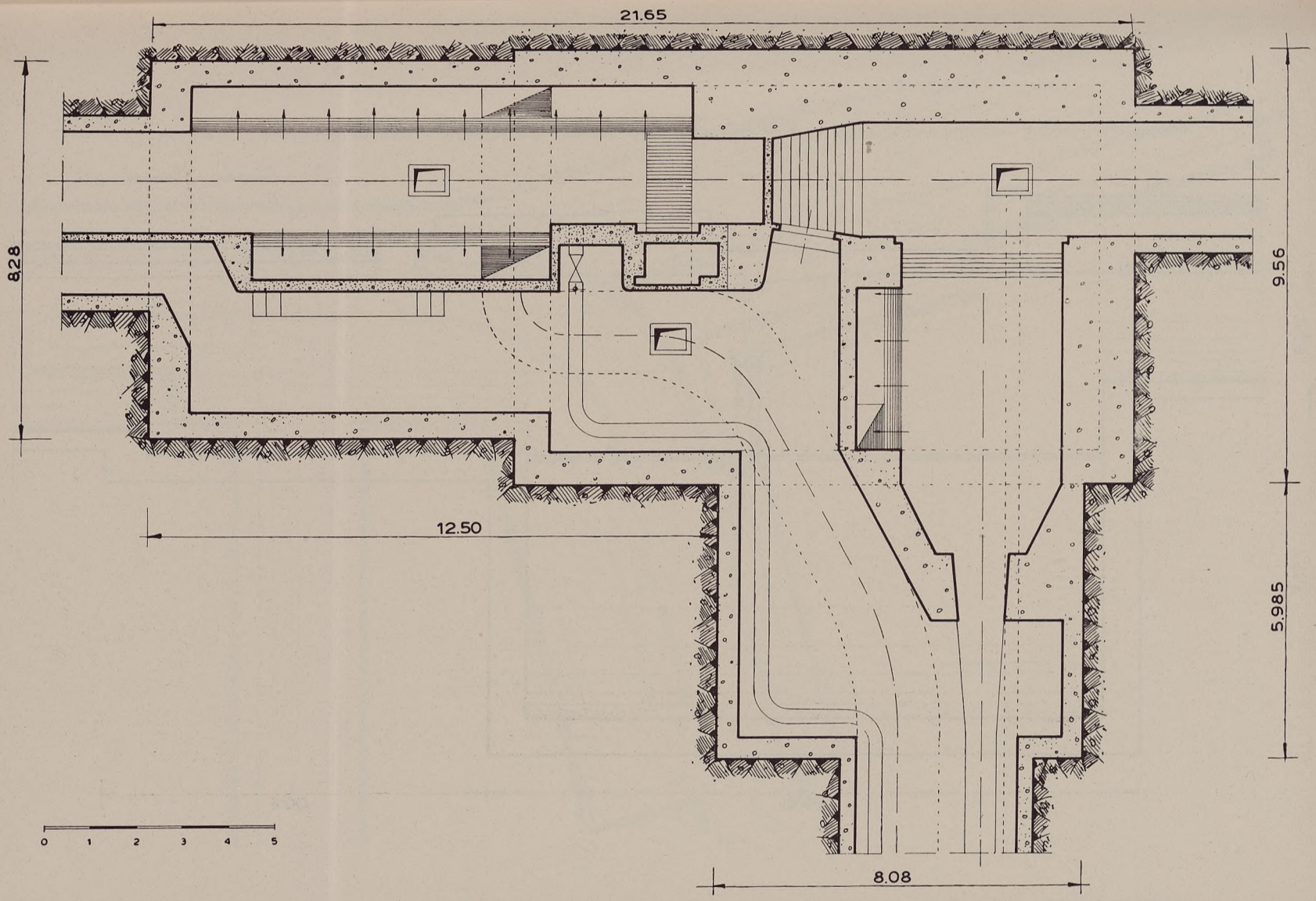


Grafico 10 - Acquedotto campano - Manufatto di riunione delle acque delle sorgenti del Torano e Maretto: Planimetria.

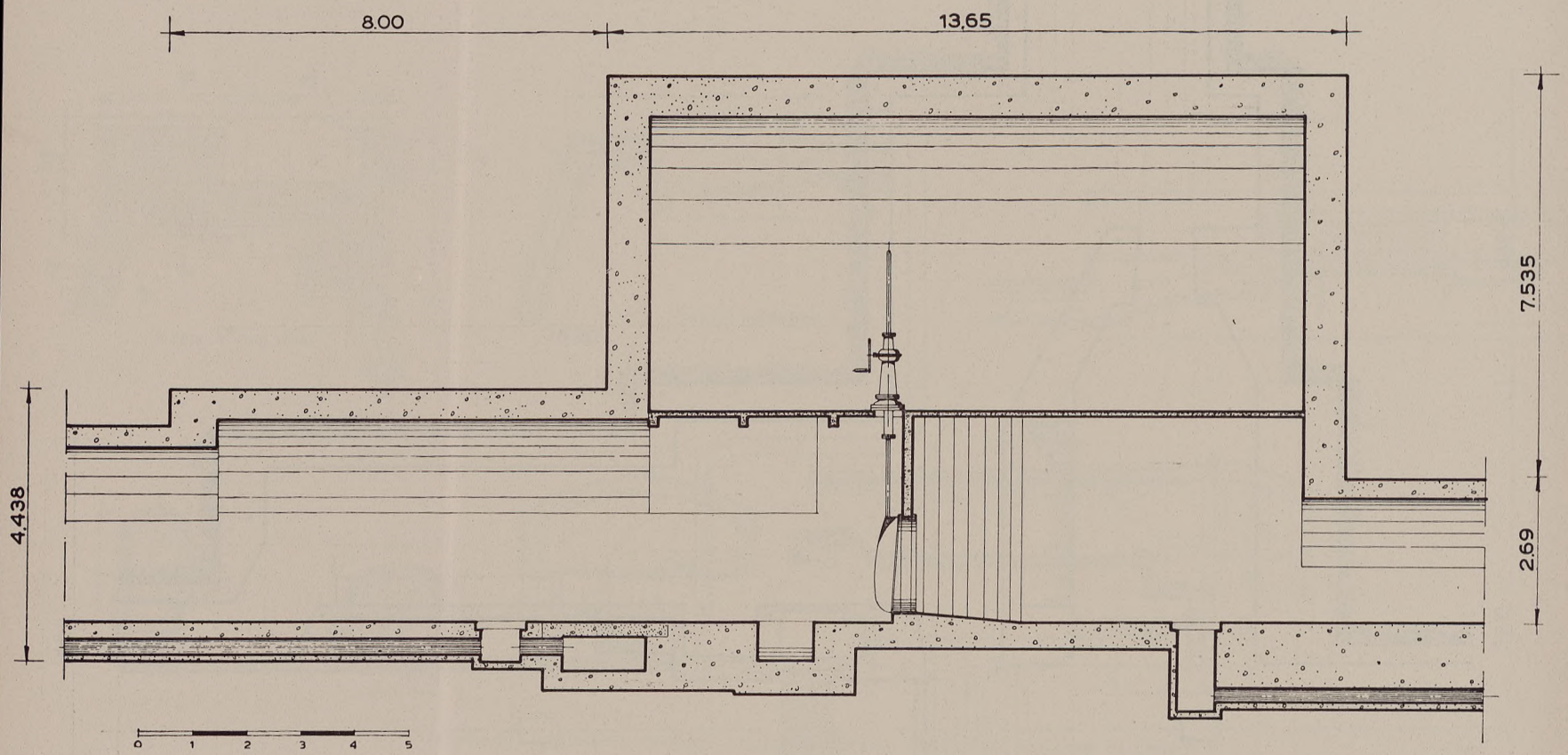


Grafico 11 - Acquedotto campano - Manufatto di riunione delle acque delle sorgenti del Torano e Maretto: Sezione longitudinale.

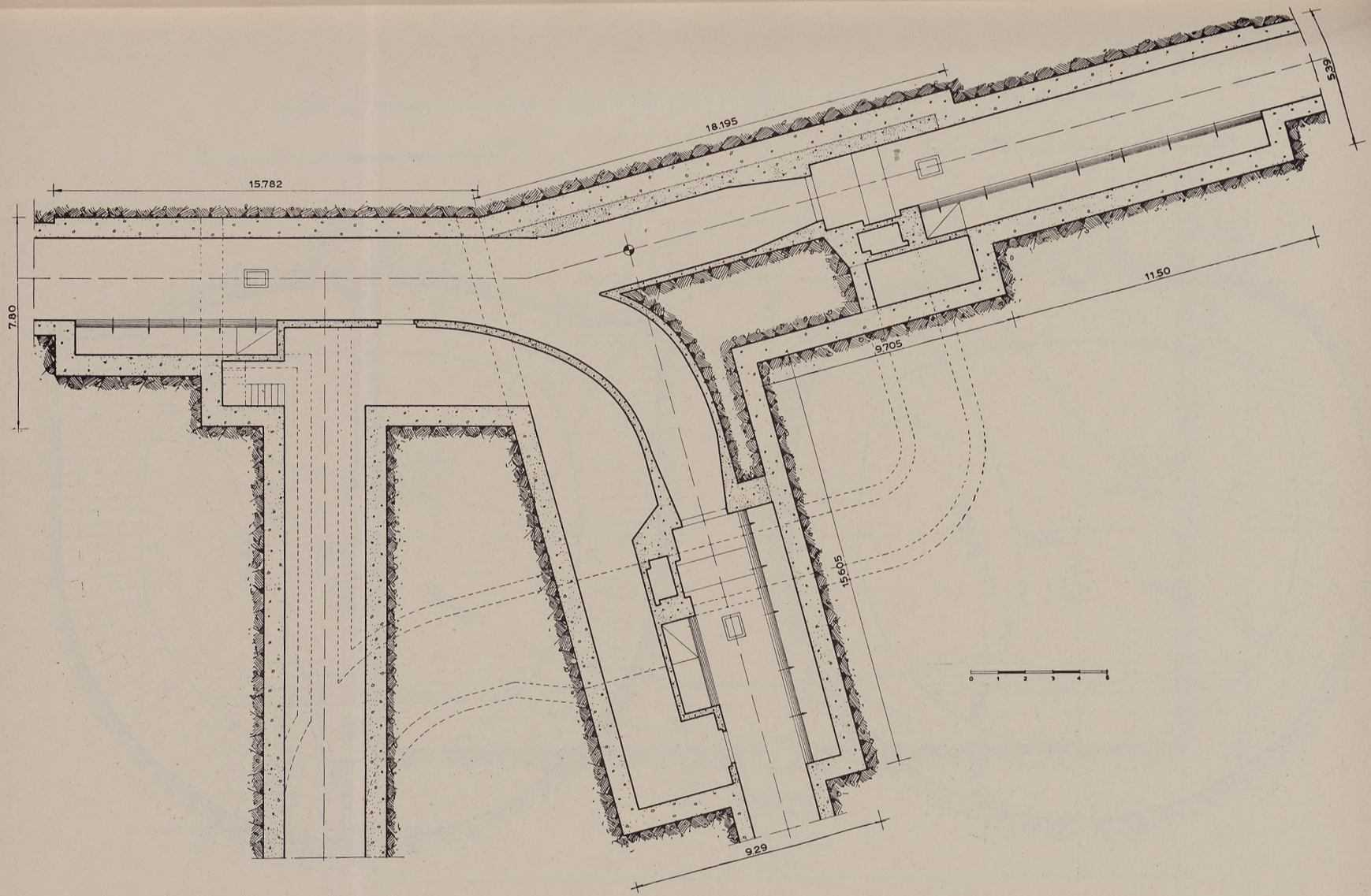


Grafico 12 - Acquedotto campano - Manufatto di riunione delle acque delle sorgenti del Torano-Maretto e del Biferno: Pianta.

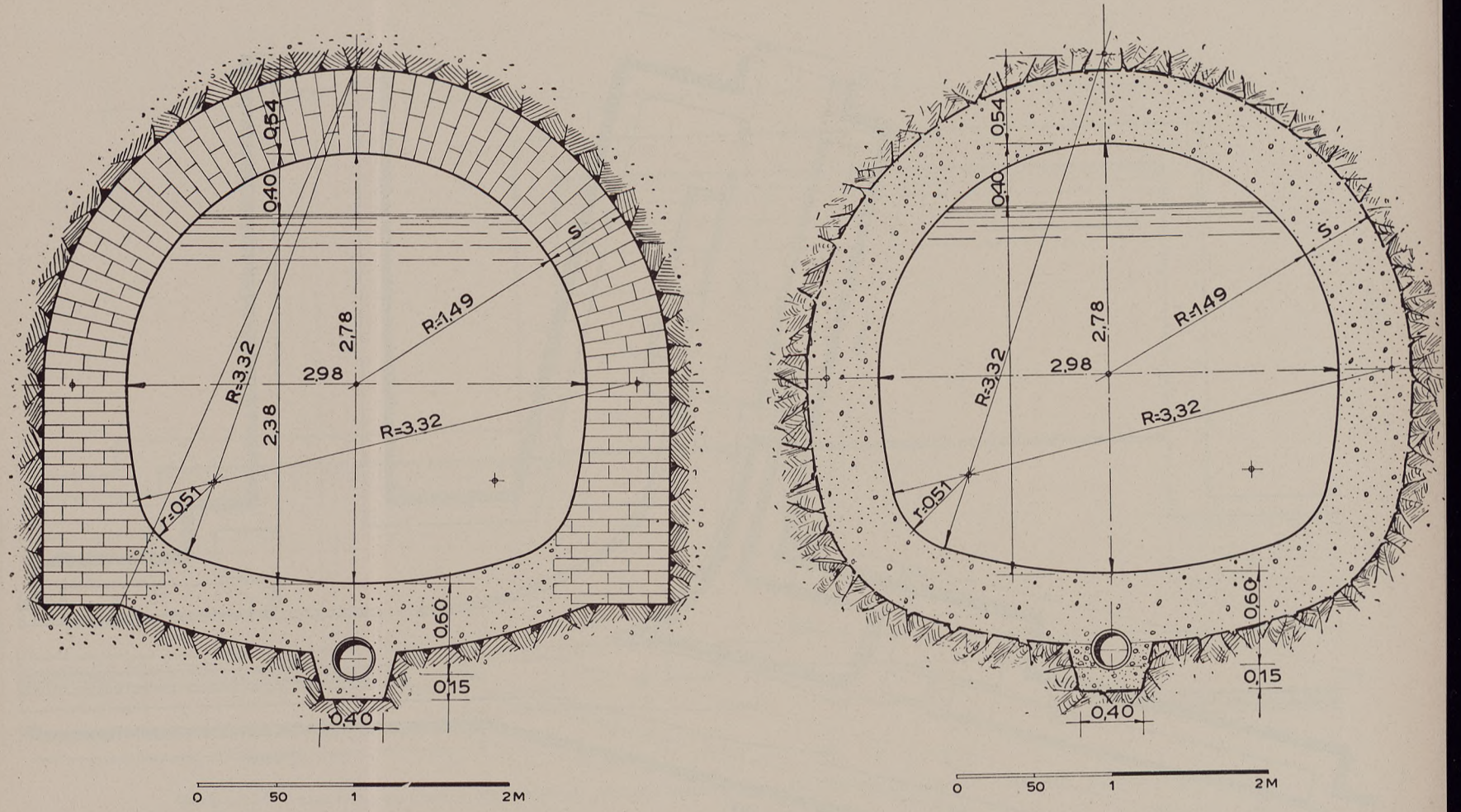


Grafico 13 - Acquedotto campano - Canale a pelo libero in galleria: Sezioni tipo per portata da 10 mc./sec.

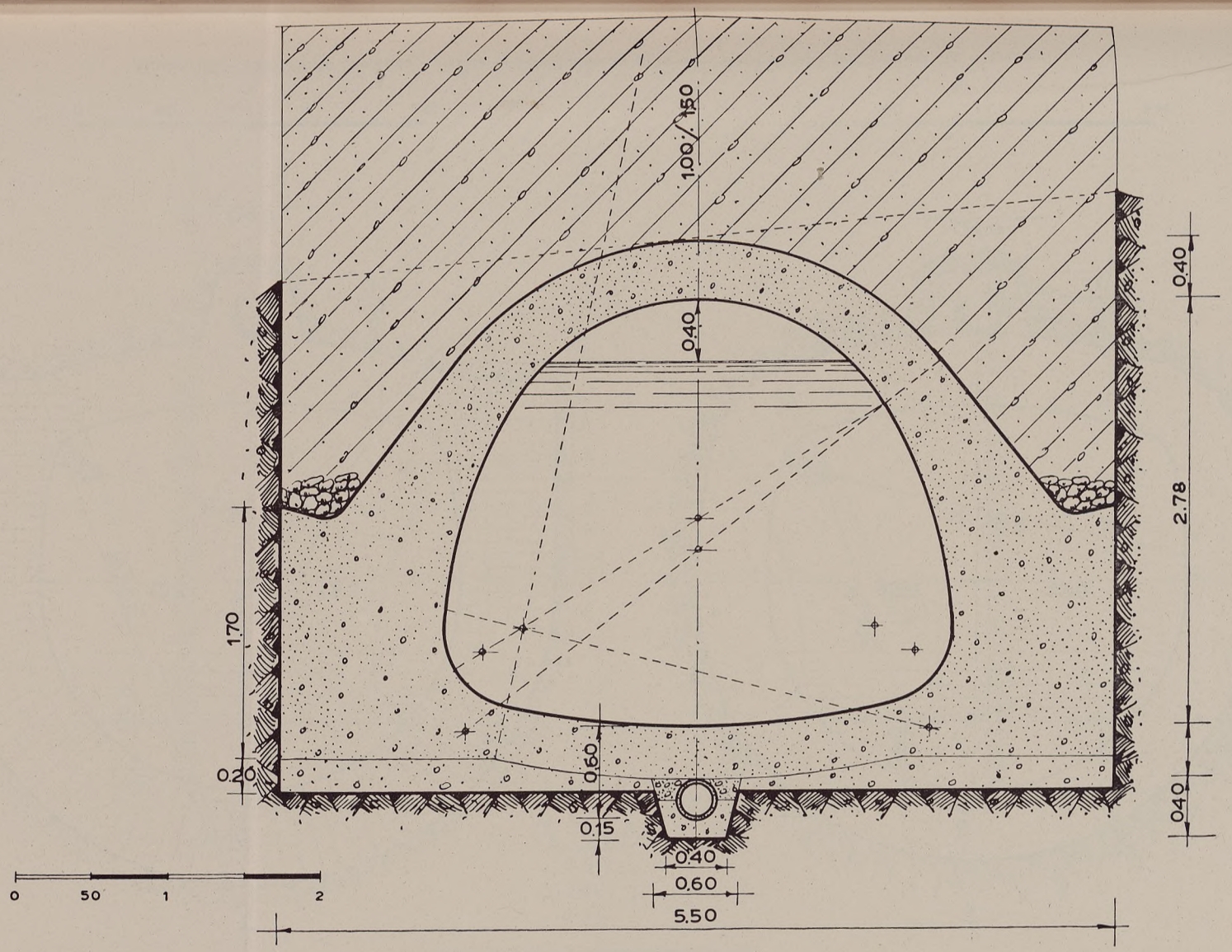
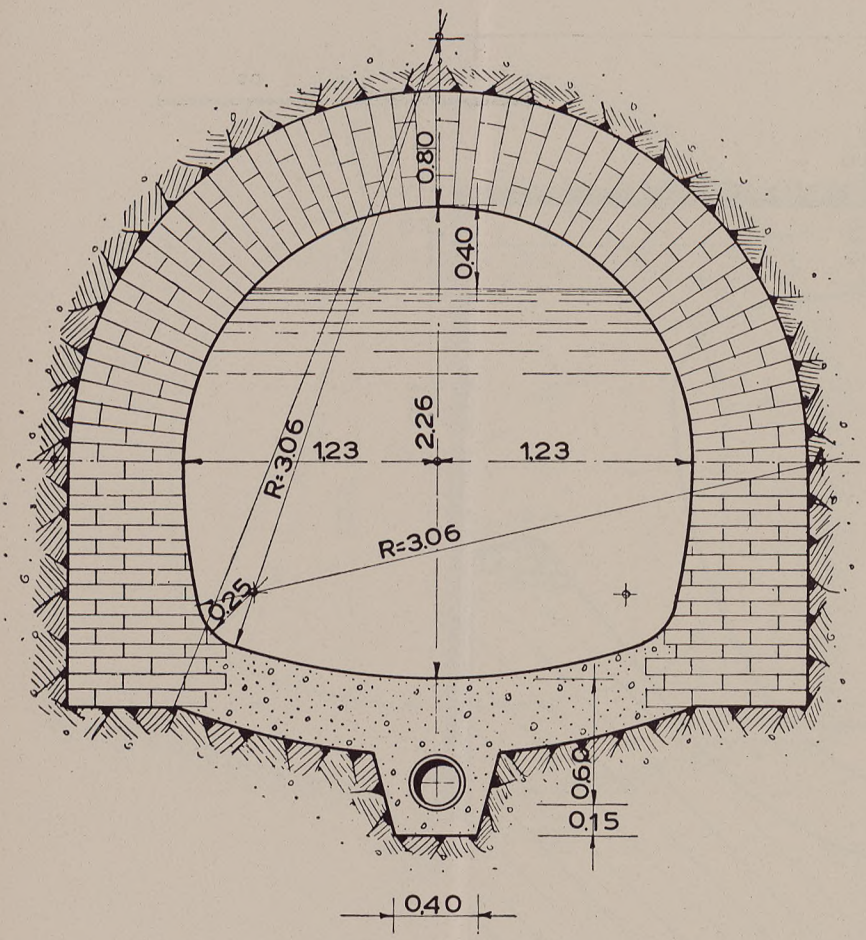
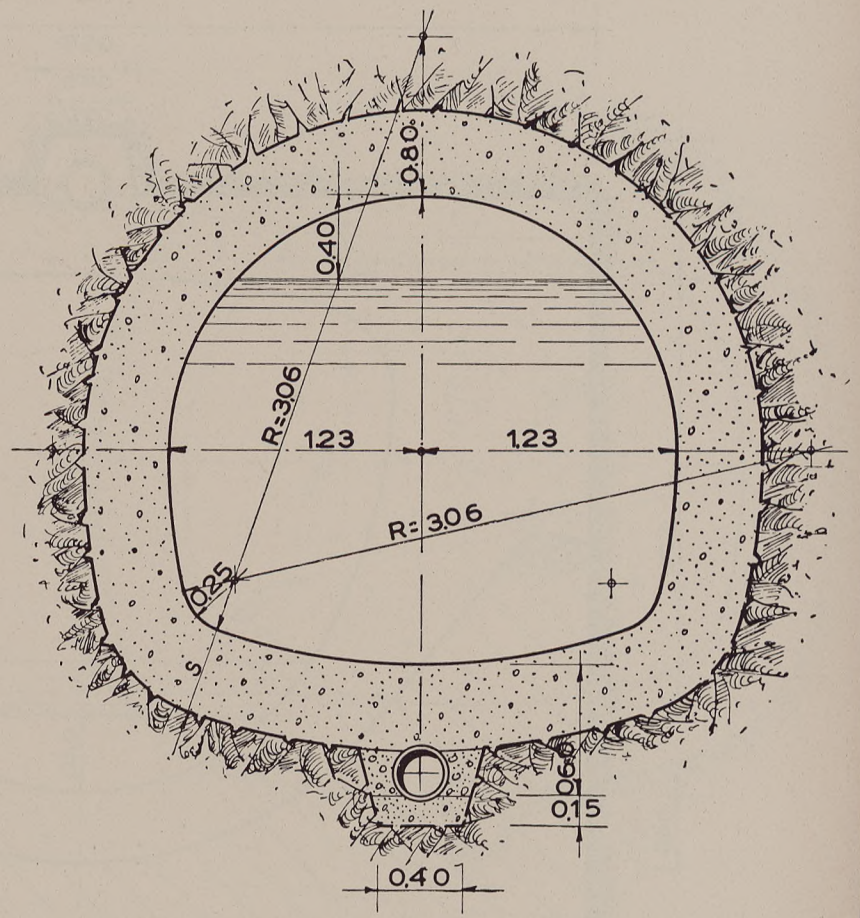
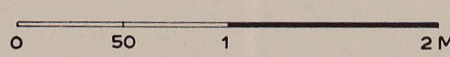


Grafico 14 - Acquedotto campano - Canale a pelo libero in trincea: Sezione tipo per portata da 10 mc./sec.







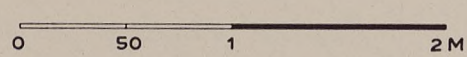


Grafico 15 - Acquedotto campano - Canale a pelo libero in galleria: Sezioni tipo per portata da 6 mc./sec.

Grafico 15 - Acquedotto campano - Canale a pelo libero in galleria: Sezioni tipo per portata da 6 mc./sec.

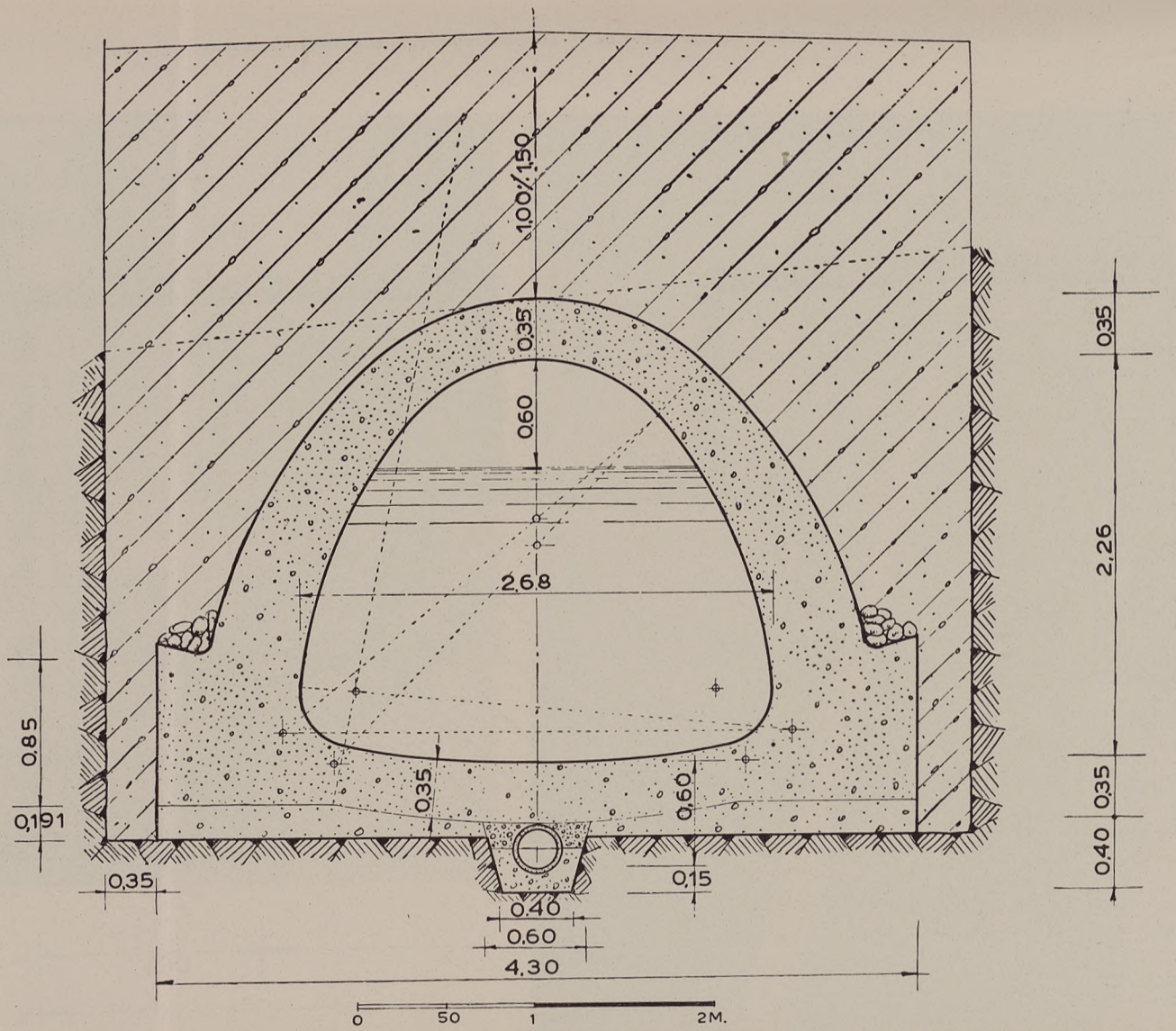


Grafico 16 - Acquedotto campano - Canale a pelo libero in trincea: Sezione tipo per portata da 4 mc./sec.

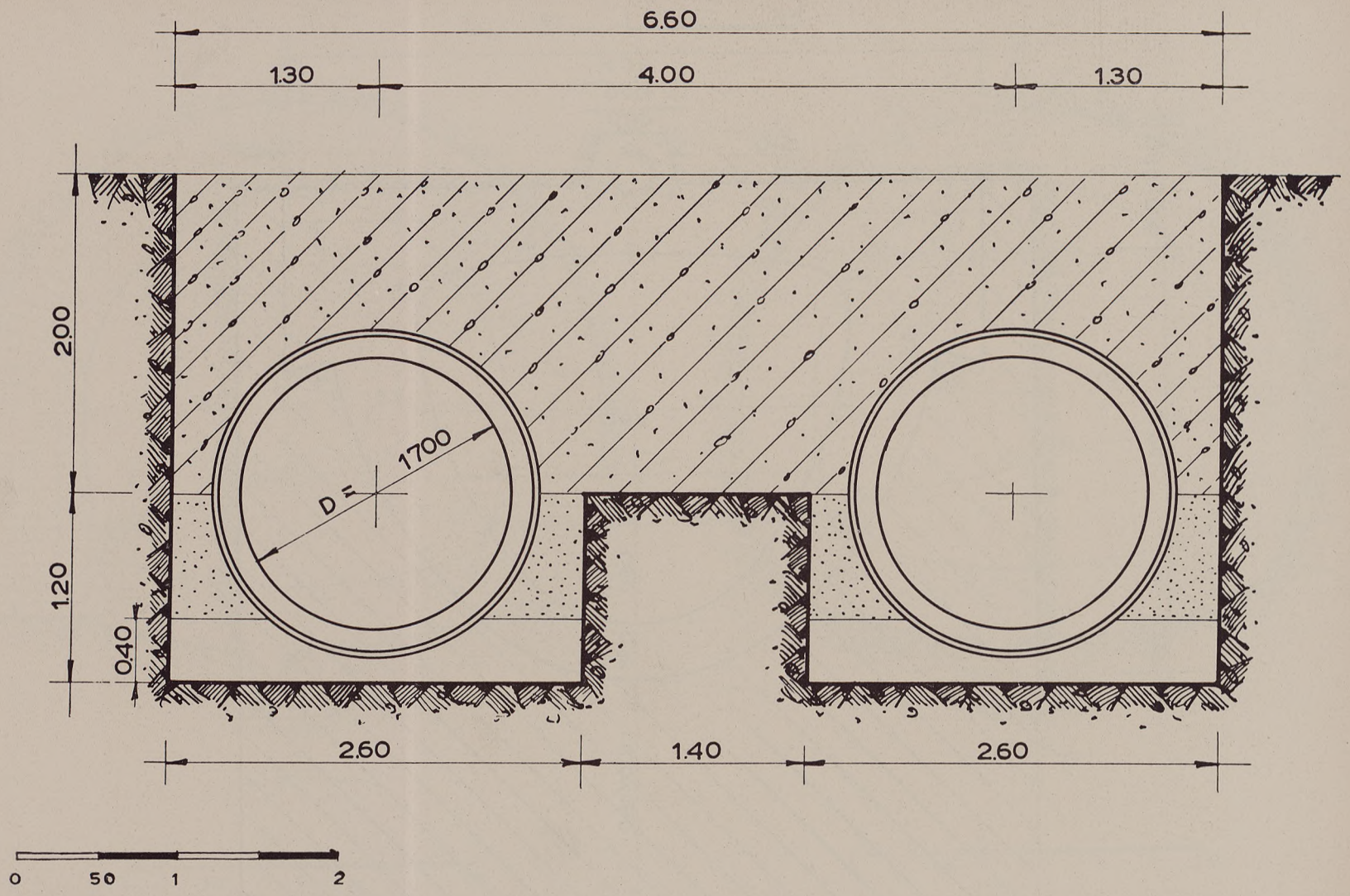
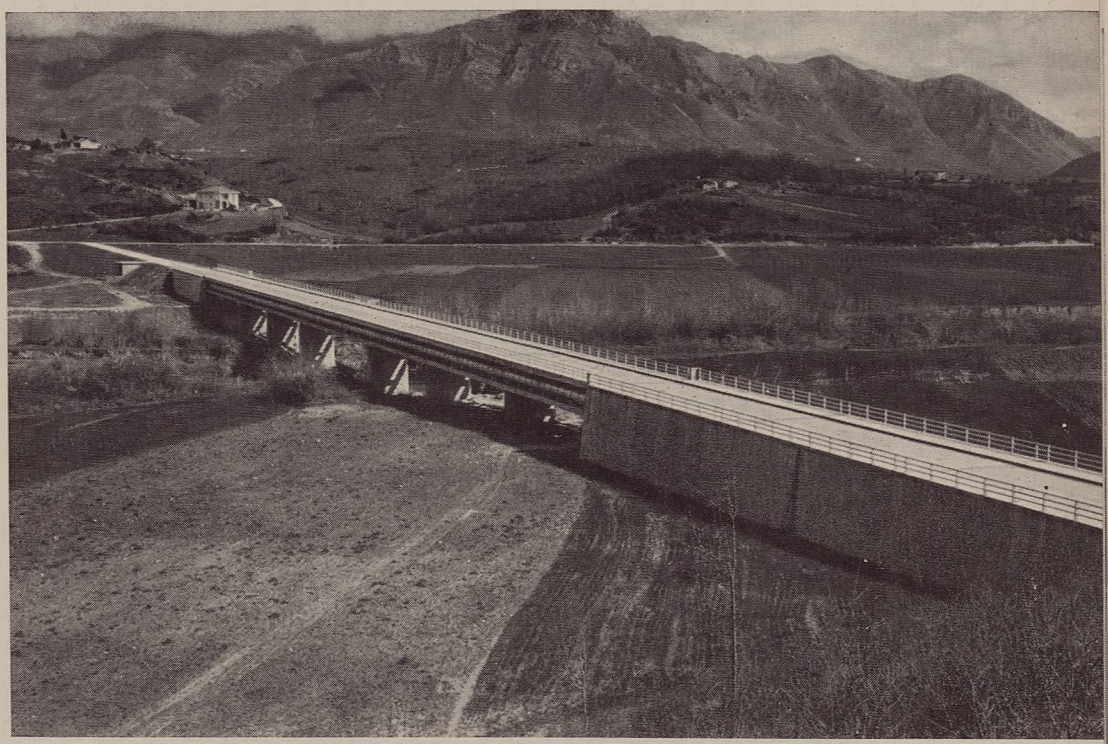
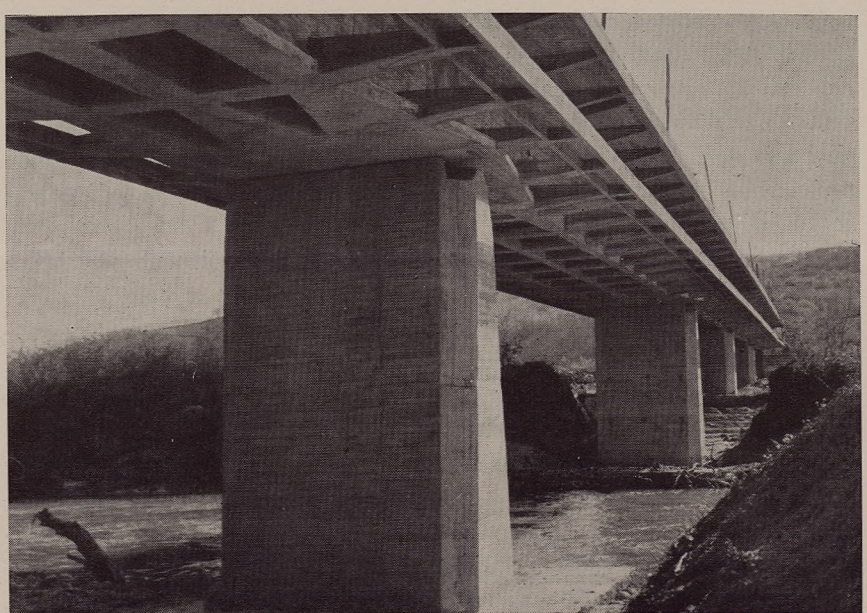


Grafico 17 - Acquedotto campano - Doppia condotta in cemento armato (diam. mm. 1.700): Sezione tipo.





Fot. 1 - Acquedotto campano: Ponte e condotta in acciaio (diam. mm. 1.400) per il 1° attraversamento del fiume Volturno.
Fot. 2 - Acquedotto campano: Ponte per il 1° attraversamento sul fiume Volturno.

La galleria si attesta nel manufatto di carico dei sifoni per l'attraversamento della depressione tra il colle delle Palme ed il colle Ducito. Questa coppia di sifoni, lunga m. 1.020, è in tubazioni di cemento armato ordinario del diametro di mm. 1.700; la massima pressione di esercizio è di 5 atm.

Al termine dell'attraversamento in sifone ha inizio un tronco di canale a pelo libero lungo complessivamente m. 3.350 dimensionato per convogliare, come innanzi ricordato, le massime disponibilità idriche del Torano-Maretto e Biferno, dal colle Ducito a Torre Duca mediante cinque tronchi di canale in galleria per uno sviluppo complessivo di m. 2.529 alternati a tronchi di canale in trincea e a due ponti-canale rispettivamente di 12 e 5 campate di m. 18 di luce realizzati in calcestruzzo armato. A Torre Duca è ubicato un particolare manufatto, che, oltre a consentire il sezionamento e lo scarico del canale, regolerà la portata da immettere nel tronco a valle per le esigenze dell'alimentazione potabile delle zone servite, avviando le variabili portate di supero alla centrale idroelettrica « Volturno » per produzione di energia elettrica. Dal manufatto di Torre del Duca l'adduzione è commisurata alla portata di esclusiva competenza dell'acquedotto. L'attraversamento della valle del Volturno — subito a valle — è fatto con una coppia di condotte d'acciaio del diametro di mm. 1.400 e dello sviluppo di m. 4.275 con pressione di esercizio massima di 11 atm. Esse condotte attraversano il fiume Volturno su di un ponte in calcestruzzo armato della lunghezza di m. 187 su sette campate, delle quali le tre centrali formano una trave « Gerber ». Le pile hanno fondazioni su pali « Franki » e sono protette dall'erosione mediante palancolata di pali accostati. Il ponte è previsto anche per il transito di una strada ordinaria e porta, ai due lati sotto le ali dell'impalcato, le sedi per la coppia di condotte (Fot. 1-2).

Questo primo attraversamento della valle del Volturno termina a Bosco Le Coste, dove ha inizio un tronco di canale a pelo libero in galleria la cui sezione è quella con pendenza $i = 0{,}005$ per una lunghezza complessiva di m. 2.050.

Questo canale in galleria, alla cui costruzione si è dato luogo mediante attacchi dalle due estremità, si attesta sulle pendici di monte Garofalo, dove è ubicato il manufatto di carico della coppia di condotte in acciaio del diametro di mm. 1.450 lunga m. 2.165 con pressione di esercizio di 12 atm. per l'attraversamento del vallone grande di Ruviano fino all'altura dei Morroni. Dal manufatto di carico di monte Garofalo è alimentata una condotta di mm. 600 di diametro che, raggiungendo

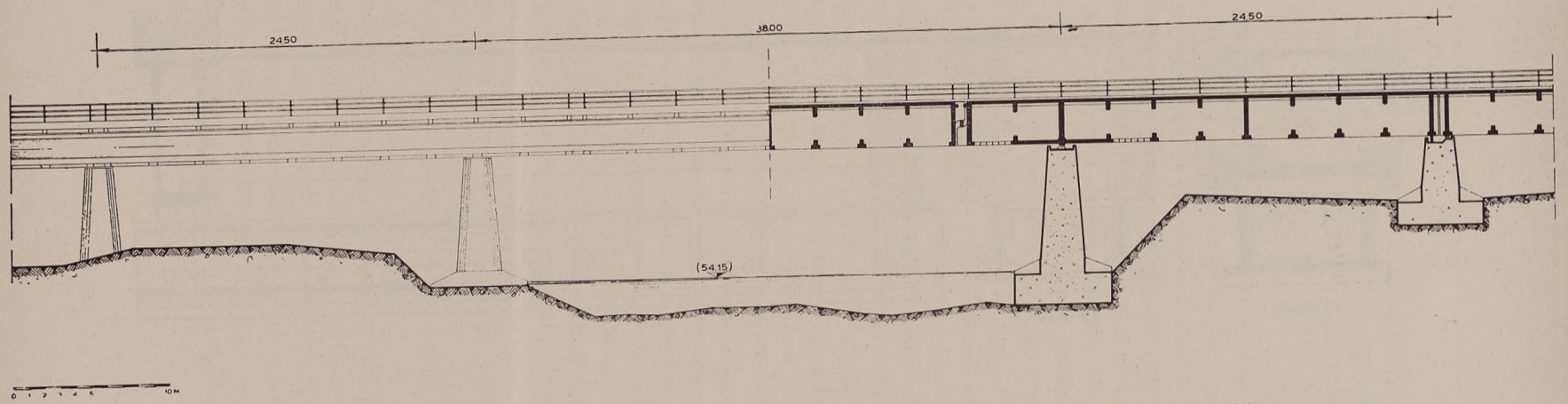


Grafico 18 - Acquedotto campano: Ponte porta-tubi e per strada ordinaria per il 1° attraversamento del fiume Volturno.

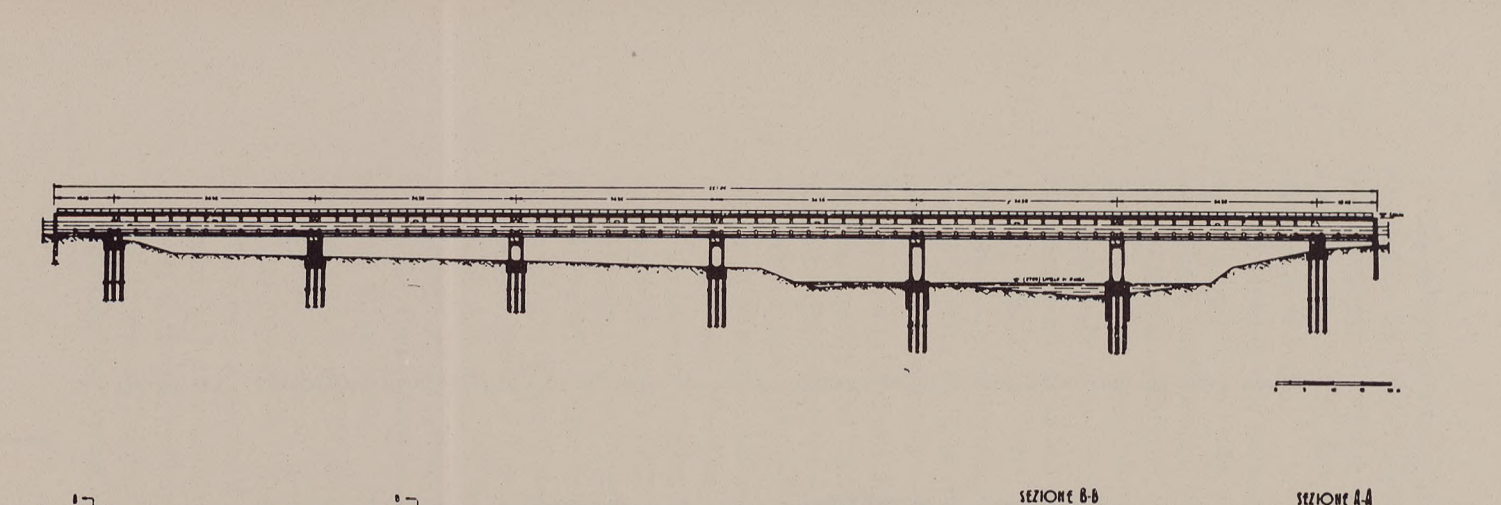


Grafico 19 - Acquedotto campano: Ponte porta-tubi e per strada ordinaria del 2° attraversamento del fiume Volturno.

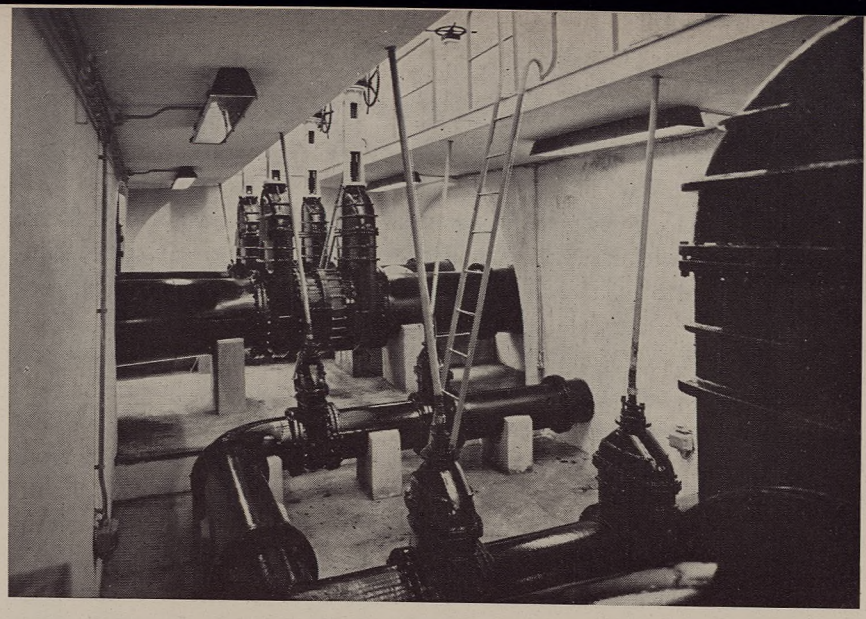
Piana di Caiazzo, costituisce la seconda presa dell'acquedotto di Terra di Lavoro derivato dall'asta principale dell'acquedotto campano, mentre dal manufatto terminale dei Morroni si dirama la condotta per alimentare la rete a servizio dei comuni della piana Telesina.

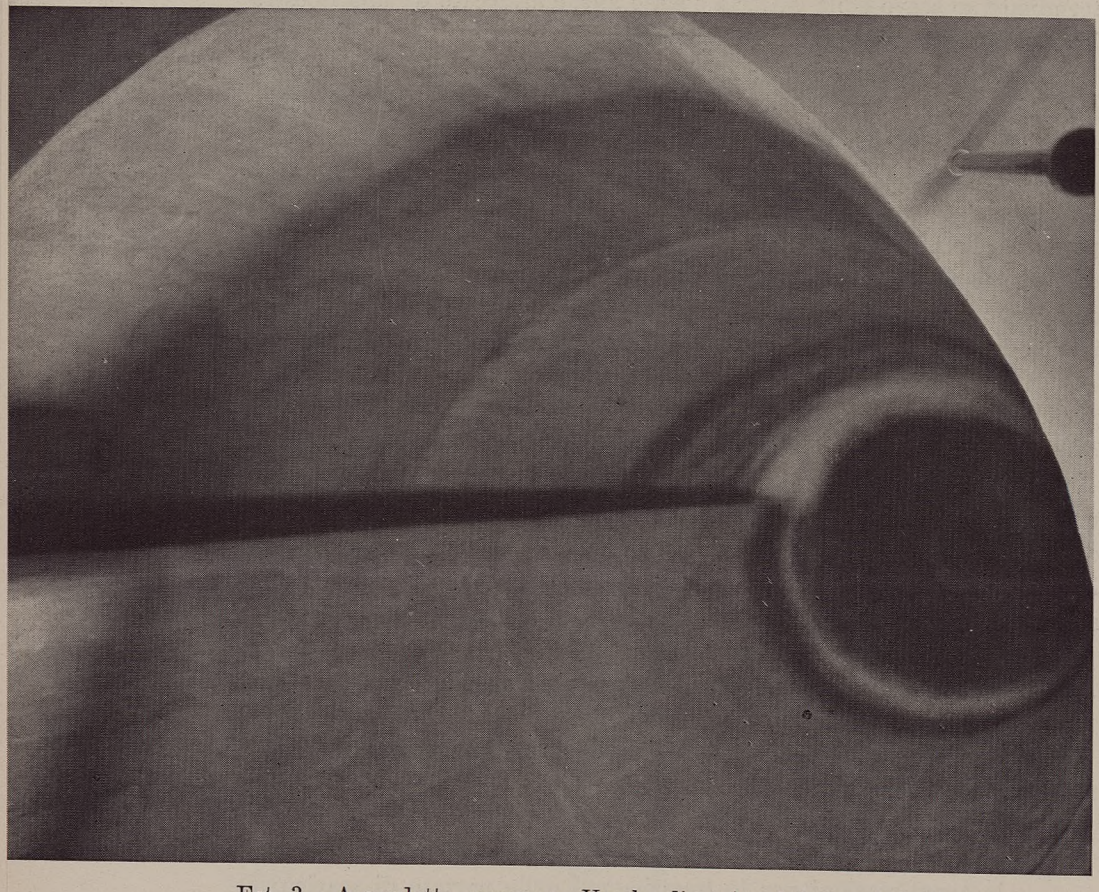
Dall'altura dei Morroni a monte Alifano l'acquedotto procede con un tronco di canale a pelo libero in galleria lungo complessivamente m. 5.365. Questo tronco di galleria ha presentato particolari difficoltà esecutive, aggiungendo a quelle comuni allo scavo nei ben noti terreni flyschioidi dell'Appennino, quelle della presenza di gas che hanno influito notevolmente sui tempi di costruzione per il continuo pericolo di esplosioni e per la necessità di procedere con l'adozione di tutte le indispensabili misure di sicurezza. Oltre che dagli attacchi iniziale e terminale, lo scavo della galleria è stato anche attaccato da una finestra intermedia e da un pozzo.

A monte Alifano ha inizio la coppia di sifoni dal diametro di mm. 1.400 lunga m. 2.297 con pressione di esercizio massima di 12 atm. per il secondo attraversamento della valle del Volturno. Il fiume, anche questa volta, viene superato con un ponte di calcestruzzo armato su sei campate, lungo complessivamente m. 227. L'impalcato superiore del ponte è previsto per il transito di una strada ordinaria e le travi a cassone costituiscono il cunicolo per la coppia di condotte. Al termine delle condotte del sifone, sulla collina di S. Erasmo, ha origine l'ultimo tronco di canale a pelo libero che si svolge in galleria per m. 9.282 con due finestre intermedie. Il tronco più lungo tra due imbocchi è di m. 5.026. Dalla prima finestra, ubicata in prossimità di Castelmorrone, esiste la possibilità di intercettare e scaricare l'intera portata.

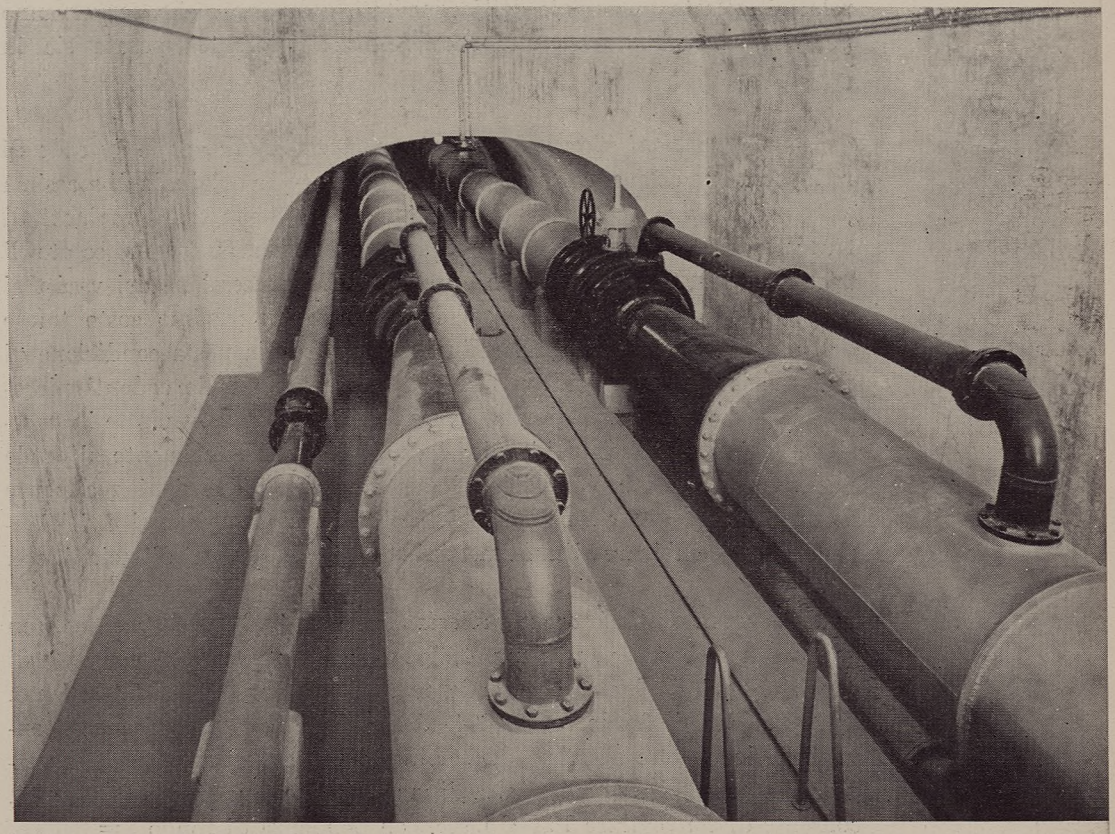
Il canale a pelo libero in galleria si attesta sulle pendici di S. Clemente, tra Caserta e Maddaloni, in vista della grande pianura a nord di Napoli, ove è ubicato il manufatto terminale dell'asta principale dell'acquedotto campano, manufatto ricadente interamente in sotterraneo, e che comprende (Fot. 3-5):

— sfioratori del canale principale;
— paratoie di sezionamento del canale principale;
— scarico di fondo del canale principale;
— due vasche di carico delle condotte in pressione, munite di paratoie di esclusione e di scarico di fondo;
— gli organi di sezionamento delle condotte in pressione;
— gli organi di misura e regolazione delle condotte in pressione;
— le canalizzazioni per lo smaltimento delle portate di scarico;
— il centro di raccolta di tutte le misure di portata e di livelli





Fot. 3 - Acquedotto campano: Vasche di carico delle condotte in pressione a S. Clemente (Caserta) e camera di manovra.
Fot. 4 - Acquedotto campano: Scarico delle vasche di S. Clemente. Pozzo a vortice.



Fot. 5 - Acquedotto campano: Valvole di regolazione e misura per le condotte in pressione a S. Clemente (Caserta).

relativi all'asta principale dell'acquedotto campano e che perverranno per via cavo attraverso una speciale linea telefonica posata sia in galleria che interrata.

— *Dimensioni idrauliche e tipi strutturali delle opere.* In sede di rielaborazione da parte della « Cassa » del progetto originale di massima del Genio Civile, nel quale furono introdotte importanti varianti di tracciato dell'asta principale dell'acquedotto, fu anche impostato il problema del dimensionamento idraulico della successione dei vari tipi di opere di convogliamento così da realizzare il minimo costo totale dell'insieme. Risultarono determinate, attraverso la posta condizione di minimo, le dimensioni idrauliche e la successione delle cadenti piezometriche per i vari tipi di canali a pelo libero e per le condotte in pressione. Queste dimensioni idrauliche costituirono il riferimento al quale furono, per quanto possibile, adeguate poi le dimensioni realmente assegnate anche in vista di elementi di dettaglio ambientali e dell'opportunità di unificare al massimo tipi strutturali, disegni di sezioni, ecc.

— *Canali a pelo libero in galleria.* Il canale, realizzato di norma, con una sezione libera finita di mq. 4,75 con franco di m. 0,40, consente di convogliare 6.000 l./sec. con pendenza di fondo i = 0,005 e 5.000 l./sec. con pendenza di fondo i = 0,0004. Il tronco di canale destinato a convogliare le portate massime derivabili da tutto il complesso delle sorgenti ha una sezione libera finita di mq. 7,01 che, con franco di m. 0,40, consente di convogliare 10.000 l./sec. con pendenza di fondo i = 0,0005.

Dal punto di vista costruttivo sono stati adoperati due tipi fondamentali di struttura:

— sezione interamente rivestita in calcestruzzo;

— sezione con volta e piedritti in mattoni laterizi o blocchetti prefabbricati di calcestruzzo ed arco rovescio in calcestruzzo.

È stato adoperato il primo tipo strutturale con calcestruzzo posto in opera con vibrazione, dosato con 250 kg./mc. di cemento pozzolanico tipo « 500 » e con spessori variabili da un minimo di m. 0,30 ad un massimo di m. 0,50, ovunque il terreno di scavo ha consentito di procedere senza armature di sostegno delle pareti, ovvero con leggere armature. Ciò è stato possibile, di norma, nei calcari compatti o fessurati, nelle arenarie compatte o poco fessurate e con piccole intercalazioni di argilla.

Il secondo tipo strutturale, con spessori della volta da un minimo di m. 0,45 ad un massimo di m. 0,80, è stato adoperato in tutti i casi in

cui la natura dei materiali scavati richiedeva armatura continua delle pareti di scavo e quindi particolari precauzioni costruttive (argille, calcari fortemente fessurati, arenarie fessurate e con notevoli intercalazioni di argille, ecc.).

Al di sotto dell'arco rovescio, opportunamente intercalata con pozzetti di controllo e spurgo, è posata una tubazione cementizia, allo scopo di drenare le acque di circolazione nelle rocce fessurate e di convogliare le acque stesse agli scarichi, attraversando i terreni impermeabili. La tubazione di drenaggio assume anche una funzione di controllo dell'integrità del canale, perché può raccogliere e convogliare le acque che eventualmente dovessero provenire da lesioni del canale stesso. Le pareti interne del canale sono di norma rivestite interamente con intonaco cementizio lisciato, salvo alcuni tronchi nei quali il rivestimento in calcestruzzo gettato e vibrato entro casseforme a pannelli metallici, con lieve aumento del dosaggio di cemento, ha dato direttamente superfici sufficientemente impermeabili e levigate.

Le gallerie sono state costruite da imprese specializzate con i consueti moderni mezzi meccanici, adatti alle relativamente piccole sezioni di scavo (perforatrici con servosostegni, pale caricatrici ad aria compressa, vagoni a scarico laterale automatico, locomotori elettrici, ecc.). I tempi di avanzamento di scavo variabilissimi nei terreni spingenti in presenza d'acqua e di gas si sono invece mantenuti molto regolari nelle rocce sane, dove hanno raggiunto massime di m. 12 al giorno con tre turni di lavoro. Particolare cura è stata dedicata agli impianti di cantiere per la confezione dei calcestruzzi destinati ai rivestimenti di galleria, al fine di conferire a queste strutture il requisito preminente della impermeabilità, come, del resto, stabilito da una precisa clausola dei relativi capitolati di appalto.

Esami preliminari per l'accettazione degli inerti proposti dalle imprese ed accurate sperimentazioni su quelli prescelti, al fine di determinare la più soddisfacente curva granulometrica, furono condotte, all'avviamento di ogni impianto di cantiere, da un apposito laboratorio della direzione lavori che si avvalse anche di prove di permeabilità su calcestruzzi campioni eseguite presso il laboratorio di costruzioni idrauliche dell'Università di Roma.

Il laboratorio della direzione lavori ha controllato poi sistematicamente la permanenza nel tempo delle caratteristiche assegnate agli impianti di produzione degli inerti. Tenendo conto degli adeguamenti degli importi in base alle variazioni dei prezzi via via intervenute durante l'esecuzione è risultato che il prezzo medio della galleria riferito al-

l'anno 1960 per la sezione da 6.000 l./sec. di portata al netto di spese generali e di espropriazioni è di 160 mila lire per metro.

— *Canali a pelo libero in trincea.* I tronchi in trincea del canale adduttore che ricadono a monte del manufatto di riunione delle acque del Torano-Maretto e Biferno sono realizzati con sezione libera finita di mq. 4,71 e con franco di m. 0,60, che consente di convogliare 5.000 l./sec. con pendenza di fondo i = 0,0004. Il tronco di canale destinato a convogliare anche le portate eccedenti temporaneamente la dotazione dell'acquedotto ha una sezione libera finita di mq. 7,53, che, con franco di m. 0,40, consente di convogliare 10.000 l./sec. con pendenza di fondo i = 0,0005. Il canale a pelo libero in trincea è realizzato interamente con calcestruzzo vibrato dosato con kg./mc. 25 di cemento pozzolanico tipo « 500 ». Il canale dispone di opportuni giunti con interposizione di elementi elastici del tipo « Wej » convenientemente distanziati.

Particolare cura è stata posta nella realizzazione della protezione igienica del canale, attuata mediante rivestimento con mastici bituminosi a caldo e tessuti di vetro, applicati sull'estradosso della volta, e difesi a loro volta dalle azioni meccaniche esterne e da quelle chimico-fisiche del terreno di rinterro da un intonaco cementizio. Drenaggi e fossi di guardia preservano il canale da eventuali erosioni ed infiltrazioni da parte di acque superficiali.

Tenendo conto degli adeguamenti degli importi in base alle variazioni dei prezzi via via intervenute in corso di costruzione, il prezzo del canale riferito all'anno 1960, per la sezione da 5.000 l./sec. di portata, al netto delle spese generali e delle espropriazioni è risultato di 90 mila lire per metro.

— *Condotte in pressione.* L'asta principale dell'acquedotto campano, dalla sorgente Torano al manufatto terminale di S. Clemente, come innanzi precisato, presenta quattro attraversamenti di valli realizzati con coppie di sifoni in pressione. L'attraversamento dal colle delle Palme al colle Ducito avviene, come detto, con una coppia di condotte del diametro interno di mm. 1.700 in cemento armato ordinario. I tubi, del tipo con giunto a bicchiere ed anello di tenuta di gomma, sono posati affiancati con interasse di 4 m. in unica fossa. Ciascuna condotta è dimensionata per il convogliamento di 5.000 l./sec. con cadente piezometrica j = 0,00224.

Il primo attraversamento del Volturno, l'attraversamento del val-

lone grande di Ruviano ed il secondo attraversamento del Volturno, sono stati realizzati con condotte costruite con tubi di acciaio ottenuti da lamiere di acciaio Aq. 42 saldate elettricamente, giuntati in opera con saldature elettriche testa a testa. Le caratteristiche meccaniche delle lamiere sono state sottoposte a sistematici controlli presso le ferriere di produzione, così come le lavorazioni di saldatura hanno subìto sistematici controlli effettuati a mezzo di analizzatore ad ultrasuono e saltuarie verifiche con radiografie.

Tutti i tubi sono stati sottoposti a processo di ricottura lenta allo scopo di normalizzare la struttura dell'acciaio dopo i processi di lavorazione meccanica e dopo le saldature e sono stati muniti, a piè d'opera, di uno speciale rivestimento protettivo, sia interno che esterno, applicato con speciali impianti di cantiere.

Il rivestimento interno realizzato con applicazione di mastice bituminoso a caldo, mediante centrifugazione ottenuta facendo ruotare il tubo stesso con asse orizzontale su di una apposita macchina, previa spazzolatura meccanica ed imprimitura con vernice bituminosa a freddo della superficie da rivestire. Il rivestimento esterno è stato costituito da più strati di mastice bituminoso applicato a caldo con interposizione di fasce di tessuto di vetro reticolare allo scopo di rendere il rivestimento stesso resistente a sforzi di trazione e di impronta. I rivestimenti venivano poi completati in opera in corrispondenza dei giunti.

Misure effettuate a cura del Centro Controllo Corrosioni della « Cassa » sulle condotte in opera hanno indicato l'ottima riuscita della protezione passiva delle condotte realizzata con detti rivestimenti.

G) *Le grandi condotte derivate dal manufatto di carico di S. Clemente ed i sistemi di diramazioni connessi.*

Dal manufatto di carico di S. Clemente le acque vengono ripartite in un sistema di condotte in pressione, e da questo addotte fino ai centri di distribuzione, come appresso sommariamente si descrive.

a) Una condotta da S. Clemente adduce direttamente l'acqua al serbatoio di Capodimonte a Napoli; è costruita con tubi di cemento armato precompresso del diametro nominale di mm. 1.000, ha lunghezza complessiva di km. 24,75 ed è posata entro fossa normale od entro manufatti per km. 21,85 ed entro galleria ispezionabile per km. 2,90. È destinata a convogliare, con una pressione di esercizio massima di 12 atm., la portata di 1.400 l./sec. al serbatoio esistente di Capodimonte (quota sfioro 93 m.l.m.) in Comune di Napoli. Alla progressiva 12.500

è derivata la portata di 100 l./sec. destinata al serbatoio sopraelevato a servizio della zona di Afragola.

b) Una seconda condotta da S. Clemente alimenta i serbatoi di S. Rocco e Nuovo S. Stefano a Napoli. Da S. Clemente al partitore in carico nel Cavone di Miano, per uno sviluppo di km. 22,70, è costruita con tubi di cemento armato precompresso del diametro nominale di mm. 1.350 posati entro fossa normale od entro manufatti per km. 21,80 e per il rimanente entro galleria ispezionabile. È destinata a convogliare con pressione di esercizio massima di 13 atm. la portata di 1.800 l./sec. Da apposito partitore in carico vi si dirama una condotta del diametro di mm. 1.000 e dello sviluppo di km. 1,45, costruita con tubi di cemento armato ordinario, con pressione massima di esercizio di 8 atm. Essa adduce la portata di 869 l./sec. da ripartire tra il serbatoio di S. Rocco in Comune di Napoli (capacità mc. 60.000, quota sfioro 136 m.l.m.) ed una condotta che, dirigendosi verso occidente, alimenta le zone del Giulianese e si spinge fino al litorale di Licola.

L'altro ramo derivato dal partitore in carico dal Cavone di Miano raggiungerà il partitore in carico del serbatoio Nuovo S. Stefano in Comune di Napoli (capacità mc. 10.000, quota sfioro 130 m.l.m.) adducendo la portata di 925 l./sec.

La condotta, dello sviluppo di km. 5,26, sarà costruita con tubi di cemento armato ordinario del diametro nominale di mm. 900 e per una pressione massima di 8 atm. La sede della condotta per notevole parte ricade, per ragioni di quota, in galleria ispezionabile.

Dal partitore in carico di S. Stefano, oltre alla alimentazione del nuovo serbatoio omonimo, trae origine la diramazione che si sviluppa lungo il golfo di Pozzuoli alimentando gli abitati del litorale flegreo e, al suo termine, a Bacoli, l'acquedotto sottomarino per le isole di Procida ed Ischia.

c) Una terza condotta che alimenta la rete di adduzione dei comuni campani occidentali è costruita con tubi di acciaio Dalmine s.s. dei diametri di mm. 700 e 600 e, raggiungendo con lo sviluppo di km. 15,80 il partitore in carico di S. Arpino, convoglia la portata iniziale di 540 l./sec. dalle vasche di carico di S. Clemente. Alla progressiva 5.700 si dirama una condotta per l'alimentazione della zona di Marcianise.

Dal partitore di S. Arpino hanno origine una diramazione lunga 16,85 km. che si dirige verso occidente fino a raggiungere Villa Literno, e due brevi diramazioni che alimentano la zona di Caivano e la zona di Grumo Nevano.

Complessivamente la rete dei comuni campani occidentali alimenta 7 serbatoi sopraelevati con funzione di compenso. Tale rete è altresì collegata con il serbatoio di S. Rocco, ove è accumulato il volume di riserva relativo alla zona servita che, come sopra detto, è dotata per ragioni di quota di serbatoi di distribuzione sopraelevati di compenso.

d) Una quarta condotta, da S. Clemente, dopo aver alimentato lungo il percorso alcune importanti diramazioni, tra cui la condotta per la zona di Maddaloni e la condotta per Acerra, raggiunge il partitore di Cercola con uno sviluppo di km. 23,55 di tubazione realizzata con tubi di cemento armato precompresso del diametro di 1.150 mm. Dal partitore di Cercola una condotta in cemento armato precompresso del diametro di mm. 1.000 convoglierà la portata di 1.335 l./sec. alla rete della zona industriale di Napoli e, attraverso questa, al serbatoio di Capodimonte. Dallo stesso partitore si dirama la condotta per l'alimentazione dei comuni vesuviani di Cercola, S. Giorgio a Cremano, Portici, Resina e Torre del Greco, costruita con tubi di cemento armato ordinario dei diametri di mm. 800 e 600 e di ghisa del diametro di mm. 450. Questa diramazione alimenta tre serbatoi, per complessivi mc. 24.500 di capacità.

Oltre che all'alimentazione delle zone sopra elencate, la quarta condotta derivata da S. Clemente può provvedere anche all'alimentazione a gravità di parte della zona limitrofa, che si estende dalle pendici settentrionali del Vesuvio, all'agro Nolano, alla piana del Sarno ed alle pendici sud-orientali del Vesuvio e che, come accennato sommariamente alla lettera C), sarà alimentata, con sollevamento, da acque derivate dalle sorgenti di S. Maria La Foce.

Le due principali condotte alimentatrici di questa zona, che si sviluppano rispettivamente a nord e a sud del Vesuvio, sono connesse alla quarta condotta derivata da S. Clemente presso Torre del Greco e presso Pomigliano d'Arco, consentendo, in periodi di disponibilità, di spingere l'alimentazione a mezzo delle acque del Torano-Maretto e Biferno, addotte a gravità, fino a Torre Annunziata e a Nola, riducendo in tal modo, sia pure limitatamente a quei periodi, la zona servita con sollevamento.

H) *Opere di trasformazione dell'adduzione e distribuzione di acqua di Serino a Napoli.*

Come accennato alla lettera C) sono state realizzate, in correlazione con il sistema campano, importanti opere aventi lo scopo di attuare



Fot. 6 - Acquedotto campano: Condotta Cancello-San Giacomo dei Capri. Montaggio della condotta in c. a. p. (diam. mm. 1.000) in una galleria.

trasformazioni, integrazioni e rinnovamenti sostanziali dell'acquedotto del Serino, intese ad utilizzare al massimo l'energia potenziale di queste acque che raggiungono a quota 289,50 m.l.m. ad Arpaia la testa della valle Caudina, mentre un salto dissipatore in quella località ed altri più a valle alla collina Cancello, realizzati all'epoca della costruzione dell'acquedotto ed in parte tuttora mantenuti, disperdono quella energia per adeguare la quota di alimentazione alle possibilità strutturali delle vecchie condotte di adduzione a Napoli.

È previsto di costruire, salvo il risultato di ulteriori studi, una condotta che, attestandosi al canale a pelo libero a monte del primo salto dissipatore di Arpaia, convogli la portata di circa 1.200 l./sec. fino alla collina di Cancello, mantenendo ivi una quota piezometrica di 278 m.l.m. circa. È stata già costruita la condotta (Fot. 6) lunga km. 20,10 che, attraverso tutta la pianura acerrana ed attraverso i rilievi che formano la cornice collinare a nord di Napoli, raggiunge da Cancello il nuovo serbatoio in galleria di S. Giacomo dei Capri di 60.000 mc. di capacità, con quota sfioro di 230 m.l.m., la massima quota cui perverrà nel nuovo assetto l'acqua del Serino convogliata a gravità (Fot. 12). La tubazione è costruita con tubi di cemento armato precompresso del diametro di mm. 1.000 con massima pressione di esercizio di 25 atm. ed è posata per km. 18,90 entro fossa normale e per km. 5,20 entro gallerie praticabili. Questa condotta, provvisoriamente alimentata a Cancello con la quota piezometrica ora disponibile di 245 m.l.m., è già stata messa in esercizio e collegata sia al nuovo serbatoio di S. Giacomo dei Capri (quota 230 m.l.m.) sia al vecchio serbatoio dello Scudillo (quota 185 m.l.m.) ai quali complessivamente può addurre circa 700 l./sec. ed ha così, oltre che di migliorare sensibilmente il grado di sicurezza della adduzione di almeno una parte di acqua del Serino a Napoli, consentito di porre fuori servizio alcuni degli impianti di sollevamento urbani (Fot. 13).

Annessa al serbatoio di S. Giacomo dei Capri è stata realizzata una centrale di sollevamento pur essa in caverna, equipaggiata con 5 gruppi di elettropompe, dei quali due di riserva, da 220 CV ciascuno per la prevalenza di m. 85. Da questa centrale è alimentato il complesso di opere a servizio delle zone alte della città di Napoli, che si accentra nel serbatoio dei Cangiani a quota 303 m.l.m. di mc. 6.600 di capacità. Tale serbatoio, anche realizzato in galleria, ha annessa una centrale di sollevamento che alimenta direttamente il serbatoio di Camaldoli che, situato presso l'Eremo a quota 458 m.l.m., costituisce il centro di distribuzione più elevato della città.

I) *Opere di captazione e adduzione delle acque di S. Maria La Foce.*

Dalle sorgenti di S. Maria La Foce (Fot. 7-8), che costituiscono le maggiori manifestazioni sorgentizie che alimentano il fiume Sarno, trae origine un sistema, alimentato per sollevamento, destinato a servire i comuni vesuviani, della piana del Sarno e del Nolano, e ad integrare, in parte di quelle zone, l'alimentazione a gravità derivata dall'asta principale dell'acquedotto campano.

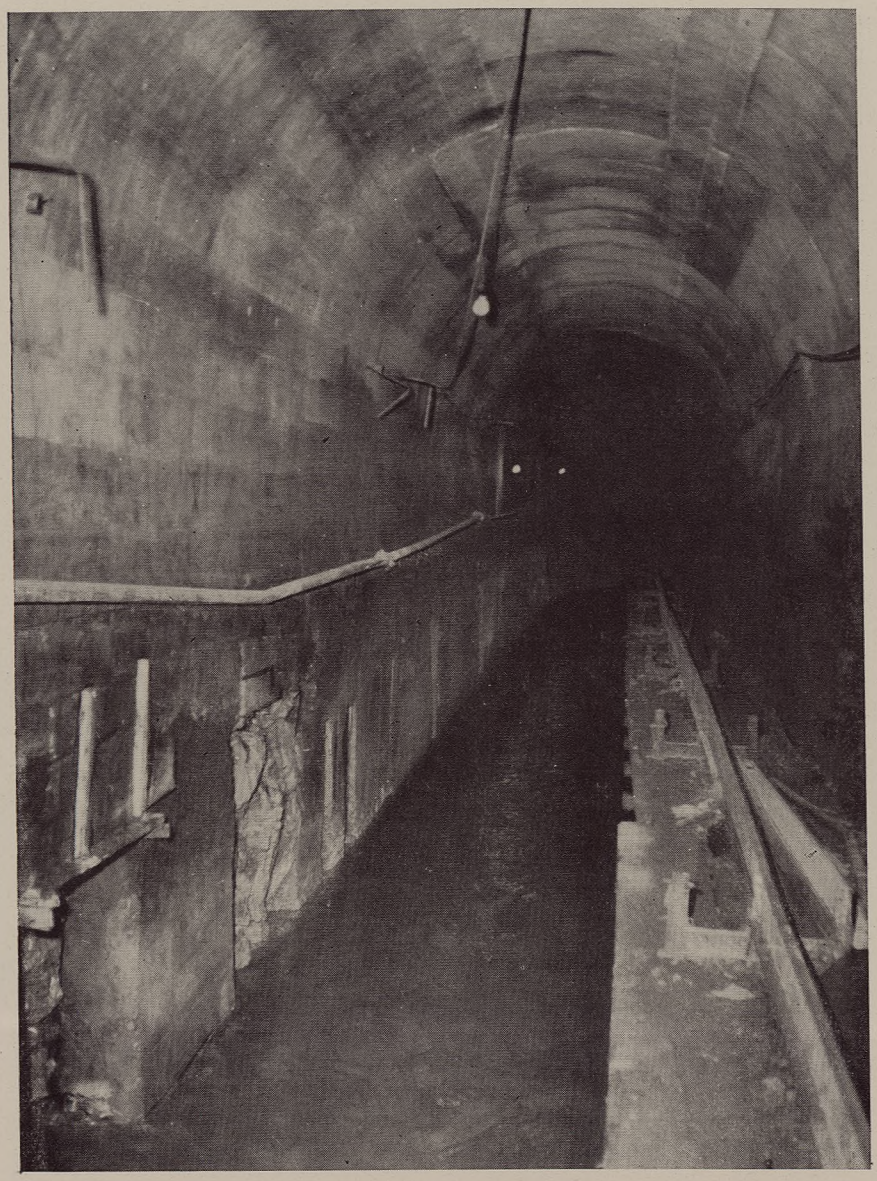
Le sorgenti sono costituite da due gruppi di scaturigini, le prime sgorganti a quota 28,50 m.l.m. parzialmente immesse nell'antico « canale Conte di Sarno » per usi irrigui ed industriali fino a Torre Annunziata, le seconde sgorganti a quota 24 m.l.m. a formare il laghetto Gelseto e utilizzate parzialmente per alimentare l'antico acquedotto civico di Torre Annunziata.

Per la captazione a scopo potabile è stata prescelta la sorgente superiore, le cui caratteristiche idrogeologiche sono state individuate a mezzo di una campagna di studi appoggiata a sondaggi e scavi di esplorazione svolta con la consulenza del geologo.

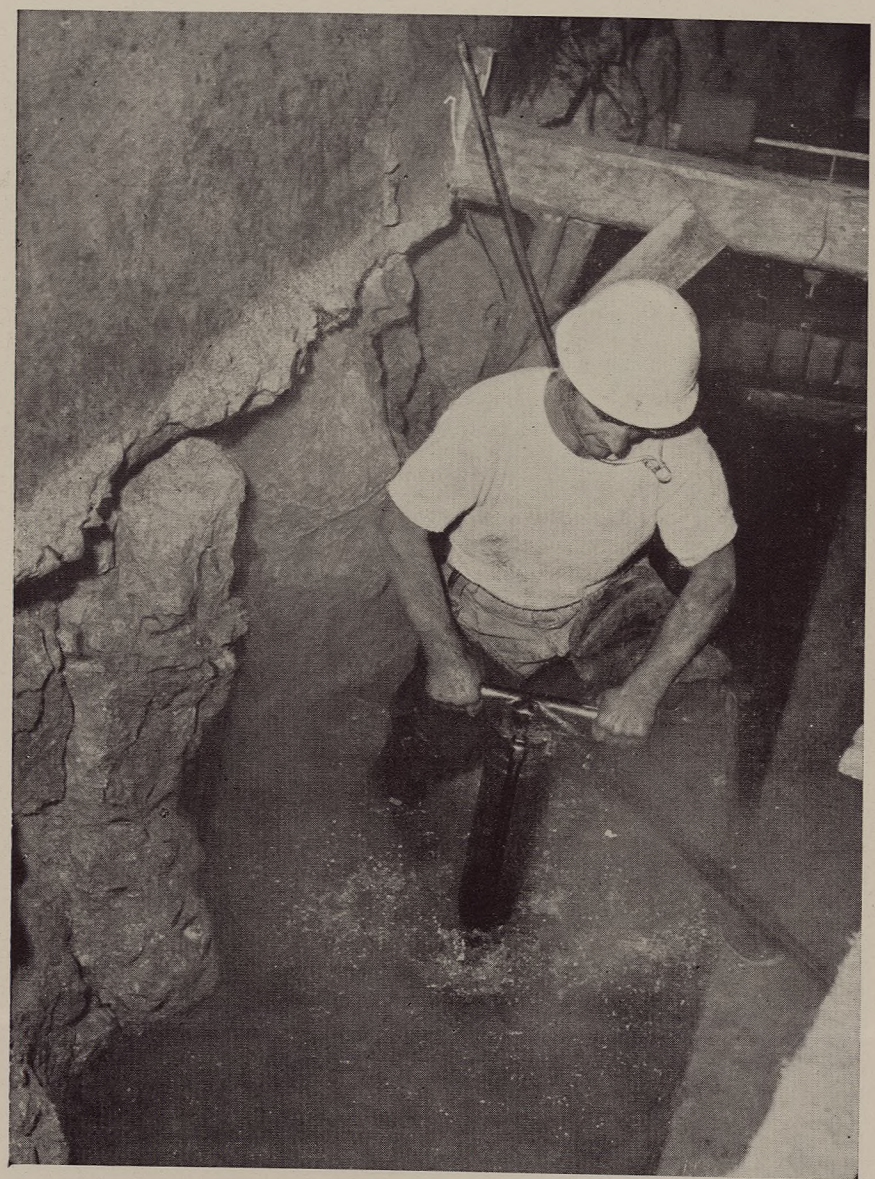
È in corso la completa captazione della sorgente sviluppantesi alle spalle delle scaturigini naturali e attestantesi in una formazione impermeabile laterale, mentre a mezzo di un cunicolo in galleria, verso valle, l'attuale sbocco delle sorgenti viene chiuso da una paratia di pali accostati.

Tutta l'acqua captata viene convogliata entro una serie di manufatti per la regolazione, il sezionamento e lo scarico, con le necessarie garanzie igieniche, fino al partitore a pelo libero dove viene derivata l'acqua destinata alla centrale di sollevamento per uso potabile nella misura di 63 l./sec., mentre la restante acqua viene restituita, parte all'uso irriguo, parte al fiume.

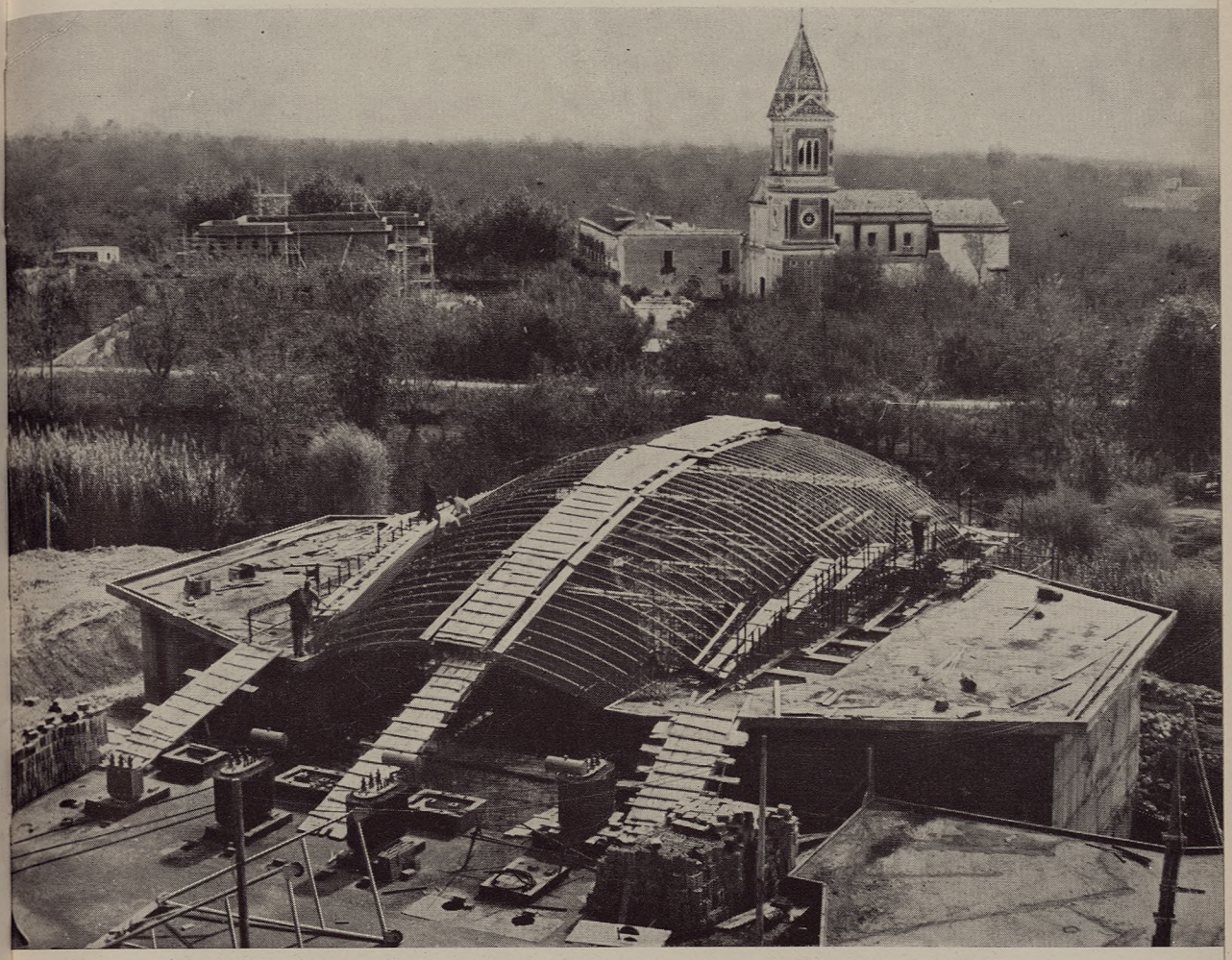
La centrale di sollevamento (Fot. 9-10) immediatamente addossata all'opera di presa è prevista per la potenza istallata di 1.300 kw suddivisa in sei gruppi, ciascuno dei quali corrispondente alla portata di 200 l./sec., con la prevalenza manometrica di m. 85. La portata sollevata viene convogliata a mezzo di una condotta elevatoria in acciaio Dalmine, del diametro di mm. 800, lunga m. 240 e posata entro apposita galleria artificiale in discenderia, ad un serbatoio di testa del sistema della capacità di mc. 6.000 situato in caverna al disopra delle sorgenti e con quota sfioro a 113 m.l.m. Dal serbatoio di testa di S. Maria La Foce vengono alimentati i due rami di acquedotto che si sviluppano a nord e a sud del Vesuvio (Fot. 11-13).



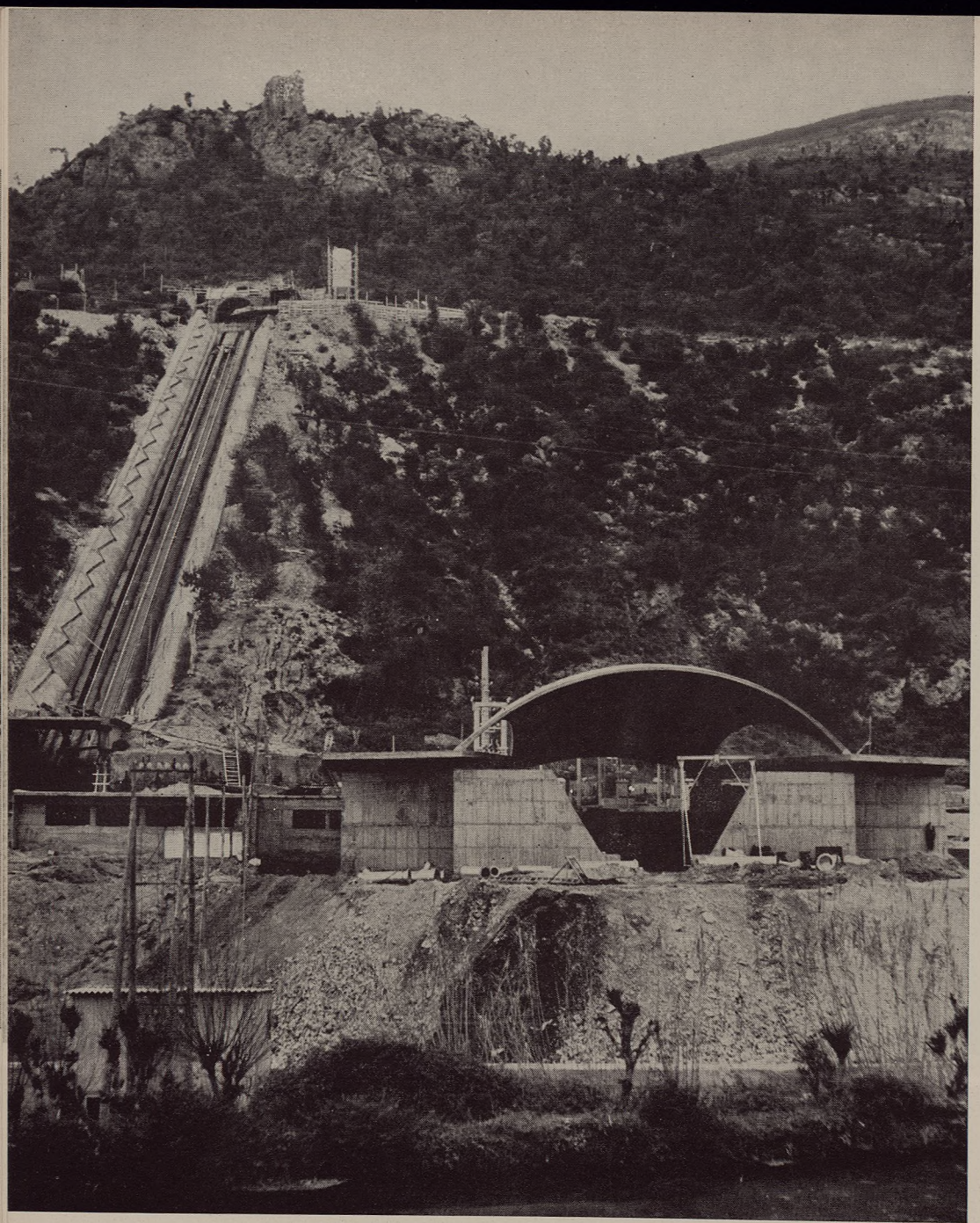
Fot. 7 - Acquedotto campano: Sorgente di S. Maria La Foce. Il cunicolo dell'opera di presa in costruzione.



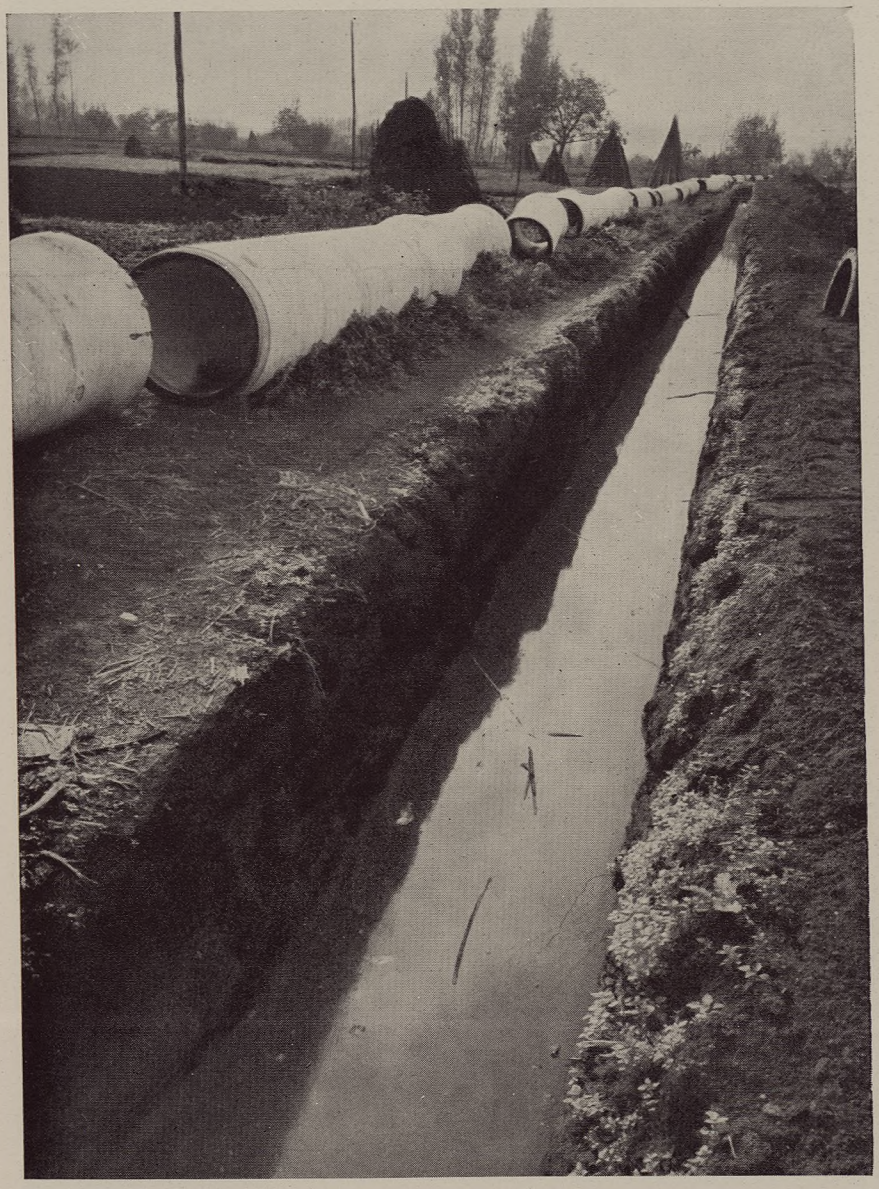
Fot. 8 - Acquedotto campano: Sorgente di S. Maria La Foce durante i lavori di captazione.



Fot. 9 - Acquedotto campano: Centrale di sollevamento di S. Maria La Foce.
Costruzione della volta di copertura.



Fot. 10 - Acquedotto campano: Centrale e discenderia condotte di S. Maria La foce, in costruzione.



Fot. 11 - Acquedotto campano: Condotta in c. a. p. (diam. mm. 800) da S. Maria La Foce a Torre Annunziata. Aspetto dei cavi di posa prima dell'inizio delle operazioni di esaurimento dell'acqua di falda.



Fot. 12 - Acquedotto campano: Condotta da S. Maria La Foce a Nola. Scavo della fossa per la posa della condotta.



Fot. 13 - Acquedotto campano: Condotta in c. a. p. (diam. mm. 800) da S. Maria La Foce a Torre Annunziata. Saldatura delle reggette di ferro per la continuità elettrica delle armature.

Il ramo nord si sviluppa con condotta di cemento armato precompresso del diametro da mm. 550 a 500 lunga km. 11,80 dal serbatoio di testa al partitore a pelo libero di Nola e prosegue con una condotta di cemento-amianto del diametro di mm. 400 lunga km. 15,20 che, raggiungendo presso Pomigliano la seconda condotta S. Clemente-Capodimonte, consente, come già detto, di attuare la integrazione a gravità della zona tra Paciano e Nola allorché vi è disponibilità dall'asta principale del Campano. Dal ramo nord sono alimentati, a mezzo di cinque condotte derivate, nove serbatoi e due centraline di sollevamento ed è inoltre predisposta una presa per la alimentazione integrativa del vallo di Lauro.

Il ramo sud si sviluppa con una condotta in cemento armato precompresso dei diametri di mm. 800 e 660 lunga km. 15,30 dal serbatoio di testa di S. Maria La Foce al partitore a pelo libero di Torre Annunziata e prosegue con una condotta in cemento armato ordinario da mm. 400 di diametro lunga km. 8,20 fino ad alimentare il serbatoio di Torre del Greco bassa.

Una condotta in ghisa del diametro di mm. 400 lunga km. 1,50 collega il serbatoio di Torre del Greco bassa con il serbatoio di Torre del Greco media consentendo di alimentare a gravità, in periodo di disponibilità, le zone da Torre del Greco a Torre Annunziata, dall'asta principale del Campano. Dal ramo sud sono alimentati tre serbatoi e sono predisposte altresì due prese per l'alimentazione integrativa dell'acquedotto dell'Ausino.

In totale il sistema alimentato dalle sorgenti di S. Maria La Foce, opera integrativa del sistema del Campano propriamente detto al suo margine orientale, servirà 30 comuni con una popolazione prevista all'anno 2000 in 570.776 abitanti.

L) *Acquedotti derivati dall'asta principale dell'acquedotto campano.*

L'acquedotto campano, sin dal suo sbocco dal massiccio del Matese sul versante tirrenico e poi lungo il percorso attraverso la pianura alifana e la media valle del Volturno fino alle estreme propaggini dell'Appennino che sovrastano Caserta, dà luogo ad una serie di utilizzazioni mediante acquedotti derivati dall'asta principale che convogliano notevoli portate destinate a numerosi comuni delle province di Caserta e Benevento.

I principali sistemi derivati sono i seguenti.

— *Acquedotto della media valle del Volturno.* Dalla testata del canale a pelo libero che convoglia le acque del Biferno sul versante tirrenico, ha origine l'acquedotto della media valle del Volturno a servizio di 17 comuni, con uno sviluppo di km. 78 di condotte in acciaio, ghisa e cemento-amianto e con 25 serbatoi per complessivi mc. 3.810 aventi funzioni di compenso e riserva.

— *Acquedotto della piana Telesina.* Dal manufatto terminale delle condotte di attraversamento del vallone grande di Ruviano, si dirama l'acquedotto della piana Telesina, a servizio di 8 comuni delle province di Caserta e Benevento con uno sviluppo di km. 27,30 di condotte in ghisa ed acciaio con 7 serbatoi oltre ad una centrale di sollevamento per l'alimentazione delle zone alte di Melizzano e Solopaca in sinistra del fiume Calore.

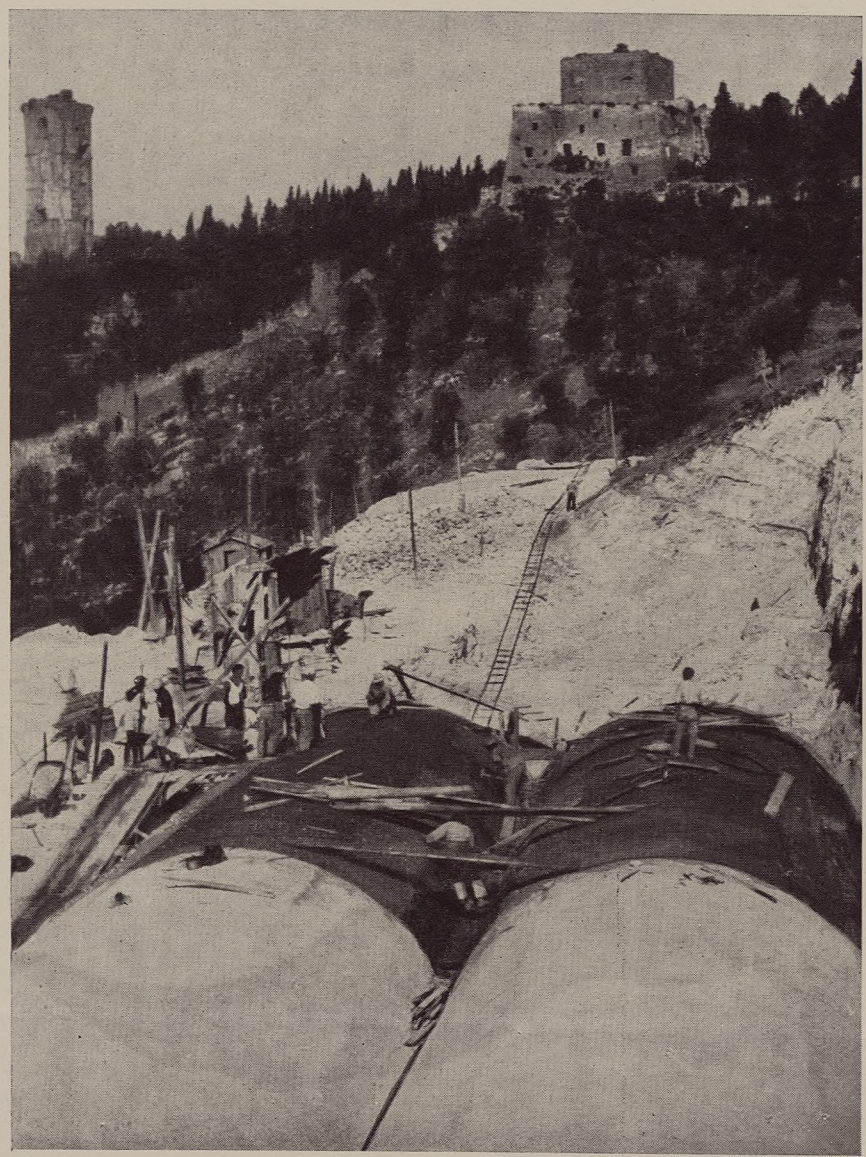
— *Acquedotto di Terra di Lavoro.* L'asta principale dell'acquedotto campano alimenta a mezzo di due prese situate rispettivamente a monte Garofalo ed a S. Clemente, il complesso sistema di condotte a servizio di 23 comuni di Terra di Lavoro situati sul basso bacino del Volturno fra ponte Annibale e la costa tirrenica. Il sistema si articola essenzialmente lungo due direttrici principali che si sviluppano in sinistra ed in destra del Volturno, presso la foce, rispettivamente raggiungendo Castelvolturno e Mondragone.

Le condotte si sviluppano complessivamente per km. 110 ed alimentano 22 serbatoi per complessivi mc. 31.280 di capacità ed una centrale di sollevamento a servizio del Comune di Caiazzo. Da prese singole dislocate lungo l'asta principale dell'acquedotto campano è prevista l'alimentazione dei comuni di Limatola, Castelmorrone, della città di Caserta, con le relative frazioni, e di S. Nicola La Strada (Fot. 14-18).

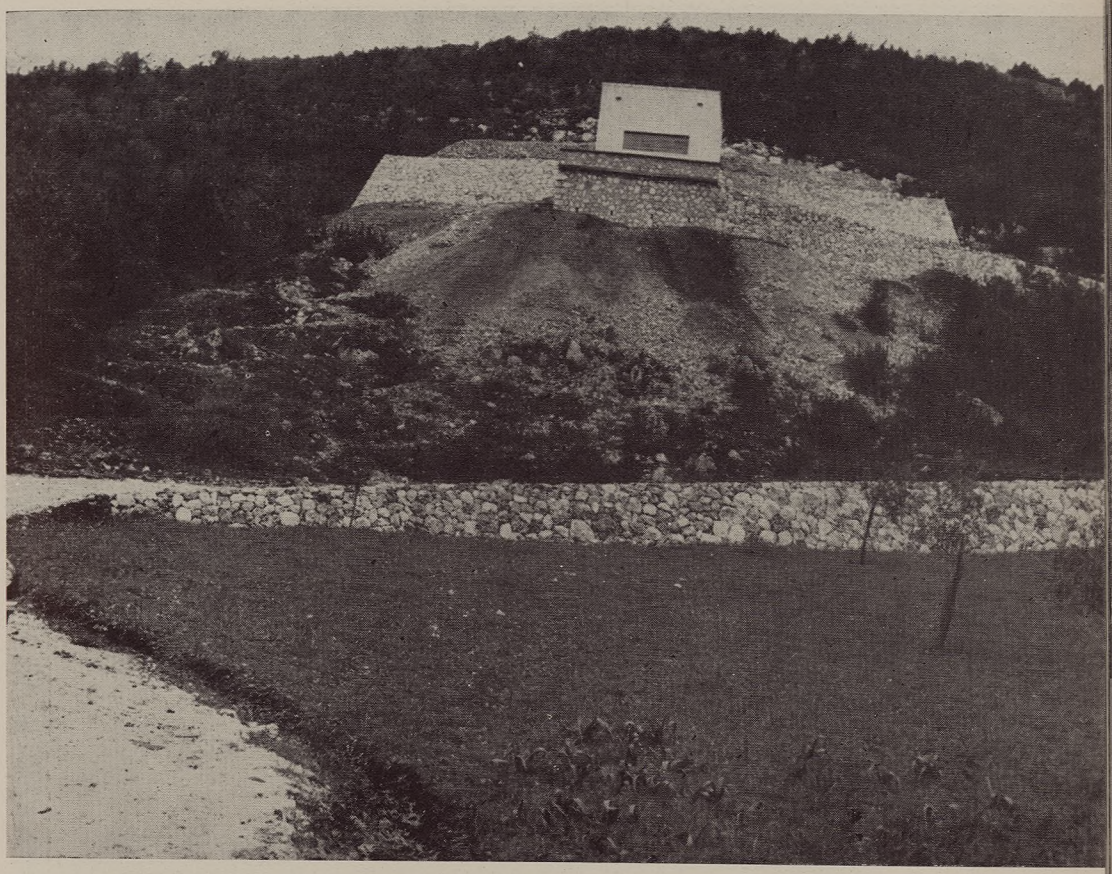
M) *I principali tipi strutturali delle condotte.*

Per le condotte in pressione sviluppantesi nelle diramazioni principali e secondarie sono stati adottati i materiali e i tipi strutturali più opportuni secondo i dettami della tecnica specifica più aggiornata. I dati sommari che seguono danno un'idea della estensione dell' impiego dei singoli tipi.

I tubi di acciaio trafilati con rivestimento Dalmine, per diametri



Fot. 14 - Acquedotto campano - Opere diramate dalla vasca di S. Clemente: Serbatoio di Maddaloni. Impermeabilizzazione della copertura delle vasche.



Fot. 15 - Acquedotto campano - Opere diramate dall'asta principale: Serbatoio di Pietramelara e strada di accesso.



Fot. 16 - Acquedotto campano - Opere diramate dall'asta principale: Serbatoio di Mondragone. Scavo in galleria per la costruzione delle vasche.



Fot. 17 - Acquedotto campano - Opere diramate dall'asta principale: Condotta di ghisa fra i partitori di Piana di Caiazzo e Triflisco (nella stessa sede è una condotta cementizia di scarico).



Fot. 18 - Acquedotto campano - Opere diramate dall'asta principale: Condotta di cemento armato fra i partitori di Triflisco e Monte Calabrese.

da mm. 60 a 800, sono impiegati complessivamente su oltre km. 250; le tubazioni in ghisa, in genere tubi centrifugati per diametri da mm. 60 a 700, coprono altri complessivi km. 250 circa. Notevole in questo settore l'impiego di tubi centrifugati in forme di sabbia con giunti a vite del tipo « Union » o similari e guarnizioni di gomma. Per pressioni non elevate, nel campo dei diametri appropriati, e ove le condizioni di posa e dei terreni attraversanti lo consigliavano, è stato fatto impiego di tubi in calcestruzzo armato ordinario o di cemento amianto, complessivamente per altri km. 200 (Fot. 19).

Le condotte in cemento armato precompresso (Fot. 20), con diametri interni da mm. 500 a 1.350 e per pressioni di esercizio che raggiungono in alcuni tronchi le 26 atm., coprono uno sviluppo di oltre km. 150, costituendo l'esempio di gran lunga più importante di applicazione di questo tipo strutturale in un'unica opera in Italia e sicuramente uno tra quelli di maggior rilievo realizzati all'estero. Per la costruzione dei tubi in cemento armato precompresso destinati a quelle tubazioni sono sorti, nella zona dei lavori, due importanti stabilimenti (Fot. 21), nei quali si è compiuto sotto i più accurati e moderni controlli tecnici tutto il ciclo di fabbricazione. I tubi, del tipo con nucleo di calcestruzzo centrifugato semplicemente armato o dotato di armature di precompressione longitudinale, sono stati precompressi trasversalmente con avvolgimento di spirali di filo di acciaio trafilato e sottoposto a trattamenti termici di stabilizzazione. Le caratteristiche meccaniche dei fili da precompressione, così come molti dettagli del procedimento di fabbricazione dei tubi e dei controlli di officina e di cantiere, hanno formato oggetto di norme capitolari particolarmente dettagliate, che hanno costituito il primo tentativo in Italia di dare normalizzazione a questa materia. Le spirali di precompressione sono state rivestite con speciali intonaci cementizi protetti con applicazione di miscele bituminose sostenute da tessuti di vetro.

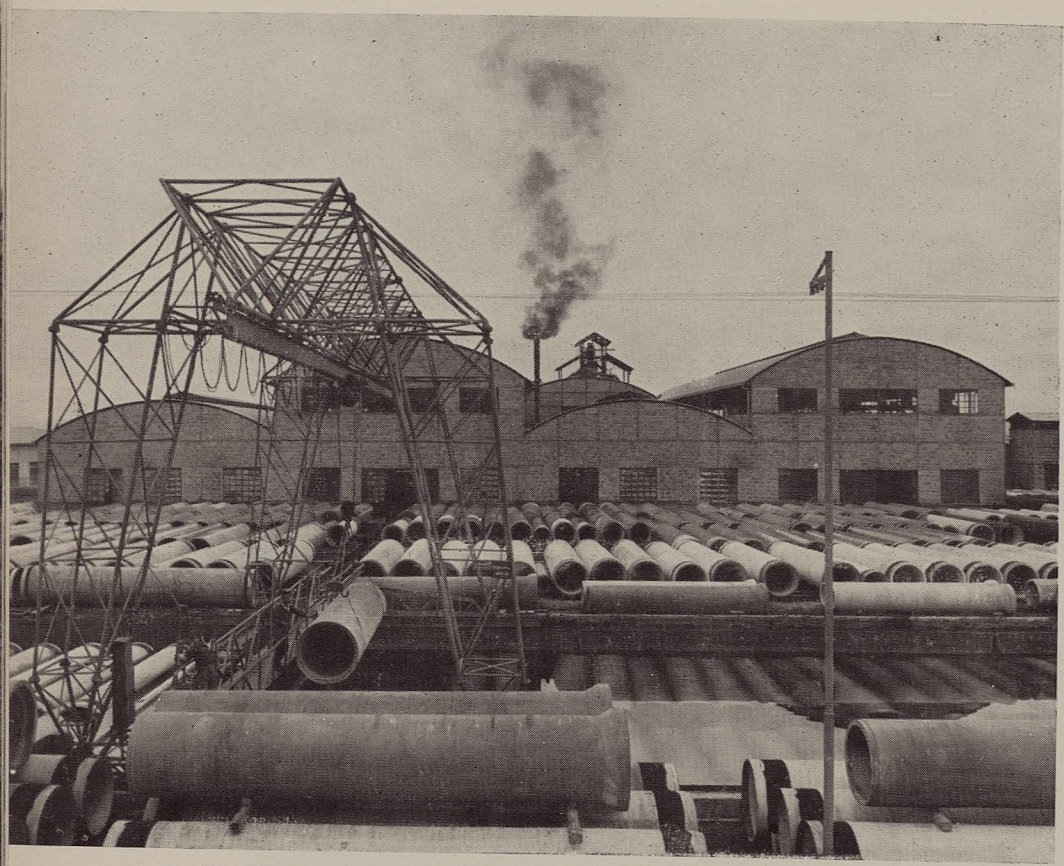
Le operazioni per la preparazione della sede delle condotte, per la posa, l'esecuzione delle giunzioni e le prove idrauliche in opera, per la costruzione dei manufatti accessori, tra i quali importanti attraversamenti ferroviari, stradali, di canali, ecc., hanno dato luogo, di per sé, ad un complesso di lavori di sensibile importanza tecnica e di notevole incidenza economica. Particolare rilievo hanno avuto inoltre gli studi di carattere generale e particolare, nonché gli interventi tecnici relativi a questo particolare tipo di tubazioni che servono a garantire la difesa delle armature metalliche cerchianti di precompressione dai processi di corrosione che si produrrebbero per effetto dell'ambiente di posa e di



Fot. 19 - Acquedotto campano: Condotta per alto servizio dei comuni vesuviani. Posa dei tubi di cemento amianto (diam. mm. 400).



Fot. 20 - Acquedotto campano: Montaggio di tubi in cemento armato precompresso.



Fot. 21 - Acquedotto campano: Uno degli stabilimenti per la produzione di tubi in cemento armato precompresso.

correnti vaganti per i quali si rimanda alla relazione dell'ing. Rotundi e a quella del prof. Jacopetti.

La rapidissima rassegna fatta delle diverse opere dell'acquedotto, realizzate con condotte in pressione nell'ambito del sistema campano, non può chiudersi senza fare cenno della importante e singolare diramazione che dall'estremità di Capo Miseno allaccia con condotte sottomarine le isole di Procida ed Ischia e di cui più dettagliatamente si dà conto nel successivo capitolo.

N) *Opere di compenso dei consumi e di riserva.*

Per il compenso giornaliero e per riserva in caso di interruzione delle adduttrici, il progetto in attuazione prevede, in aggiunta alla utilizzazione dei serbatoi già esistenti nella zona da servire ed idoneamente inseribili nel nuovo schema, la realizzazione di un complesso di 137 serbatoi di nuova costruzione per una capacità utile totale di mc. 330.710 dei quali alcuni sono previsti in caverna o seminterrati, mentre altri sono del tipo sopraelevato in calcestruzzo armato o precompresso.

Tra i serbatoi di maggiore capacità è di particolare interesse il grande serbatoio in caverna, già ultimato, che avrà funzione di compenso e riserva per la più alta zona di distribuzione della città di Napoli alla quale il nuovo sistema, come accennato alla lettera H), addurrà acqua a gravità e che costituirà, con una centrale in caverna annessa al serbatoio stesso, il centro di alimentazione per tutte le zone alte della città da servire con impianti elevatori. Tale serbatoio (Fot. 22-23), detto di S. Giacomo dei Capri, della capacità utile di mc. 60.000, ha pianta d'insieme pressoché rettangolare con 6 vasche costituite da gallerie a forma di « U » molto allungata, disposte su due file simmetricamente rispetto ad una galleria centrale, che ha funzione di camera di manovra, e con i lati maggiori normali all'asse della galleria stessa. Una breve, ampia galleria di accesso carrabile, una galleria lunga circa m. 1.450 per la sede delle numerose condotte che collegano il serbatoio, una breve galleria inclinata per le condotte elevatorie, sistemazioni esterne per la protezione igienica dell'opera, una strada di accesso ed altri particolari minori completano la funzionalità dell'opera. L'originale disegno del serbatoio ha consentito di realizzare anche una apprezzabile economia di spesa rispetto a tipi similari, risultando contenuto il costo unitario entro le 8.000 lire per metro cubo di capacità utile, pur se la costruzione entro rocce piroclastiche (tufi, pozzolane, lapilli) estremamente variabili



Fot. 22 - Acquedotto campano: Serbatoio San Giacomo dei Capri (capacità mc. 60.000). Galleria di manovra.



Fot. 23 - Acquedotto campano: Centrale di sollevamento di San Giacomo dei Capri.

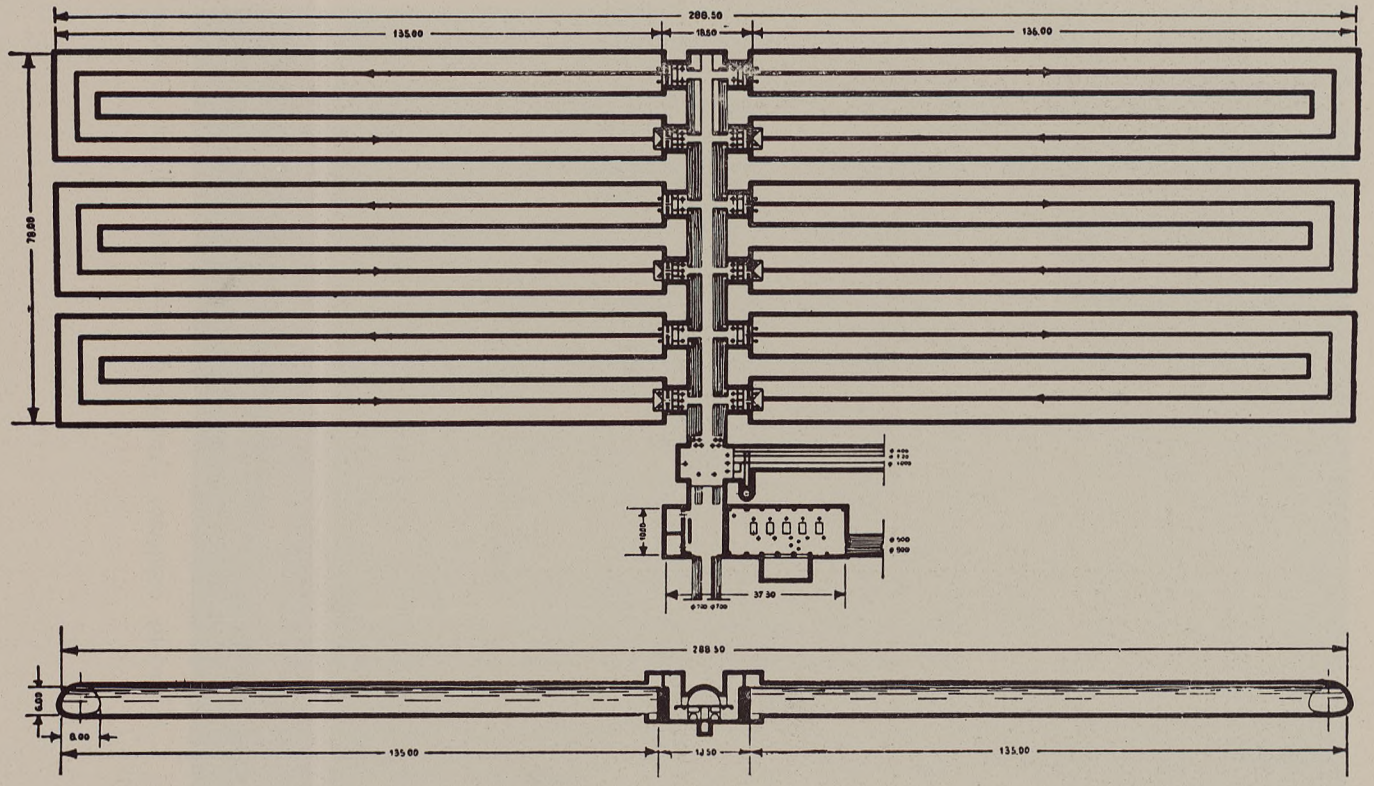


Grafico 20 - Acquedotto campano: Serbatoio in galleria di S. Giacomo dei Capri (capacità mc. 60.000).

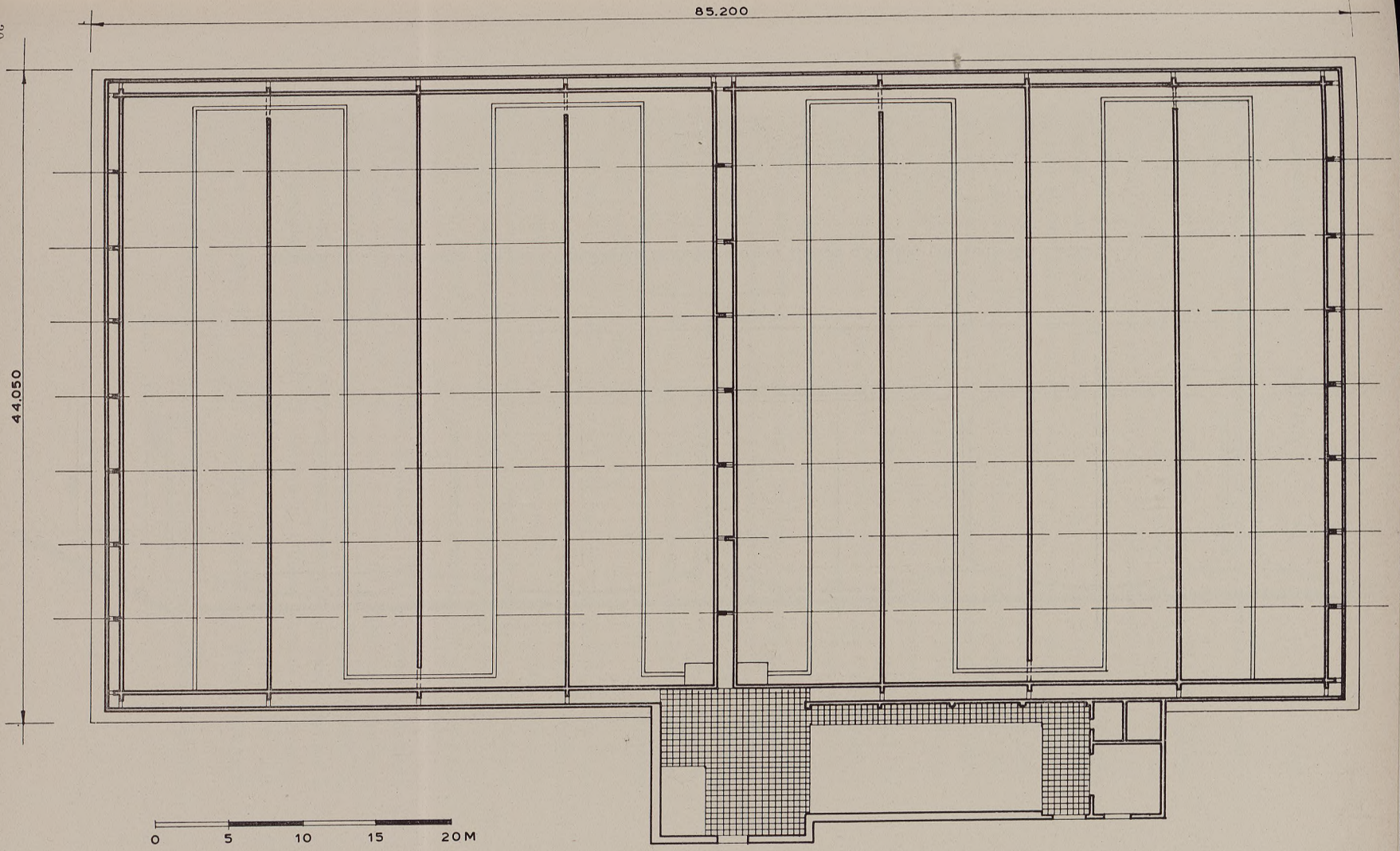


Grafico 21 - Acquedotto campano: Serbatoio seminterrato per Resina e Portici. Planimetria.

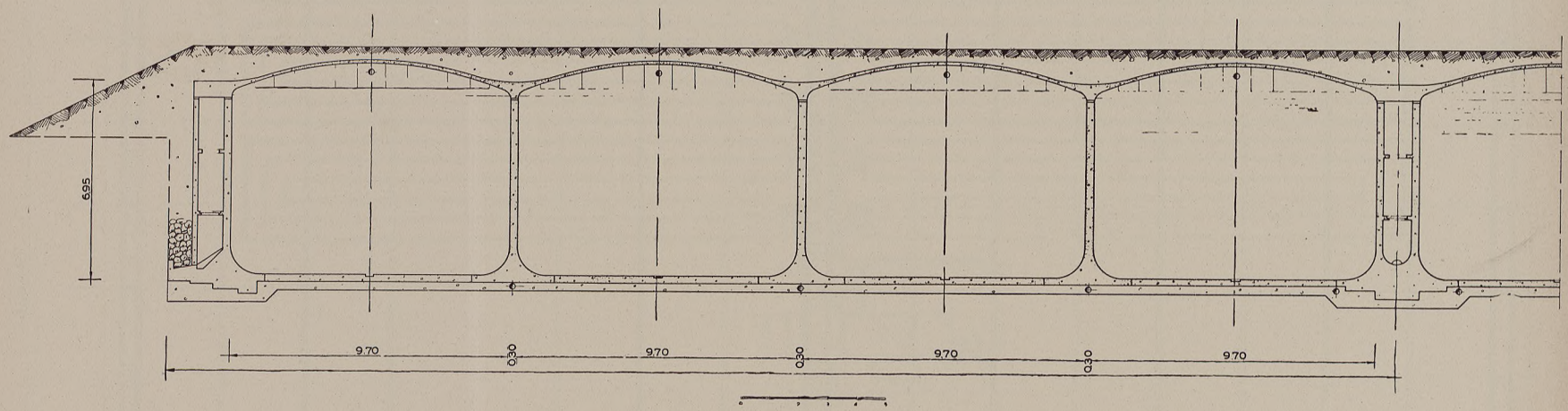


Grafico 22 - Acquedotto campano: Serbatoio seminterrato per Resina e Portici (capacità mc. 17.500).

e insidiose ha comportato la soluzione di problemi esecutivi di qualche difficoltà.

Altro serbatoio di grande capacità già ultimato è quello di S. Rocco (Fot. 24-25), alla periferia di Napoli, destinato oltreché al servizio di compenso e riserva per una delle zone di distribuzione cittadine, ad accentrare le capacità di riserva per numerosi comuni della pianura limitrofa, ove le condizioni topografiche impongono la costruzione di serbatoi sopraelevati di notevole altezza sul piano di campagna ed ai quali, per considerazioni economiche, si è preferito affidare solo la funzione di compenso (Fot. 26-28). Tale serbatoio del tipo strutturale in calcestruzzo armato, con capacità utile di mc. 80.000, suddiviso in 8 vasche e ubicato sulla sommità di una collina prevalentemente costituita da pozzolane sottili compatte con vene di lapillo, ha reso necessario per la costruzione, l'allontanamento di circa mc. 170.000 di materie ed ha richiesto indagini ed accorgimenti costruttivi di qualche rilievo specie riguardo ai problemi di fondazione sia per le singole unità strutturali che per le loro mutue interferenze.

Particolare interesse presentano i serbatoi realizzati a servizio dei comuni vesuviani situati nella fascia costiera tra Cercola e Torre Annunziata, tutti del tipo seminterrato e disegnati con moduli costanti e con strutture tipizzate (Fot. 29). I serbatoi, che sono in cemento armato, risultano costruiti su di una platea di calcestruzzo magro che incorpora una rete di canaletti drenanti aventi soprattutto lo scopo di segnalare eventuali perdite del fondo dei serbatoi.

Le pareti esterne sono isolate dal terreno da una intercapedine continua praticabile avente la funzione di intercettare eventuali infiltrazioni. I serbatoi sono tutti divisi in due vasche, a loro volta suddivise da setti che consentono una circolazione continua dell'acqua. La sezione della vasca costituisce l'elemento modulare costante, con tirante d'acqua di m. 6 e con luce di m. 10, la quale sezione ripetuta più volte consente con opportune variazioni della lunghezza, di ottenere le capacità desiderate. La copertura è realizzata mediante volte in cemento armato precompresso nel senso delle direttrici a mezzo di catene con il sistema « Freyssinet » e nel senso delle generatrici con armature aderenti. Le volte formano in tal modo una struttura compatta nel loro insieme e sono appoggiate sulle pareti del serbatoio. Questo sistema ha consentito di realizzare economicamente una copertura particolarmente leggera e poco armata con sforzi di trazione insignificanti eliminando pertanto il pericolo di fessurazioni.

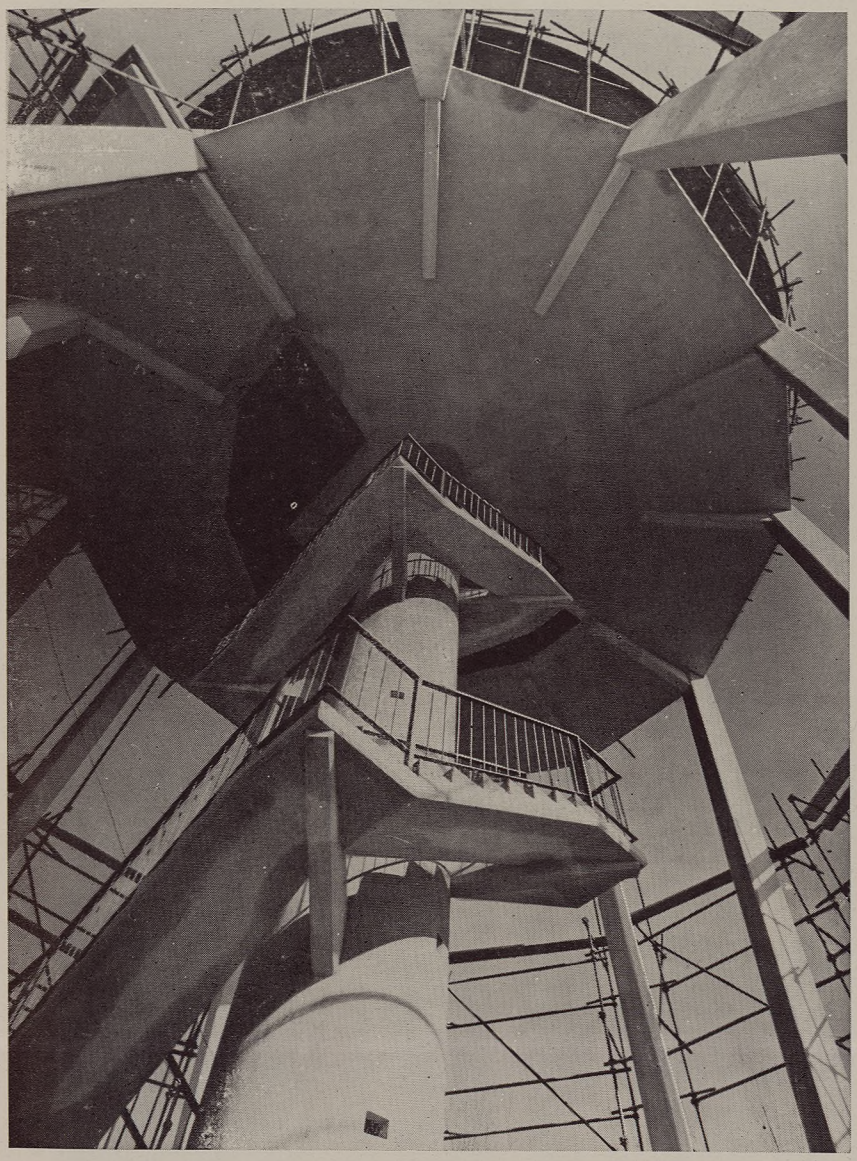
Le pareti interne delle vasche sono rivestite con intonaco di gunite





Fot. 24 - Acquedotto campano: Serbatoio S. Rocco (capacità mc. 80.000). Costruzione della platea.

Fot. 25 - Acquedotto campano: Serbatoio S. Rocco (capacità mc. 80.000). Impermeabilizzazione della volta.



Fot. 26 - Acquedotto campano: Serbatoio di Frignano.



Fot. 27 - Acquedotto campano: Serbatoio di Cardito.



Fot. 28 - Acquedotto campano: Serbatoio di Cicciano. Prefabbricazione a terra della cupola di copertura del serbatoio.



Fot. 29 - Acquedotto campano: Serbatoio di Resina e Portici. Confezione di un cavo di precompressione per la volta del serbatoio.

retinata, che, tenuto conto dei limitati spessori delle strutture e delle possibili disuniformità dei terreni di fondazione che passano frequentemente dalle rocce magmatiche compatte alle formazioni piroclastiche sciolte, conferisce alle opere le necessarie garanzie di impermeabilità.

4. - Acquedotto sottomarino per le isole di Procida ed Ischia

L'acquedotto per le isole di Procida ed Ischia è una diramazione dell'acquedotto campano con origine dalla vasca di carico sulla collina di Bacoli al termine della condotta che si sviluppa per km. 17 lungo il litorale flegreo per l'alimentazione dei comuni del golfo di Pozzuoli e delle due isole. Data l'importanza dell'opera, si espongono qui di seguito alcune caratteristiche particolari.

Dalla vasca di carico l'acquedotto raggiunge il mare a Miliscola e prosegue col primo tronco sottomarino (in doppia condotta) attraverso il canale di Procida, lungo m. 3.400, approdando nell'isola alla Marina di Sancio Cattolico. Si svolge, quindi, nell'isola di Procida, che alimenta con opportune diramazioni unitamente ad un serbatoio principale, attraversa su apposito ponte il passo tra Vivaro e Procida, passa in galleria su Vivaro e prosegue nel canale di Ischia con un secondo tronco sottomarino ugualmente in doppia condotta, lungo m. 2.900, approdando a Ischia Ponte. Sull'isola di Ischia si sviluppa, poi, la vasta rete di adduzione a tutti i comuni.

Complessivamente l'acquedotto per le isole è formato da km. 45 di condotte, di cui circa km. 12,6 sottomarini, e da 17 serbatoi per complessivi mc. 21.000. L'acquedotto è proporzionato per addurre complessivamente alle isole 105 l./sec. e per assicurare la dotazione di 140 litri per abitante e per giorno ai 65.000 abitanti previsti per l'anno 2000.

La situazione particolare di queste isole indusse la « Cassa » ad assumere tra i suoi primi impegni quello di provvedere alla soluzione razionale ed adeguata di questo problema e fece ritenere urgente costruire questa particolare diramazione anche prima che fosse in funzione l'acquedotto campano, predisponendo una ridotta alimentazione provvisoria con limitate disponibilità di acqua che è possibile assicurarle dalla rete di Napoli.

Per entrambe le isole l'acqua indispensabile agli usi igienici degli abitanti e dei sempre più numerosi ospiti che vi affluiscono, per breve o lungo soggiorno balneare e per cure termali, era infatti fornita esclusi-

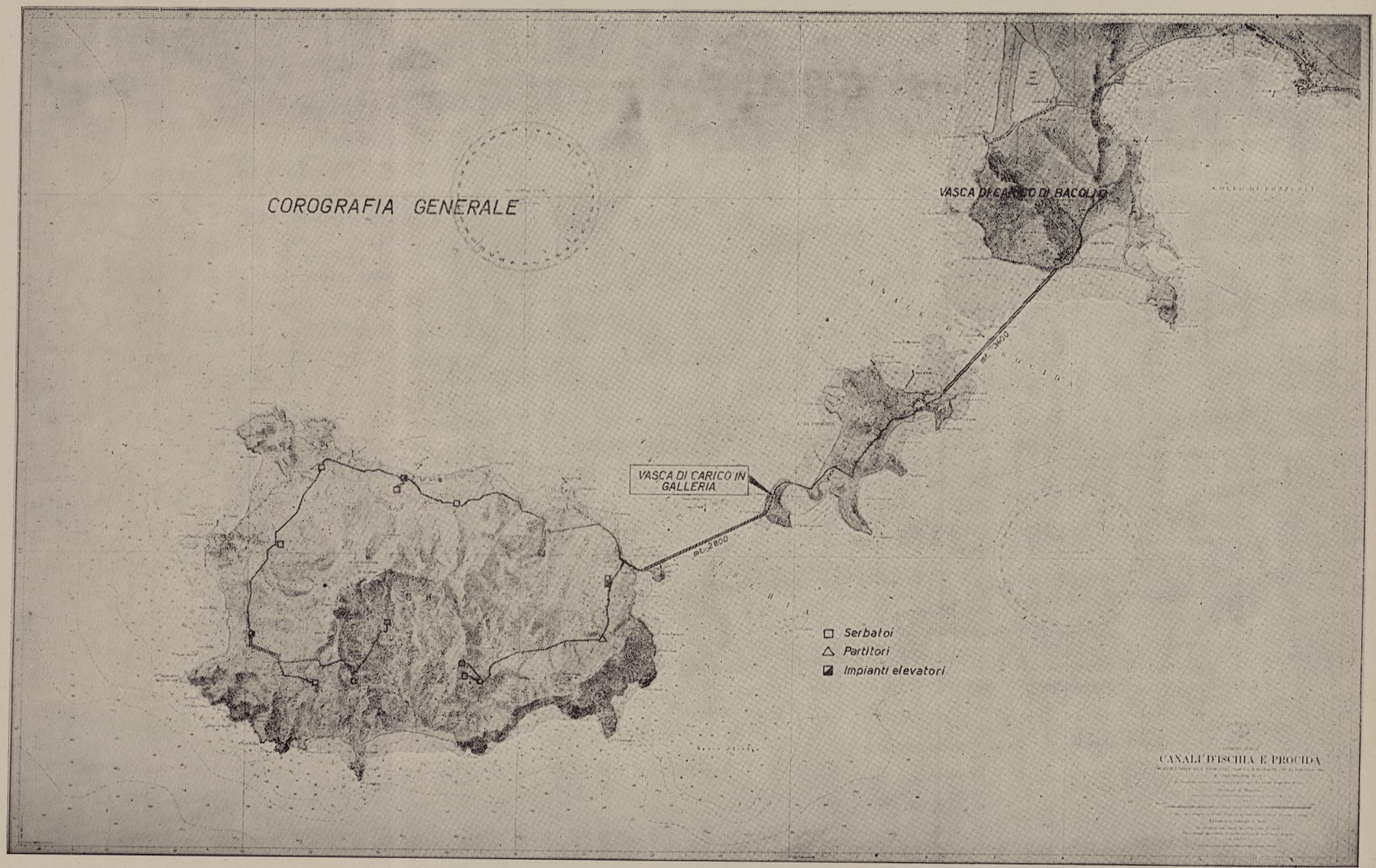


Grafico 23 - Acquedotto campano - Acquedotto per le isole di Procida ed Ischia: Corografia generale.

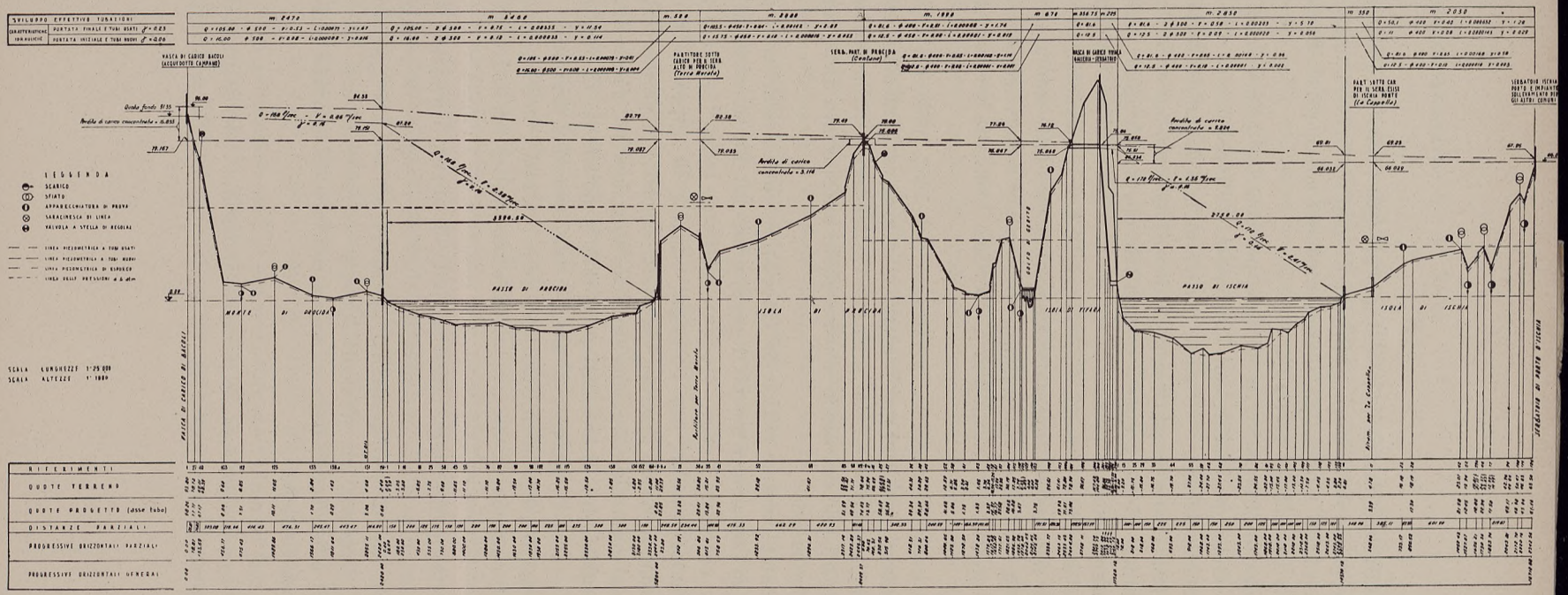


Grafico 24 - Acquedotto campano - Acquedotto per le isole di Procida ed Ischia: Profilo longitudinale.

vamente dall'accumulo privato di acque piovane e mediante il trasporto con navi-cisterna della Marina Militare di quantitativi che, negli ultimi anni, erano saliti a oltre 125.000 mc./anno con spesa, per lo Stato, dell'ordine di 150 milioni per anno.

Il progetto di massima fu studiato, per incarico della « Cassa », dal prof. ing. Giuseppe Pistilli dell' Università di Napoli e, con un ampio esame generale tecnico-economico, confermò la razionalità della soluzione del problema a mezzo di acquedotto sottomarino, pur se la realizzazione in bracci di mare aperto di una tale opera, alla quale dovevano essere conferite elevate caratteristiche di durata e di sicurezza dell'esercizio, poneva problemi nuovi, o presentantisi ben più semplici per opere similari in più agevoli condizioni ambientali (condotte subfluviali, sublaquali o in specchi di mare chiusi); ovvero con minori esigenze di garanzia di durata e di continuità di esercizio (condotte sottomarine petrolifere).

Il progetto di massima, presentato nel 1952, pose nella dovuta evidenza questi problemi e si basò sul rilievo di vari tracciati, eseguito con scandagli con ecometro ad ultrasuoni « Bendix », e sulla presumibile natura superficiale del fondo marino quale interpretata dalle registrazioni dell'ecometro.

Dopo ampio esame critico dei tracciati in correlazione con i proponibili tipi di tubazione e metodi di posa, prospettò due soluzioni in alternativa per entrambi i passi: tracciati rettilinei, lungo i quali si prevedevano fondali rocciosi con tubazioni allogate in apposita trincea o fissate al fondo, ovvero tracciati curvilinei facendo, in questo caso, affidamento sul naturale affondamento delle tubazioni nel fondo fangoso. Per entrambi i tipi di tracciati prospettò la possibilità di impiego di tubi rigidi (acciaio, ghisa) e di speciali tubi metallici flessibili.

Il Consiglio di Amministrazione della « Cassa » nell'approvare il progetto di massima, decise, per un raffronto pratico tra le diverse soluzioni, l'esperimento, sulla base di quel progetto, di un appalto concorso, che non dette, peraltro, gli attesi risultati, in quanto i progetti presentati non portarono alcun apprezzabile ulteriore elemento di acquisizione diretta. Fu quindi indispensabile procedere ad un più approfondito esame del problema con ulteriori indagini ed accertamenti diretti da parte degli uffici tecnici della « Cassa » con la collaborazione di esperti nelle diverse branche.

Ebbe così formale e sostanziale inizio la fase realizzativa dell'opera, nella quale si susseguirono le ricerche, indagini e sperimentazioni dirette, la progettazione esecutiva con la definizione delle caratteristiche

generali e di dettaglio dell'opera e delle sue modalità di realizzazione ed infine l'esecuzione dei lavori attraverso una stretta ed affiatata collaborazione nella quale diedero il proprio contributo ingegneri, tecnici ed esperti della « Cassa », insigni docenti, ditte specializzate, tecnici e mezzi del Servizio Escavazione Porti del Ministero dei Lavori Pubblici, palombari e sommozzatori civili, ufficiali e sottufficiali palombari della Marina Militare, ingegneri e tecnici della Dalmine, maestranze di ogni specializzazione. Le indagini che precedettero, condizionarono la progettazione esecutiva, si svilupparono contemporaneamente in tre settori principali distinti, ma nei quali le soluzioni via via escogitate ed esplorate erano, com'è intuitivo, strettamente interdipendenti, e precisamente: rilievi ed accertamenti relativi ai possibili tracciati degli attraversamenti sottomarini ed alle condizioni ambientali delle zone di mare interessate; scelta di tipo di tubazione da impiegare e sperimentazioni relative; scelta dei possibili procedimenti di varo delle condotte sottomarine.

Nel maggio 1955 l'Ufficio acquedotto campano e acquedotti del Molise iniziò il rilevamento diretto di tracciati rettilinei, molto prossimi a quelli indicati nel progetto di massima, che, oltre a risultare i più brevi, offrivano più ampie prospettive per la scelta dei metodi di posa delle condotte, e lasciavano prevedere, per la loro minore profondità massima, più facile impiego di mezzi d'opera e di operatori subacquei.

Il rilevamento, effettuato da palombari, consisté nella esplorazione con continuità del fondo marino lungo tutto il tracciato prestabilito e nello scandaglio diretto delle profondità corredato dalla descrizione morfologica del fondo su osservazione diretta e su sondaggi e prelevamenti di campioni ad intervalli non maggiori di m. 25.

A chiunque abbia consuetudine con il lavoro subacqueo non può sfuggire la portata e le difficoltà pratiche di queste operazioni che, per la loro estensione e sistematicità, nelle particolari condizioni ambientali dei bracci di mare aperto esplorati, assunsero carattere di eccezionalità rispetto ad ogni altra impresa del genere.

Il rilevamento diretto accertò che l'interpretazione del segnale del « Bendix » aveva indotto a classificare come rocciose zone di fondo sabbioso ricoperto da spessa coltre di apparati radicali di alghe, elemento che ebbe estrema importanza per gli orientamenti di progetto.

Dalle ricerche che contemporaneamente si svolgevano sul comportamento delle tubazioni nell'ambiente marino, si profilava, infatti, la

chiara indicazione della opportunità, anzi della necessità, di posare le condotte entro una trincea, scavata nel fondo marino e successivamente da rinterrare; ed è evidente come la prospettiva di dover attraversare lunghi tratti di fondo ritenuto roccioso, ponesse problemi tutt'altro che semplici ed inducesse a considerare soluzioni meno immediate, come i tracciati curvilinei, più lunghi e più profondi, ma con fondo non roccioso. Sgomberato il campo da questa grave pregiudiziale, anche il tracciato rettilineo collegante Vivaro ad Ischia fu minutamente esplorato rilevando fondo ovunque sabbioso con alghe, salvo un banco di tufo di m. 70 circa sotto Vivaro. La profondità massima dei due attraversamenti rettilinei furono rilevate in m. 18 nel passo di Procida ed in m. 28 in quello di Ischia. La osservazione sistematica delle zone di mare da attraversare mise in evidenza che dette zone quasi mai risultavano esenti da moti ondosi. Infatti anche nelle giornate di calma il giuoco dei venti, determinati da fenomeni termici a carattere locale e da influenze orografiche, induce una più o meno intensa agitazione nella superficie marina. Va osservato inoltre che ogni importante perturbazione generatasi in mare aperto ha pronti ed intensi riflessi nei canali di Procida ed Ischia che costituiscono, con la loro configurazione, delle bocche tra il mar Tirreno ed il golfo di Napoli. Infine furono effettuate le misure delle correnti marine nelle zone di mare interessato, sia in superficie che in profondità e fu così accertata la particolare intensità delle correnti stesse.

Per la scelta del tipo di tubazione, l'accertata possibilità di utilizzare i tracciati rettilinei, con profondità inferiori a m. 30, riduceva l'interesse per le tubazioni metalliche flessibili, che, alla semplificazione dei problemi di varo, contrapponevano costi specifici ben più alti e la necessità di adottare maggiori diametri o più condotte in parallelo per le elevate perdite di carico che le caratterizzano.

I tubi di ghisa, per i quali pure vi erano alcuni esempi di applicazione in tubazioni subacquee, presentavano svantaggi per l'elevato numero di giunti, per la fragilità del materiale, per l'impossibilità di applicare efficaci e continui rivestimenti isolanti e quindi di attuare la protezione catodica. I tubi di materie plastiche offrivano molte allettanti prospettive, ma il campo di pressioni e diametri era al limite delle possibilità tecniche del momento, mentre incertezze gravi si avevano per la evoluzione nel tempo delle caratteristiche meccaniche di questi materiali e per il loro comportamento di fronte alle poco o nulla note azioni fisico-chimiche, organiche e biologiche dell'ambiente marino. Le tubazioni costituite con tubi di acciaio e giunzioni saldate si presenta-

vano ovviamente, sotto l'aspetto della resistenza meccanica dei singoli componenti e dell'insieme, le più sicure; sotto questo profilo, esse lasciavano la più ampia libertà di scelta dei metodi di varo, e non ponevano altri problemi che quello della difesa dalla corrosione. Esso si concretava nel conferire alle condotte sottomarine la più elevata possibile protezione passiva con idonei rivestimenti isolanti perfettamente continui, mantenuti integri durante il varo e con garanzia di conservare per lungo tempo tali caratteristiche. Questa era infatti la condizione per realizzare poi una sicura ed efficace protezione attiva delle condotte, la protezione catodica.

Il problema dei materiali si trasferì quindi dai tubi ai loro rivestimenti, che formarono oggetto di studi e prove per definire la loro composizione e modalità di applicazione e di una estesa sperimentazione diretta con la prolungata immersione in mare di numerosi campioni di tubi con diversi tipi di rivestimento e diverse modalità di posa.

Dalla sperimentazione svolta sotto la guida del prof. ing. Mario Jacopetti fu tratta una esauriente documentazione, dalla quale risultò che una ricca fauna e flora marina si fissava rapidamente ai campioni immersi in mare e che alcune specie, i balani (comunemente chiamati « denti di cane »), penetravano profondamente nel corpo dei rivestimenti con conseguenze deleterie per la loro integrità, mentre altri campioni di tubi, interrati nel fondo del mare con circa cm. 70 di copertura di sabbia, dopo 9 mesi di permanenza erano assolutamente immuni da qualsiasi attacco o deposito esterno, ed il loro isolamento elettrico era pienamente mantenuto.

Contemporaneamente, nello studiare i metodi di varo usati in precedenti realizzazioni, fu evidente come, per la destinazione delle condotte e per le condizioni ambientali venisse data in quei vari scarsa importanza alla integrità della protezione, cosicché pochi elementi utili potevano trasferirsi nel caso in esame, nel quale presupposto essenziale era posare a notevole profondità, e in mare aperto, condotte metalliche mantenendo integri i rivestimenti protettivi. La scelta cadde sul sistema di varo che prevedeva la costruzione di tronchi di condotta in un cantiere situato in asse al tracciato, e nel tirare i tronchi, via via giuntati a terra, a mezzo di argano istallato sulla sponda opposta.

Nel maggio 1956, in base al progetto esecutivo redatto dall' Ufficio acquedotto campano, con la consulenza dei proff. Pistilli, Spinelli e Jacopetti, e approvato dal Consiglio di Amministrazione della « Cassa », fu affidata la fornitura dei tubi e la esecuzione dei lavori alla S.p.A. Dalmine, che si associò, per le opere marittime, alla Società Immobiliare

Romana. Nel giugno 1956 fu iniziata a Dalmine la fabbricazione dei tubi di acciaio trafilato, di mm. 300 di diametro con spessore di mm. 12, protetti da un rivestimento costituito da strati di mastice bituminoso fuso e applicato a caldo e da fasciature elicoidali di tessuto di vetro, fino a raggiungere uno spessore globale non inferiore a mm. 12. Contemporaneamente ebbe inizio lo scavo delle trincee sottomarine, che doveva essere eseguito per l' intera lunghezza prima che iniziassero le operazioni di tiro delle condotte e che fu effettuato con grandi draghe a secchie, per profondità fino a m. 13, e con due grandi escavatori a benna montati su un pontone da 400 tonn. di stazza per le maggiori profondità. I mezzi effossori erano guidati e controllati nei loro spostamenti e nel lavoro di scavo da apposite postazioni topografiche a terra, mentre il lavoro delle benne era guidato da sommozzatori e lo scavo eseguito era controllato da palombari. In pari tempo venivano messi in opera presso gli approdi, a mezzo di pontoni da 150 tonn. al gancio, cassoni di cemento armato entro i quali dovevano essere allogate le condotte per la protezione nei bassi fondali (Fot. 30).

Ultimati gli scavi sottomarini e la posa in opera dei cassoni, furono effettuati i debiti controlli di superficie e subacquei lungo tutta la trincea scavata per assicurarsi che in ogni punto essa rispondesse alle caratteristiche del progetto.

Il cantiere di Miliscola (Fot. 31) fu realizzato con un notevole sbancamento di terreno e con la formazione di un piazzale lungo m. 300 e largo 35, che consentì, saldando testa a testa i singoli tubi, la formazione delle colonne di due condotte accoppiate della lunghezza, in media, di m. 200 disposte sullo stesso piano. Il cantiere per l'attraversamento del passo di Ischia fu realizzato nel piazzale Aragonese ad Ischia Ponte (Fot. 32) e, poiché lo spazio disponibile era limitato dalla esistenza di abitazioni, la lunghezza delle colonne dovette essere ridotta ad 80 m.; il cantiere fu sviluppato in altezza e le colonne furono sistemate su una incastellatura a 4 piani. Di tutte le saldature, oltre 1.100, eseguite per formare le colonne e per giuntarle via via ai tronchi già varati, fu fatta sistematicamente la completa verifica con il metodo degli ultrasuoni e, saltuariamente, la radiografia a raggi « gamma » con isotopo Cesio 137.

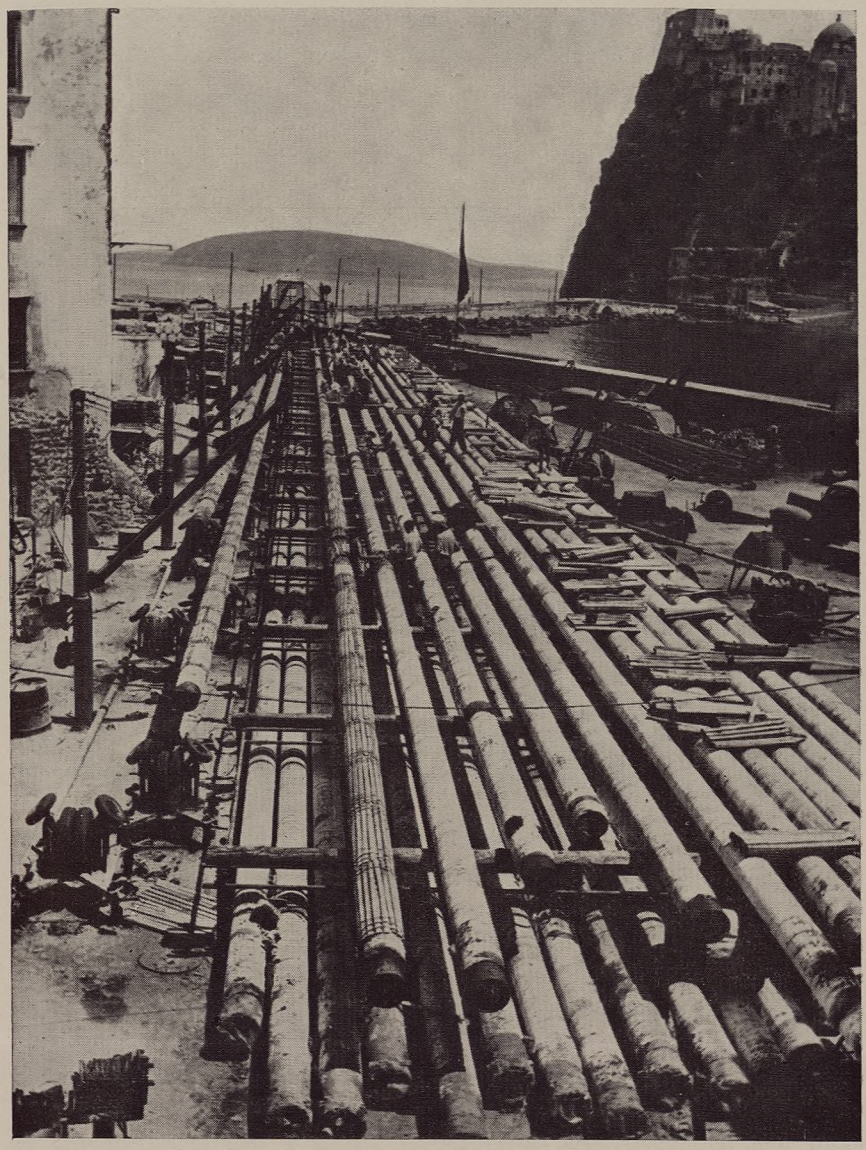
Dopo il ripristino dei rivestimenti interni ed esterni nella zona delle saldature ed il controllo rigoroso della perfetta continuità ed integrità di tutta la protezione esterna sia a vista che con rilevatori a scintilla del grado di isolamento, i tronchi vennero varati tirandoli a mezzo di un



Fot. 30 - Acquedotto campano: Pontone con escavatori al lavoro per lo scavo della trincea nel passo di Procida.



Fot. 31 - Acquedotto campano: Cantiere del Miliscola. Condotte pronte per il varo.



Fot. 32 - Acquedotto campano: Cantiere di Ischia Ponte. Condotte pronte per il varo.

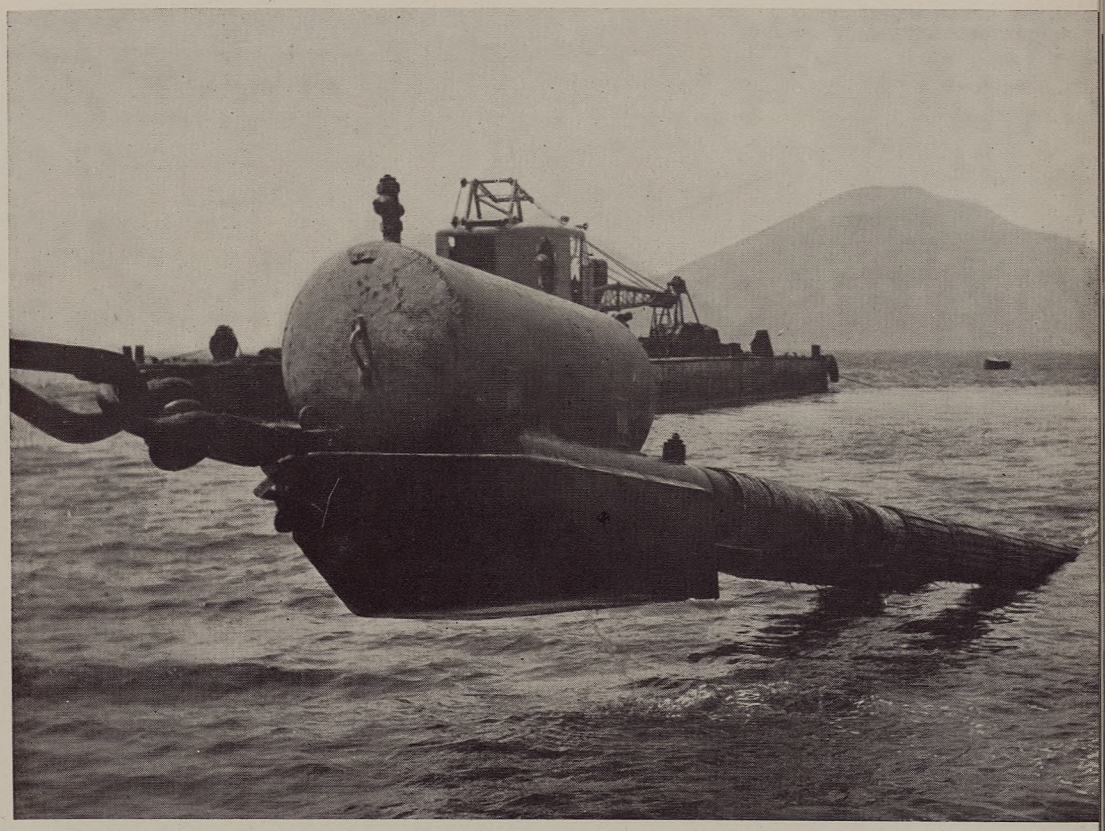
cavo d'acciaio preventivamente disteso nella trincea per tutta la lunghezza del passo e facente capo ad un grosso argano installato rispettivamente per il passo di Procida sulla sponda di Procida e per quello di Ischia sulla punta dell'Alaca a Vivaro (Fot. 33-34).

Durante la fase di avanzamento sul fondo, le condotte furono alleggerite con l'applicazione di grossi galleggianti aventi spinta fino a kg. 500 opportunamente distanziati e che furono sganciati da palombari non appena giunta sulla sponda opposta l'estremità delle condotte. La graduazione di questi alleggerimenti formò oggetto di attente valutazioni, specie nei riguardi dei pericoli delle azioni delle correnti sulle condotte in varo, e di prove nella fase iniziale del varo nel canale di Procida, mentre dispositivi di sicurezza erano stati previsti per appesantire istantaneamente, in casi di emergenza, il tronco immerso allagando una delle due condotte. Ogni fase del lavoro subacqueo, ed in particolare l'avanzamento delle condotte varate nella trincea sul fondo marino, è stata controllata da palombari e da tecnici sommozzatori (Fot. 35-37).

Arrestate le condotte nella loro posizione definitiva e fatte le previste prove di tenuta a pressione degli interi attraversamenti, si procedette al rinterro delle condotte entro le trincee di posa versando sabbia da superficie con apposite bette a tramoggia, ovvero, nei più elevati fondali, depositando nelle trincee sabbia prelevata dal fondo limitrofo con escavatori a benna installati sul pontone. Tutte le operazioni sono perfettamente riuscite; le misure ed i controlli effettuati in corso di esecuzione hanno indicato valori in piena rispondenza con quelli assunti in progetto, confermando le ipotesi fatte anche sugli elementi per i quali difettava qualsiasi precedente esperienza.

In particolare gli impianti di protezione catodica delle condotte sottomarine, subito posti in funzione hanno indicato assorbimenti di corrente estremamente bassi, dimostrando che sono state realizzate condizioni di isolamento superiori a quelle ottenute in qualsiasi esempio similare, e, quel che più conta, che tali condizioni si mantengono nel tempo; nel maggio 1960 le due condotte del passo di Procida assorbivano, con potenziale alla estremità di —0,95 V, complessivamente la corrente di 10 m.A, quelle del passo d'Ischia, con analogo potenziale di —0,86 V, complessivamente la corrente di 7,5 m.A. Per avere un'idea del significato di questi risultati basti rilevare che gli anzidetti assorbimenti di corrente sono dell'ordine di un millesimo di quelli usualmente ammessi per le condotte protette catodicamente.

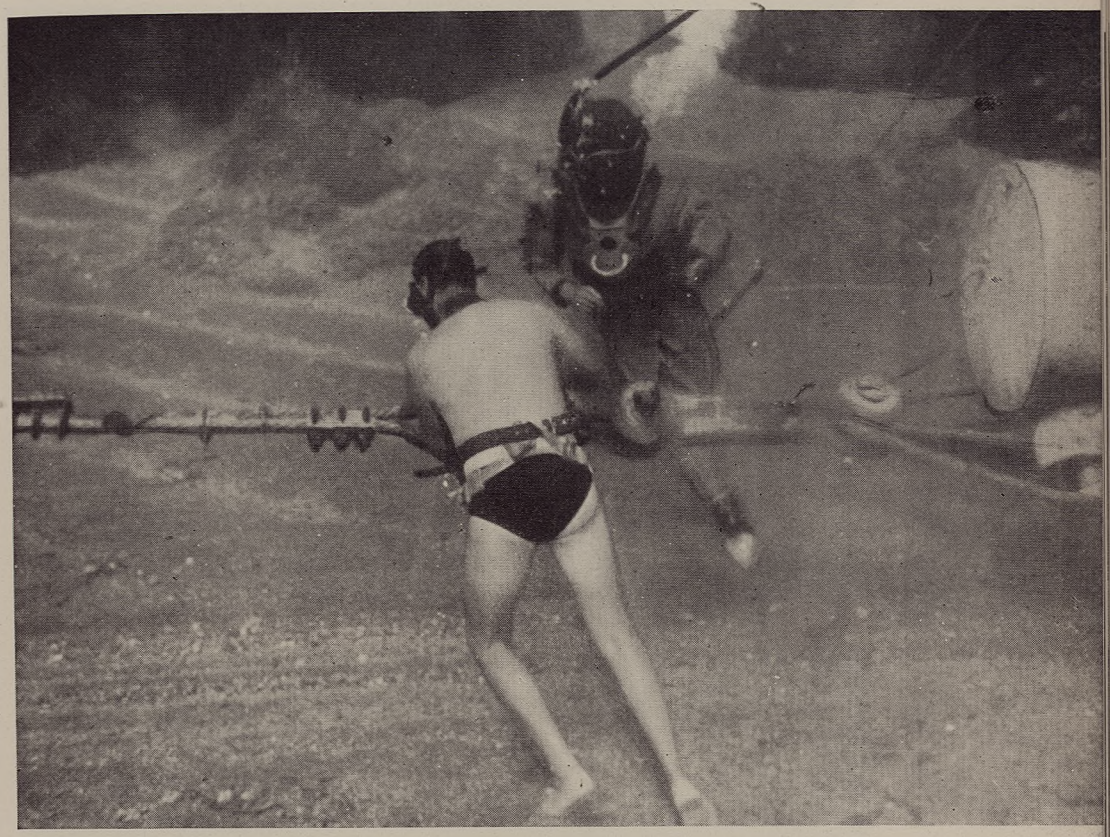
Il varo nel canale di Procida, durato 54 giorni in quanto ebbe a subire soste e rallentamenti per le condizioni del mare, fu ultimato il



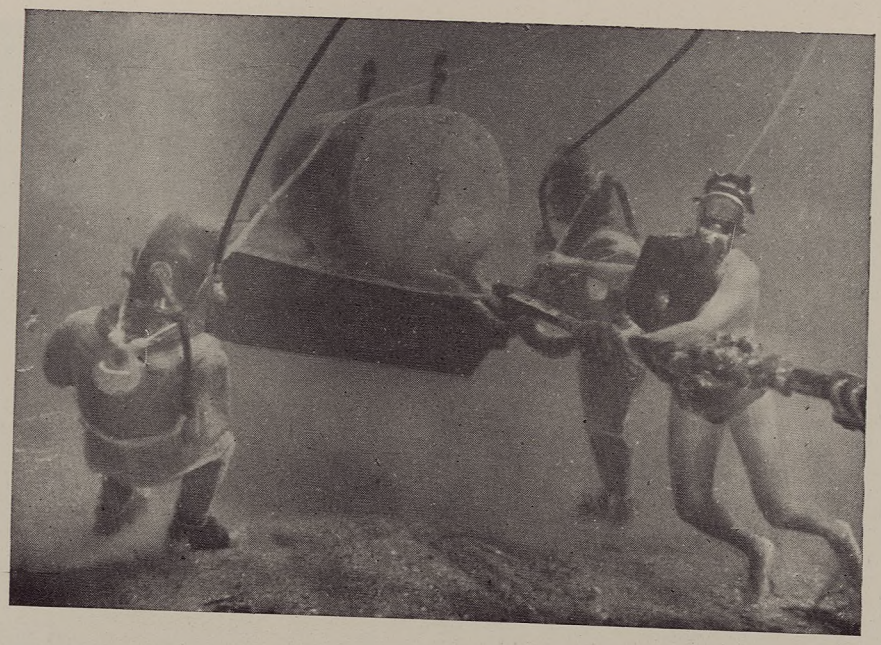
Fot. 33 - Acquedotto campano: La testa di tiro emerge dal mare presso Vivara.

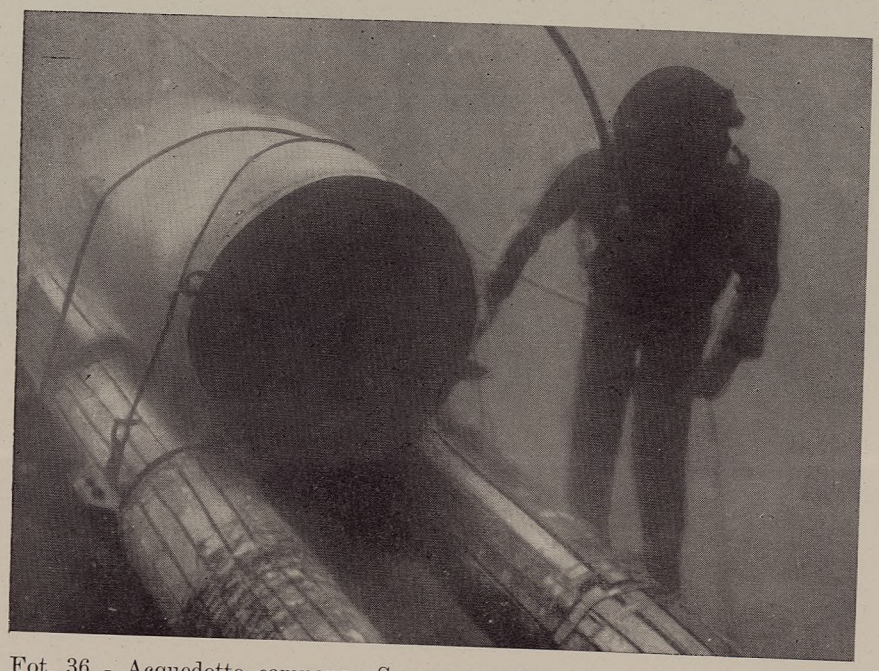


Fot. 34 - Acquedotto campano: Varo delle colonne da Ischia verso Vivara.



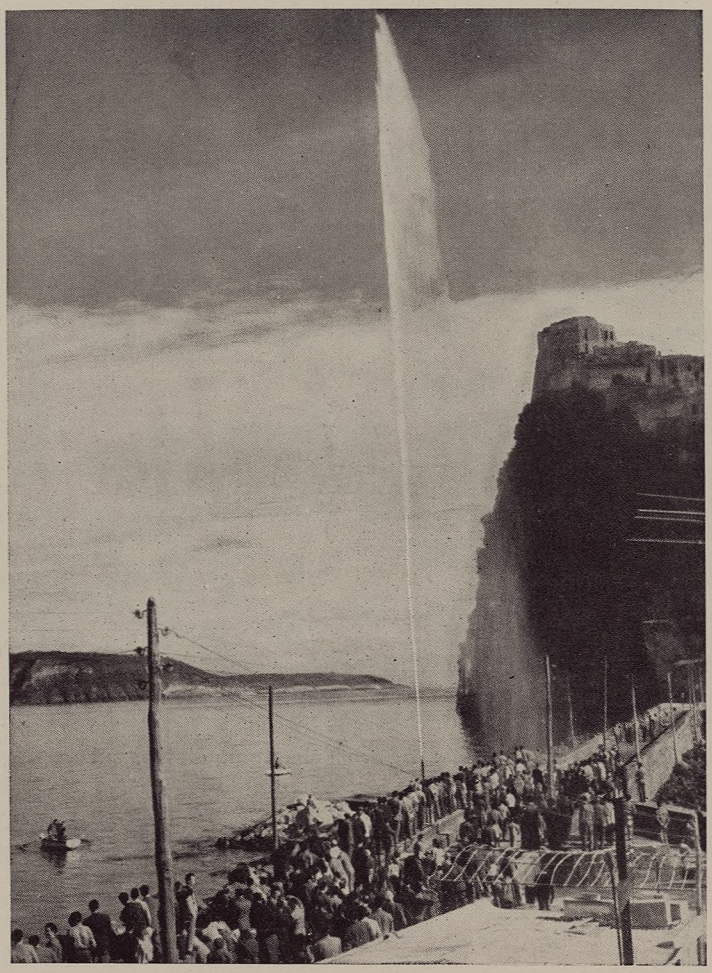
Fot. 35 - Acquedotto campano: Palombari e sommozzatori controllano l'avanzamento della testa di tiro entro la trincea nel fondo marino.





Fot. 36 - Acquedotto campano: Sommozzatori e palombari al lavoro presso la testa di tiro.

Fot. 37 - Acquedotto campano: Un palombaro ispeziona l'attacco di un cilindro di alleggerimento.



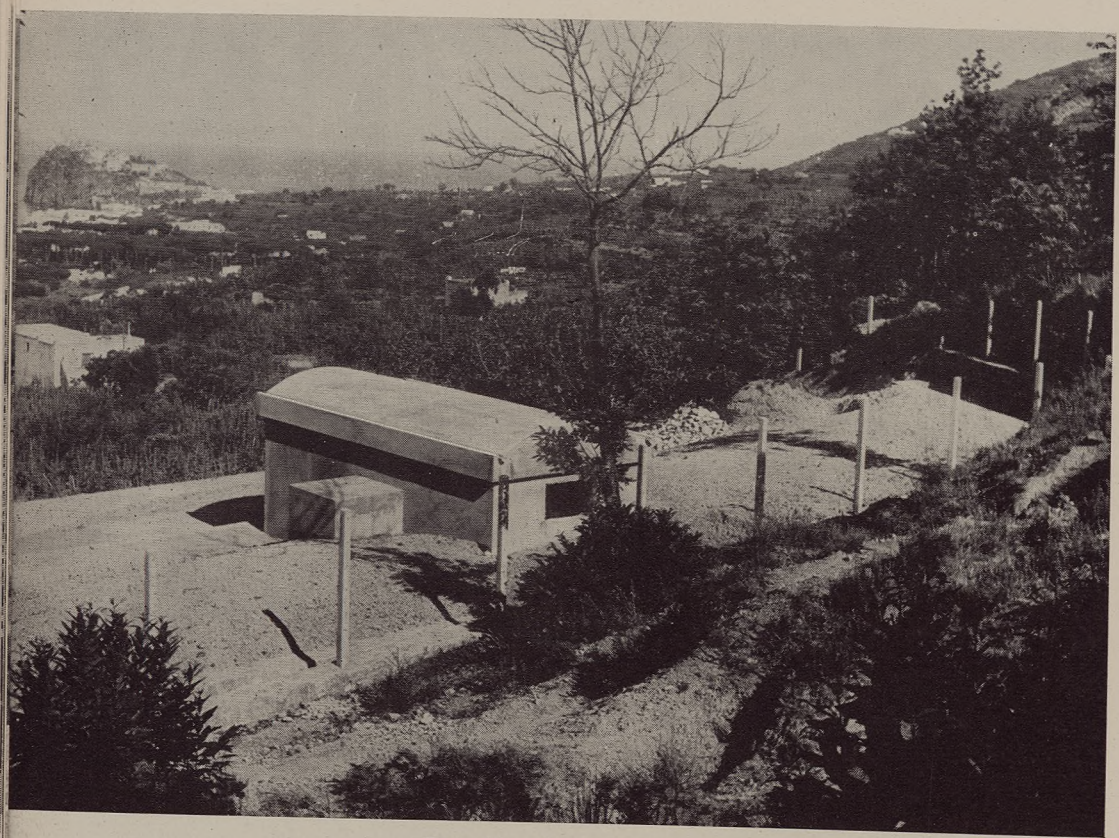
Fot. 38 - 9 novembre 1958. Un altissimo getto di acqua proveniente dal continente scaturisce a Ischia Ponte dal terminale dell'acquedotto sottomarino.



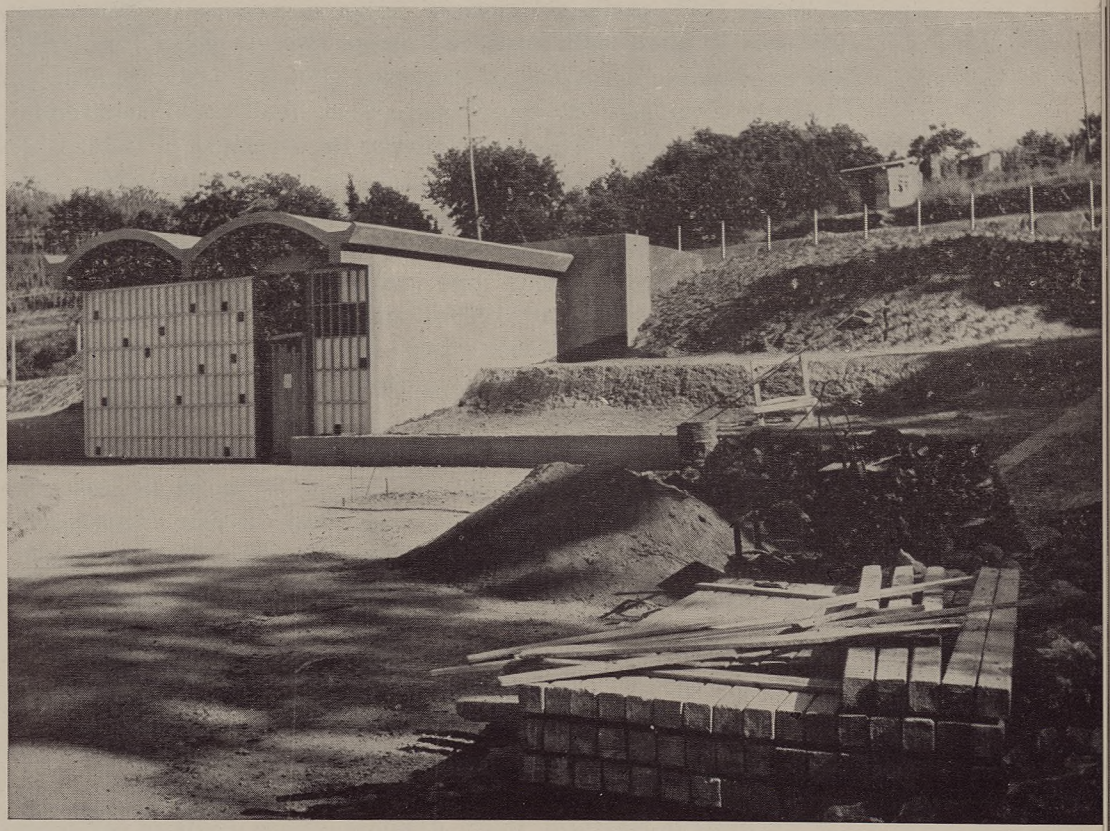
Fot. 39 - Acquedotto campano: Arrivo della testa di tiro sulla spiaggia di Sancio il Cattolico a Procida.



Fot. 40 - 28 marzo 1957. Due getti d'acqua zampillano sulla spiaggia di Procida dalla estremità delle due condotte sottomarine collegate al serbatoio di Bacoli.



Fot. 41 - Acquedotto campano: Serbatoio di Porto d'Ischia.



Fot. 42 - Acquedotto campano: Serbatoio di Porto d' Ischia.

17 marzo 1957; quello del passo di Ischia si concluse brillantemente, dopo solo 10 giorni dall' inizio, il 3 agosto 1958. Il giorno 9 novembre 1958 fu celebrato il compimento dell'opera (Fot. 38), inaugurandola con l'apertura di un getto di acqua di circa 40 m. di altezza al manufatto di arrivo della condotta sottomarina al piazzale Aragonese di Ischia e con la contemporanea attivazione di fontane nei comuni di Ischia, Casamicciola, Lacco Ameno e Forio (Fot. 39-40).

Il costo dei due attraversamenti sottomarini è risultato di circa 900 milioni di lire e vi sono state complessivamente impiegate 70.000 giornate-operaio delle quali 3.400 di palombari e sommozzatori. Tutte le opere principali per Procida e per i comuni di Ischia, Casamicciola, Lacco Ameno e Forio furono completate e messe in funzione tra il 1958 ed il 1959 (Fot. 37).

Sono ora in avanzato stadio di esecuzione i lavori per l'estensione della adduzione agli altri comuni dell' isola d' Ischia ed alle zone alte di Procida. Allorché sarà completo, il complesso di opere di acquedotto per le due isole, a partire dalla sua origine sul litorale flegreo, comporterà una spesa di circa due miliardi e mezzo (Fot. 41-42).

5. - Acquedotti del Molise

A) *Premessa.*

Fra tutte le regioni d' Italia, il Molise è forse quella in cui le condizioni naturali presentano le maggiori difficoltà alla risoluzione del problema dell'approvvigionamento idrico. Il suo territorio, orograficamente molto accidentato, è praticamente privo di manifestazioni sorgentizie utilmente distribuite, e le uniche scaturigini importanti sono concentrate al confine sud-occidentale della regione a quote inferiori a quelle della maggioranza dei comuni.

Quest'ultima circostanza, in particolare, ha escluso la possibilità di una soluzione generale con alimentazione a gravità; mentre tale alimentazione ha potuto essere realizzata solo in pochi casi e per isolate soluzioni locali di acquedotti minori.

All'atto in cui la « Cassa » iniziò la pianificazione per la normalizzazione idrica del Molise, secondo i dati del censimento ACIS del 1950, risultavano genericamente forniti di acqua da acquedotto 78 comuni su 136. In effetti, solo 11 comuni disponevano di risorse idriche adeguate e le relative opere di acquedotto esistenti erano tali, per dimen-

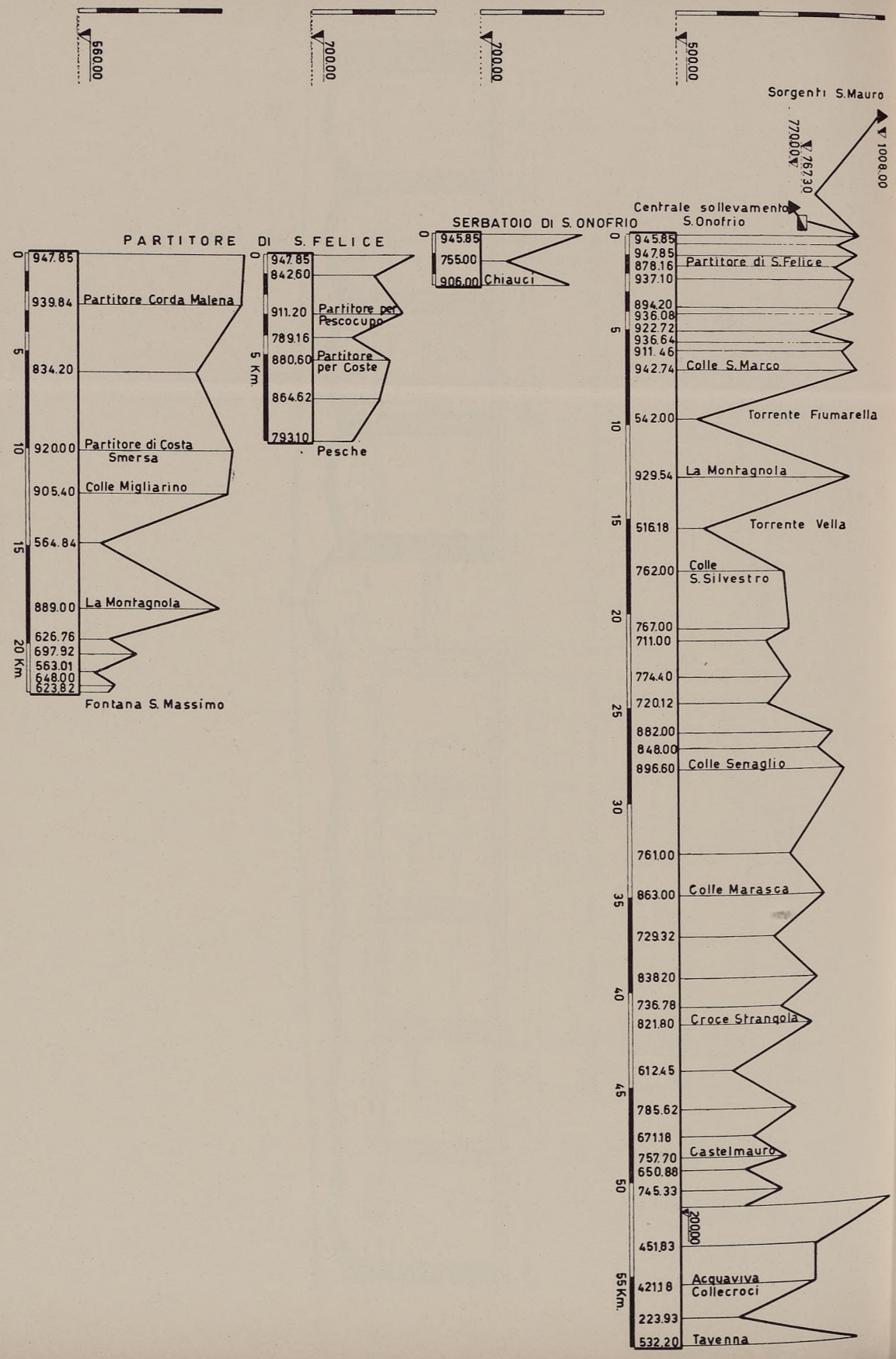


Grafico 25 - Acquedotto molisano sinistro: Profili longitudinali.

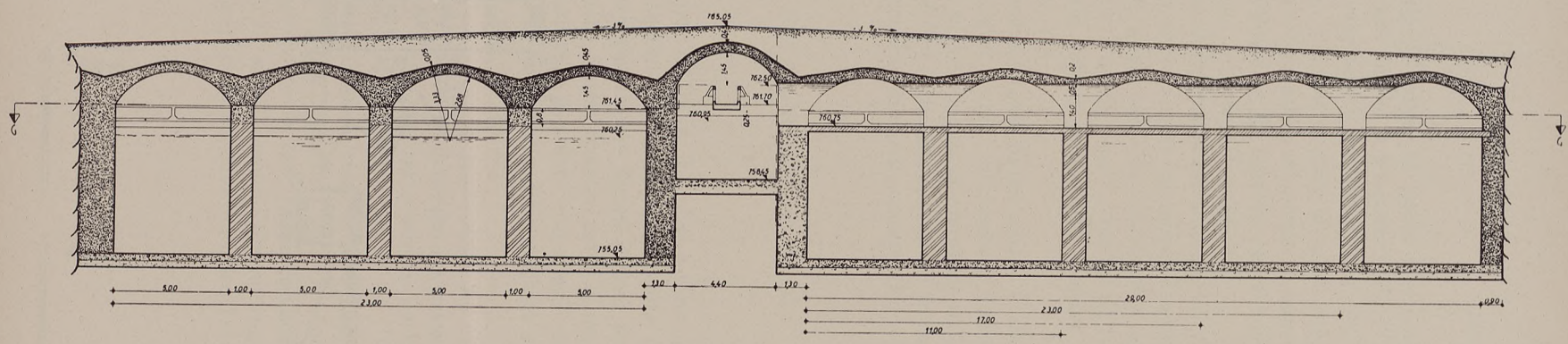


Grafico 26 - Acquedotto molisano destro: Serbatoio di Campobasso (capacità mc. 9.000). Sezione trasversale.

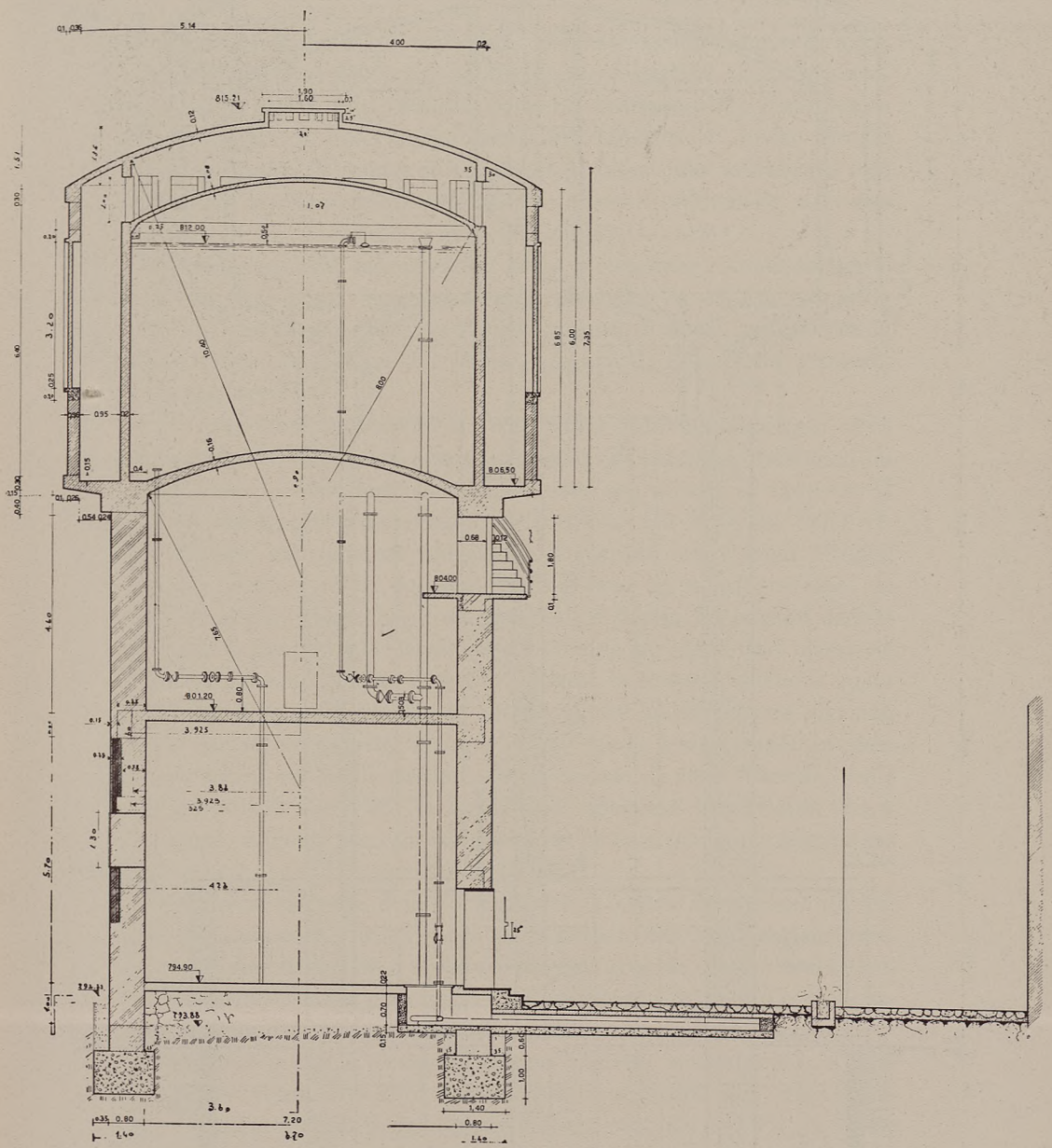


Grafico 27 - Acquedotto molisano destro:
Serbatoio sopraelevato di Oratino. Sezione trasversale.

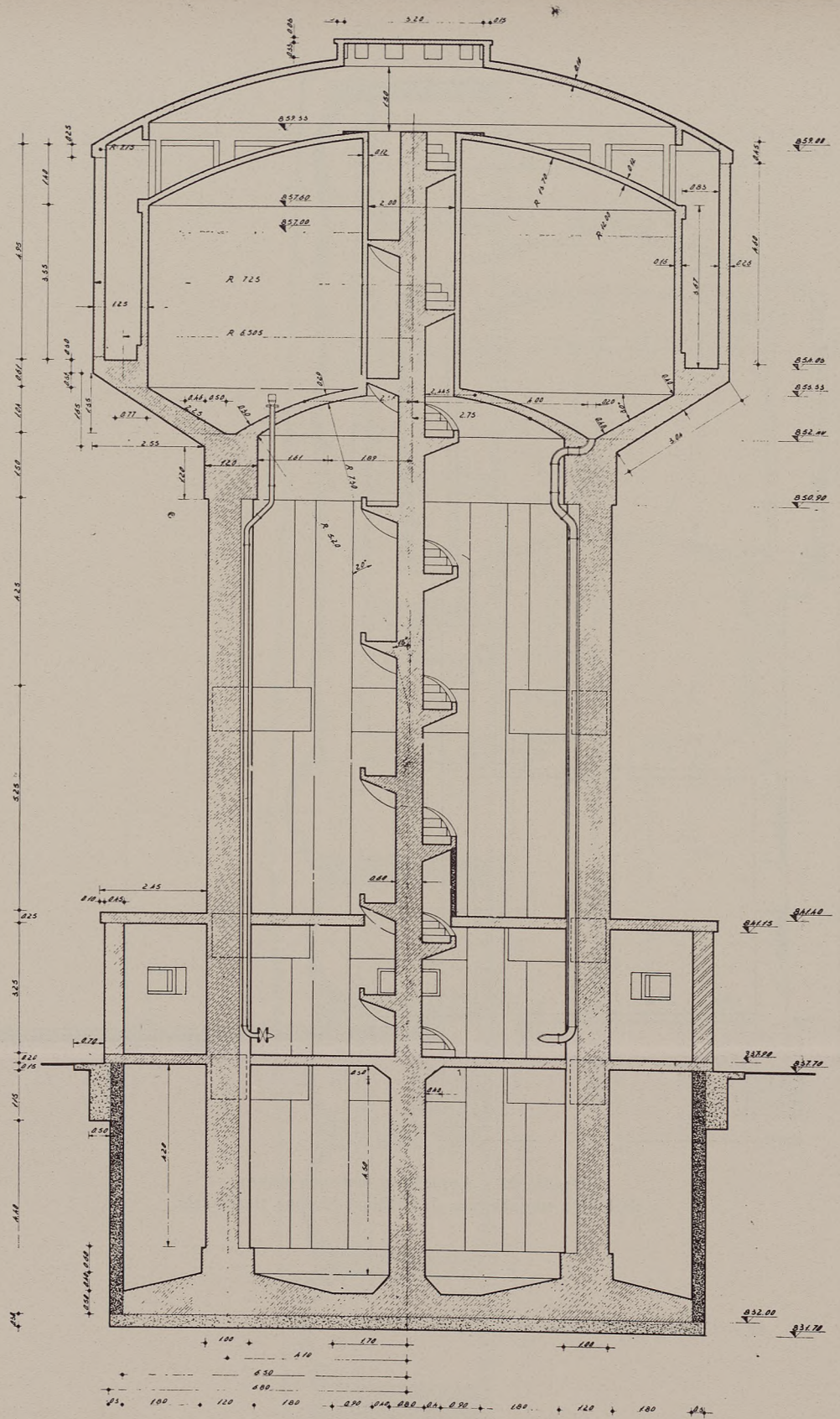


Grafico 28 - Acquedotto molisano destro:
Serbatoio sopraelevato di Morrone. Sezione trasversale.

sioni o stato di efficienza, da assicurare, per un congruo numero di anni, se non fino all'anno 2000, una soddisfacente copertura delle necessità idriche dei centri serviti. Risultò pertanto indispensabile l'intervento totale, comportante cioè la captazione e adduzione di nuove risorse idriche per mezzo di nuove opere, ovvero l'intervento indirizzato solo ad integrare le disponibilità idriche e le opere di adduzione, o le une o le altre, per un complesso di ben 125 comuni.

Un breve sguardo retrospettivo porta a ricordare l'interessamento di cui era già stato oggetto, ancora prima della istituzione della « Cassa », il problema dell'approvvigionamento di acqua potabile della maggior parte dei comuni del Molise, sforniti di acquedotto o insufficientemente serviti.

Nei venti anni precedenti al 1950 furono infatti prospettate varie soluzioni, alcune concretate anche in progetti di massima, nelle quali si consideravano le varie fonti di alimentazione soprattutto in rapporto al problema dell'approvvigionamento della parte più popolosa della regione cadente sul versante adriatico e compresa tra i fiumi Trigno, Biferno e Fortore. Tali soluzioni prendevano in considerazione: le sorgenti a quota elevata, ma a considerevole distanza dai comuni da servire, come il gruppo Rio Torto e delle Donne sgorganti dal massiccio del monte Meta nel bacino dell'alto Sangro; le sorgenti anche a quota elevata ma di limitata portata ed idonee quindi ad alimentare solo una parte di centri, come quelli di Capo Trigno presso Vastogirardi; la creazione di bacini artificiali mediante sbarramento di corsi d'acqua, come il Trigno presso Carovilli; le sorgenti di adeguata potenzialità ma a bassa quota, esigenti però un sollevamento iniziale per poter alimentare tutti i centri, come le sorgenti del Biferno.

Dalla diversa scelta delle fonti di alimentazione derivavano diversi sistemi di adduzione: unica condotta principale con ramificazioni; condotte multiple, unitarietà o suddivisione dell'area da servire con acquedotti da sorgenti basse e conseguente inserimento di un unico sollevamento iniziale o di più sollevamenti parziali.

Nel 1933 le varie soluzioni furono vagliate e comparate in una relazione del Genio Civile di Campobasso, a cura dell'ing. Emilio Valerio, e portate all'esame del Consiglio Superiore dei LL. PP., il quale espresse parere favorevole ad un insieme di progetti che prevedevano la utilizzazione della sorgente Majella (Biferno) le cui acque, sollevate da quota 500 m.l.m. a circa quota 1.000 m.l.m., sarebbero state immesse in una condotta dorsale a servizio dei comuni situati tra la destra del Biferno ed il Fortore, e la utilizzazione della sorgente S. Onofrio

tributaria del fiume Trigno le cui acque, sollevate da quota 780 m.l.m. a circa quota 950 m.l.m., avrebbero alimentato, mediante altra condotta dorsale, i comuni situati tra la sinistra del Biferno ed il Trigno.

Restarono così fissati i criteri di massima per l'alimentazione di una vasta zona del Molise mediante due distinti acquedotti che assunsero, fin da allora, le denominazioni di acquedotto in destra del fiume Biferno e di acquedotto in sinistra del fiume Biferno.

L' incarico del progetto e della direzione dei lavori dell'acquedotto in destra Biferno fu affidato al compianto prof. ing. Guido Nebbia, ordinario di Idraulica nell' Università di Napoli, e quello dell'acquedotto in sinistra Biferno all'ing. Nicola Zaccardi di Campobasso, riservando allo stesso prof. Nebbia la consulenza sull'intera opera. Scomparso il prof. Nebbia, quando ancora le progettazioni non erano state iniziate, gli successe nell'incarico per il progetto e la direzione lavori del ramo in destra Biferno il prof. ing. Giuseppe Pistilli dell'Università di Napoli, e nella consulenza dell'intera opera il prof. ing. Girolamo Ippolito, ordinario di Costruzioni Idrauliche nella stessa Università.

All'atto della istituzione della « Cassa » erano quindi in corso le progettazioni per i due principali acquedotti destinati alle zone sopra indicate del Molise. Per la restante parte della regione non vi erano importanti organiche progettazioni, se si esclude uno studio del Genio Civile per l'approvvigionamento idrico del Venafrano sul versante tirrenico della regione stessa.

Nel piano decennale della « Cassa » venne quindi previsto per il Molise un largo intervento finanziario (13.500 milioni di lire) destinato principalmente alla realizzazione dei due acquedotti molisani, destro e sinistro che, complessivamente, dovevano alimentare 82 comuni della provincia di Campobasso, mentre altri 6 comuni della zona sud-orientale del basso Larinese dovevano essere alimentati dall'acquedotto pugliese e 5 comuni della zona sud-occidentale dall'acquedotto Campate-Forme per un totale quindi di 93 comuni.

Un successivo notevole lavoro fu poi compiuto dalla « Cassa » per la revisione degli schemi dei suaccennati quattro acquedotti al fine di adeguarne la realizzazione a criteri della massima razionalità ed utilità pratica e soprattutto di massima economicità nel quadro dei fabbisogni dell'intera regione. Il risultato globale di questo intervento è degno di rilievo. Infatti, con modestissimo incremento dello stanziamento originario, è in fase finale di attuazione la normalizzazione dell'approvvigionamento idrico di tutti i comuni del Molise per un totale di 171 centri abitati; si è realizzato un altro acquedotto, quello delle sorgenti di Capodacqua e S. Angelo per 5 comuni e 4 centri dell'alto Molise, mentre

l'acquedotto delle sorgenti Campate è stato esteso ad altri 10 comuni del Molise e a 2 della provincia di Caserta per un totale di 30 centri, integrandone la portata con l'utilizzazione delle sorgenti Forme.

Infine, attraverso la costruzione di nuove opere e l'integrazione di quelle esistenti, si è provveduto a normalizzare, mediante soluzioni locali, l'alimentazione di altri centri nei comuni di Pescolanciano, Roccasicura, Cerro al Volturno, Forlì del Sannio, Montenero Val Cocchiara, Rionero Sannitico, Pescopennataro, S. Angelo del Pesco, Castel del Giudice, Montemitro, S. Felice del Molise, Longano, Baranello e Vinchiaturo.

Successivamente, poi, con variante studiata nel quadro del piano di normalizzazione dei comuni delle province di Avellino, Benevento e Foggia, ora in piena attuazione, l'acquedotto molisano di destra è stato ulteriormente esteso alla normalizzazione di ben 16 comuni del Sannio, 13 della Daunia e 4 dell' Irpinia. Inoltre, integrandone l'alimentazione con l'adduzione a gravità di sorgenti alte del Matese, sarà possibile ridurre considerevolmente il grave onere del sollevamento delle acque del Biferno, al quale peraltro si provvederà con l'energia prodotta nei salti dell'acquedotto campano secondo quanto previsto nel piano generale del Biferno di cui si è parlato.

L'acquedotto molisano sinistro, elevati da 41 a 46 i comuni inseriti nel suo schema, con la captazione di altro gruppo di sorgenti (S. Mauro), riceverà anch'esso una parziale integrazione a gravità.

È da rilevare che tali acquedotti sono stati dimensionati per il fabbisogno prevedibile all'anno 2000 sulla base di un coefficiente medio di incremento demografico dell'ordine del 30% rispetto al numero di abitanti del 1951 e con dotazioni da 80 a 160 litri per abitante e per giorno, a seconda dell'importanza del centro alimentato.

Alla determinazione del predetto tasso di incremento demografico si è giunti attraverso lo studio del movimento della popolazione negli ultimi cinquant'anni sfrondato dagli elementi perturbatori individuabili. Dai risultati così perequati, estrapolati all'anno 2000, si sono ottenute le presunte popolazioni a quell'epoca.

V'è da dire che, per la popolazione del Molise, lo studio interpretativo delle vicissitudini decorse nel cinquantennio esaminato, si è presentato arduo per molteplici cause. Ci si è trovati, infatti, di fronte ad un fenomeno di flessione che, dall'inizio del secolo fin verso al 1923, ha determinato uno spopolamento in quei territori al quale è seguita una lenta, ma abbastanza netta, ripresa, da porre, forse, in relazione alla campagna demografica negli anni 1920 e 1930. Questo spopolamento è certamente da attribuirsi al forte flusso migratorio verificatosi in Italia nei primi decenni del secolo, flusso al quale il Molise ha dato

rilevanti apporti ascrivibili alla povertà ed alla scarsità di risorse del territorio. Tale fenomeno ha diversamente inciso nei vari centri abitati sia in relazione alla relativa diversa ricchezza dei medesimi, sia per la correzione che vi ha apportato il diverso grado in cui alcuni centri hanno contemporaneamente risentito di fenomeni di urbanesimo. Questi ultimi movimenti di migrazione interna dalla campagna alla città hanno assunto, negli anni del recente dopoguerra, toni di forte incremento negli agglomerati urbani di una certa importanza (Campobasso, Isernia, Larino, Termoli ecc.) ed invece di modesto incremento nei centri minori.

Le previsioni sulla entità delle future popolazioni, per le varie zone, sono state fatte con criterio largamente cautelativo considerando le flessioni in diminuzione ed attribuendo tassi di incremento anche alle zone più colpite da esodo di popolazione, avendo ragione di ritenere che l'attuale esodo residuo abbia motivi transitori e quindi non destinati a permanere per effetto della sicura evoluzione agricola, industriale e sociale alla quale l'intera regione sarà certamente portata con l'insieme delle provvidenze in atto per il Mezzogiorno.

Le soluzioni circa le fonti di alimentazione con sollevamenti per notevoli prevalenze (circa m. 450 e 200 rispettivamente per i due principali acquedotti del Molise), lasciano certamente sorgere perplessità circa i gravissimi oneri di gestione di questi acquedotti in relazione anche alla povertà della economia delle zone utenti.

Tale problema ha trovato, peraltro, la migliore soluzione, come si è accennato, attraverso il coordinamento delle esigenze della Campania e del Molise nei riguardi della massima utilizzazione delle acque del Biferno, risultato del già descritto piano generale studiato dalla « Cassa » che, tra l'altro, ha posto in evidenza come l'integrale copertura autonoma dei rilevanti fabbisogni di energia per i sollevamenti degli acquedotti molisani (circa 30 milioni di kwh) trovi larga capienza nella produzione realizzabile attraverso il sistema dell'acquedotto campano.

B) *Acquedotto molisano sinistro.*

L'acquedotto molisano sinistro è stato realizzato in base a progetto definitivo studiato dagli organi tecnici della « Cassa ». Esso alimenta tutta la fascia del Molise racchiusa dai fiumi Trigno e Biferno, sviluppandosi lungo la linea di cresta dello spartiacque compreso tra gli anzidetti fiumi e, mediante due importanti diramazioni, si spinge ad alimentare i comuni a sud dalle sorgenti fino alle pendici del Matese (Fot. 43).



Fot. 43 - Acquedotto molisano sinistro: Fontana di Torella.

I comuni inseriti nello schema di tale acquedotto sono 48 per un totale di 94 centri con una popolazione prevista all'anno 2000 di 161.419 abitanti, contro i 124.958 abitanti rilevati dal censimento del 1951.

La progettazione e costruzione di tale acquedotto ha importato la soluzione di complessi problemi di ordine generale e particolare in relazione alla tormentata orografia della regione ed alla natura dei terreni interessati, che presentano frequenti fenomeni di instabilità. L'alimentazione principale dell'acquedotto è fornita dalle sorgenti S. Onofrio in agro di Chiauci, dalle quali è derivata, con opere di captazione a quota 770 m.l.m., la portata di 135 l./sec. Un impianto di sollevamento della prevalenza di m. 200 (centrale « Alfredo Scaglioni »), con una potenza installata di 600 kw, alimenta il serbatoio di testa dell'adduttrice principale dell'acquedotto che si sviluppa, grosso modo, dall'agro di Chiauci alle ultime propaggini del sub-Appennino in vista dell'Adriatico (Fot. 44-45).

Un'alimentazione integrativa a gravità, per una portata di circa 64 l./sec., derivata dalle sorgenti di S. Mauro a quota 1.000 m.l.m., viene addotta allo stesso serbatoio di testa, consentendo sensibili economie stagionali negli oneri di sollevamento.

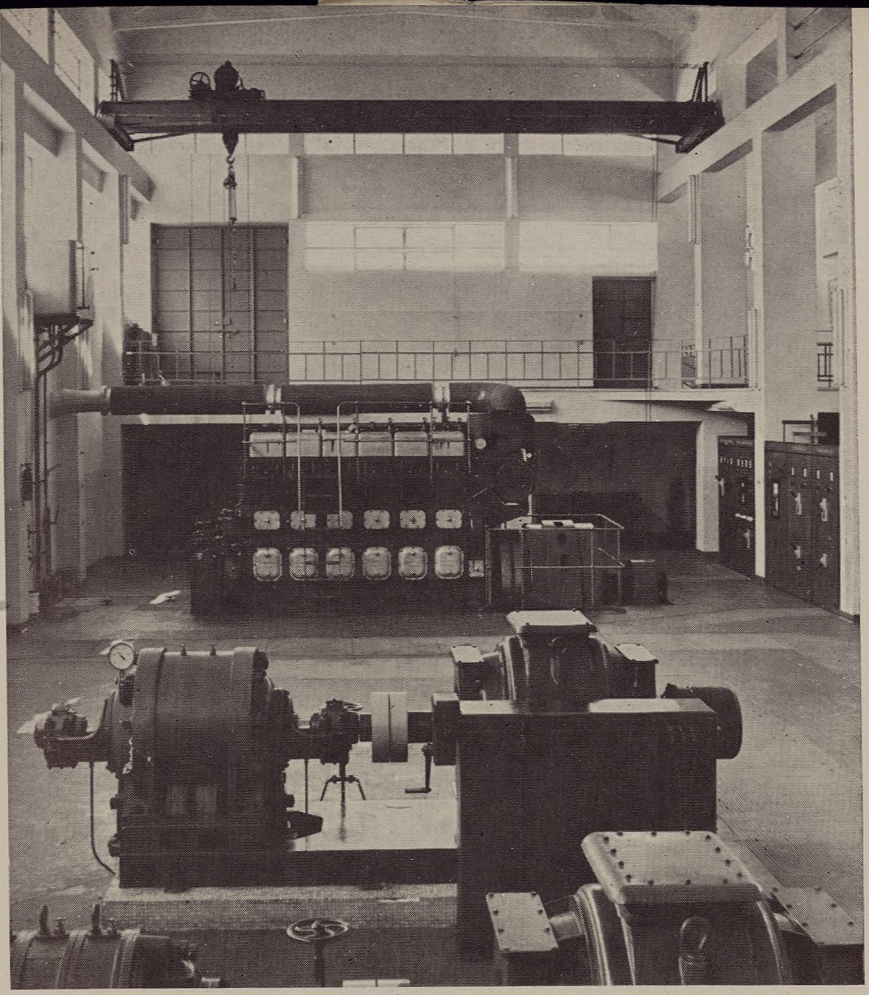
La scelta delle sorgenti S. Mauro, come risorse integrative a quelle di S. Onofrio, è risultata da lunghi anni di osservazione sui regimi delle acque di tutte le sorgenti della zona. Alla necessità dell'integrazione si è giunti confrontando le portate necessarie all'acquedotto molisano sinistro, con quelle di possibile eduzione dalle sorgenti S. Onofrio, entrambe riportate nelle tabelle 2 e 3.

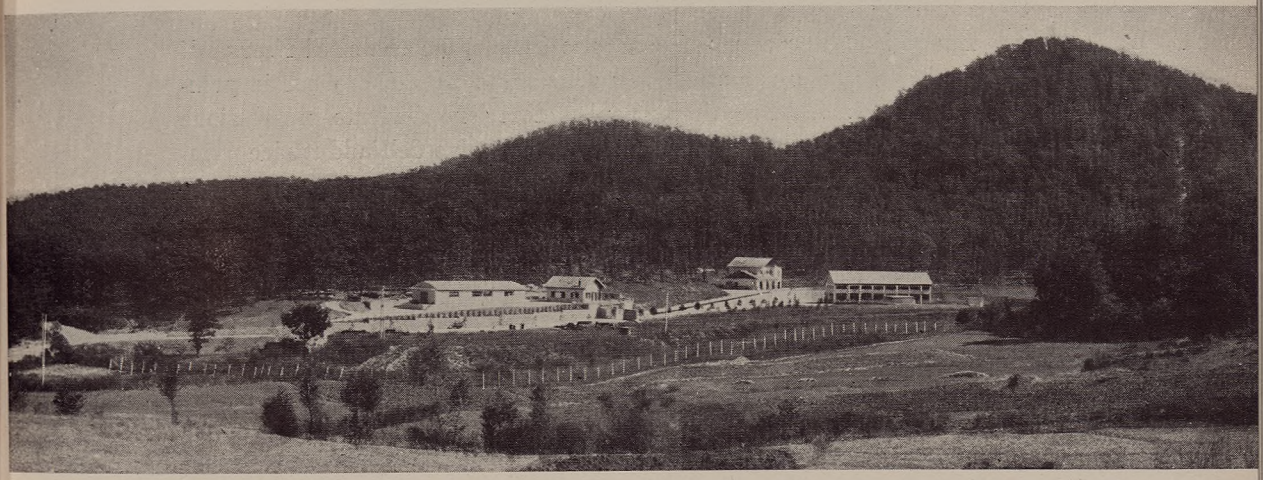
TAB. 2 — *Portate minime in l./sec. delle sorgenti S. Onofrio nel periodo dal 1932 al 1955 (valori medi).*

Mesi											
G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
124	145	123	184	139	157	134	107	110	101	85	101

TAB. 3 — *Fabbisogni mensili in l./sec. previsti per l'anno 2000.*

Mesi											
G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
100	100	105	105	167	135	146	146	129	117	105	100





Fot. 44 e 45 - Acquedotto molisano sinistro: Centrale di sollevamento « A. Scaglioni ».

L' integrazione minima, necessaria nei mesi da agosto a dicembre, a piena utilizzazione dell'acquedotto raggiunge i 40 l./sec. per il mese di agosto ed i 20 l./sec. per gli altri mesi.

Nella ricerca delle possibili fonti integrative, dopo aver scartato diverse scaturigini per molte ragioni non idonee, lo studio si è fermato alle sorgenti Pincio e S. Mauro, l'una più vicina, ma di quota tale da consentire l'adduzione solo alle vasche di riserva della centrale di sollevamento, l'altra più lontana, ma di quota tale da consentire l'adduzione a gravità direttamente al serbatoio di carico, eliminando così, per la quota parte di alimentazione integrativa, l'onere del sollevamento.

Il confronto economico delle due soluzioni, impostato capitalizzando sia l'energia necessaria per sollevare le acque della sorgente Pincio, che i maggior costi per il personale, quote di ammortamento e manutenzione, ha portato a scegliere l'impiego delle sorgenti S. Mauro, favorito anche in relazione alla possibile miglior soluzione del tracciato. Inoltre, mentre per le sorgenti S. Onofrio lo sfasamento tra le precipitazioni ed i tributi sorgentizi è di circa 5 mesi, per le sorgenti S. Mauro tale sfasamento è di soli 3 mesi, il che facilita la vicendevole integrazione ed inoltre — come si è accennato — consente, in alcuni periodi dell'anno, economie nella energia richiesta dall' impianto di sollevamento di S. Onofrio.

L'adduttrice principale dell'acquedotto molisano sinistro, salvo un primo tronco realizzato in condotta di cemento armato ordinario, prosegue con tubazione di acciaio saldato ed ha diametri decrescenti da 600 a 250 mm.

Lungo l'adduttrice principale sono inseriti 5 serbatoi di riserva di linea nei quali ha luogo anche la partizione a pelo libero per le principali diramazioni. Altre diramazioni minori sono derivate in pressione lungo i tronchi intermedi. Lo sviluppo complessivo dell'adduttrice principale e delle diramazioni raggiunge i km. 353.

Lo studio dei tracciati e la costruzione delle condotte in zone estremamente accidentate ed impervie ha richiesto notevole impegno tecnico ed organizzativo. Gli attraversamenti di alcune valli hanno comportato la realizzazione di sifoni con pressioni di esercizio superiori a 40 atm. e di notevoli opere d'arte per il superamento di corsi d'acqua a violento regime torrentizio. I serbatoi di riserva di linea e quelli di distribuzione dei singoli centri e gruppi di centri serviti sono in totale 65 con una capacità complessiva di mc. 45.000 circa. La spesa totale per la realizzazione del complesso ammonta a circa 5.060 milioni di lire.

A tutt'oggi sono stati eseguiti il 90% dei lavori, mentre i restanti



Fot. 46 - Acquedotto molisano sinistro: Serbatoio di Colle Rainone.

lavori sono in fase esecutiva. Sono state ultimate le opere di captazione e la centrale di sollevamento a S. Onofrio, la adduttrice principale, le diramazioni e le condotte di avvicinamento per un totale di 84 centri. Sono stati inoltre complessivamente posati km. 285 di condotte, dei quali km. 220 in acciaio, km. 45 in cemento amianto, km. 14 in ghisa e km. 7 in cemento armato. Sono stati ultimati tutti i serbatoi di linea con funzione prevalente di riserva, per complessivi mc. 24.000 e 52 serbatoi a servizio dei vari centri per la capacità complessiva di mc. 16.500.

Fra le opere accessorie sono stati costruiti km. 47 di strada di servizio, km. 60 di rete telefonica e 5 case cantoniere.

L'acquedotto è già parzialmente in esercizio; dei centri di cui si era previsto l'approvvigionamento, 80 sono già regolarmente alimentati con una popolazione complessiva di 70.000 abitanti; sono in corso, e ne è prevista l'ultimazione entro il 1962, i lavori per la costruzione dei serbatoi e diramazioni dall'adduttrice principale a servizio di tutti gli altri centri fino all'Adriatico, completando così l'intero programma di interventi ricadenti nel territorio di questo acquedotto.

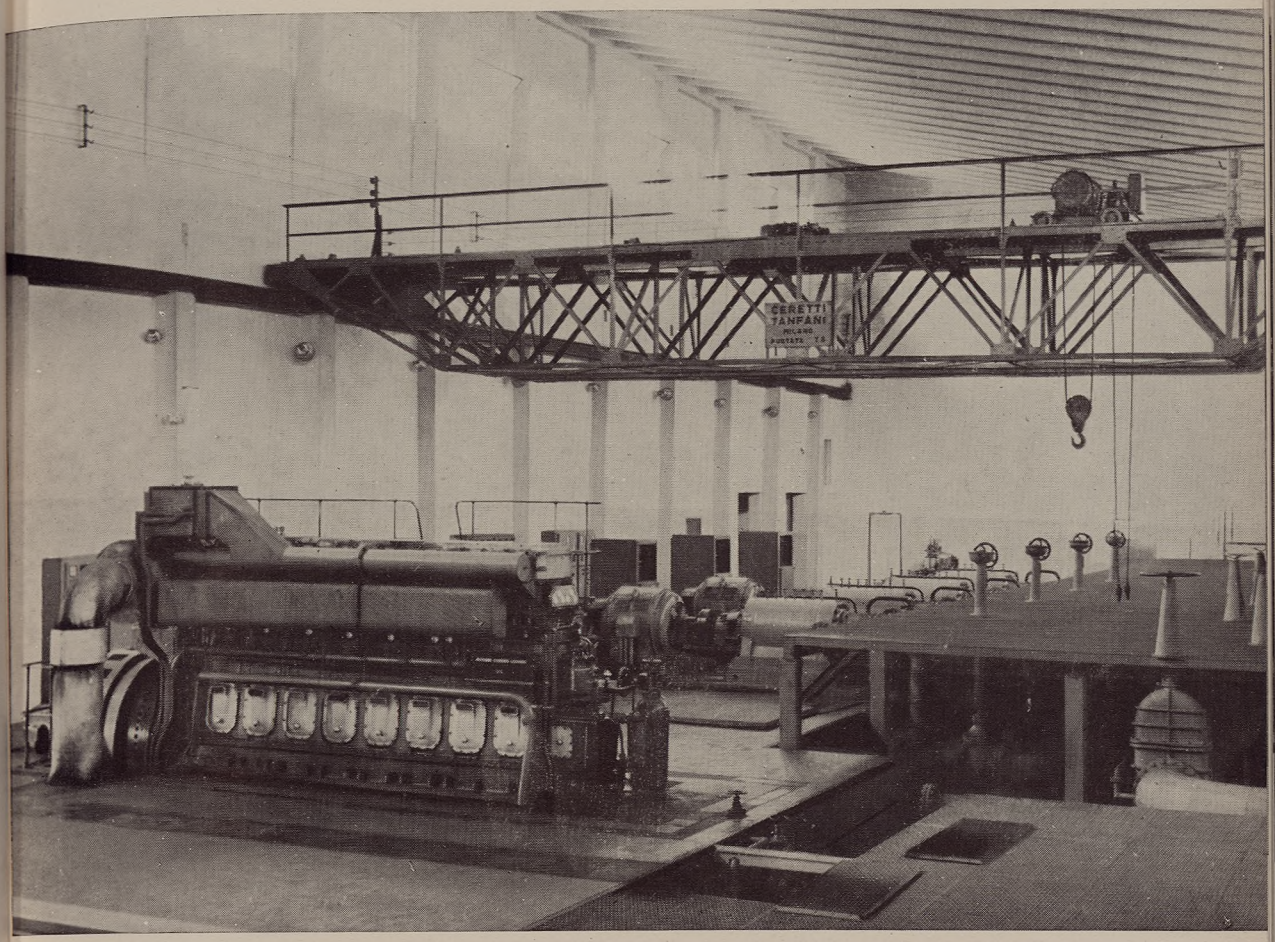
Si prevede che entro l'anno 1962 verranno inoltre ultimati i lavori di captazione dalle sorgenti S. Mauro destinate, come detto, ad integrare a gravità il fabbisogno dell'acquedotto.

C) *Acquedotto molisano destro.*

L'acquedotto molisano destro alimenta la zona del Molise compresa tra il fiume Biferno ed il Fortore nonché i comuni in destra del Fortore ed alcuni delle province di Avellino, Benevento e Foggia a sud del Fortore, zone limitrofe al Molise (Fot. 47-50).

La progettazione di massima ed esecutiva di tale acquedotto, come già ricordato, è del prof. ing. Giuseppe Pistilli, che presta altresì la sua consulenza agli uffici della « Cassa » nella direzione dei lavori. Successivamente gli organi tecnici della « Cassa » hanno sottoposto a rielaborazione parte dei progetti riguardanti il ramo più meridionale per includervi le opere relative all'alimentazione di comuni ricadenti in Daunia e nel Sannio, per i quali sono intervenute modifiche ed ampliamenti in correlazione ai piani generali di normalizzazione delle regioni limitrofe al Molise.

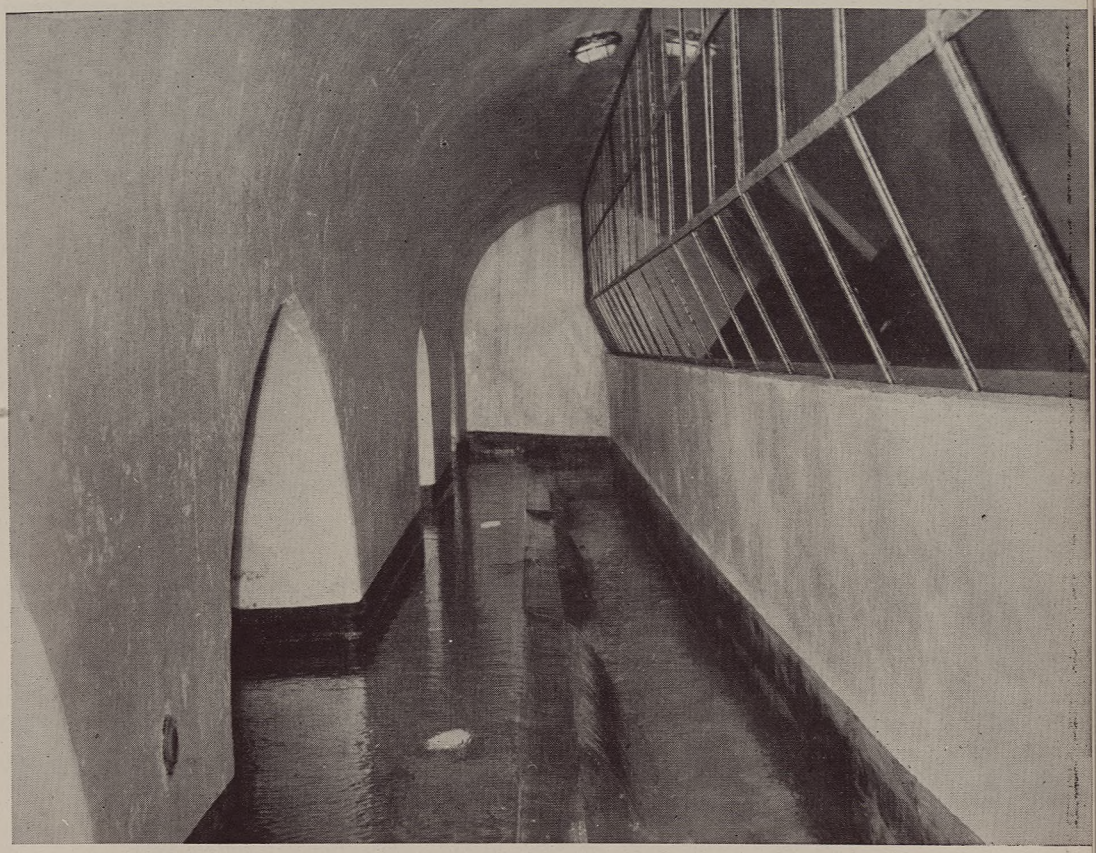
I comuni inseriti nello schema dell'acquedotto molisano destro erano inizialmente 47, portati poi a 69 con le varianti di cui si dirà appresso, per un totale di 82 centri con una popolazione prevista all'anno 2000 in 372.886 abitanti. Agli stessi centri il censimento del



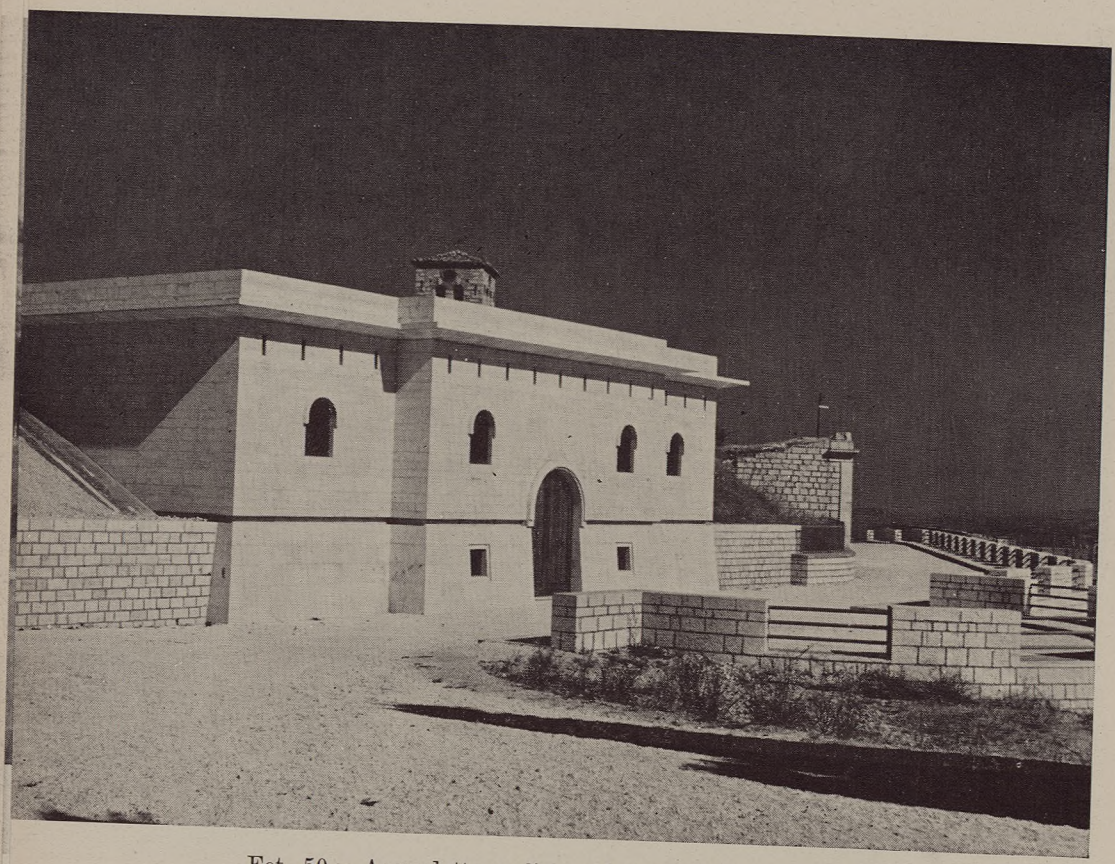
Fot. 47 - Acquedotto molisano destro: Centrale di sollevamento di S. Maria delle Macchie.



Fot. 48 - Acquedotto molisano destro: Centrale e sottostazione di S. Maria delle Macchie.



Fot. 49 - Acquedotto molisano destro: Sorgente Riofreddo.



Fot. 50 - Acquedotto molisano destro: Serbatoio di Campobasso.

1951 attribuiva 270.962 abitanti. Con le dotazioni assegnate e cioè da 80 a 160 litri per abitante e per giorno, a seconda dell'importanza dei centri serviti, è risultata necessaria una portata di 450 l./sec. La portata anzidetta, fornita per la maggior parte dalle sorgenti Rio Freddo, *caput fluminis* del Biferno, sgorganti a quota 514 m.l.m. ai piedi del massiccio del Matese, viene addotta a gravità, mediante una tubazione in cemento armato del diametro di 800 mm. e dello sviluppo di km. 5 circa, alla centrale di S. Maria delle Macchie.

La centrale, collegata ad una linea a 60 KV, è prevista per una potenza installata di 6.500 CV per l'alimentazione di sei gruppi elettropompe e dei servizi ausiliari. Un gruppo « Diesel » alternatore da 1.150 CV costituisce inoltre la riserva per far fronte agli eventuali fuori servizio della linea di alimentazione.

Nella prima fase di impianto sono stati installati quattro gruppi elettropompe ed i servizi ausiliari per una potenza di 4.400 CV. Le pompe da 860 CV asse ognuna, hanno prevalenza di 450 m. e alimentano, attraverso una condotta elevatoria di acciaio del diametro di mm. 450 e dello sviluppo di km. 7,3, il serbatoio di carico di Monteverde della capacità di 15.000 a quota 916 m.l.m.

Particolare rilievo hanno avuto nello studio e nella realizzazione dell'impianto i problemi relativi al moto vario, attesa la elevata prevalenza e lo sviluppo della condotta elevatoria fissato dalla impossibilità di ubicare a minore distanza il serbatoio di carico.

La soluzione adottata con l'impiego di casse d'aria con perdita di carico localizzata ha risolto in soddisfacenti termini tecnici ed economici il problema. Su questo impianto in esercizio il progettista prof. Pistilli ha avuto la possibilità di eseguire una serie di registrazioni dirette delle soprapressioni sia nelle casse d'aria che in condotta per manovre di stacco brusco del carico e diversi valori di regime della portata. Rilievi delle variazioni di pressione, eseguiti mediante cellule fotoelettriche collegate ad oscillografi registratori, hanno confermato pienamente le previsioni di calcolo, così come contemporanee registrazioni delle variazioni di temperatura dell'aria hanno convalidato le ipotesi poste a base del calcolo stesso.

Dal serbatoio di carico di Monteverde l'acquedotto si sviluppa con quattro rami principali dei quali quello più a nord segue lo spartiacque Biferno-Fortore, due rami minori alimentano rispettivamente Campobasso ed un gruppo di comuni lungo la valle del Teppino, ed infine il quarto, spingendosi verso sud-est, alimenta la zona del Molise compresa tra la valle del Fortore e le accennate zone delle province adiacenti.

Nel complesso di tali condotte, che raggiungeranno lo sviluppo di circa km. 455, sono intercalati 9 serbatoi partitori con riserva di linea della capacità complessiva di mc. 57.000; a questi si devono aggiungere 77 serbatoi di distribuzione a servizio diretto degli abitati, di cui 21 esistenti e 56 di nuova costruzione per complessivi mc. 34.000 circa.

Sono in corso i lavori per attuare la prevista captazione di un gruppo di sorgenti alte del massiccio del Matese negli agri di Sepino e Morcone e la loro adduzione a gravità allo stesso serbatoio di carico di Monteverde, nonché la estensione del ramo della valle del Fortore a tutta la provincia di Campobasso ed in parte a quelle di Benevento, Foggia ed Avellino. La portata di tali sorgenti alte, fortemente variabile stagionalmente, è integrativa di quella di Rio Freddo nei periodi di magra, mentre ne è sostitutiva per notevole parte nei periodi di morbida, consentendo quindi apprezzabili riduzioni nei fabbisogni annui di energia dalla centrale di sollevamento.

Degno di nota — al fine di realizzare la maggior economia possibile nell'esercizio, evitando sfiori d'acqua ai singoli serbatoi o partitori specialmente nel primo periodo nel quale le erogazioni dell'acquedotto sono sensibilmente inferiori a quelle di regime — è il sistema di regolazione al quale è assegnato il compito di trasferire al serbatoio di testa di Monteverde la modulazione della portata erogata dal complesso delle utenze. Una segnalazione continua trasmessa in centrale della situazione di invaso a Monteverde, consente poi la regolazione del funzionamento dell'impianto di sollevamento onde adeguarlo in ogni momento al fabbisogno. Tale segnalazione, che riveste carattere di particolare importanza specialmente in relazione all'adduzione al serbatoio di Monteverde della portata integrativa a gravità, è stata risolta con un sistema di modernissima concezione. Il livello dell'acqua nelle due vasche del serbatoio di carico viene rilevato da un sistema potenziometrico brevettato, il quale consente una sensibilità molto spinta ed evita tutti gli errori dovuti ai giochi e slittamenti che si verificano nei tipi di uso comune. L'escursione di livello in ciascuna vasca modula la frequenza di due trasmettitori le cui tensioni, così modulate, vengono iniettate, attraverso speciali filtri passa-basso, sulla linea telefonica che collega il serbatoio di carico alla centrale senza peraltro interferire con il servizio telefonico. Nella centrale è installato un complesso ricevente che, per mezzo di un discriminatore, separa i due segnali e li riconverte nelle indicazioni dei livelli esistenti nel serbatoio di carico. Il sistema di ricezione è completato da un dispositivo di allarme di massimo livello, registrabile in dipendenza del servizio assegnato alla centrale in funzione

soprattutto delle variabili disponibilità dell'integrazione a gravità. L'apparecchiatura che è completamente transistorizzata, ed ha quindi un consumo ridottissimo di energia, dispone pure di un dispositivo automatico per la segnalazione di guasti sia in linea che nei complessi elettronici.

La spesa totale prevista per la realizzazione di tutto il complesso del molisano destro ammonta a circa 10 miliardi. A tutt'oggi sono stati ultimati lavori per 7 miliardi mentre lavori per 3 miliardi sono stati già appaltati e sono in fase esecutiva. È stata ultimata l'adduttrice principale, tutte le diramazioni, serbatoi e condotte di avvicinamento dei rami lungo lo spartiacque Biferno-Fortore fino a Larino, del ramo per Campobasso e di quelli della valle del Tappino.

Sono in corso di costruzione adduttrici principali, diramazioni, serbatoi e condotte di avvicinamento del ramo della valle del Fortore oltre il confine della provincia.

Sono state complessivamente posate condotte per km. 330 e ne sono in costruzione per altri km. 94; le condotte posate sono km. 268 in acciaio, km. 37 in ghisa e km. 33 in cemento armato.

Sono stati costruiti 7 serbatoi di linea con funzione prevalentemente di riserva per complessivi mc. 49.000 e 44 serbatoi a servizio dei vari comuni per la capacità complessiva di mc. 25.000.

I lotti in corso di costruzione comprendono 14 serbatoi per altri mc. 27.000 di capacità.

Fra le opere accessorie sono da ricordare le strade di servizio per uno sviluppo complessivo di km. 59, tutte già costruite, la rete telefonica per km. 144 e 13 case cantoniere.

L'acquedotto è già in gran parte in esercizio; dei 73 centri previsti da approvvigionare 31 sono già regolarmente alimentati con una popolazione complessiva di 107.000 abitanti.

III

ZONA IRPINO-SANNITA E NORD-CASERTANA

1. - Generalità

La delimitazione di questa zona, come è stato già sinteticamente accennato nel capitolo I, è stata attuata a seguito del completamento degli studi di normalizzazione, che hanno portato a definire l'estensione delle zone di servizio del sistema dell'acquedotto campano, degli acquedotti del Molise e dell'acquedotto pugliese. Essa non è pertanto costituita da un territorio immediatamente individuabile in base alle sue caratteristiche geografiche ed alle esistenti suddivisioni amministrative, bensì dall'insieme di vari comprensori contigui di minore estensione per i quali, a seguito degli studi di cui si è detto, sono risultate tecnicamente ed economicamente preferibili soluzioni di acquedotti distinti dai tre complessi maggiori su citati, che circoscrivono sostanzialmente la zona stessa.

Per accennare brevemente alle caratteristiche della zona in esame può dirsi che dal punto di vista oro-idrografico sussistono condizioni di notevole accidentalità, essendo la superficie inclusa, per lo più montuosa e collinosa, solcata da numerosi corsi d'acqua a regime prevalentemente torrentizio. Le catene montuose si sviluppano per lo più in direzione da nord-ovest a sud-est, pressoché parallele alla costa tirrenica, sia nei massicci appenninici che nei rilievi preappenninici; perpendicolare all'andamento generale il massiccio del Massico, che raggiunge il litorale distaccandosi dalla zona vulcanica di Roccamonfina. Dal punto di vista geologico può dirsi che sono presenti praticamente tutti i tipi di terreni a partire dal Secondario, con prevalenza del Cretaceo superiore, che con i calcari domina nelle zone montuose, dell' Eocene inferiore e superiore, con gli scisti argillosi e calcarei, le argille scagliose, i calcari marnosi ecc., e minori estensioni del Miocene, del Pliocene e del Quaternario; presenti pure le lave, in particolare intorno al vulcano spento di Roccamonfina ed i tufi di varie qualità. Particolare importanza, dal

punto di vista dell'idrologia sotterranea, hanno i massicci del Matese e dell'Acellica, ai cui piedi scaturiscono importanti e numerose sorgenti; le sorgenti *caput fluminis* del Biferno e del Torano dal primo, quelle del Sele, del Calore, del Tusciano e del Sabato dal secondo.

Prima di procedere alla descrizione dei complessi di acquedotti esistenti, costruiti, in costruzione e previsti di costruire nella zona irpino-sannita e nord-casertana, giova accennare brevemente ai laboriosi e difficili studi condotti per giungere alla definizione delle opere da includere nei programmi di attuazione.

I piani di normalizzazione di acquedotti studiati sono due: quello del Sannio e dell' Irpinia, redatto nel 1955 ed interessante l'intero territorio amministrativo delle province di Benevento ed Avellino oltre a 3 comuni della provincia di Caserta, 2 di Napoli, 9 di Campobasso e 19 di Foggia, per un totale di 230 comuni; quello della zona settentrionale della provincia di Caserta, redatto nel 1958, interessante 29 comuni di Terra di Lavoro. Gli studi relativi, aventi come premesse il piano regolatore degli acquedotti redatto dall'apposita Commissione di studi del Ministero dei Lavori Pubblici nel 1952, hanno comportato accurate indagini sullo stato di fatto dell'alimentazione idrica, con riguardo sia alle opere di adduzione sia a quelle di distribuzione, e sulla disponibilità delle risorse idriche locali, per il cui accertamento sono state controllate oltre 1.000 sorgenti, proseguendo poi alla misurazione sistematica per vari anni di circa 300 di esse che, dalle prime indagini, erano risultate passibili di favorevole utilizzazione.

La determinazione dei fabbisogni idrici futuri per i comuni inclusi nei piani è stata effettuata, come di consueto, istituendo calcoli di previsione delle popolazioni che all'anno 2000 saranno presumibilmente insediate nelle zone considerate, con riferimento a tutti i dati statistici rilevati nei censimenti, da quello del 1861 a quello del 1951, ed assegnando alle popolazioni così calcolate le seguenti dotazioni individuali per il giorno dei massimi consumi:

— per i centri dei comuni capoluogo di provincia (popolazione inferiore a 100.000 abitanti)	150	l./ab./giorno
— per i centri con popolazione superiore a 10.000 abitanti	120	»
— per i centri con popolazione compresa tra 10.000 e 5.000 abitanti	100	»
— per i centri con popolazione compresa tra 5.000 e 500 abitanti	80	»
— per i centri con popolazione inferiore a 500 abitanti e per i nuclei abitati	60	»
— per gli abitanti delle case sparse	40	»

Gli elementi raccolti con il ponderoso e complesso lavoro preparatorio sopra sinteticamente accennato sono serviti di base alla elaborazione dei vari schemi di soluzioni acquedottistiche possibili, dai quali, sulla base di accurate valutazioni comparative condotte sotto il profilo sia tecnico che economico, si è passati alla pianificazione definitiva. I risultati di detta pianificazione possono essere chiariti dalle seguenti brevi note:

— su 259 comuni complessivamente presi in esame nei piani degli acquedotti del Sannio e Irpinia e del nord-Casertano, è risultato necessario prevedere opere di normalizzazione per ben 254 di essi; di detti comuni, 78 sono stati inclusi nelle zone di servizio dell'acquedotto campano e degli acquedotti del Molise, 9 in quella dell'acquedotto pugliese, 1 in quella degli acquedotti del Lazio;

— l'importo complessivo delle opere previste nei due piani è stato stimato in 13 miliardi e 400 milioni di lire; di detto importo un'aliquota pari a 5 miliardi e 250 milioni compete alle opere relative ai comuni inclusi, come detto sopra, nelle zone di servizio degli acquedotti campano, molisani e pugliese.

In definitiva, pertanto, la zona irpino-sannita e nord-casertana, di cui si riferisce, comprende 166 comuni, dei quali 20 in provincia di Caserta, 97 in quella di Avellino, 47 in quella di Benevento e 2 in quella di Napoli, per la cui normalizzazione è stata valutata una spesa complessiva, integralmente stanziata, di 8 miliardi e 150 milioni di lire.

Per passare ora ad una sia pur rapida descrizione delle opere previste, rimandando per l'esame dei dati numerici alle apposite tabelle riassuntive allegate, conviene iniziare dal settore nord-casertano per proseguire poi con l'esposizione dei dati interessanti le province di Avellino e Benevento.

All'estremità occidentale del settore nord-casertano è il massiccio vulcanico di Roccamonfina, culminante nel monte S. Croce, sulle cui pendici, dalle quali sgorgano numerose, sia pur non cospicue, acque sorgentizie, sono ubicati 8 comuni (Sessa Aurunca, Roccamonfina, Conca Campania, Caianello, Marzano Appio, Tora e Piccilli, Galluccio e Teano) con popolazione suddivisa in un notevole numero di centri abitati medi e piccoli, pari a 159. Per i primi sette di detti comuni, unitamente al Comune di Presenzano, situato sulle pendici meridionali del monte Cesima di fronte al versante settentrionale del monte S. Croce, è in corso di completamento la costruzione dell'acquedotto dalle sorgenti di Roccamonfina, di cui si tratta in dettaglio al paragrafo 4. Per l'ottavo comune, Teano, è previsto di intervenire per la sistemazione dei suoi due

acquedotti, alimentanti rispettivamente il centro comunale e i numerosi centri abitati delle 12 frazioni dipendenti; di particolare interesse le gallerie costituenti le opere di captazione delle sorgenti Casi e Tuoro dell'acquedotto del centro comunale, la cui costruzione risale all'epoca antico-romana ed alle quali sono in corso lavori di parziale sistemazione del terreno sovrastante i pozzi di areazione. Con un acquedotto isolato da sorgente locale viene servito il comune di Rocchetta e Croce, ubicato sulle pendici occidentali di monte Maggiore, fronteggianti, oltre la valle del Savone, il versante orientale della zona di Roccamonfina.

Procedendo verso oriente, sulle pendici sud-occidentali del massiccio del Matese acquedotti isolati da risorse locali sono previsti per i comuni di Valle Agricola, S. Gregorio Matese, Castello d'Alife e Gioia Sannitica. Con un nuovo acquedotto da una sorgente del fiume Lete — con integrazione da risorse locali già oggi in parte utilizzate per approvvigionamento idrico — si provvede alla normalizzazione del rifornimento potabile di Gallo, Fontegreca, Ciorlano, Capriati a Volturno e Prata Sannita.

Proseguendo nella descrizione sommaria nel senso ovest-est, sulle propaggini meridionali del Matese, nella zona in destra del fiume Calore compresa fra i torrenti Titerno e Lenta, l'utilizzazione di una parte delle numerose sorgenti di modesta entità ivi scaturenti ha consentito di prevedere, ed in parte già di realizzare, la sistemazione isolata degli acquedotti di Cusano Mutri, della sua frazione Civitella Licinia, di Pietraroia, di Casalduni e di Ponte.

Con acquedotto consorziale alimentato da acque di sorgenti del bacino del Titerno — l'acquedotto dalle sorgenti di Cerreto Sannita — saranno normalizzati i comuni di Cerreto Sannita, S. Lorenzello, Faicchio e Castelvenere, dei quali i primi tre sono insufficientemente serviti da opere esistenti in precarie condizioni di esercizio, utilizzanti le acque di parte delle sorgenti previste nel nuovo schema, ed il quarto è privo di acquedotto. Un nuovo acquedotto dalle sorgenti dell'alta valle della Lenta — l'acquedotto della Lenta, in avanzato stato di esecuzione — integrerà, normalizzandolo, l'approvvigionamento idrico di San Lupo, S. Lorenzo Maggiore e Guardia Sanframondi e servirà inoltre le borgate montane di Pontelandolfo.

A sud del settore di cui sopra la zona del monte Taburno, pressoché delimitata da un tratto del corso medio del fiume Volturno, dal basso corso del fiume Calore fino alla confluenza del torrente Corvo, dai corsi di quest'ultimo e del torrente Isclero e dalla serie di alture chiudenti a nord la Terra di Lavoro, dalle Forche Caudine ai monti di Castel-

morrone. Per i comuni disposti alla estremità nord-occidentale di questo territorio è già intervenuta la costruzione di una diramazione dell'acquedotto campano per Dugenta, Melizzano e Solopaca, consentendo di prevedere l'utilizzazione delle acque dell'esistente acquedotto comunale di quest'ultimo per integrare l'alimentazione del Comune di Frasso Telesino, ubicato più a monte di Solopaca rispetto al tracciato dell'acquedotto. Per gli altri 17 comuni sono stati redatti i progetti di massima di due acquedotti a vasto raggio. Il primo, già approvato, per l'acquedotto del Taburno, che, convogliando sorgenti locali già oggi utilizzate fra le quali più importanti le sorgenti della Jenga di Prata di un acquedotto comunale di Benevento [1], provvederà alla razionale e completa sistemazione dei servizi di approvvigionamento idrico di 9 comuni, ubicati sui versanti orientale e settentrionale del massiccio: Apollosa, Tocco Caudio, Campoli del monte Taburno, Castelpoto, Cautano, Foglianise, Vitulano, Torrecuso e Paupisi. Il secondo normalizzerà, con un nuovo acquedotto alimentato dalle sorgenti del Fizzo e integrato da risorse locali già in atto utilizzate, gli 8 comuni disposti alle estremità meridionale ed occidentale della zona: Montesarchio, Bonea, Bucciano, Airola, Moiano, S. Agata dei Goti, Valle di Maddaloni e Durazzano. Per quest'ultimo comune sono già state realizzate le opere diramate, con alimentazione provvisoria dal canale settecentesco adducente le acque del Fizzo alle cascate del Palazzo Reale di Caserta.

Ritornando in destra del fiume Calore e riprendendo le mosse dal corso del torrente Lenta verso oriente, con il nuovo acquedotto dalle sorgenti del gruppo di Grotte è previsto di sistemare le opere di alimentazione di 3 comuni (Pontelandolfo, Fragneto l'Abate e Fragneto Monforte) già utilizzanti in parte le acque di dette sorgenti, e di servire *ex novo* altri 6 comuni (Campolattaro, Pesco Sannita, Pietrelcina, Paduli, S. Arcangelo Trimonte ed Apice) fino a raggiungere la confluenza del fiume Ufita. Nella valle del fiume Miscano, affluente di destra dell'Ufita, tre soluzioni locali, utilizzanti acque di varie piccole sorgenti con scaturigine sulle pendici del monte Chiodo e del monte Calvello, in destra del fiume, sono previste per Buonalbergo e Casalbore, ubicati sullo stesso lato della valle, e per Montecalvo Irpino, situato sul versante opposto; già ultimate le opere per Casalbore e per Buonalbergo (per quest'ultimo è previsto un ulteriore intervento integrativo sempre da

[1] Per la città di Benevento, oltre ad aver realizzato un impianto sussidiario dalla subalvea del Calore, è prevista la normalizzazione dal sistema acquedotto campano con diramazione dall'acquedotto di Serino.

risorse locali) mentre per Montecalvo è in corso il progetto dei lavori di sistemazione e completamento delle opere costituenti l'attuale acquedotto di Ariano Irpino, che viene appunto destinato a Montecalvo.

Nella zona montagnosa a sud-est di quest'ultimo comune, pressoché delimitata dai corsi dell' Ufita e del Cervaro, un nuovo acquedotto in avanzato stato di costruzione, alimentato dalle sorgenti Acquaro, Tufara e Molinella a valle dell'abitato di Castel Baronia [2], alimenterà integralmente i comuni di Ariano Irpino, Zungoli, Villanova del Battista e Castel Baronia e integrerà l'approvvigionamento attuale di S. Sossio Baronia. Il completamento della costruzione di detto acquedotto (che con un impianto di sollevamento provvisorio è già stato messo parzialmente in esercizio per integrare l'alimentazione della città di Ariano Irpino) consentirà di utilizzare le acque e le opere degli attuali acquedotti consorziali di Flumeri-Villanova del Battista e S. Nicola Baronia-Castel Baronia, con le opportune opere di sistemazione, rispettivamente per Flumeri e S. Nicola Baronia, mentre soluzioni locali sono già state realizzate per Carife e Vallata e in progetto per Trevico.

Del pari con soluzioni locali si provvede alla normalizzazione degli acquedotti di Montaguto nella valle del Cervaro, di S. Andrea di Conza, Conza della Campania e Teora nella valle dell'Ofanto, con opere già completate, e di Calabritto e Senerchia nella valle del Sele, per i quali ultimi potrebbero peraltro aversi variazioni negli schemi di opere adduttrici in funzione degli studi di normalizzazione dei comuni dell'alta valle del Sele e territori limitrofi della zona salernitana in sinistra Sele.

Nel seguito si tratta con il necessario dettaglio degli acquedotti dell'alto Calore e del Calore orientale, che, alimentati dalle sorgenti alte del fiume Calore e integrati con acque delle sorgenti di Cassano Irpino, normalizzano la vasta area compresa tra i corsi d'acqua dell'Ofanto, fino all'altezza di Lioni e Sant'Angelo dei Lombardi, dell' Ufita, del Calore, del Corvo e del Sabato, che comprende 50 comuni dell' Irpinia e 10 del Sannio.

Per completare il quadro degli interventi previsti nei piani di normalizzazione per la zona irpino-sannita e nord-casertana, resta da prendere in esame il settore sud-occidentale della zona stessa, comprendente sostanzialmente due gruppi di comuni, dei quali il primo ubicato grosso modo nelle piane comprese tra i massicci del Partenio e dell'Acellica,

[2] È interessante il particolare che nel corso dei lavori di captazione sono stati rinvenuti avanzi delle opere di presa di epoca antico-romana, parte dei quali sono stati conservati in evidenza all'interno delle nuove opere.

il secondo disposto sulle propaggini occidentali del Partenio degradanti verso la piana di Nola.

Fanno parte del primo gruppo i 9 comuni dell'acquedotto del Partenio (Avellino, Monteforte Irpino, Mercogliano, Ospedaletto d'Alpinolo, Summonte, S. Angelo a Scala, Pietrastornina, Aiello del Sabato e Cesinali), che utilizza con nuove opere di captazione, complete e razionali, le sorgenti dell'acquedotto comunale esistente di Avellino; il nuovo acquedotto è praticamente ultimato e funzionante per i primi sette comuni mentre è in corso la progettazione esecutiva delle opere interessanti gli ultimi due. A sud dell'acquedotto del Partenio, con opere quasi integralmente di nuova costruzione derivate da sorgenti a monte dell'abitato di Solofra e già completate, sono stati normalizzati i servizi di approvvigionamento idrico di 5 comuni, fra cui Solofra stessa, Montoro Inferiore, Montoro Superiore, Contrada e Forino; del pari completamente costruite sono le opere di integrazione e sistemazione dell'acquedotto comunale di Serino, alla testata della valle del Sabato. Nel secondo gruppo 15 comuni, di cui 13 della provincia di Avellino e 2 di quella di Napoli; con sorgenti locali, da integrare con portate derivate dal sistema dell'acquedotto campano, sono in corso ed in parte già ultimati i lavori di costruzione e sistemazione dell'acquedotto dalle sorgenti dell'alveo di Avella, per la stessa Avella e per Baiano, Sperone e Roccarainola, e dell'acquedotto di Bocca dell'Acqua e del vallo di Lauro, per Quadrelle, Sirignano, Mugnano del Cardinale, Visciano, Marzano di Nola, Domicella, Pago del Vallo di Lauro, Taurano, Lauro, Moschiano e Quindici.

A conclusione di queste brevi note si ritiene di riassumere qui di seguito alcuni dati essenziali relativi alla zona irpino-sannita e nord-casertana, con riferimento anche alla situazione dell'intervento della « Cassa » nel settore degli acquedotti aggiornata al 31 dicembre 1961:

— il numero complessivo dei comuni della zona, per i quali è previsto l'intervento di normalizzazione da parte della « Cassa », è di 166;

— la popolazione relativa risultante dal censimento del 1951 è di 673.752 abitanti, quella calcolata al 2000, assunta a base dei calcoli dei fabbisogni idrici, è di 970.000 abitanti circa;

— la portata complessivamente prevista di convogliare, compresa quella già oggi addotta con le opere esistenti incluse nello schema di normalizzazione fissato, è di circa 900 l./sec.;

— alla normalizzazione dei 166 comuni i piani destinano 14 acquedotti a vasto raggio — fra i quali di notevole rilievo l'acquedotto consorziale dell'alto Calore per il quale sono previste opere di integrazione

ed estensione — per il servizio di 140 di essi, e acquedotti isolati da risorse locali per i restanti 26 comuni;

— gli stanziamenti allo stato disposti per la realizzazione delle opere sono di 8 miliardi e 150 milioni di lire;

— alla data del 31 dicembre 1961 il Consiglio di Amministrazione della « Cassa » ha approvato 9 progetti di massima dell'importo di 4 miliardi e 200 milioni di lire e 101 progetti esecutivi, parte sviluppati da quelli di massima di cui sopra e parte redatti direttamente in forma definitiva, per un importo complessivo di 6 miliardi e 297 milioni di lire;

— alla stessa data di cui sopra risultano costruite opere per un importo di 5 miliardi e 130 milioni di lire circa, comprendenti circa 500 km. di condotte e 28.000 mc. di capacità di serbatoi.

Per ragioni di spazio, alla presente esposizione vengono unite monografie particolari soltanto per tre dei quattordici acquedotti a vasto raggio previsti, e precisamente l'alto Calore, il Calore orientale e l'acquedotto dalle sorgenti di Roccamonfina (Fot. 51-69).

2. - L'acquedotto dell'alto Calore

La zona di servizio dell'acquedotto dell'alto Calore si estende ad un vasto territorio delle province di Avellino e Benevento, delimitato grosso modo dai corsi del fiume Calore — con estensione fino alla strada che da ponte Romito raggiunge Grottaminarda per Castelfranci, Fontanarosa e Passo di Mirabella —, del fiume Sabato e del torrente Corvo.

È una zona per lo più collinosa e di complessa morfologia, con terreni appartenenti a varie epoche geologiche: nella parte meridionale, sulle pendici del grande massiccio montagnoso dell'Acellica, sono presenti i calcari mesozoici del Cretacico, che cedono il passo, spostandosi verso nord, all'estesa formazione dell' Eocene, che, nella parte più settentrionale, è sostituita poi, a nord di Montefusco, dai terreni del Miocene. Scarse sono le manifestazioni sorgentizie e per lo più di minima importanza cosicché quando, ancora nel periodo prebellico, si accertò l'esigenza di provvedere all'alimentazione dei numerosi comuni ivi esistenti, si rese necessario ricorrere ad un gruppo di sorgenti alte del Calore, situate all'estremità sud-orientale della zona interessata.

La costruzione dell'acquedotto fu iniziata a cura del Genio Civile nel 1937 per convogliare una portata complessiva di l./sec. 162,75, per l'alimentazione di 43 comuni, di cui 36 in provincia di Avellino e 7 in

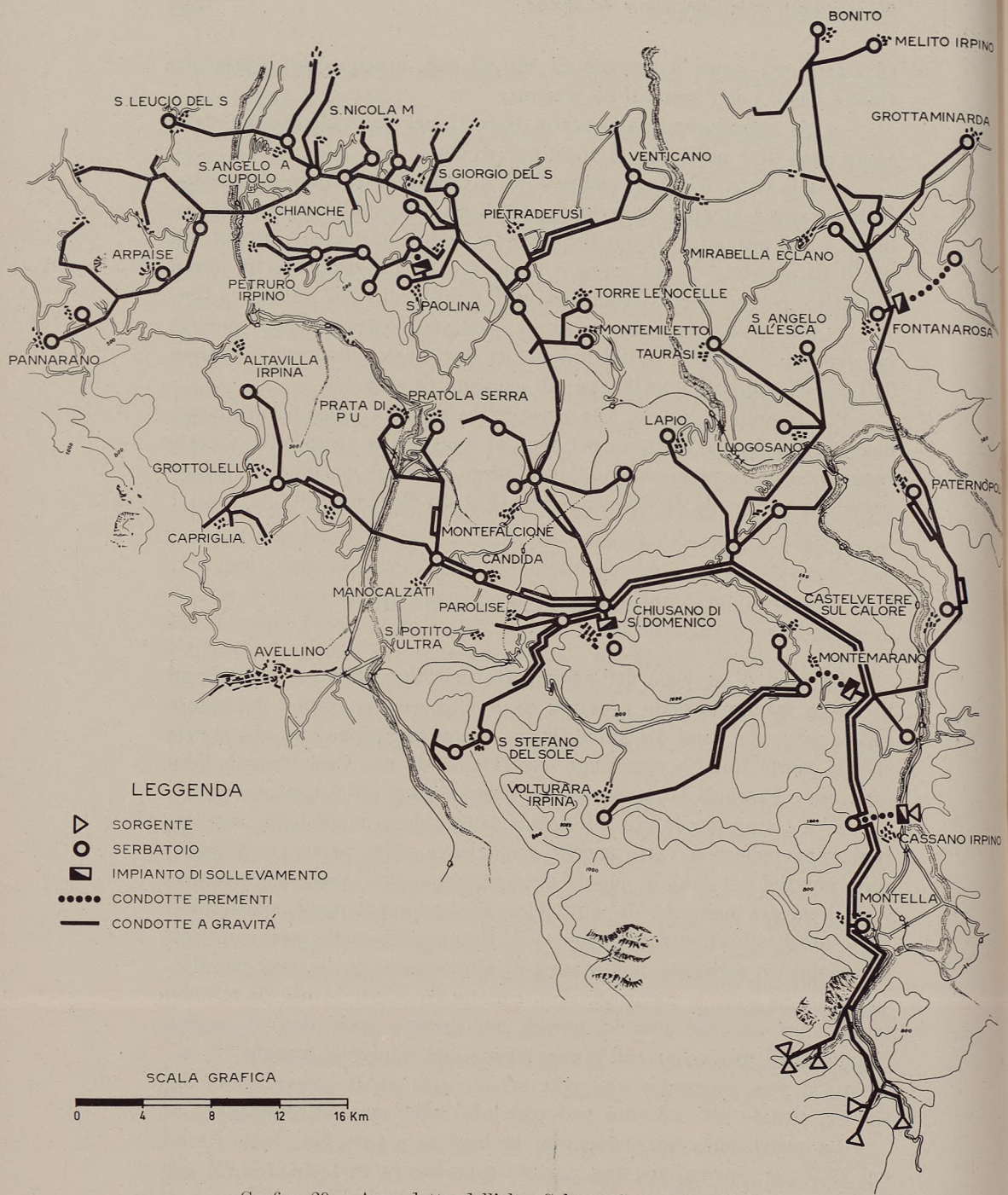


Grafico 29 - Acquedotto dell'alto Calore: Corografia schematica.

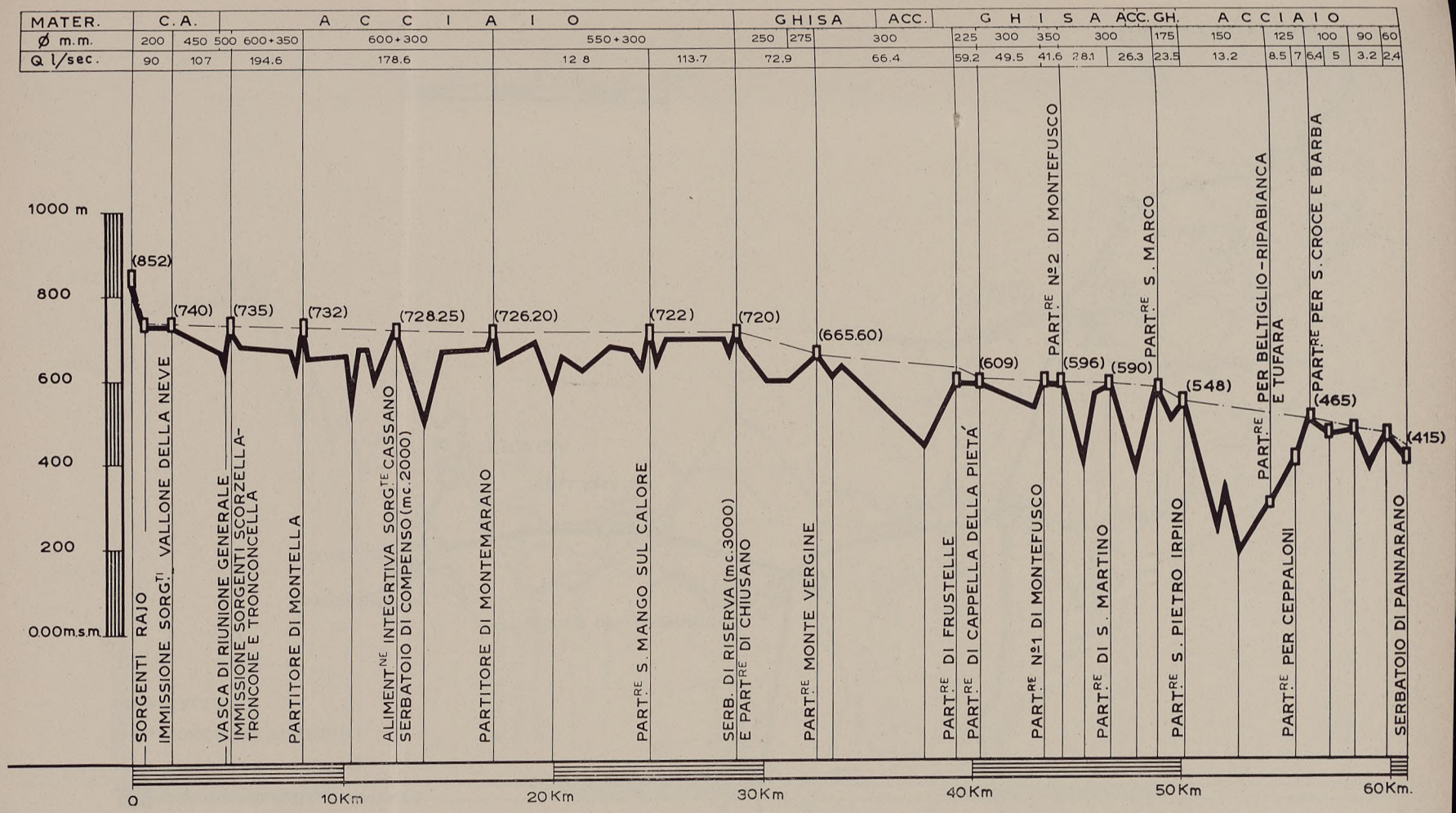


Grafico 30 - Acquedotto dell'alto Calore - Adduttrice principale: Profilo longitudinale.

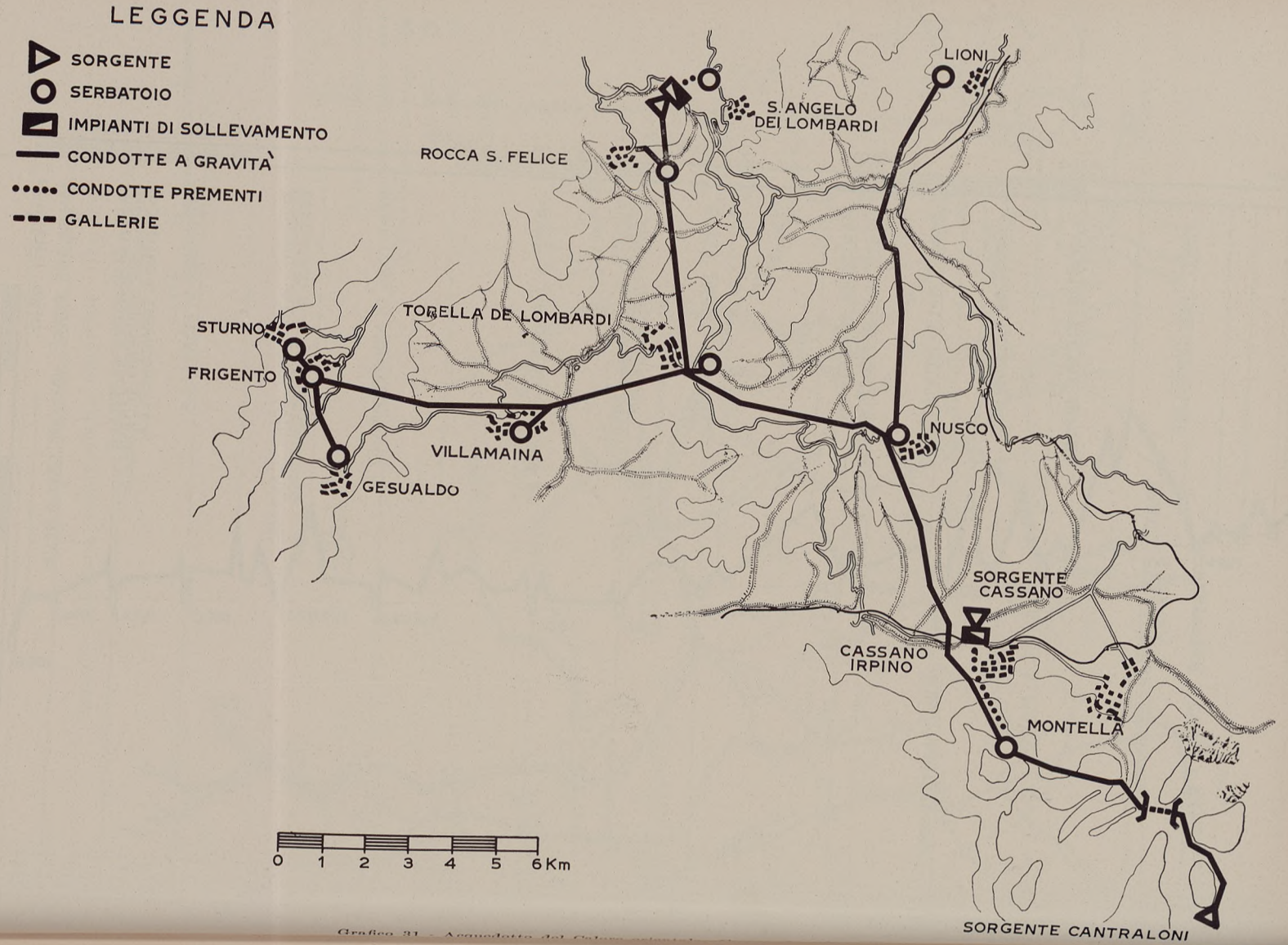


Grafico 31 - Acquedotto del Calore

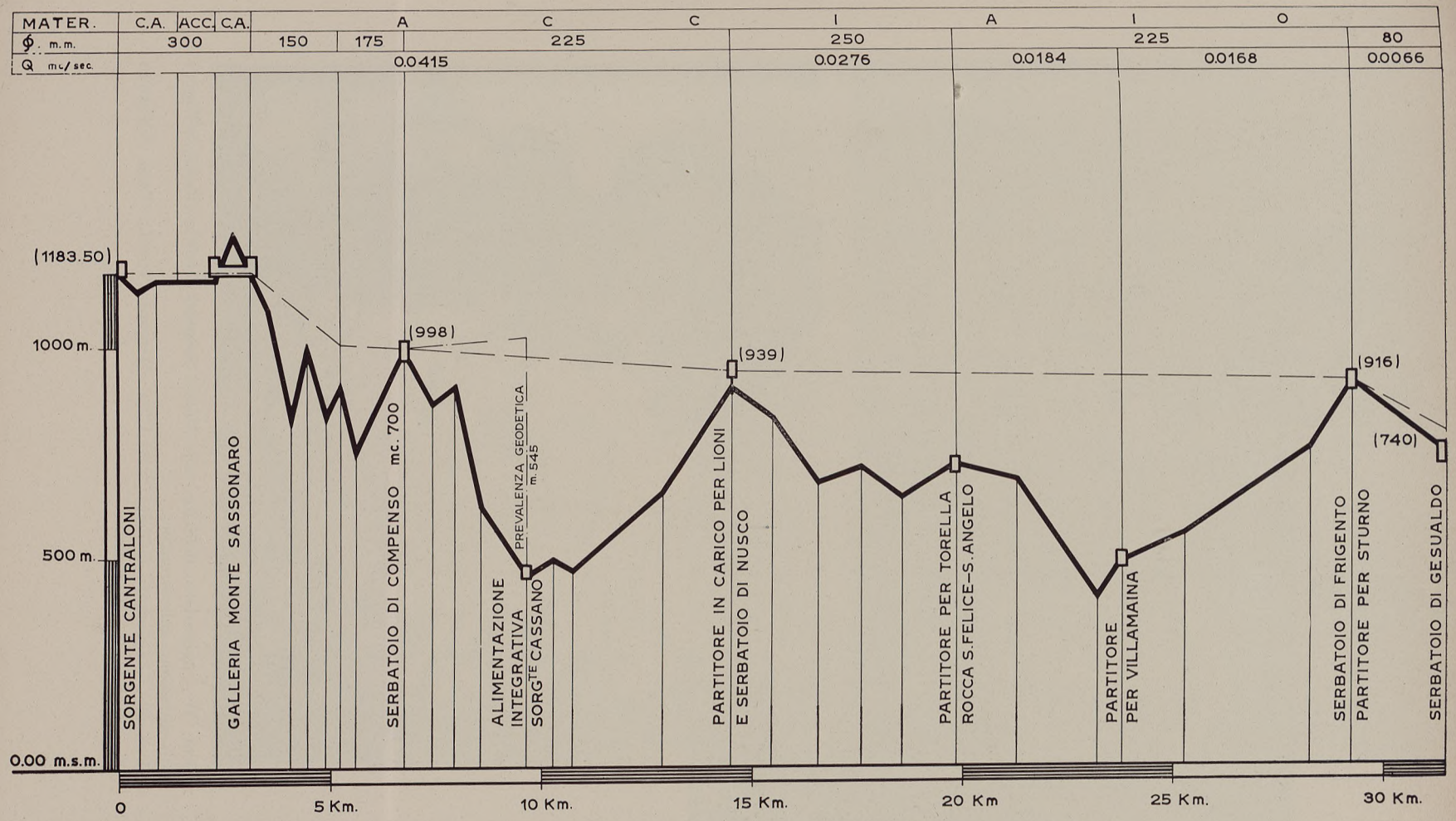


Grafico 32 - Acquedotto del Calore orientale - Adduttrice principale: Profilo longitudinale.

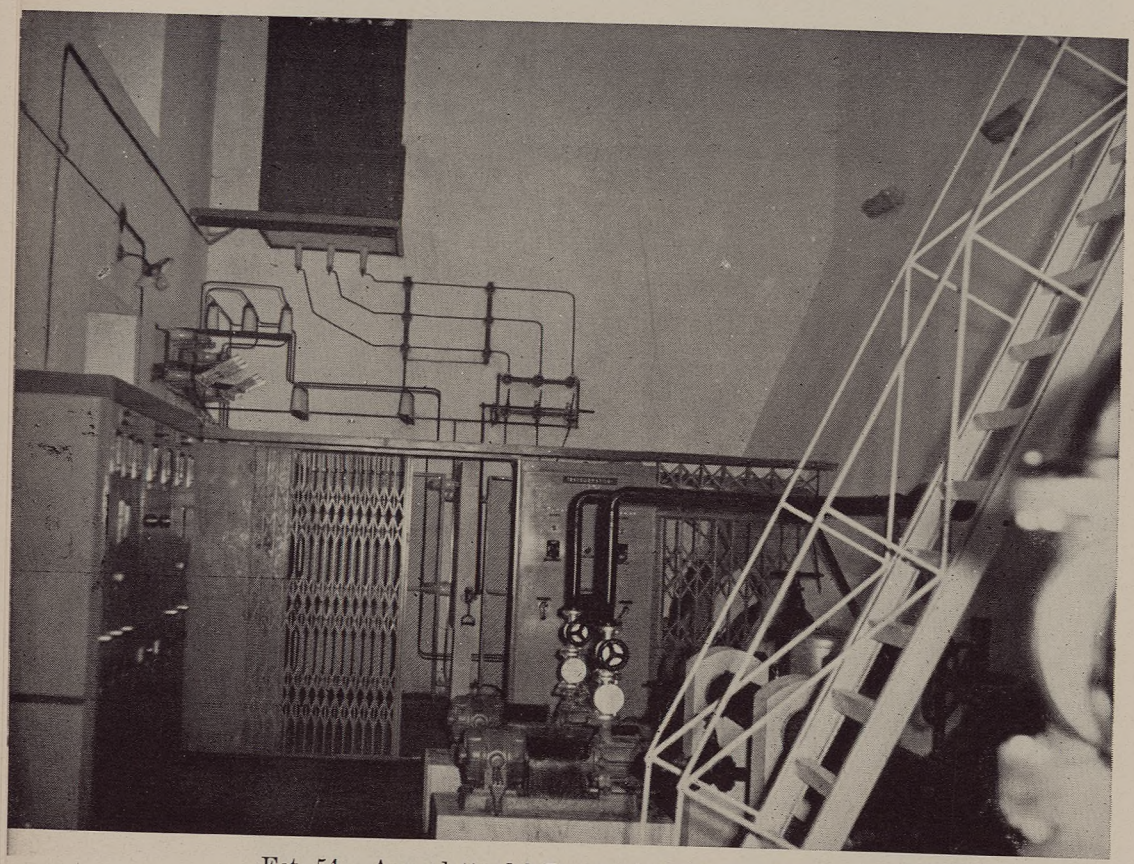




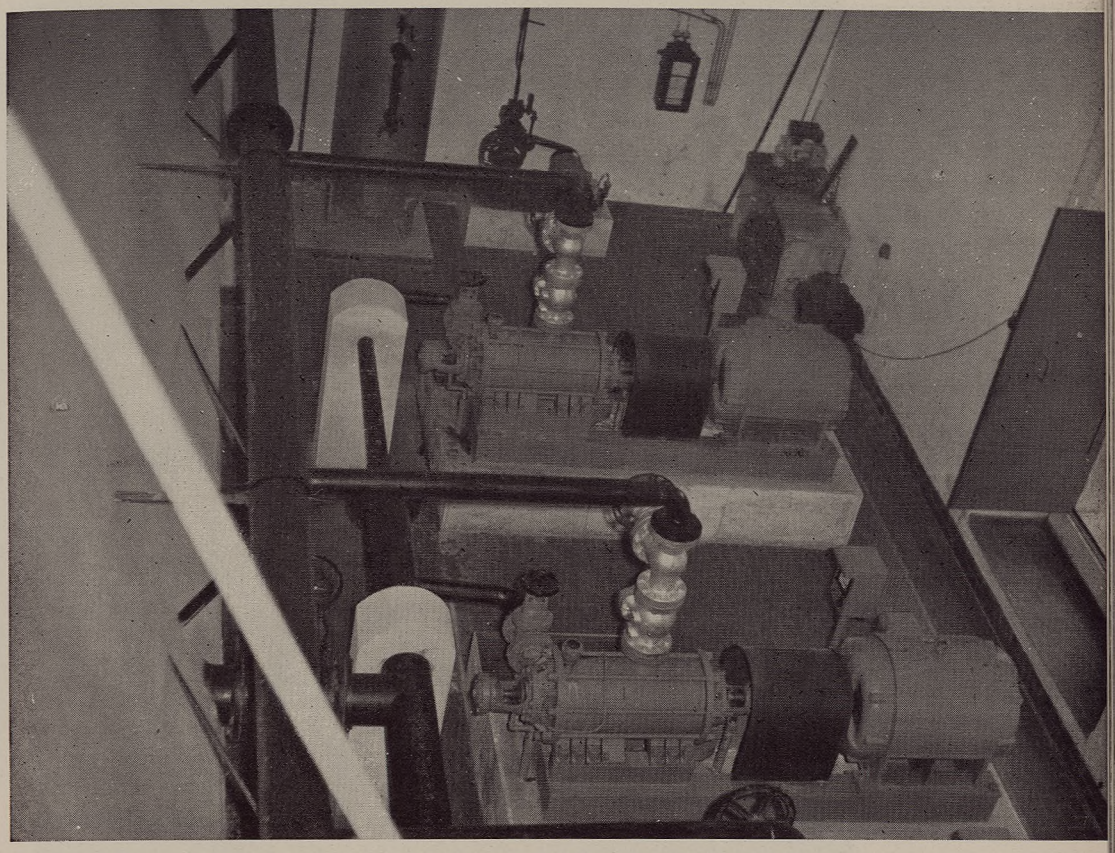
Fot. 51 - Acquedotto dell'alta valle Ufita: Sorgente Tufara. Resti dell'opera di captazione antico-romana.
Fot. 52 - Acquedotto dell'alta valle Ufita: Sorgente Tufara. Resti dell'opera di captazione antico-romana.



Fot. 53 - Acquedotto del Partenio: Serbatoio di compenso in località Cerreto.



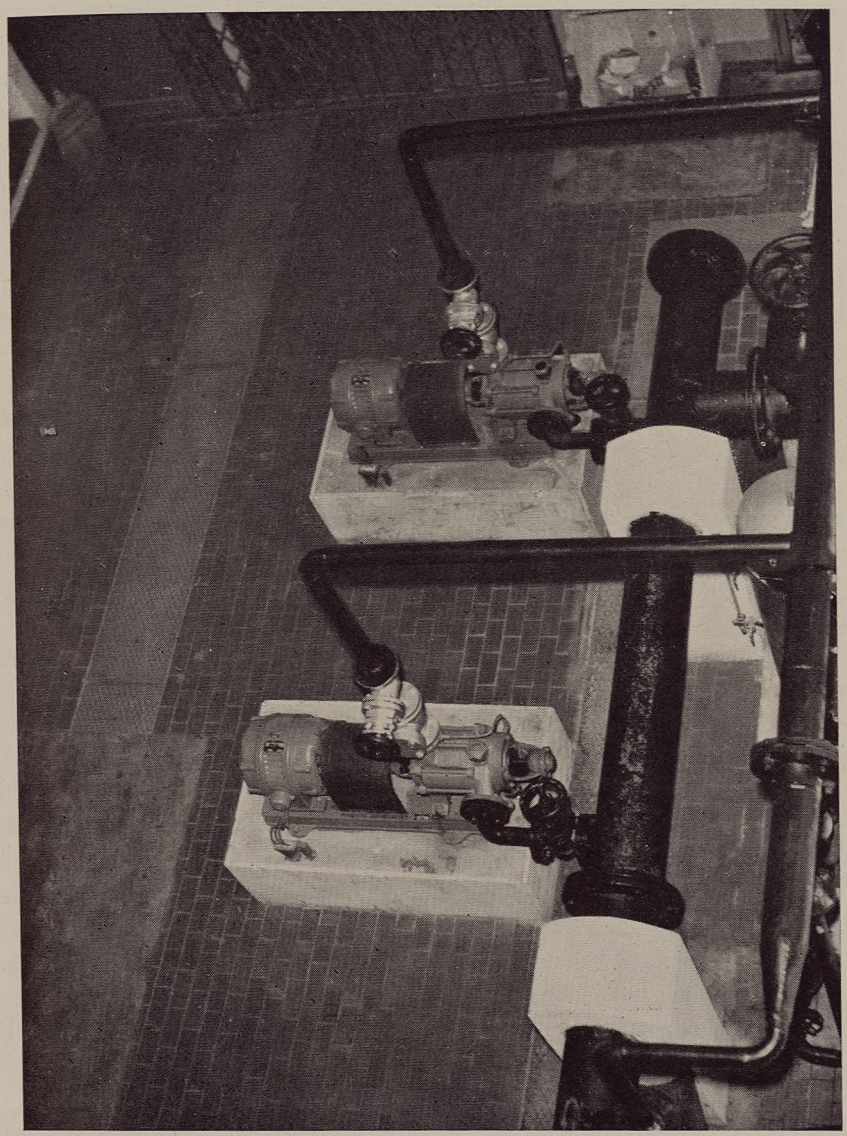
Fot. 54 - Acquedotto del Partenio: Impianto di sollevamento di Valle. Particolare cabina di trasformazione e quadro generale comando elettropompe.



Fot. 55 - Acquedotto del Partenio: Impianto di sollevamento di Valle. Veduta elettropompe da HP 125 per Cerreto.



Fot. 56 - Acquedotto del Partenio: Sorgenti di Sorbo Serpico. Partitore a pelo libero annesso al cunicolo di raccolta dai pozzi artesiani.



Fot. 57 - Acquedotto del Partenio: Impianto di sollevamento di Valle. Gruppo elettropompe da HP 10 per Serroni.

quella di Benevento, e per l'integrazione parziale dell'approvvigionamento idrico della città di Benevento; proseguì negli anni successivi, segnando praticamente il passo nel periodo bellico, e la sua situazione al 1950, all'atto della costituzione della « Cassa » e della quasi contemporanea assunzione in gestione degli impianti da parte del Consorzio idrico interprovinciale dell'alto Calore, era in sintesi la seguente:

— alimentati i centri comunali, oltre pochi centri minori, di tutti i 43 comuni previsti e realizzata l'alimentazione parziale integrativa di Benevento mediante la costruzione di circa km. 220 di condotte, comprendenti le adduttrici principali e secondarie e le condotte di avvicinamento ai centri serviti;

— centri comunali in numero di 33 dotati di rete di distribuzione idrica interna e 16 provvisti di fognatura, sia pure in parte, per lo più di tipo misto.

Nel quadro degli studi per il piano di normalizzazione, del quale si è già avuto modo di riferire in precedenza, fu possibile accertare la necessità di interventi di vario tipo sull'acquedotto, che furono poi definiti nel piano e che risultano in parte eseguiti o in corso di realizzazione e in parte in corso di progettazione.

Innanzitutto, accertata la possibilità e convenienza di una integrazione dell'acquedotto pressoché alla sua origine con le acque delle sorgenti di Cassano Irpino, risultò opportuno inserire nella zona di servizio dell'acquedotto ulteriori 8 comuni delle stesse province già interessate, distogliendo peraltro l'alimentazione integrativa di Benevento per la cui normalizzazione, come accennato nel paragrafo 1, è prevista la derivazione dell'intera portata necessaria al 2000 dall'acquedotto comunale di Napoli ed è stato realizzato un impianto sussidiario ed integrativo per portata di 110 l./sec. da pozzi utilizzanti una falda subalvea del Calore. Contemporaneamente emerse la necessità di estendere l'acquedotto, le cui diramazioni erano state per lo più arrestate ai centri comunali, anche a numerosi agglomerati, meno importanti di quelli, ma purtuttavia densamente abitati.

A seguito delle determinazioni di cui sopra si è proceduto, sulla base dei risultati dei consueti calcoli di previsione delle popolazioni future e delle dotazioni individuali assegnate, alla definizione del fabbisogno idrico al 2000, che è risultato di l./sec. 195 circa per servire una popolazione presunta di 238.400 abitanti. Di qui è derivata la necessità di prevedere un intervento per immettere nell'adduttrice principale una portata integrativa, che può essere utilmente fornita solo dalle sorgenti di Cassano Irpino, previo sollevamento meccanico con prevalenza di

circa m. 260 e che è risultato opportuno fissare in 100 l./sec. — valore questo alquanto più elevato di quello risultante dalla differenza delle portate futura ed attuale, per tener conto delle caratteristiche e della variabilità degli apporti di alcune delle sorgenti base già utilizzate, conseguenti alla natura carsica dei rispettivi bacini imbriferi —. Altro intervento la cui necessità è emersa dalla definizione del piano di normalizzazione riguarda l'adeguamento delle adduttrici alle maggiori portate previste, che interessa praticamente solo le adduttrici principali.

Dei due gruppi di opere previste per l'alto Calore è stato dato fin qui corso a quelle riguardanti l'estensione del servizio ai comuni ed ai centri precedentemente non serviti, in considerazione dell'immediato beneficio così arrecabile alle popolazioni interessate, mentre è stato rimandato ad un secondo tempo, ed allo stato sono in avanzato corso di approntamento i relativi progetti, l'esecuzione delle opere integrative, la cui necessità era meno urgente e la cui esecuzione era comunque subordinata alla realizzazione delle opere di captazione delle sorgenti di Cassano Irpino, che è in corso, su finanziamento della « Cassa », da parte dell'Ente Autonomo per l'Acquedotto Pugliese.

L' importanza del primo gruppo di interventi della « Cassa », più che dall'entità dei finanziamenti relativi che raggiunge il valore di 680 milioni di lire, è evidente se si considerano i dati conclusivi riportati qui di seguito:

— sono stati approvati 1 progetto di massima per l'importo di 200 milioni di lire circa e 20 progetti esecutivi per l'importo di 620 milioni di lire circa;

— sono state costruite, e in minima parte sono ancora in corso di esecuzione e in progetto, complessivamente km. 125 di nuove condotte, ivi comprese quelle di avvicinamento, e 32 serbatoi per una capacità complessiva di 3.500 mc. circa;

— vengono alimentati *ex novo* 8 comuni per complessivi 26 centri abitati, cui si aggiungono altri 42 agglomerati di nuova alimentazione, compresi in 15 comuni già serviti e in 5 comuni il cui centro comunale è normalizzato con altro acquedotto;

— per realizzare l'alimentazione di cui al punto precedente è stato talvolta necessario intervenire per il ridimensionamento di diramazioni secondarie interessanti altri comuni, provvedendosi così a normalizzare le stesse per 8 centri di 3 comuni già serviti.

Complessivamente le opere di estensione dell'acquedotto alto Calore secondo il piano di normalizzazione della « Cassa », interessano una popolazione che all'atto del censimento del 1951 è risultata di 60.161 abitanti e che è stata prevista all'anno 2000 in 82.695 abitanti.

A conclusione di questa sintetica esposizione non si ritiene sia fuori luogo porre in rilievo che per i comuni dell'acquedotto alto Calore, ad iniziativa del consorzio interessato, accanto ai lavori di costruzione delle diramazioni esterne, dei serbatoi e delle condotte di avvicinamento, finanziate integralmente dalla « Cassa », hanno proceduto i lavori di costruzione delle reti idriche interne e delle fognature degli abitati serviti, talché, dai 33 centri comunali provvisti di acquedotto alla data del 1950, si è passati ai 49 del 1961, mentre sono stati dotati di rete interna anche 85 centri minori ed è in corso la progettazione per gli ultimi due centri comunali che ne sono ancora privi e per numerosi altri agglomerati minori, e, analogamente per le fognature, dai 16 centri provvisti nel 1950 si è passati ai 36 del 1961 con previsione di provvedere con progetti in corso anche al completamento delle fognature dei centri comunali per poter poi passare ad interessarsi degli agglomerati minori. Da notare che, in base alle provvidenze stabilite dalla legge 29 luglio 1957 n. 634, la « Cassa » è intervenuta per 45 progetti riguardanti reti idriche interne o fognature dei comuni serviti dall'acquedotto dell'alto Calore.

3. - L'acquedotto orientale del Calore

L'acquedotto orientale del Calore è stato previsto per normalizzare l'approvvigionamento idrico di 9 comuni della provincia di Avellino situati nel territorio delimitato dal corso del fiume Calore fino a ponte Romito, dalla strada che di qui raggiunge Grottaminarda e il fiume Ufita passando per Castelfranci, Fontanarosa e Passo di Mirabella, dai corsi dei fiumi Ufita e Ofanto fino all'altezza del massiccio di monte Forcuso. È una zona di altitudine mediamente elevata, con rilievi dall'andamento tormentato, costituita in prevalenza da terreni dell' Eocene superiore con predominio delle argille variegate, con gli agglomerati disposti costantemente sulle parti culminanti dei rilievi; è solcato dalla profonda incisione determinata dal torrente Fredane, alla cui testata sono disposti gli abitati di Rocca S. Felice e di S. Angelo dei Lombardi e rispetto alla quale troviamo, a sud, Nusco, Torella de' Lombardi e Lioni e, a nord, Villamaina, Gesualdo, Sturno e Frigento.

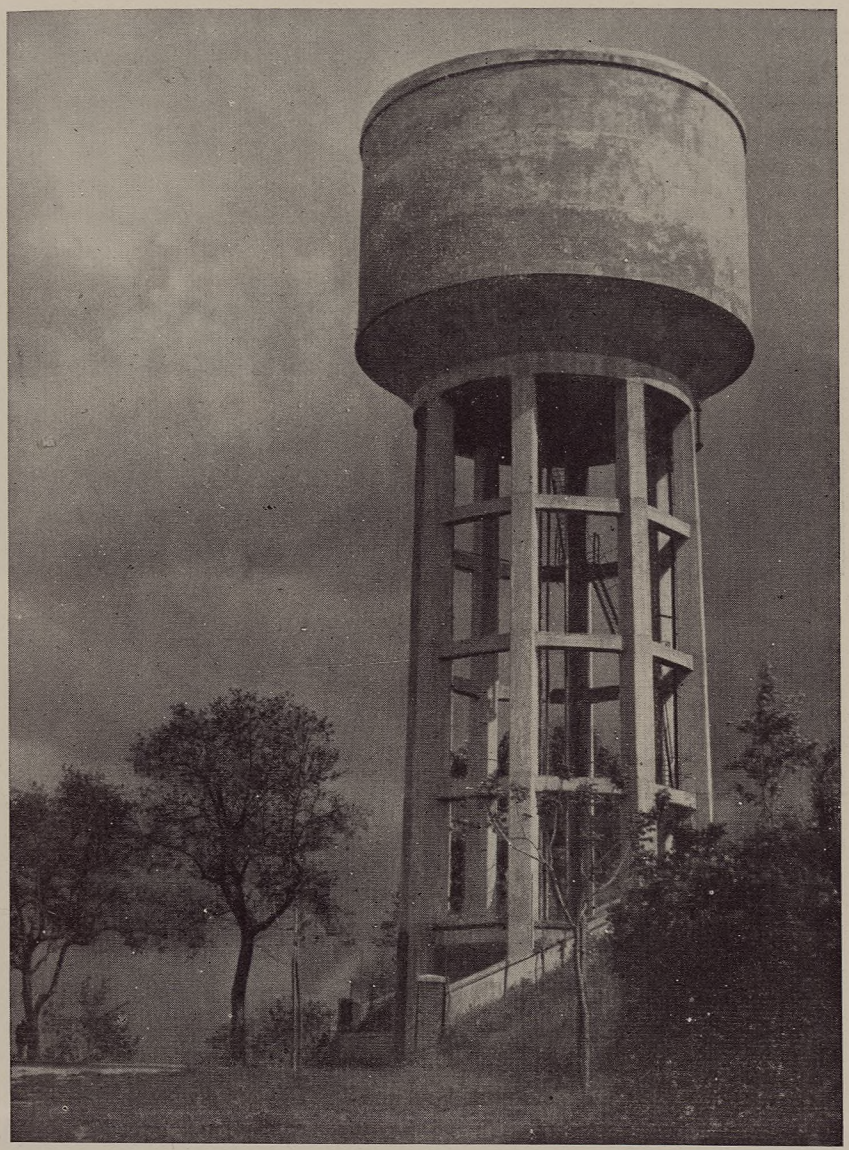
Dall'accenno fatto sulla natura geologica della zona interessata può comprendersi che non vi è disponibilità ivi di risorse idriche di una certa consistenza, e che, per la dislocazione altimetrica prevalente degli



Fot. 58 - Acquedotto del Partenio: Impianto di sollevamento di Valle. Veduta esterna con ammarro linea da 15-20.000 v.



Fot. 59 - Acquedotto Forino e Contrada: Sorgenti Bocche Soprane.



Fot. 60 - Acquedotto orientale del Calore: Serbatoio pensile di Nusco, con partitore in carico.





Fot. 61 - Acquedotto orientale del Calore: Serbatoio a servizio di Torella dei Lombardi.
Fot. 62 - Acquedotto orientale del Calore: Passerella sul fiume Calore.

abitati, le modeste opere di acquedotto esistenti prima dell'intervento della « Cassa » sfruttavano per lo più dette risorse mediante sollevamento meccanico. In sede di studi per il piano di normalizzazione, è risultato pertanto necessario prevedere, per i comuni di cui si tratta, una soluzione di acquedotto a vasto raggio con acque derivate da sorgenti al di fuori della zona in esame, senza tener conto, per il loro precario stato di efficienza, delle opere esistenti, a meno dell'acquedotto di S. Angelo dei Lombardi che è stato inserito nel nuovo schema con integrazione di opere e di portata.

I calcoli di previsione delle popolazioni future e la determinazione dei fabbisogni idrici conseguenti sono stati condotti con i criteri consueti già sopra ricordati ed hanno portato ai risultati trascritti nella seguente tabella 4.

TAB. 4 — *Determinazione dei fabbisogni idrici.*

Comune	Popolazione censita al 1951 (abitanti)	Popolazione calcolata al 2000 (abitanti)	Portata prevista (l/sec.)
Nusco	6.812	10.800	6,9
Torella dei L.	3.920	6.000	4,2
Rocca S. Felice	1.621	3.200	2,3
S. Angelo dei L.	7.672	9.400	7,0
Lioni	6.802	9 700	7,0
Villamaina	1.412	2.000	1,6
Sturno	4.092	5 400	4,4
Frigento	5.960	8.200	5,8
Gesualdo	6.511	9.400	6,6

Della portata complessiva di l./sec. 45,8, calcolata per la normalizzazione dei 9 comuni considerati, il nuovo acquedotto orientale del Calore è stato destinato a convogliarne 41,5, essendo i residui 4,3 assicurati dall'acquedotto comunale di S. Angelo dei Lombardi.

Come fonte principale di alimentazione per l'acquedotto — in base a calcoli di convenienza tecnico-economica effettuati in sede di pianificazione, a seguito di preventivi accertamenti sulla consistenza delle risorse idriche prese in esame — è risultato opportuno ricorrere alla sorgente Cantraloni, con scaturigine a quota 1.188 m.l.m. nel massiccio dell'Acellica a monte delle sorgenti utilizzate dall'acquedotto dell'alto

Calore, che può alimentare a gravità tutti i comuni inclusi ed integrare all'incile l'acquedotto esistente di S. Angelo dei Lombardi; peraltro, tenuto conto della notevole variabilità stagionale delle sue portate, comprensibile qualora se ne consideri l'altitudine e la limitatezza del bacino imbrifero apparente, è risultato anche necessario prevedere una alimentazione integrativa con sollevamento meccanico, di prevalenza geodetica di m. 545 circa, dalle acque delle sorgenti di Cassano Irpino, che sono state ricordate a proposito di analoga integrazione per l'acquedotto dell'alto Calore.

Fissati i punti fondamentali come sopra indicato, ne consegue lo schema dell'acquedotto, che prevede:

— un tronco iniziale, in direzione prevalente da sud a nord, che passa in galleria l'altopiano di Verteglia e segue in quota la costa in sinistra dell'alta valle del Calore irpino, per attestarsi a quota 998 sulle pendici di monte Serrapullo a sud-ovest dell'abitato di Cassano Irpino, dove è realizzato un serbatoio di compenso terminale per l'impianto di sollevamento integrativo dalle sorgenti di Cassano Irpino;

— dal serbatoio di compenso un sifone ad alta pressione (massimo 45 atm.) attraversa la valle del Calore in direzione da sud-ovest a nord-est, per risalire sull'altura dell'abitato di Nusco, dove viene derivata la portata per Nusco stesso e per Lioni, che viene raggiunto con diramazione secondaria;

— l'adduttrice principale prosegue poi verso nord, e dopo aver lasciato al partitore di Torella dei Lombardi la portata per detto comune, prossimo al tracciato, e per quelli di Rocca S. Felice e S. Angelo dei Lombardi, collegati con diramazione secondaria, attraversa con un secondo sifone ad alta pressione (massimo 60 atm.) la valle del Fredane, per raggiungere, dopo aver diramato in carico la portata di Villamaina, il partitore terminale a pelo libero, dal quale, con brevi diramazioni secondarie, vengono serviti Sturno, Frigento e Gesualdo.

La costruzione dell'acquedotto orientale del Calore, praticamente ultimata a meno dell'impianto integrativo dalle sorgenti di Cassano Irpino, comporta la costruzione di km. 58,7 di condotte con diametri compresi fra mm. 50 e 300, con prevalenza di tubazioni di acciaio in funzione delle pressioni in gioco e della natura e caratteristiche dei terreni attraversati, e di 11 serbatoi con capacità complessiva di mc. 4.850.

La situazione della progettazione e costruzione delle opere è, allo stato, la seguente:

— sono stati approvati 4 progetti esecutivi per un importo complessivo di 706 milioni di lire ed i relativi lavori eseguiti al 98%;



Fot. 63 - Acquedotto dalle sorgenti dell'alveo d'Avella: Sorgente n. 3.



Fot. 64 - Acquedotto di Bocca dell'Acqua e del Vallo di Lauro: Serbatoio-partitore.

— è in corso la progettazione dell'impianto integrativo dalle sorgenti di Cassano Irpino, che comporterà la costruzione di un impianto elevatore e di km. 4 circa di condotta.

4. - L'acquedotto dalle sorgenti di Roccamonfina

L'acquedotto dalle sorgenti di Roccamonfina è destinato ad alimentare 8 comuni della provincia di Caserta (Sessa Aurunca, Roccamonfina, Caianello, Conca della Campania, Marzano Appio, Tora e Piccilli, Galluccio e Presenzano) oltre a zone minori dei comuni di Teano e Carinola.

Già all'atto della costituzione della « Cassa » era stato redatto un progetto di larga massima per utilizzare parte delle sorgenti in parola per il servizio dei comuni di cui sopra, oltre ad altri quattro della stessa zona. Per la mancanza in detto elaborato di ogni base di rilievo sulla consistenza delle risorse idriche, il progetto non risultò accettabile come base per la progettazione esecutiva e pertanto, in sede degli studi di pianificazione degli acquedotti, fu dato corso alle necessarie indagini ed accertamenti su tutte le risorse idriche locali, la cui conclusione ha consentito di definire un nuovo progetto di massima per il servizio degli 8 comuni sopra riportati, prevedendosi di inserire gli altri 4 precedentemente inclusi nelle contigue zone di servizio di altri acquedotti a vasto raggio (Rocca d' Evandro nell'acquedotto Interamna, Mignano-Montelungo nell'acquedotto Campate-Forme, Vairano-Patenora e Pietravairano nel sistema dell'acquedotto campano).

Sulla base del nuovo schema di massima studiato, sono stati redatti ed approvati successivamente vari lotti esecutivi, i cui lavori sono allo stato praticamente ultimati, mentre sono in corso i progetti di due lotti di completamento interessanti il servizio di abitati non ancora allacciati alle nuove opere.

Le brevi notizie in seguito fornite sulle caratteristiche orografiche della zona da servire, in rapporto anche alla distribuzione della popolazione dei comuni interessati ed alla ubicazione delle sorgenti previste di utilizzare, valgono ad illustrare l'aderenza dello schema studiato ed adottato per l'acquedotto alla situazione ed alle esigenze locali.

I numerosi abitati costituenti gli 8 comuni di cui si tratta, ad eccezione di Presenzano che è situato sulle pendici meridionali del monte Cesima, sono ubicati a varie quote tutto intorno al massiccio vulcanico di Roccamonfina, che culmina con il monte S. Croce a quota 1.006 m.l.m. ed è solcato in senso prevalentemente radiale da frequenti incisioni più o meno marcate.


LEGGENDA
SORGENTE
SERBATOIO
IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO
CENTRALE IDROELETTRICA
CONDOTTE PREMENTI
CONDOTTE A GRAVITÀ
LINEA ELETTRICA
CALABRITTO
CAMPO
GALLUCCIO
PRESENZANO
S. CARLO
SIPICCIANO
CANALE
CESCHETO
CATAILLI
CONCA DELLA C
TORA
PICCILLI
S. MARTINO
ORCHI
AMEGLIO
GALLO
S. CASTRESE
GROTTOLA
PONTE
ROCCAMONFINA
TUORO CASALE
FASANI
CUPA
S. LUCIA
CASARINOLI
AORIVOLA
SESSA AURUNCA
VALOGNO
CAIANELLO
CELLOLE
CASCANO
SORBELLO
CARANO
PIEDIMONTE RIVOLI
VENTAROLI
CASALE
SCALA GRAFICA
0 1 2 3 Km.

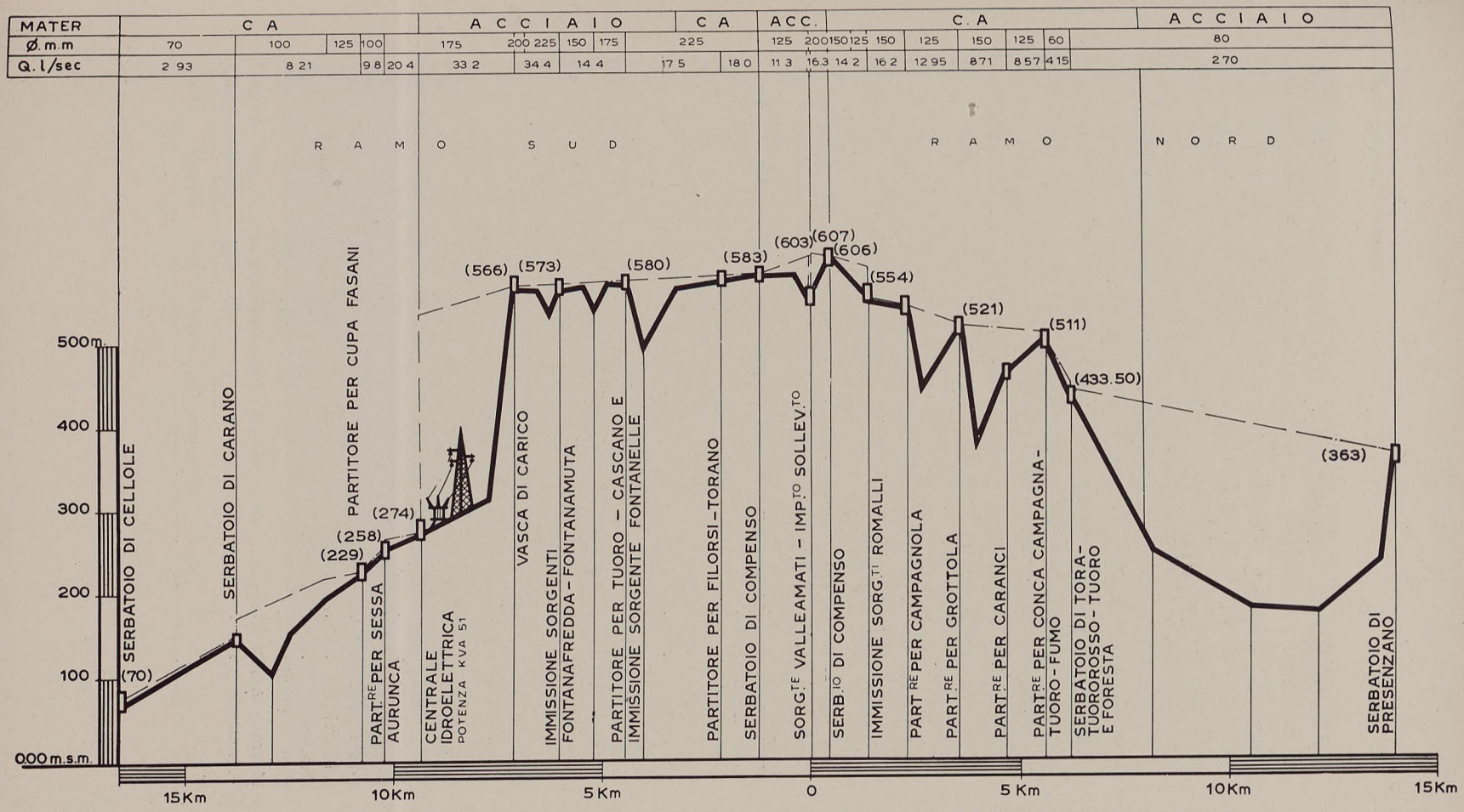


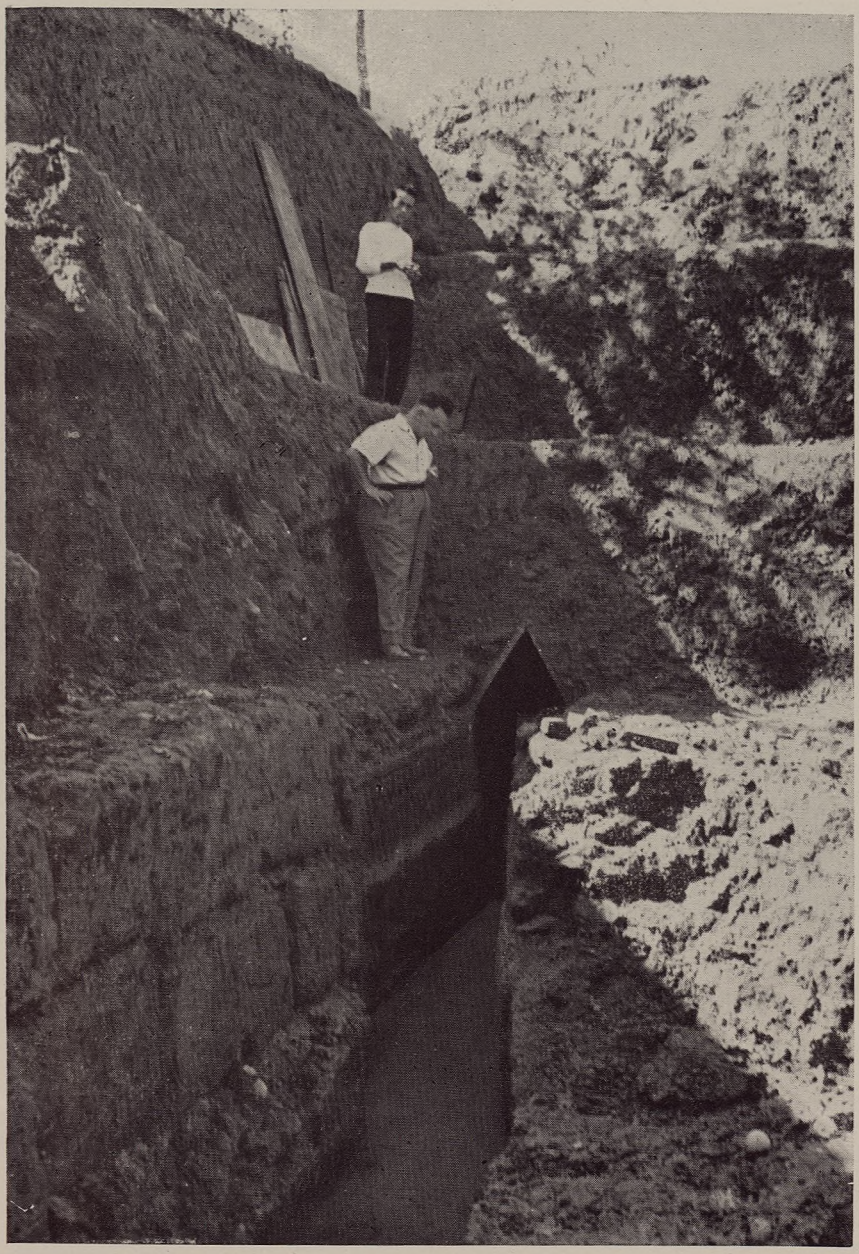
Grafico 34 - Acquedotto dalle sorgenti di Roccamonfina: Adduttrici Sud e Nord. Profili longitudinali.

La popolazioni complessiva di 50.458 abitanti censita al 1951 nella zona da approvvigionare (escludendo dal conto quella relativa alle zone minori di Carinola e Teano incluse nell'acquedotto) risiede in un territorio dell'estensione di 37.564 ettari, dati questi che rappresentano rispettivamente l'8,4% ed il 14.2% dei corrispondenti valori relativi all'intera provincia di Caserta; si ha pertanto nella zona una densità media di 134 abitanti/kmq. contro una densità media provinciale di 228 abitanti per kmq. Al valore della densità relativamente basso corrisponde effettivamente una distribuzione notevolmente estensiva della popolazione sia in senso planimetrico che in senso altimetrico, come risulta dalle due tabelle seguenti nelle quali viene indicata la ripartizione delle popolazioni in classi di agglomerati, in funzione rispettivamente della consistenza numerica degli stessi e della distribuzione altimetrica (Tabelle 5 e 6).

TAB. 5 — *Ripartizione della popolazione dei comuni in classi di agglomerati, in funzione del numero di abitanti.*

Comuni	da 10.000 a 5.000			da 5000 a 500		
	N.	Popolaz.	%	N.	Popolaz.	%
Sessa Aurunca	1	5.396	10,7	12	12 682	25,1
Roccamonfina	—	—	—	3	3.015	6,0
Conca della Campania	—	—	—	3	1.855	3,7
Galluccio	—	—	—	—	—	—
Caianello	—	—	—	—	—	—
Tora e Piccilli	—	—	—	2	1.121	2,2
Marzano Appio	—	—	—	3	2.334	4,6
Presenzano	—	—	—	1	1.107	2,2
Complesso	1	5.396	10,7	24	22.114	43,8

Comuni	minori di 500			case sparse	
	N.	Popolaz.	%	Popolazione	%
Sessa Aurunca	22	4.850	9,6	4 981	9,9
Roccamonfina	14	2.076	4,1	39	0,1
Conca della Campania	9	1.160	2,3	416	0,8
Galluccio	26	3.618	7,2	847	1,7
Caianello	8	1.086	2,1	419	0,8
Tora e Piccilli	8	635	1,3	195	0,4
Marzano Appio	15	1.427	2,8	380	0,8
Presenzano	1	38	0,1	781	1,5
Complesso	103	14.890	29,5	8.058	16,0



Fot. 65 - Acquedotto dalle sorgenti di Roccamonfina: Scopertura di un cunicolo antico-romano.



Fot. 66 - Acquedotto dalle sorgenti di Roccamonfina: Scritta su di un masso di tufo in corrispondenza di una delle polle del cunicolo antico-romano.

Il gruppo principale di sorgenti previste di utilizzare, che forniscono circa il 90% dell'intera portata dell'acquedotto e che in parte sono già utilizzate dagli acquedotti esistenti, è ubicato alle falde del monte S. Croce lungo il suo versante meridionale ed è alimentato dalla circolazione idrica dei terreni vulcanici (lave, tufi lapidei, materiali piroclastici incoerenti) costituenti appunto il massiccio di Roccamonfina; le scaturigini sono in parte a quota di circa 580 m.l.m. (Cicioni, Surienza, Fontamuta, ecc.) e in parte a quota di 550 m.l.m. (Valleamati e Ortali); sono incluse nello schema anche altre sorgenti minori (Romalli, Cerchiara, ecc.), che, ubicate lungo i tracciati delle adduttrici, vengono allacciate direttamente a queste.

TAB. 6 — *Ripartizione delle popolazioni dei comuni in classi di agglomerati, in funzione dell'altitudine.*

Comuni	m. l. m. 0 ÷ 200			m. l. m. 200 ÷ 300			m. l. m. 300 ÷ 400		
	N.	Popolaz.	%	N.	Popolaz.	%	N.	Popolaz.	%
Sessa Aurunca	13	10.387	24,5	10	9.017	21,3	8	2.088	4,9
Roccamonfina	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Conca della Campania	—	—	—	2	115	0,3	3	920	2,2
Galluccio	—	—	—	1	161	0,4	19	2.573	6,1
Caianello	1	143	0,3	3	475	1,1	4	468	1,1
Tora e Piccilli	2	49	0,1	4	777	1,8	2	675	1.6
Marzano Appio	—	—	—	6	595	1,4	6	2.697	6,4
Presenzano	1	38	0,1	1	1.107	2.6	—	—	—
Complesso	17	10.617	25,0	27	12.247	28,9	42	9 421	22,3

Comuni	m. l. m. 400 ÷ 500			m. l. m. > 500		
	N.	Popolaz.	%	N.	Popolaz.	%
Sessa Aurunca	3	1.083	2,6	1	353	0,8
Roccamonfina	1	228	0,5	16	4.863	11,4
Conca della Campania	6	1.693	4,0	1	287	0,7
Galluccio	4	371	0.9	2	513	1,2
Caianello	—	—	—	—	—	—
Tora e Piccilli	2	255	0,6	—	—	—
Marzano Appio	6	469	1,1	—	—	—
Presenzano	—	—	—	—	—	—
Complesso	22	4.099	9,7	20	6.016	14,1

I calcoli di previsione delle popolazioni future e la determinazione dei fabbisogni idrici conseguenti sono stati condotti secondo i criteri esposti in precedenza; i risultati relativi vengono riassunti nella seguente tabella 7.

TAB. 7 — *Determinazione dei fabbisogni idrici.*

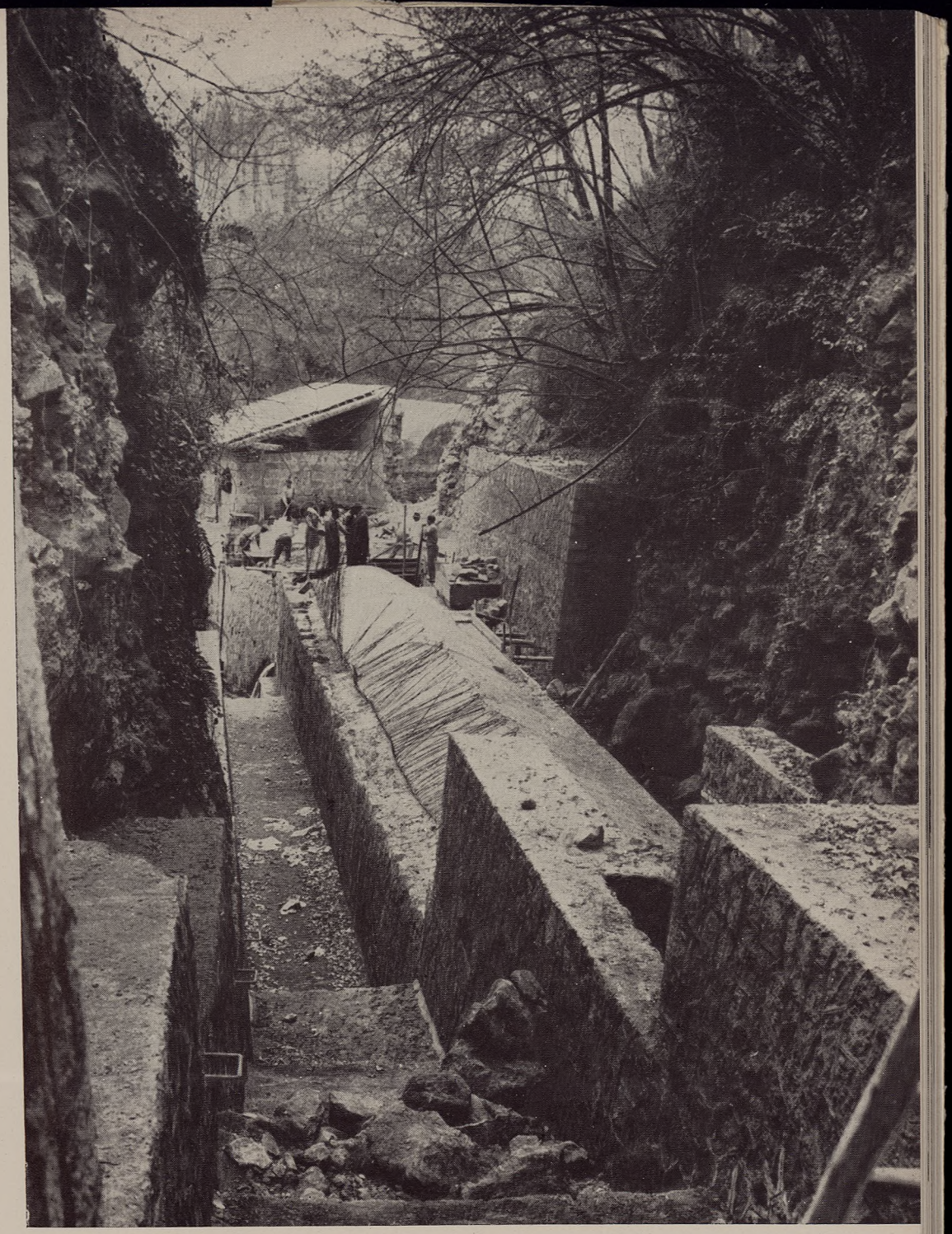
Comune	Popolazione censita al 1951	Popolazione calcolata al 2000	Portata prevista l/sec.
Sessa Aurunca	27.909	39.540	34,4
Roccamonfina	5 130	7 450	6,8
Caianello	1.505	2.160	1,7
Marzano Appio	4.141	5.950	4,8
Conca della Campania	3 431	5 170	4,2
Tora e Piccilli	1.951	3.050	2,5
Galluccio	4.465	6.380	5,1
Presenzano	1.926	3.100	2,7

Si è determinato in definitiva un fabbisogno, per il giorno dei massimi consumi al 2000, di l./sec. 62 circa; tale fabbisogno, tenendo conto dell'aliquota di portata occorrente per i centri minori citati di Teano e Carinola, raggiunge il valore complessivo di l./sec. 65 circa; le popolazioni future corrispondenti sono di 72.800 e 76.370 abitanti rispettivamente.

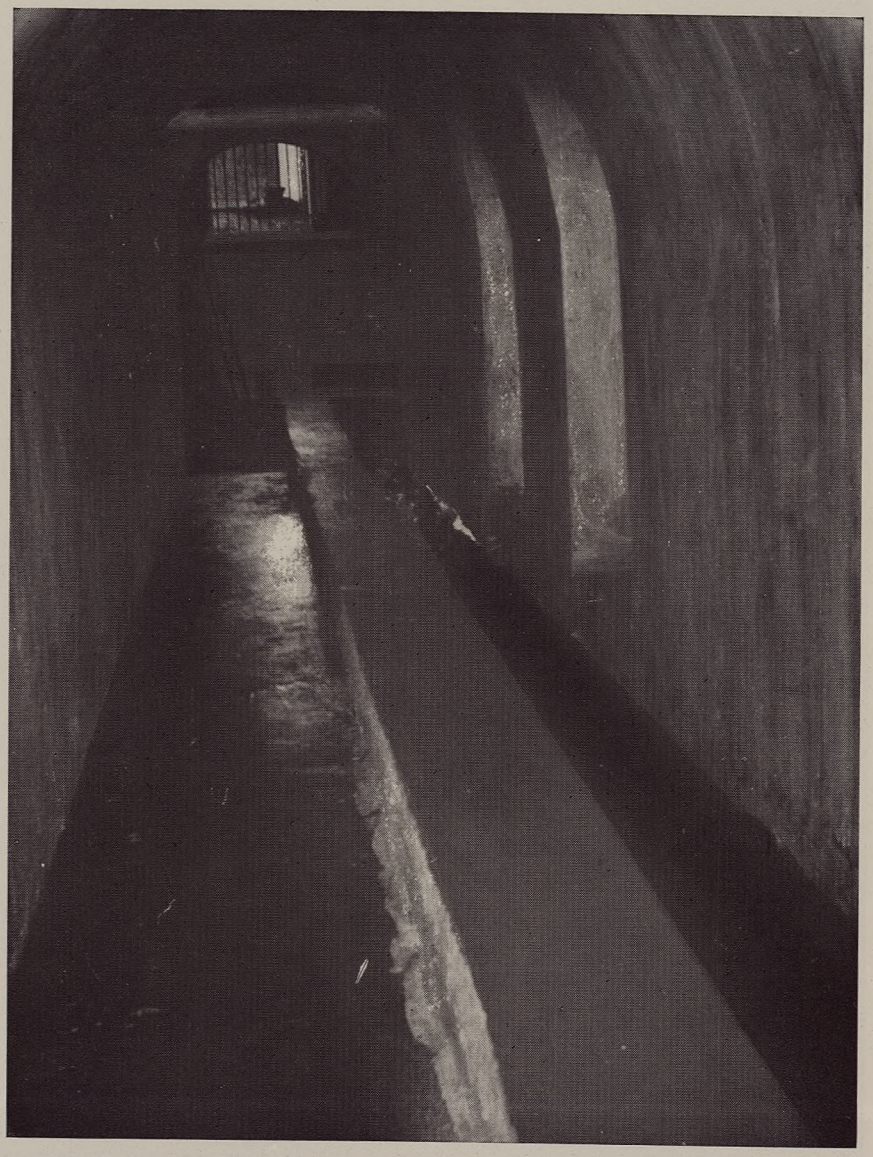
Lo schema delle opere dell'acquedotto dalle sorgenti di Roccamonfina, la cui complessità è necessaria conseguenza della situazione dei luoghi e della dislocazione degli abitati da servire e delle sorgenti da utilizzare, quale si è cercato di illustrare con le brevi note precedenti e quale risulta peraltro evidente dalla osservazione di una carta topografica della zona, può essere descritto, sia pur sinteticamente, come segue.

— alle sorgenti Valleamati e Ortali è annesso un impianto elevatorio, con più gruppi diversi di elettropompe, per il servizio dei vari centri di distribuzione del comune di Roccamonfina e per l'alimentazione dei 2 rami principali dell'acquedotto, quello meridionale per Sessa Aurunca e quello settentrionale per gli altri 6 comuni;

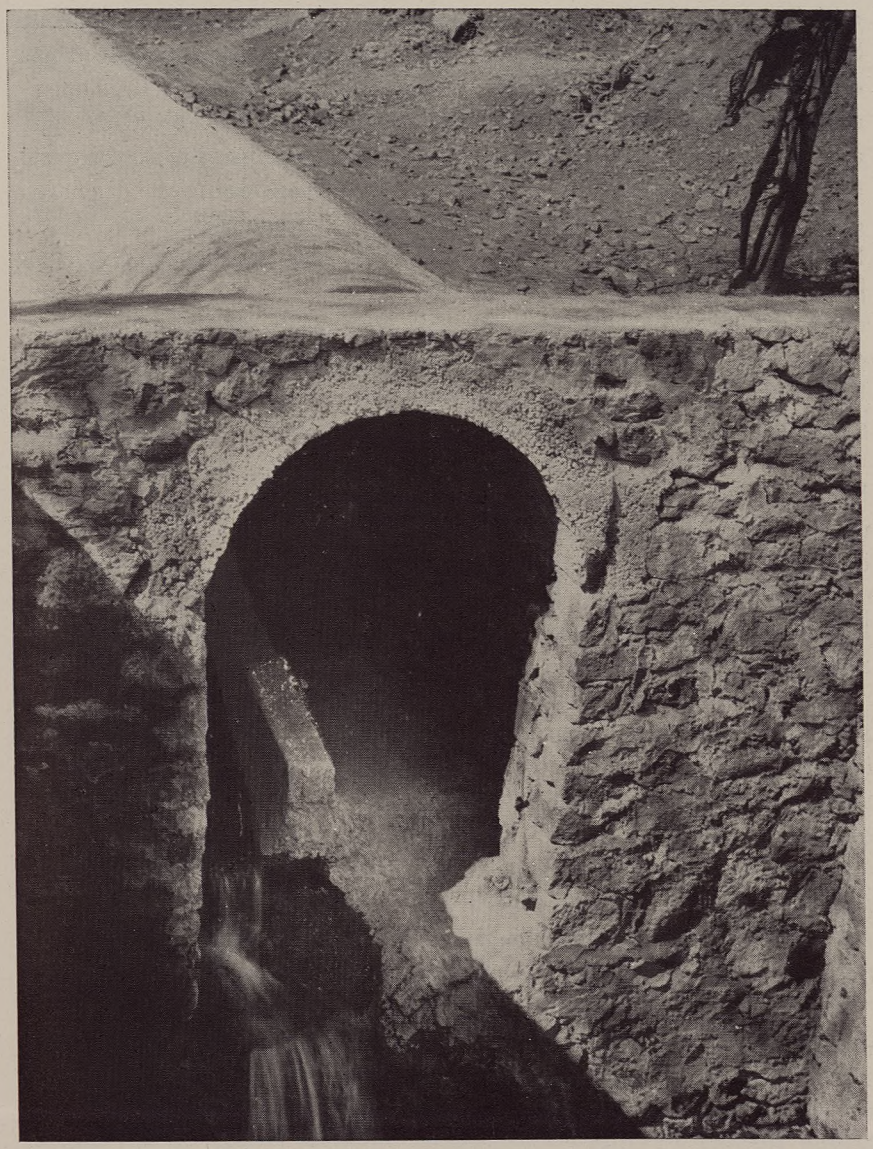
— il ramo meridionale dell'acquedotto riunisce le acque delle sorgenti di quota 580 con una aliquota della Valleamati e si dirige con la



Fot. 67 - Acquedotto dalle sorgenti di Roccamonfina: Opere di presa alle sorgenti Valleamati.



Fot. 68 - Acquedotto dalle sorgenti di Roccamonfina: Captazione sorgenti.



Fot. 69 - Acquedotto dalle sorgenti di Roccamonfina: Captazione sorgenti.

adduttrice principale in senso pressoché radiale rispetto al monte S. Croce, servendo diramazioni minori a quote successivamente degradanti, che, girando intorno ai versanti del massiccio con andamento approssimativamente circolare, alimentano i gruppi di abitati di ugual quota; sull'adduttrice principale del ramo sud è inserito un salto motore, utilizzato mediante centrale idroelettrica per produzione di energia che, con linea indipendente di circa km. 7 di lunghezza, viene trasportata alla centrale di sollevamento di Valleamati per l'azionamento dei gruppi di elettropompe ivi installati;

— il ramo settentrionale utilizza gran parte dell'acqua sollevata dalle sorgenti Valleamati e Ortali, che viene convogliata con una adduttrice principale che aggira il massiccio da sud-est a nord-ovest, raccogliendo sul percorso il contributo delle sorgenti minori già citate; radialmente si distaccano le varie diramazioni secondarie che, mediante serbatoi posti in cascata a quote decrescenti, servono i gruppi di abitati dei 6 comuni da alimentare, disposti in successione degradante sui rilievi delimitati dalle incisioni ad andamento radiale; una diramazione particolare attraversa la valle fra monte S. Croce e monte Cesima, dove ha la sua sede la strada statale Casilina e la ferrovia Caserta-Roma, per raggiungere sulle pendici del secondo rilievo l'abitato di Presenzano.

La rete di condotte previste ed in massima parte realizzate per raggiungere gli oltre cento abitati da servire — che si è cercato di inquadrare schematicamente nelle brevi note di cui sopra — è notevolmente estesa; essa comporta la costruzione di circa km. 192 di tubazioni di diametri compresi tra mm. 225 e 60 e vari materiali, con prevalenza di cemento amianto e di ghisa in dipendenza delle caratteristiche di generale stabilità dei terreni attraversati, delle pressioni in gioco per lo più modeste e della destinazione delle condotte; l'acciaio è stato adottato per le condotte elevatorie e per il sifone ad alta pressione per Presenzano; 35 serbatoi sono disposti lungo la rete di adduttrici, con capacità complessiva di mc. 6.300. Di particolare rilievo nell'acquedotto la centrale idroelettrica inserita sul ramo meridionale — che è dimensionata per la portata di 33,2 l./sec. su un salto motore di m. 262,85, con due gruppi turbina « Pelton » e generatore sincrono trifase, di cui uno di riserva, e trasformatore da 380÷9.000 V —, con potenza installata di 180 KVA e producibilità media annua di 500.000 kwh; l'energia prodotta viene trasportata su linea propria a 9 KV per 7 km. circa fino alla centrale di sollevamento delle sorgenti Valleamati e Ortali e ivi riportata alla tensione di 380 V per l'azionamento di 5 gruppi elettropompe, ognuno con riserva del 100%, per una potenza installata di 91 kw;

un gruppo elettrogeno installato nella centrale di sollevamento garantisce il funzionamento delle elettropompe per i casi di emergenza.

La situazione, allo stato, della progettazione e costruzione delle opere dell'acquedotto di Roccamonfina è la seguente:

— sono stati approvati 8 progetti esecutivi per un importo complessivo di 1 miliardo e 550 milioni di lire ed i relativi lavori eseguiti al 92%; fra le opere eseguite oltre alla centrale di sollevamento e idroelettrica con relativa linea di trasporto di cui sopra, km. 170 di condotte e 31 serbatoi per capacità complessiva di mc. 5.630;

— è in corso la progettazione di 2 lotti esecutivi per le opere di completamento del ramo meridionale dell'acquedotto, per un importo presunto di 110 milioni di lire, per la costruzione di km. 15 di condotte e 4 serbatoi della capacità di mc. 670 circa.

IV

ZONA SALERNITANA IN DESTRA SELE E SORRENTINA

1. - Generalità

La zona salernitana in destra Sele e sorrentina è delimitata geograficamente a nord dalla catena dei monti Picentini e dal fiume Sarno, a ovest e a sud dal mare, ad est dal fiume Sele.

Ha una impalcatura rocciosa costituita da due complessi montuosi: uno, la già citata catena dei monti Picentini, che la delimita muovendosi da nord-ovest verso sud-est; l'altro, che, distaccandosi dal primo in direzione da nord-est verso sud-ovest, raggiunge l'estrema punta della penisola sorrentina e, oltre il mare, l'isola di Capri. Tra questi complessi montuosi ed il mare, nel tratto terminale dei corsi d'acqua che da essi hanno origine (Sarno, Picentino, Tusciano e Sele), si trovano zone di pianura di varia estensione che, per la loro fertilità, danno vita a grandi ed importanti centri, come Sarno, Pompei, Scafati, Angri, Nocera, Pontecagnano, Battipaglia, Eboli, ecc. Geologicamente è caratterizzata, nella penisola sorrentina, da una ossatura prevalente di calcari del Cretaceo, sulla quale sono sparse limitate zolle di tufi vulcanici vari, mentre nella fascia salernitana dominano le dolomie triassiche nei rilievi, i cui fianchi sono ammantati di terreni eocenici e pliocenici con prevalenza d'argille, e, più a valle, del Quaternario, fino a raggiungere le alluvioni nelle piane del Sarno e del Sele.

Alle caratteristiche orografiche e geologiche della zona è strettamente connessa l'idrografia sotterranea, che si manifesta nelle principali scaturigini localizzate alle estremità nord-orientale e nord-occidentale. Ai piedi del massiccio dell'Acellica, sul versante salernitano, è ubicato il primo gruppo di sorgenti della zona dal quale hanno origine i fiumi Sele, Tusciano e Picentino, mentre da altre ed importanti sorgenti, sul versante irpino dello stesso massiccio, hanno origine i fiumi Sabato e Calore. Il secondo gruppo comprende le scaturigini esistenti ai

piedi dei rilievi che delimitano a nord la piana del Sarno e presso Castellammare di Stabia a modeste quote al disopra del livello del mare. Nel territorio compreso fra i due gruppi di sorgenti, scarse e di piccola entità sono le risorse idriche esistenti, mentre una qualche consistenza, sia pur modesta, hanno quelle del versante meridionale della penisola sorrentina.

La zona di cui si tratta comprende 63 comuni, di cui 16 in provincia di Napoli e 47 in provincia di Salerno, la cui situazione nei riguardi dell'approvvigionamento idrico, all'atto della costituzione della «Cassa», può sintetizzarsi come segue:

— 23 comuni, di cui 22 della provincia di Salerno e 1 di quella di Napoli, erano alimentati dall'acquedotto consorziale dell'Ausino, le cui opere di adduzione erano state costruite nel periodo dal 1910 al 1916 ed erano ormai insufficienti a fronteggiare le sempre maggiori esigenze dei comuni utenti; essi ricadono in una fascia della lunghezza di km. 45 e della larghezza di km. 12 circa, alla cui estremità orientale, presso Acerno, sono ubicate le sorgenti, mentre il grosso dei consumi e le sempre crescenti richieste sono concentrate prevalentemente al margine occidentale, dove ricadono i centri più importanti e maggiormente passibili di sviluppo, quali Salerno, Cava dei Tirreni, Nocera, ecc.;

— 23 comuni, dei quali 19 della provincia di Salerno e 4 di quella di Napoli, disimpegnavano il loro servizio di approvvigionamento idrico con acquedotti da risorse locali, per lo più in precarie condizioni di efficienza ed insufficienti, tranne uno della provincia di Salerno che è risultato sufficientemente alimentato;

— 17 comuni, dei quali 6 della provincia di Salerno e 11 di quella di Napoli, erano praticamente sprovvisti di acquedotto; per 6 di questi ultimi, ricadenti nel versante settentrionale della penisola sorrentina, era stata iniziata a cura del Genio Civile la costruzione di un acquedotto (acquedotto sorrentino), da alimentare mediante sollevamento meccanico delle acque della sorgente Fontana Grande presso Castellammare di Stabia.

I comuni pertanto interessati dal piano di normalizzazione della zona salernitana in destra Sele e sorrentina sono in numero di 62 (46 di Salerno e 16 di Napoli) con popolazione complessiva censita al 1951 di 672.031 abitanti e prevista al 2000 di 1.080.000 abitanti circa.

Il primo problema affrontato nel quadro degli studi per la definizione del piano di approvvigionamento idrico della zona ha riguardato il raddoppio dell'adduttrice principale dell'acquedotto dell'Ausino ed il completamento della costruzione dell'acquedotto sorrentino, per la cui

esecuzione erano già stati approntati i relativi progetti esecutivi prima della costituzione della « Cassa ». Come verrà chiarito al successivo paragrafo 2, il problema fu risolto nel senso di maggiorare il dimensionamento dell'adduttrice integrativa dell'Ausino per consentire il trasporto di tutta la portata disponibile alle sorgenti e di realizzare un collegamento fra detto acquedotto e quello della penisola sorrentina, in modo tale da rendere possibile l'alimentazione a gravità di quest'ultimo e di consentire contemporaneamente l'approvvigionamento di quei comuni che, ubicati lungo il tracciato della condotta di collegamento, avessero avuto necessità di integrazioni di acqua. Tale soluzione apparve accettabile indipendentemente dalla definizione conclusiva del piano di normalizzazione della zona — che avrebbe richiesto ovviamente un lungo periodo di tempo per i necessari studi ed indagini — in quanto, tenuto conto della quota relativamente elevata delle sorgenti dell'Ausino, risultò indubbia la convenienza di utilizzarne le acque, dopo aver soddisfatto i comuni a monte già serviti, per i comuni della penisola sorrentina, potendosi in ogni caso reperire alle sorgenti del Sarno la portata eventualmente occorrente per l'integrazione dei comuni serviti dall'Ausino e ubicati nella piana del Sarno, per i quali sarebbe occorso un più modesto sollevamento di quello previsto nei progetti originali per l'acquedotto sorrentino.

Per quanto riguarda il territorio residuo della zona, oltre quello interessato dalla zona di servizio del sistema degli acquedotti ausino-sorrentino, ai fini dell'approvvigionamento idrico esso può considerarsi sostanzialmente costituito da due settori, qualora si tenga conto che per alcuni comuni (ad esempio Sarno) il problema della normalizzazione si è posto solo nei riguardi dell'eventuale intervento per sistemazione o integrazione di opere, essendo le risorse idriche disponibili *in loco*, ed in parte già utilizzate, sufficienti ad assicurare il soddisfacimento delle richieste attuali e future. I due settori di cui si è detto comprendono rispettivamente il gruppo di comuni disposti sul versante meridionale della penisola sorrentina e quello disposto ai limiti sud-orientali della zona, fra i corsi dei fiumi Picentino e Sele.

A base della definizione degli interventi di normalizzazione sono stati posti, come di consueto, i risultati delle accurate indagini e ricerche, svolte al fine di accertare sia lo stato di fatto e funzionale delle opere di acquedotto esistenti, sia la consistenza delle risorse idriche disponibili. Di pari passo con le indagini dette si è proceduto al reperimento dei dati statistici delle popolazioni dei comuni interessati, che, nella penisola sorrentina, presentavano carattere di particolare impor-

tanza nei riguardi delle presenze stagionali per motivi turistici, e sono stati così definiti, con gli usuali metodi, i fabbisogni idrici per il 2000.

Le opere conseguentemente definite nel settore meridionale della penisola sorrentina sono costituite in sintesi dagli acquedotti dalla sorgente Ceraso per i comuni di Amalfi, Atrani e Scala, dalla sorgente Noce per Ravello e Minori, dalla sorgente Lavatoio per Furore, Conca dei Marini e Praiano, e dalla sorgente Imbuto per Pimonte. I lavori relativi, in avanzato corso di realizzazione, comportano la costruzione di circa km. 40 di condotte e 16 serbatoi per una capacità globale di mc. 2.500. Hanno anche importanza, nel settore di cui si tratta, i lavori eseguiti per la captazione della sorgente Porto, la cui utilizzazione è prevista in un progetto in corso di studio per l'alimentazione di Positano, e per il miglioramento delle opere di presa della sorgente Palaia, utilizzata dall'acquedotto esistente di Amalfi, che è stato integrato, come detto sopra, dalle nuove opere derivate dalla sorgente Ceraso.

Nel settore compreso fra i fiumi Picentino e Sele sono già state completate le opere degli acquedotti dalle sorgenti SS. Filippo e Giacomo per Battipaglia e Olevano sul Tusciano, e dalle sorgenti Varitufo per Campagna ed Eboli, con la costruzione di circa km. 53 di condotte e di 7 serbatoi per capacità complessiva di mc. 8.800, mentre sono in corso i lavori per l'estensione dell'alimentazione ad un gruppo di abitati di Campagna e per il nuovo acquedotto di Giffoni Vallepiana, che comportano la costruzione di km. 24 di condotte e 4 serbatoi per capacità di mc. 760. Inoltre è già stato definito in sede di massima l'acquedotto per Montecorvino Rovella, Montecorvino Pugliano e Pontecagnano Faiano, per il quale è in corso la relativa progettazione esecutiva.

A completamento di queste brevi note è opportuno fornire alcuni dati riassuntivi relativi alla zona salernitana in destra Sele e sorrentina, con riferimento alla situazione dell'intervento della « Cassa » nel settore degli acquedotti aggiornata al 31 dicembre 1961:

— il numero complessivo dei comuni della zona per i quali è necessario un intervento di normalizzazione è di 62;

— la popolazione relativa risultante dal censimento del 1951 è di 642.031 abitanti, quella calcolata al 2000, assunta a base dei calcoli dei fabbisogni idrici, è di 1.080.000 abitanti circa;

— gli stanziamenti allo stato disposti per la realizzazione delle opere sono di 5 miliardi e 668 milioni di lire;

— alla data del 31 dicembre 1961 il Consiglio di Amministrazione della « Cassa » ha approvato 37 progetti esecutivi, parte sviluppati da quelli di massima e parte redatti direttamente in forma definitiva, per un importo complessivo di 5 miliardi e 232 milioni di lire;

— alla stessa data di cui sopra risultano costruite opere per un importo di circa 4 miliardi e 852 milioni di lire, comprendenti km. 265 di condotte e mc. 35.000 di capacità di serbatoi.

Fa seguito una esposizione più dettagliata dell'intervento della « Cassa » limitatamente al sistema degli acquedotti ausino-sorrentino, che rappresenta il più importante complesso di opere finanziate nella zona, pur rilevando che tutti gli acquedotti finanziati, se anche di minore estensione e di minor impegno finanziario, presentano indubbi motivi di interesse.

2. - Il sistema degli acquedotti Ausino e sorrentino

Come si è già avuto modo di accennare al paragrafo 1, all'atto della costituzione della « Cassa » erano già stati compilati, separatamente, i progetti esecutivi per la realizzazione della nuova adduttrice integrativa dell'Ausino dalle sorgenti al partitore di Angri e per il completamento dell'acquedotto sorrentino.

Il progetto di raddoppio dell'acquedotto dell'Ausino prevedeva di realizzare a fianco dell'adduttrice esistente una condotta gemella, in modo da raddoppiare praticamente la capacità di portata da 260 a 520 l./sec.

Per l'acquedotto della penisola sorrentina, in conformità del progetto di massima approvato, i progetti esecutivi redatti ne prevedevano il completamento, conservando in particolare, ovviamente, la fonte di alimentazione originariamente prescelta nella sorgente Fontana Grande presso Castellammare di Stabia: l'utilizzazione delle acque di detta sorgente comportava la necessità di un sollevamento meccanico iniziale di 180 m. circa di prevalenza.

L'esecuzione delle opere suddette fu inserita nei programmi di attuazione della « Cassa » all'atto della sua costituzione e posta immediatamente in esame, nel quadro più vasto degli studi per la normalizzazione dell'approvvigionamento idrico dell'intero territorio di intervento.

L'accertamento di una maggior disponibilità di portata alle nuove sorgenti previste di utilizzare per l'acquedotto dell'Ausino portò a determinare la convenienza di aumentare il dimensionamento della adduttrice integrativa dell'acquedotto e di derivare al termine della stessa una condotta per il collegamento con il serbatoio di testata dell'acquedotto sorrentino.

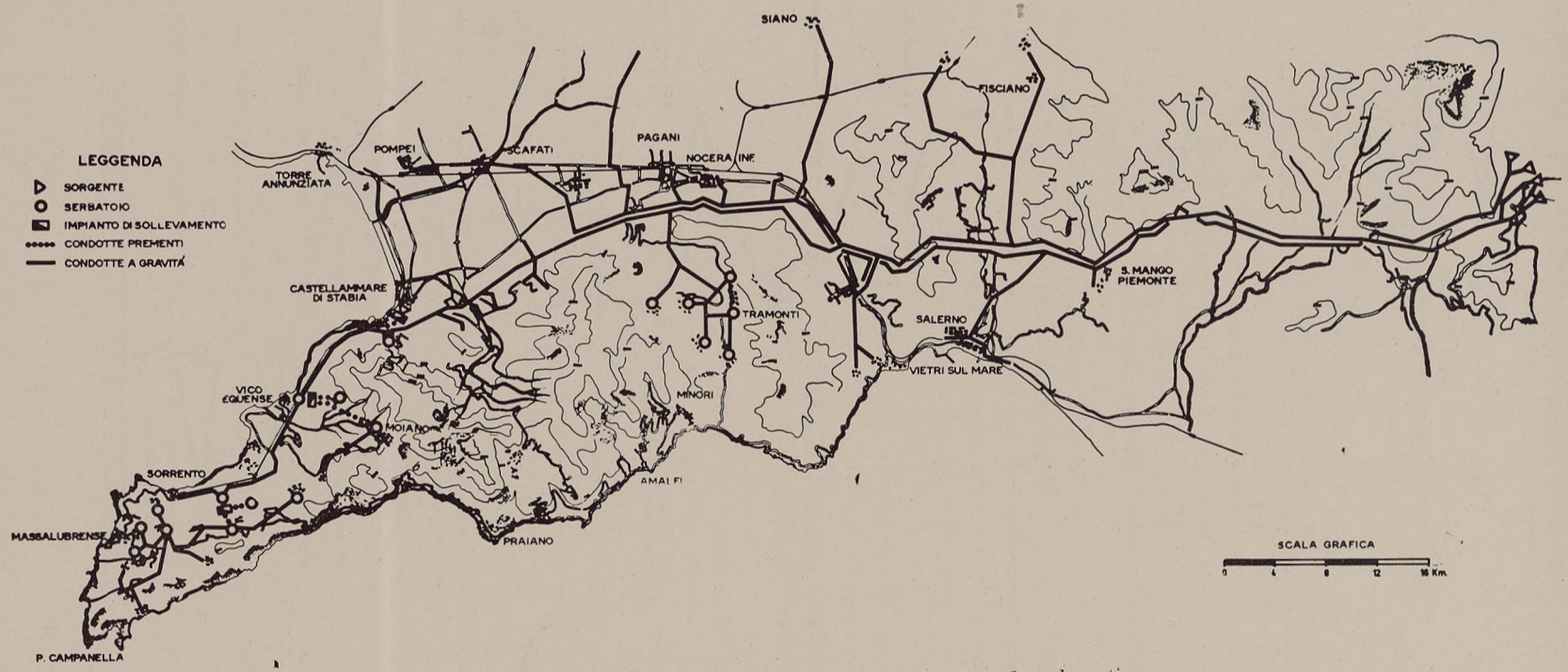


Grafico 35 - Acquedotti Ausino e sorrentino: Corografia schematica.

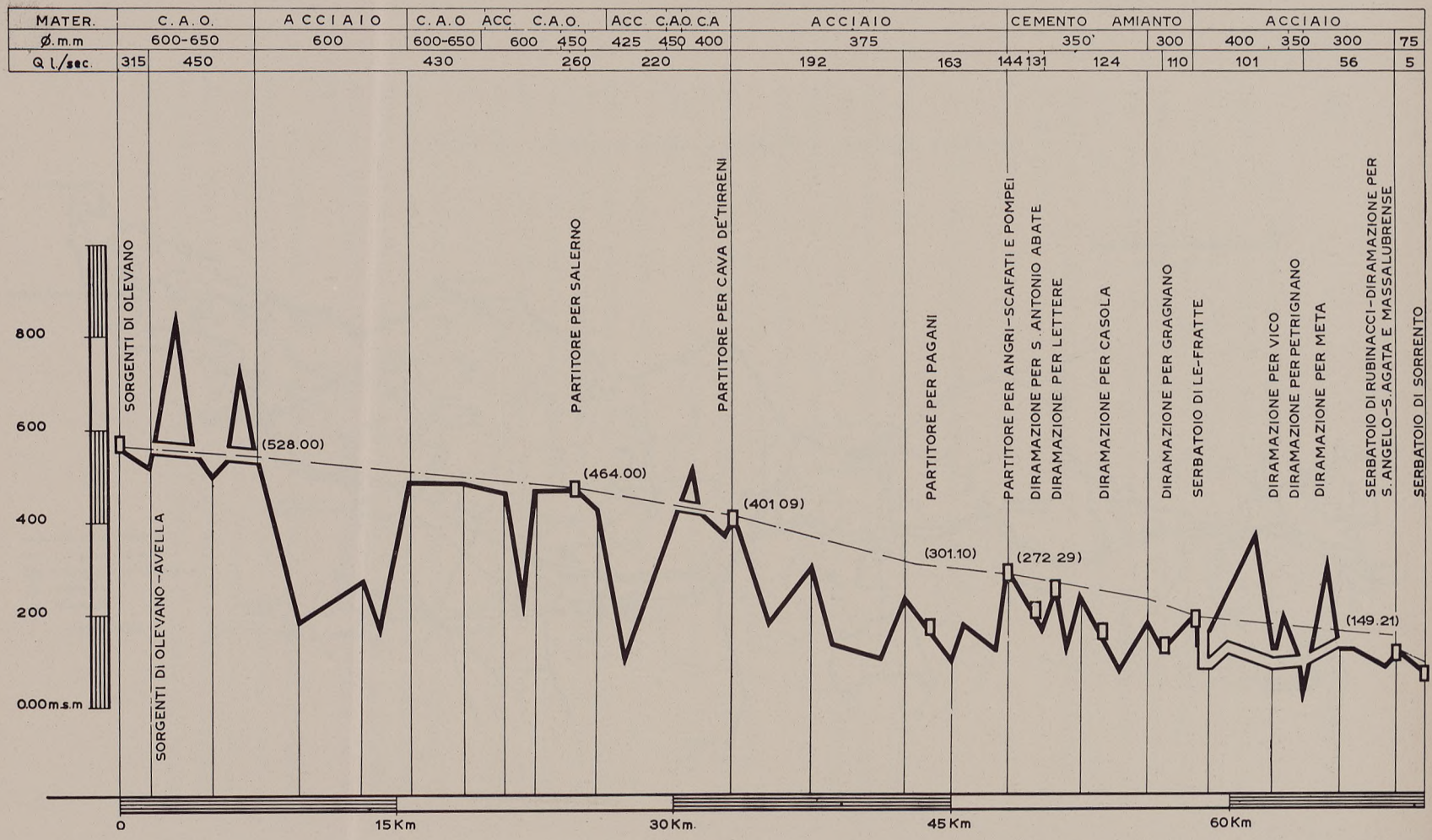


Grafico 36 - Acquedotti Ausino e sorrentino: Profilo longitudinale dell'adduttrice principale.

Contemporaneamente fu accertata l'opportunità che:

— l'adduttrice principale dell'acquedotto sorrentino venisse dimensionata in modo tale da poter convogliare oltre la portata di 90 l./sec., prevista in progetto per i comuni della terraferma, una portata di 20 l./sec., da porre a disposizione al termine dell'adduttrice stessa per l'alimentazione di un eventuale acquedotto sottomarino per l'isola di Capri;

— la condotta di collegamento fra gli acquedotti ausino e sorrentino, oltre alla portata per quest'ultimo, determinata come detto al punto precedente in 110 l./sec., potesse convogliare una portata supplementare, da distribuire sul percorso ai comuni attraversati che risultassero avere necessità di alimentazione integrativa.

Da quanto sopra risulta che l'esame organico di un problema di acquedotto, esteso a zone più ampie di quelle precedentemente considerate ed indipendenti dai limiti amministrativi esistenti (si tratta infatti di un gruppo di comuni ricadenti in due diverse province ed appartenenti solo in parte a due distinti consorzi), ha portato, nel quadro delle possibilità date alla « Cassa » e degli indirizzi fissati dalla stessa, ad una soluzione unitaria, sotto ogni aspetto più razionale ed economica di quelle precedenti.

In definitiva le opere progettate, ed ormai quasi del tutto ultimate e funzionanti, prevedono:

— sulla condotta principale dell'Ausino l'adduzione della portata di l./sec. 710 (contro i 520 l./sec. del primitivo progetto) dei quali 560 l./sec. a disposizione dei comuni consorziati e 150 l./sec. da trasferire alla condotta di cui al punto successivo;

— sulla condotta di collegamento dal partitore di Angri al serbatoio di testata dell'acquedotto sorrentino, la portata convogliata è all'inizio quella di 150 l./sec. consegnata dall'adduttrice dell'Ausino; di questa, 40 l./sec. sono da ripartire fra i comuni da alimentare lungo il tracciato e 110 l./sec. raggiungono il termine della condotta;

— sull'adduttrice principale dell'acquedotto sorrentino la portata iniziale di 110 l./sec. viene ripartita per 90 l./sec. successivamente fra i 6 comuni consorziati nella misura predisposta, mentre 20 l./sec. ne raggiungono l'estremo terminale a disposizione, come già detto, per l'eventuale alimentazione dell'acquedotto sottomarino per Capri; l'impianto di sollevamento dalla sorgente Fontana Grande è stato conservato nello schema e realizzato, per approvvigionamento di emergenza dell'acquedotto in caso di fuori servizio dell'alimentazione fondamentale a gravità.

Grafico 36 - Acquedotti Ausino e sorrentino

Si è detto al paragrafo 1 che i comuni serviti originariamente dall'acquedotto dell'Ausino erano in numero di 23 e che i comuni previsti nell'acquedotto sorrentino erano in numero di 6. Gli studi di normalizzazione sviluppati dalla « Cassa » hanno portato al coordinamento organico in un unico sistema dei due acquedotti, con previsione di estensione della zona di servizio lungo la condotta di collegamento e le adduttrici preesistenti, cosicché allo stato attuale, tenuto conto che per 2 comuni precedentemente serviti è allo studio una nuova soluzione distinta (Pontecagnano-Faiano e Montecorvino Pugliano da servire con nuovo acquedotto in progetto insieme con Montecorvino Rovella), i comuni complessivamente inclusi nel sistema salgono a 36, ripartiti in numero di 12 e 24 rispettivamente fra le province di Napoli e Salerno.

L'aver determinato l'opportunità e convenienza di provvedere agli interventi conseguenti a quanto sopra, oltre a consentire di risolvere nel migliore dei modi i problemi più urgenti di approvvigionamento idrico della zona, ha permesso di dedicare il tempo necessario al completamento degli accertamenti e degli studi per la definizione conclusiva del piano di normalizzazione del sistema degli acquedotti ausino-sorrentino, riguardanti i seguenti punti principali:

— integrazione dell'ulteriore portata occorrente al sistema, da prelevare, richiamandosi a quanto già detto in precedenza, alla sorgente S. Maria La Foce del gruppo del Sarno, in corso di captazione per una prima utilizzazione per l'acquedotto campano; detta integrazione verrà addotta ai comuni terminali già serviti dall'acquedotto dell'Ausino, i quali, oltre ad essere quelli che per ragioni di altimetria richiedono il minimo sollevamento delle acque, sono anche i più vicini alla sorgente;

— integrazione della capacità adduttiva delle diramazioni dell'acquedotto dell'Ausino, problema questo evidentemente collegato con il precedente, per incrementare fino ai valori calcolati per il 2000 le portate dei singoli abitati inclusi nel sistema.

A conclusione di questa rapida illustrazione si forniscono alcuni dati riassuntivi, indicanti l'entità delle opere finanziate per il sistema degli acquedotti ausino-sorrentino.

Acquedotto Ausino. Dalle sorgenti di nuova captazione del gruppo di Acerno-Case Olevano ed Avella la nuova adduttrice integrativa con andamento est-ovest pressoché parallelo alla esistente, raggiunge il partitore di Angri con sviluppo complessivo di condotte di circa km. 48, di vari materiali (cemento armato ordinario, cemento amianto e acciaio), con diametri compresi tra mm. 650 e 375; sono stati del pari





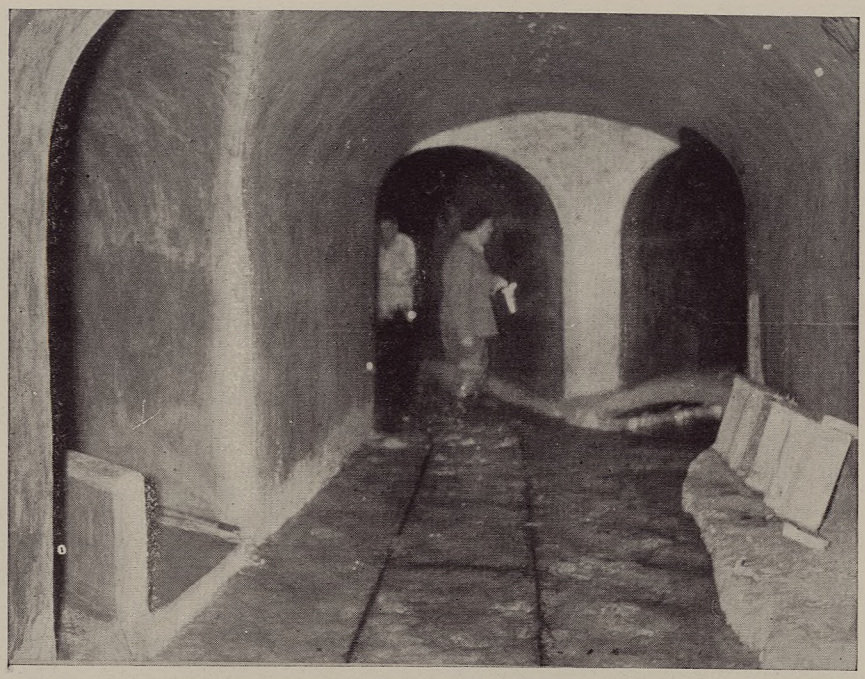
Fot. 70 - Acquedotto del Ceraso: Ponte sul fosso della Ferriera.
Fot. 71 - Acquedotto del Ceraso: Manufatto di captazione.

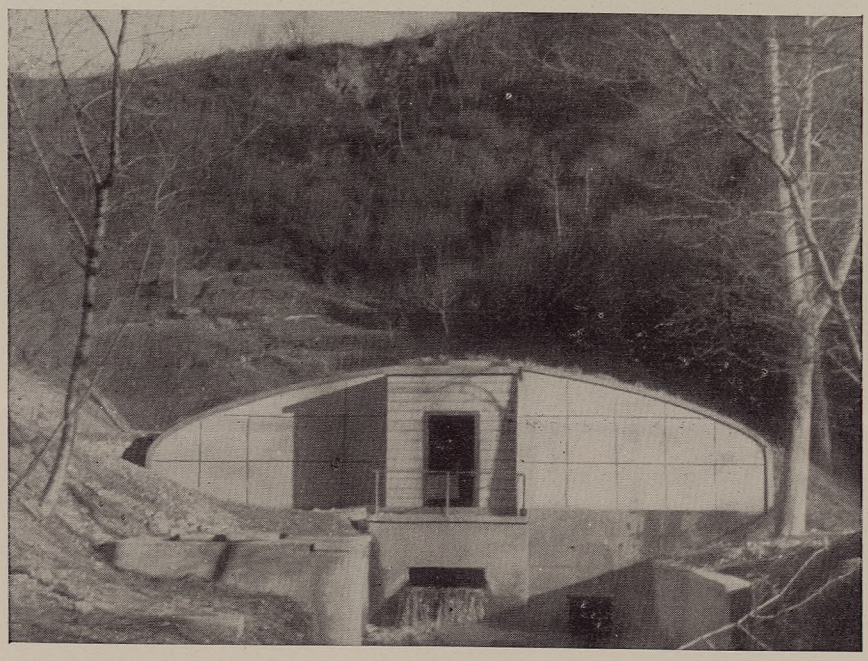


Fot. 72 - Acquedotto del Ceraso: Condotta adduttrice di cemento amianto (diam. mm. 200).



Fot. 73 - Acquedotto Ausino: Allacciamento sorgenti Olevano. Punto di scaturigine di una sorgente secondaria.





Fot. 74 - Acquedotto Ausino: Allacciamento sorgenti Olevano.
Fot. 75 - Acquedotto Ausino: Opere di presa dalla sorgente Avella.



Fot. 76 - Acquedotto Ausino: Sifone di Giffoni. Posa in opera e sfilamento di tubi di acciaio (diam. mm. 600).



Fot. 77 - Acquedotto Ausino: Tubazione di cemento armato (diam. mm. 600).



Fot. 78 - Acquedotto Ausino: Condotta di cemento armato (diam. mm. 600) al sifone Cornea.



Fot. 79 - Consorzio Ausino: Sifone al Vallone Grande con tubi di cemento armato (diam. mm. 600; ramo discendente).



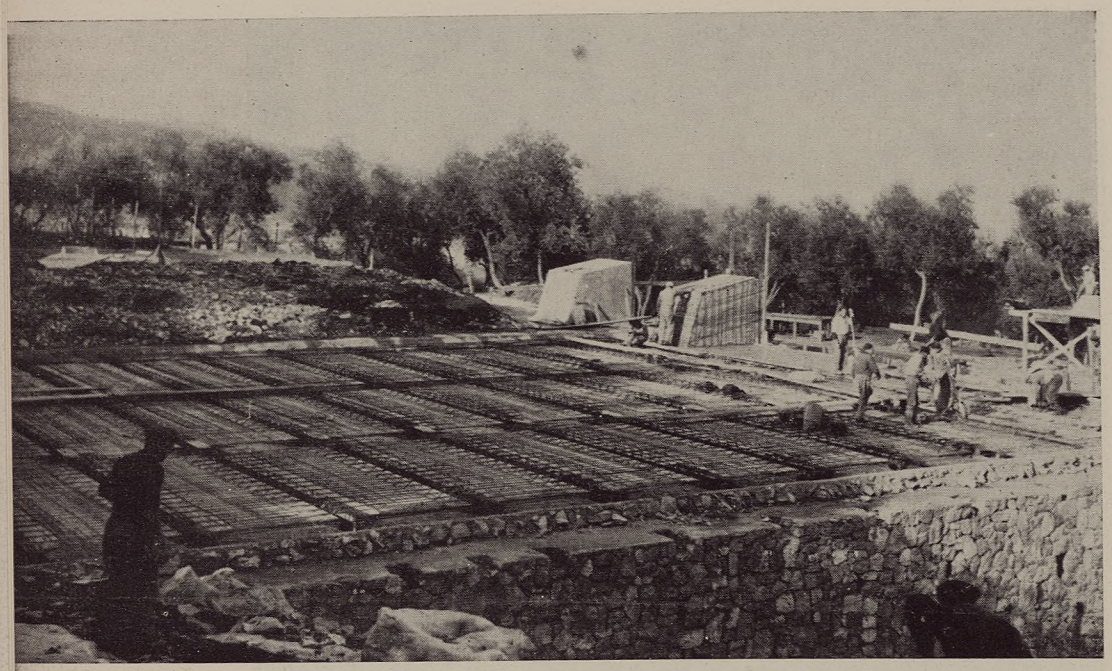
Fot. 80 - Acquedotto Ausino: Sifone di Giffoni. Tubazione d'acciaio in opera.



Fot. 81 - Acquedotto sorrentino: Condotta Meta-Rubinacci. Attraversamento del ponte Maggiore.



Fot. 82 - Acquedotto sorrentino: Condotta Meta-Rubinacci. Attraversamento del ponte Maggiore.



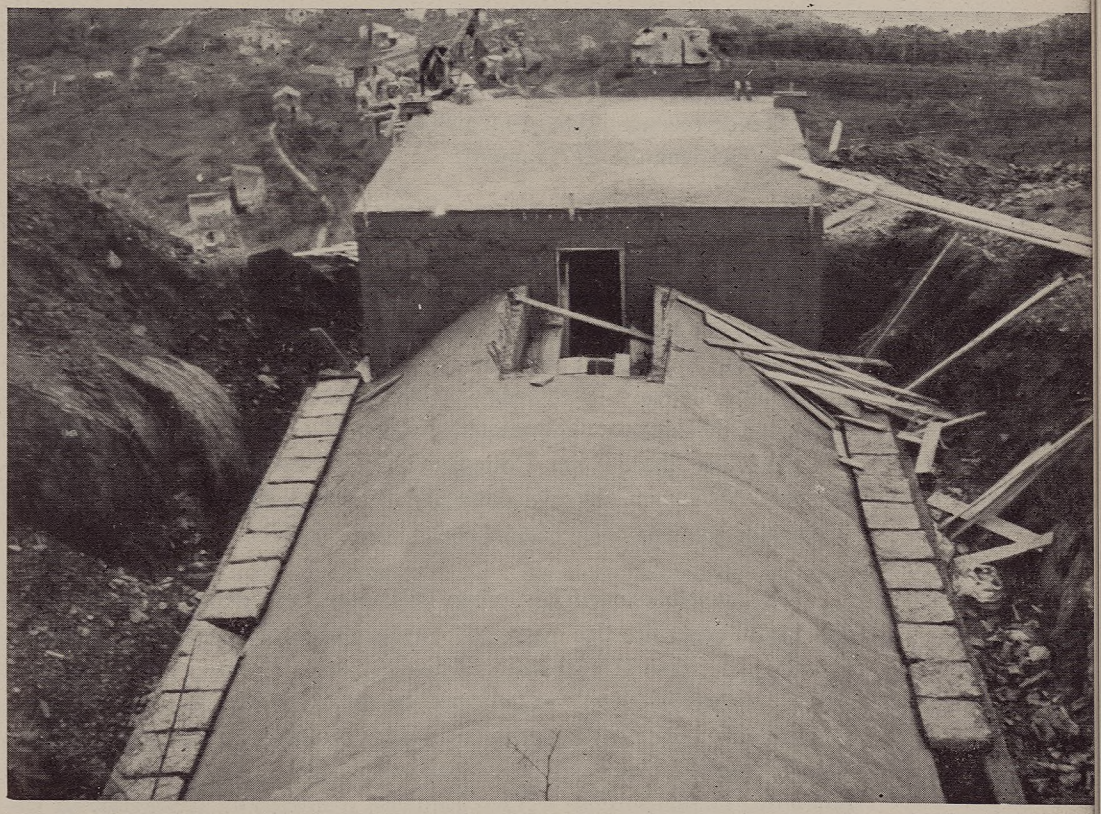
Fot. 83 - Acquedotto sorrentino: Serbatoio di Rubinacci. Armatura della copertura alla vasca centrale.



Fot. 84 - Acquedotto sorrentino: Serbatoio di Vico Equense. Muratura della prima vasca.



Fot. 85 - Acquedotto sorrentino: Serbatoio di Seiano. Murature vasche.



Fot. 86 - Acquedotto sorrentino: Serbatoio dei Colli. Copertura.

approvate e pressoché ultimate opere diramate per Cava dei Tirreni, Vietri sul Mare e la frazione Croce di Salerno, con costruzione di km. 16 circa di condotte e 8 serbatoi con capacità totale di mc. 590, mentre è di recente iniziato un primo lotto di lavori per la nuova diramazione del comune di Tramonti.

Collegamento Ausino-sorrentino. La condotta di collegamento dei due acquedotti, che dal partitore di Angri raggiunge il serbatoio di testata delle Fratte con andamento pressoché rettilineo da nord-est a sud-ovest, è già stata costruita con sviluppo complessivo di circa km. 10 di tubazioni in cemento amianto di diametri di mm. 350 e 300; in corso di completamento è la costruzione delle opere diramate per la normalizzazione dell'approvvigionamento idrico di Lettere, Casola, Gragnano e S. Antonio Abate e per l'integrazione di Pompei, comportanti la costruzione di km. 6 circa di condotte di vari diametri e materiali e di 6 serbatoi per capacità complessiva di mc. 3.200.

Acquedotto sorrentino. Prima dell'intervento della « Cassa » erano già state costruite le opere di captazione della sorgente Fontana Grande, in parte il serbatoio di testata delle Fratte e un tronco di adduttrice principale dello sviluppo di circa km. 4,5; le opere di completamento, già praticamente ultimate e funzionanti, normalizzano l'approvvigionamento idrico di Sorrento, Meta, S. Agnello, Piana di Sorrento, Massalubrense e Vico Equense e integrano il servizio di Castellammare di Stabia, oltre ad assicurare, come detto sopra, una portata terminale per l'eventuale prolungamento sottomarino verso Capri; esse hanno comportato la costruzione di circa km. 82 di tubazioni, in prevalenza di acciaio ed in misura inferiore di ghisa, e di 17 serbatoi per una capacità complessiva di mc. 15.320 ed inoltre, in funzione della distribuzione altimetrica e planimetrica dei numerosi centri da servire, 7 impianti elevatori per il servizio di abitati o gruppi di abitati ad altitudine superiore alla quota piezometrica dell'adduttrice e l'impianto di sollevamento dalla sorgente Fontana Grande per il funzionamento di emergenza dell'intero acquedotto, con potenza complessiva installata di kw 870 (Fot. 70-86).

V

ZONA SALERNITANA A SUD DEL SELE

1. - Generalità

Il territorio della provincia di Salerno è diviso dal fiume Sele in due parti aventi caratteristiche nettamente diverse.

Nella parte a nord del Sele predominano, dal punto di vista geologico, le dolomie e i calcari dolomitici del Trias ed i calcari del Cretaceo che formano il grande massiccio montuoso che si estende da Amalfi per Salerno, Nocera Inferiore, Serino ed Acerno, fino ad Eboli. Da tali masse calcaree, fasciate alla base dai terreni argillosi dell' Eocene ed, in minore misura, del Miocene, hanno origine numerose e copiose sorgenti che danno vita ai fiumi Sarno, Picentino, Tusciano ed, infine, al Sele stesso.

Ai massicci montuosi si trovano intercalate zone pianeggianti, quali l'agro sarnese-nocerino e la piana in destra del Sele, sedi di un'agricoltura progredita e ricchissima che ha potuto avvantaggiarsi della coincidenza della fertilità dei terreni e dell'abbondanza delle acque.

Nella parte a sud del Sele i terreni calcarei e dolomitici si incontrano nei monti che sovrastano Valva e Colliano, nel monte Alburno e nel rilievo montuoso che a partire da monte Cervati si protende verso nord-ovest fino a Capaccio; all'estremità sud-occidentale della zona si erge, isolato, il massiccio di monte Bulgheria, costituito da calcari del Lias e del Giura, coronati da terreni del Cretaceo. La rimanente parte del territorio è costituita dai terreni dell' Eocene superiore ed inferiore (scisti argillosi, argille scagliose, calcari marnosi ed arenarie) che occupano più della metà della superficie della zona e predominano in tutta la parte sud-occidentale di essa denominata Cilento. La regione è caratterizzata da un accentuato carsismo che ha le più vistose manifestazioni nelle note grotte di Pertosa ed in quelle meno note, ma non meno importanti, di Castelcivita, solo da poco valorizzate a cura della «Cassa»

e nel classico esempio di carsismo del fiume Bussento che si inabissa in una grotta a valle di Caselle in Pittari per riapparire, dopo un lungo percorso sotterraneo, nei pressi di Morigerati. Più accentuate che a nord del Sele sono le caratteristiche montuose della zona, non dal punto di vista della massima altezza dei rilievi, bensì della minore estensione dei terreni pianeggianti.

In conseguenza della minore estensione dei terreni permeabili, sono meno numerose e meno importanti le manifestazioni sorgentizie e le acque superficiali in genere. Anche dal punto di vista agrario, la natura dei terreni è molto meno felice che nella zona a nord del Sele. In complesso quindi le condizioni ambientali sono molto meno favorevoli allo sviluppo dell'agricoltura e delle attività produttive in generale.

Alla diversità delle caratteristiche fisiche, infatti, fa riscontro una ancora più netta diversità nelle condizioni economico-sociali delle due zone.

Nella parte nord su una superficie di kmq. 1.226 vive una popolazione di 508.932 abitanti [1] con una densità media di 415 abitanti per kmq., nettamente superiore alla densità media della provincia (170 abitanti); in essa sono installate le più importanti industrie della provincia che riguardano essenzialmente la trasformazione e la conservazione dei prodotti agricoli e si accentrano, oltre che nel capoluogo, nei grossi centri dell'agro sarnese-nocerino e della piana posta a sud-est di Salerno. Dei 48 comuni di tale zona 15 hanno popolazione superiore ai 10.000 abitanti e di essi 2 — oltre il capoluogo — superano i 30.000 abitanti (Nocera Inferiore e Cava dei Tirreni).

Nella zona a sud del Sele vive invece una popolazione di 327.896 abitanti sparsi su un territorio di kmq. 3.696, con una densità media di 89 abitanti, inferiore, ovviamente, alla media della provincia. Dei 109 comuni della zona uno solo supera i 10.000 abitanti (Sala Consilina: abitanti 10.688).

Le diverse caratteristiche delle due zone non potevano non avere riflessi anche sul problema dell'approvvigionamento idrico.

Nella parte a nord del Sele la maggiore concentrazione degli agglomerati urbani, la loro maggiore ricchezza demografica ed economica ed infine la maggiore disponibilità di risorse idriche hanno facilitato la soluzione del problema. Infatti, all'atto della costituzione della « Cassa », dei 47 comuni della zona solo 6 risultavano bisognevoli di intervento mentre 1 non richiedeva alcun intervento ed i rimanenti 40 avevano bisogno di una semplice integrazione. Di essi 22 erano alimentati dal

[1] Tutti i dati di popolazione fanno riferimento al censimento del 1951.

grande acquedotto dell'Ausino che, anche se insufficiente quanto a portate assicurava un servizio efficiente perché gestito da un consorzio qualificato, in grado di effettuare una regolare manutenzione.

Ben diversa la situazione a sud del Sele: dei 109 comuni della zona, ben 46 manifestavano la necessità di un intervento totale; i rimanenti 63 erano tutti bisognevoli di intervento integrativo perché dotati di acquedotti inadeguati ai rispettivi fabbisogni. La situazione reale era anche più grave di quanto apparirebbe da tali cifre, poiché — a parte l'acquedotto consorziale del Calore, che alimentava 13 comuni, ma che in effetti difettava anch'esso quanto ad organizzazione di gestione — i vari abitati erano serviti da singoli acquedotti approvvigionati da sorgenti locali ed affidati a piccoli comuni del tutto sprovvisti dell'attrezzatura e dell'organizzazione necessaria per effettuare una regolare manutenzione.

Il problema della normalizzazione dell'approvvigionamento idrico della parte della provincia di Salerno a sud del Sele si presentava quindi urgente ed impegnativo. Esso è risultato complicato anche dalla relativa scarsezza delle riserve idriche della zona e dalla mancanza di dati e di misure di portata circa le sorgenti esistenti.

La « Cassa » ha affrontato il compito con sollecitudine e con larghezza di vedute, avendo di mira, per quanto possibile, la realizzazione di acquedotti a largo raggio. Finora sono stati portati a compimento notevoli complessi di opere; altri lavori sono in corso di esecuzione. Altre importanti opere infine sono in corso di avanzato studio e passeranno quanto prima alla fase della realizzazione.

Si cominciò con la normalizzazione dei comuni del Cilento, unica zona per la quale esistevano già degli studi e dei progetti: in tale zona sono stati costruiti e sono da tempo in esercizio gli acquedotti dell' Elce e del Bussento, che verranno illustrati più dettagliatamente in seguito, e che provvedono — con le due appendici degli acquedotti per Montecorice e Serramezzana e per Omignano e Stella Cilento — alla normalizzazione idrica di 41 comuni. Nella stessa zona sono in corso di costruzione le opere per la sistemazione dell'acquedotto di Rofrano e l'acquedotto per Valle, Santa Lucia e Castagneto, frazioni del Comune di Sessa Cilento [2] nonché la condotta di collegamento dell'acquedotto per Montecorice e Serramezzana con l'acquedotto dell'Elce. Con tale ultima condotta, oltre che alla integrazione di portata dell'acquedotto per Montecorice e Serramezzana, si provvederà alla normalizzazione del

[2] Alla definitiva normalizzazione del Comune di Sessa Cilento si provvederà, come sarà detto in seguito, con altro acquedotto.

Comune di S. Mauro Cilento, alimentandone la frazione Casalsottano e destinando al solo capoluogo l'acquedotto che finora alimentava anche la frazione.

Nella zona del basso Vallo di Diano e della media valle del Tanagro è stato costruito l'acquedotto dalle sorgenti S. Antuono a servizio dei 6 comuni di Polla, Pertosa, S. Pietro al Tanagro, S. Arsenio, Caggiano e Salvitelle con una popolazione attuale di 16.405 abitanti e futura di 24.100 abitanti. La dotazione giornaliera per il giorno di massimo consumo è stata tenuta mediamente pari a 120 l./ab.; la portata derivata è quindi pari a 36,7 l./sec. Le condotte sono in tubi di acciaio, di ghisa e di cemento amianto con diametri variabili da mm. 50 a 300, per uno sviluppo complessivo di m. 27.550. Poiché le sorgenti S. Antuono sgorgano a quota più bassa dei comuni da alimentare le acque vengono preventivamente sollevate, per un'altezza di m. 107, fino ad un serbatoio di compenso, della capacità di mc. 1.056, da cui si diramano a gravità le condotte adduttrice, ad eccezione di quelle per i comuni di Caggiano e Salvitelle che richiedono un sollevamento supplementare. Oltre a quello prima indicato sono stati costruiti anche 5 serbatoi di compenso e riserva per la capacità complessiva di mc. 2.763.

Il costo delle opere è risultato, a consuntivo, pari a 418 milioni di lire cui corrispondono costi unitari di 17.300 lire circa per abitante servito e 11,4 milioni di lire per l./sec. addotto. I lavori sono completamente ultimati e le opere sono da tempo in esercizio.

In definitiva con i lavori ultimati o in corso di esecuzione si provvede alla normalizzazione idrica di 50 comuni; per i rimanenti 59 sono in corso approfonditi studi ormai in via di conclusione. In particolare, nel Vallo di Diano è prevista la costruzione di un acquedotto consorziale alimentato a gravità, salvo per qualche comune per il quale è necessario il sollevamento meccanico, dalla sorgente Valle II. L'acquedotto interessa i seguenti 6 comuni: Sassano, Monte S. Giacomo, Teggiano, Sala Consilina, S. Rufo e Atena Lucana, aventi una popolazione attuale di 33.380 abitanti e futura, all'anno 2010, di 58.000 abitanti circa. Mentre è in corso di studio il progetto di massima, sono in pieno svolgimento i lavori di indagine per la ricerca della scaturigine geologica della sorgente.

I rimanenti 5 comuni gravitanti sul Vallo di Diano — e cioè Casalbuono, Sanza, Buonabitacolo, Montesano e Padula — continueranno ad essere alimentati, previa sistemazione, mediante acquedotti locali.

Un più importante complesso di opere è infine previsto per la normalizzazione dei comuni compresi nella vasta area delimitata dal Sele,

dal confine con le vicine province di Avellino e Potenza, dalla zona di servizio dell'acquedotto di Sant'Antuono, dal massiccio montagnoso di monte Cervati ed infine dalla zona di servizio dell'acquedotto dell'Elce. Trattasi di un complesso di 48 comuni di cui 12 abbisognevoli di intervento totale e 36 di intervento integrativo. Di questi ultimi 13 sono attualmente alimentati dall'acquedotto consorziale del Calore, che utilizza le sorgenti omonime sgorganti alle falde nord-occidentali del monte Cervati.

Gli studi per la normalizzazione di questa zona hanno avuto inizio, da parte della « Cassa », fin dai primi anni di attività dell' Istituto e sono ormai giunti alla fase conclusiva. Essi sono stati ritardati da difficoltà obbiettive, imprevedibili, che si ricollegano all'accennato carsismo della zona. Nel 1956 infatti, per acquisire più precisi elementi di base per la definizione del progetto allora allo studio, fu finanziata dalla « Cassa » una perizia di spesa dell'importo di 14.402.000 lire per l'esecuzione dei primi lavori di indagine alle sorgenti Sammaro che allora si prevedeva di captare. Dopo alcuni mesi i lavori dovettero essere abbandonati perché i risultati fino allora conseguiti dimostravano che le sorgenti andavano soggette a grave contaminazione da parte delle acque superficiali. Con i fondi residui della stessa perizia e con quelli di altra perizia successivamente approvata, per l'importo di 7 milioni di lire, furono allora iniziati i lavori di indagine alla sorgente S. Elena in Comune di Laurino, che appariva come l'unica in grado di sostituire la Sammaro. Infine fu necessario rinunciare anche alla S. Elena perché dai lavori eseguiti risultava che la sorgente veniva alimentata da una rete di canali carsici che vi convogliavano anche le acque del fiume Calore, con evidente pericolo di inquinamenti. Furono allora condotti approfonditi studi prendendo in considerazione anche risorse idriche lontane o addirittura esterne alla zona da alimentare e furono messi a confronto numerosi distinti schemi di alimentazione in relazione alle varie fonti di alimentazione di volta in volta considerate. Alla fine la scelta cadde sulle sorgenti dell'alta valle del Sele (nei comuni di Calabritto e Senerchia) e sulle sorgenti Scaricarelle ed altre in Comune di Novi Velia, queste ultime esterne alla zona; con tali due gruppi di sorgenti e con le sorgenti Calore, già in atto utilizzate dall'omonimo acquedotto consorziale, si provvederà all'alimentazione di 42 dei 48 comuni di questa zona: i rimanenti 6, e cioè Trentinara, Serre, Sicignano, Petina, Auletta e Sacco, saranno alimentati da risorse locali, per lo più mediante utilizzazione delle opere esistenti.

Lo schema di alimentazione proposto dal Servizio Acquedotti e

Fognature della « Cassa », a conclusione di accurati studi e confronti, e sulla base del quale sono ora in elaborazione i progetti di massima, prevede la costruzione dei tre seguenti acquedotti:

— *acquedotto alto Sele*: utilizza a gravità le sorgenti Acquara in Comune di Calabritto — integrate in periodo di magra dalle sorgenti Piceglie in Comune di Senerchia — per l'alimentazione dei comuni dell'alta valle del Sele e della bassa valle del Calore e dei comuni di Capaccio ed Agropoli. In totale trattasi di 24 comuni [3] con una popolazione attuale di 89.715 abitanti ed una popolazione presumibile futura di 130.000 abitanti. L'adduzione avviene a gravità tranne che per 6 comuni che per la loro alta quota richiedono il sollevamento meccanico. È prevista l'adozione di tubazioni in acciaio, in cemento armato e cemento amianto, con diametri variabili da mm. 600 a 60, per uno sviluppo complessivo di km. 133;

— *acquedotto del Calore*: in base al piano di normalizzazione saranno staccati da tale acquedotto i comuni di Albanella, Roccadaspide, Castel S. Lorenzo, Felitto ed Agropoli e vi saranno invece aggregati i comuni di Roscigno, Bellosguardo e Corleto Monforte, lungo le falde occidentali degli Alburni, ed i comuni di Torchiara, Prignano, Laureana e Rutino in sinistra della valle dell'Alento. In conclusione l'acquedotto del Calore alimenterà i seguenti 15 comuni: Piaggine, Valle dell'Angelo, Laurino, Roscigno, Bellosguardo, Corleto Monforte, Magliano, Monteforte Cilento, Cicerale, Giungano, Ogliastro, Prignano, Torchiara, Laureana e Rutino, con una popolazione totale pari a 28.537 abitanti (1951), che si prevede possa ascendere a 46.500 unità nell'anno 2000. L'adduzione avviene tutta a gravità. Per le condotte è prevista la massima utilizzazione di quelle esistenti, salvo alcuni tronchi che vanno necessariamente sostituiti perché non si inquadrano nel nuovo schema di alimentazione;

— *acquedotto Scaricarelle*: utilizza le sorgenti omonime ed altre, che si manifestano in territorio del Comune di Novi Velia alle falde occidentali del monte Sacro, per la normalizzazione idrica dei 3 comuni di Lustra, Perdifumo, Castellabate e per parte del Comune di Sessa Cilento (alcune frazioni del quale, come accennato in precedenza, saranno alimentate da un acquedotto locale in corso di costruzione), con una popolazione complessiva di 13.686 abitanti, prevista pari a 24.000

[3] In effetti l'acquedotto interessa 25 comuni poiché viene normalizzato anche il Comune di Calabritto che però è posto a nord del Sele e fa parte della provincia di Avellino.

unità nell'anno 2000. L'acqua viene addotta a gravità a tutti i centri serviti. È prevista la posa in opera di circa m. 37.000 di condotte in acciaio ed in cemento amianto con diametri variabili da mm. 175 a 80.

Per la frazione di S. Maria del Comune di Castellabate, che nella stagione balneare accoglie un gran numero di forestieri ed è alimentata in maniera assolutamente inadeguata, per alleviare il conseguente grave stato di disagio ancor prima che venga realizzato il progetto dell'acquedotto Scaricarelle, la « Cassa » ha approvato il 29 marzo 1961 una perizia di spesa, dell'importo di 20 milioni di lire, per l'alimentazione provvisoria mediante utilizzazione di una falda freatica locale.

I relativi lavori sono ora in via di ultimazione.

2. - Acquedotto del Bussento

La risoluzione del problema dell'approvvigionamento idrico dei comuni del Bussento (Sapri, Torraca, Policastro, Tortorella, Casaletto Spartano, Morigerati e Caselle in Pittari) fu già nell'anno 1934 prevista in un progetto studiato dall' Istituto Nazionale per le Opere Pubbliche dei Comuni, progetto che subì varie rielaborazioni ed approvazioni, ma non venne peraltro mai realizzato. Quando esso fu presentato alla « Cassa » per il finanziamento, l'elemento base — popolazione presunta da servire — era sorpassato (abitanti 31.000 contro i 20.000 prima previsti): risultava conseguentemente inadeguata la sorgente Fistole di Sanza di cui era prevista l'utilizzazione. A seguito di aggiornamento, accertato che nella zona era da risolvere il problema idrico anche per Vibonati, essendo prevista una dotazione giornaliera di litri 150 per abitante per Sapri e di litri 100 per gli altri comuni, risultò necessaria una portata di l./sec. 42 (Fot. 87-88).

Sola possibilità di reperire nella zona tale quantitativo d'acqua era offerta dalla su ricordata sorgente Fistole, affiorante in comune di Sanza, dalla sorgente Montemenzano e dalla sorgente Melette, scaturiente sulla sponda sinistra del rio Casaletto in Comune di Casaletto Spartano. Manifestandosi queste due sorgenti in zone ben distinte, apparve la convenienza di suddividere l'acquedotto in due rami distinti:

a) ramo sinistro a servizio di Battaglia, Casaletto Spartano, Tortorella, Torraca, Sapri e frazione Timpone;

b) ramo destro a servizio di Caselle in Pittari, Sicilì, Morigerati, Vibonati, Santa Marina e Policastro (capoluogo e frazioni).

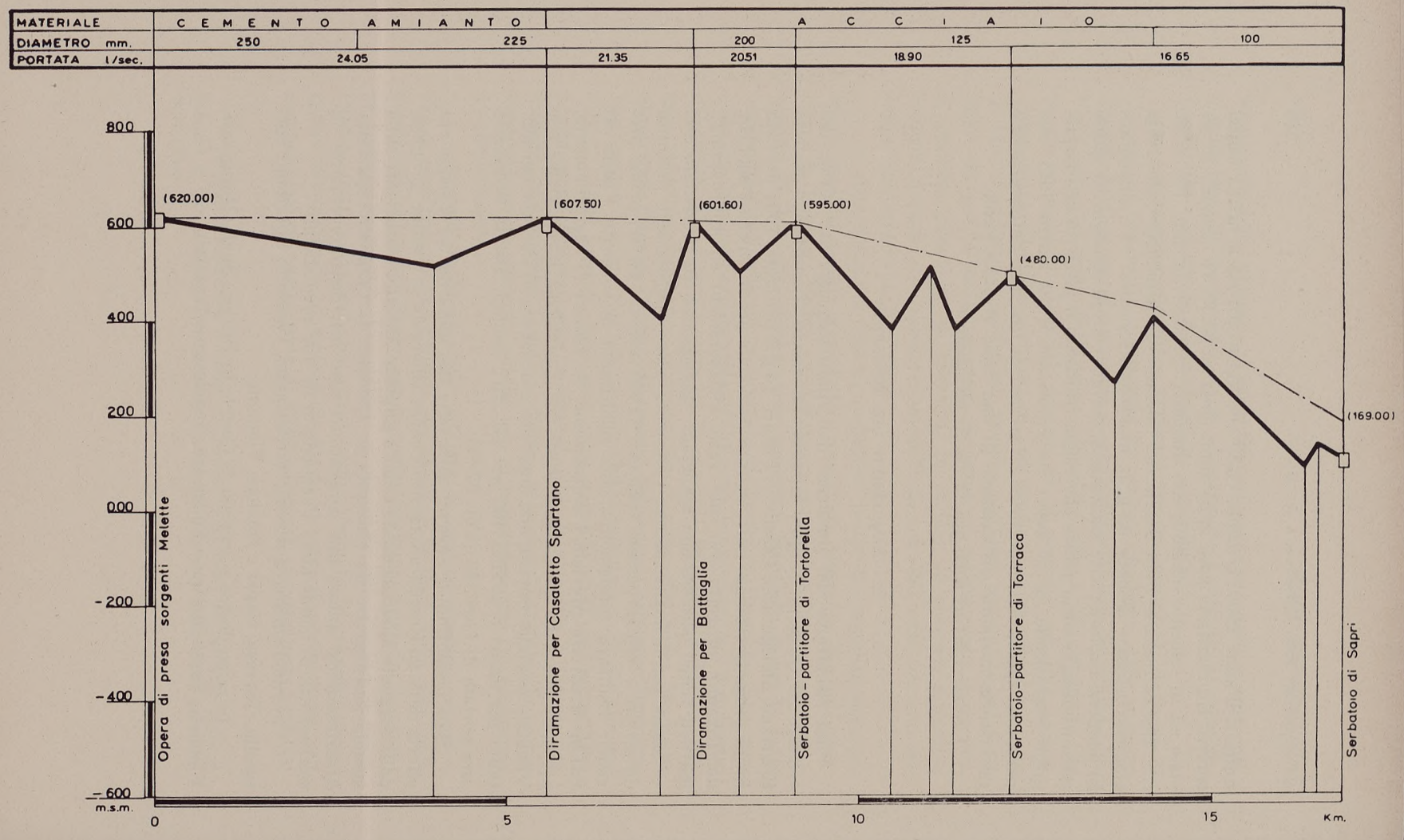


Grafico 37 - Acquedotto del Bussento (ramo sinistro): Profilo longitudinale dell'adduttrice principale.

Grafico 37 - Acquedotto del Bussento (ramo sinistro): Profilo [illegible]

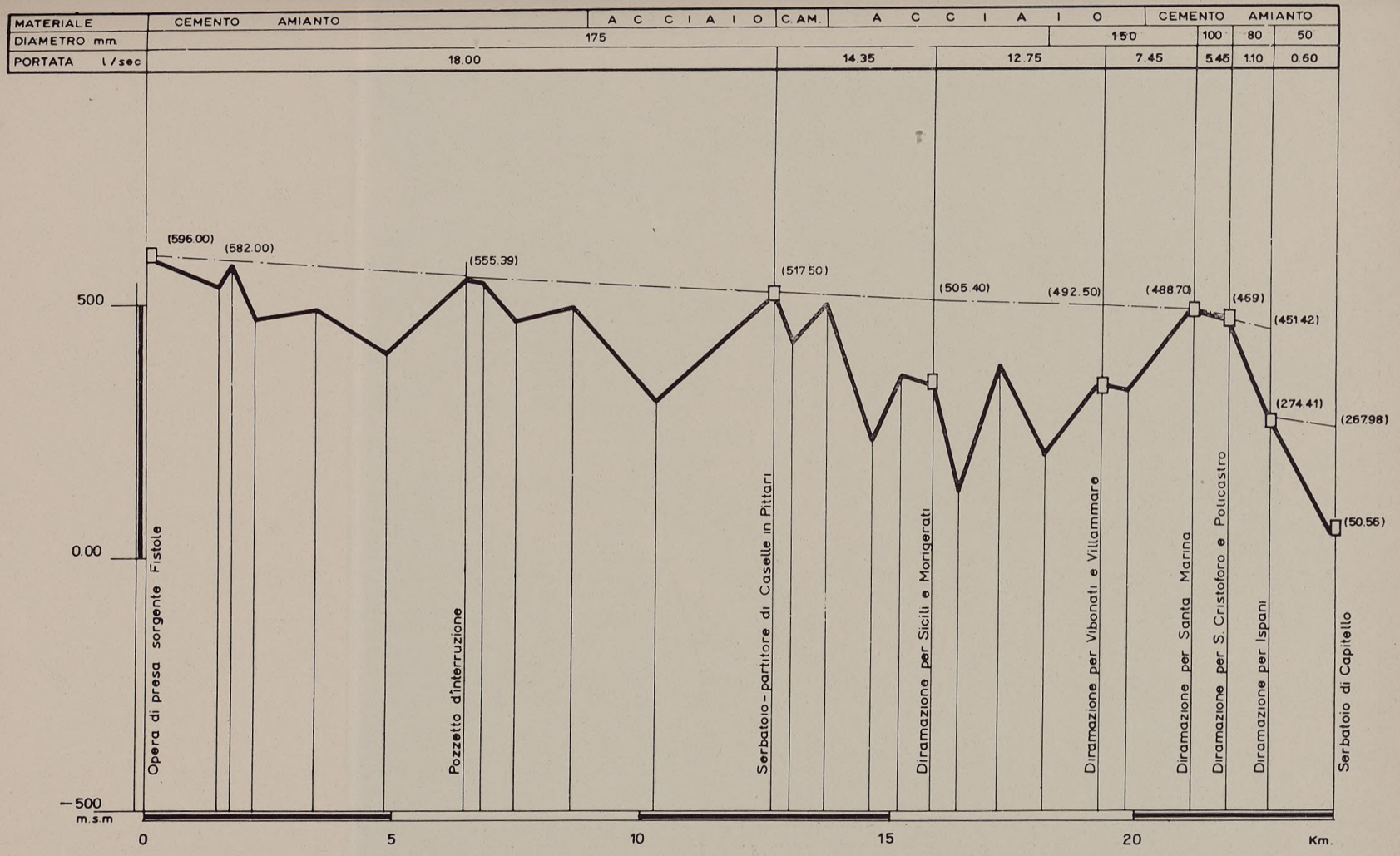
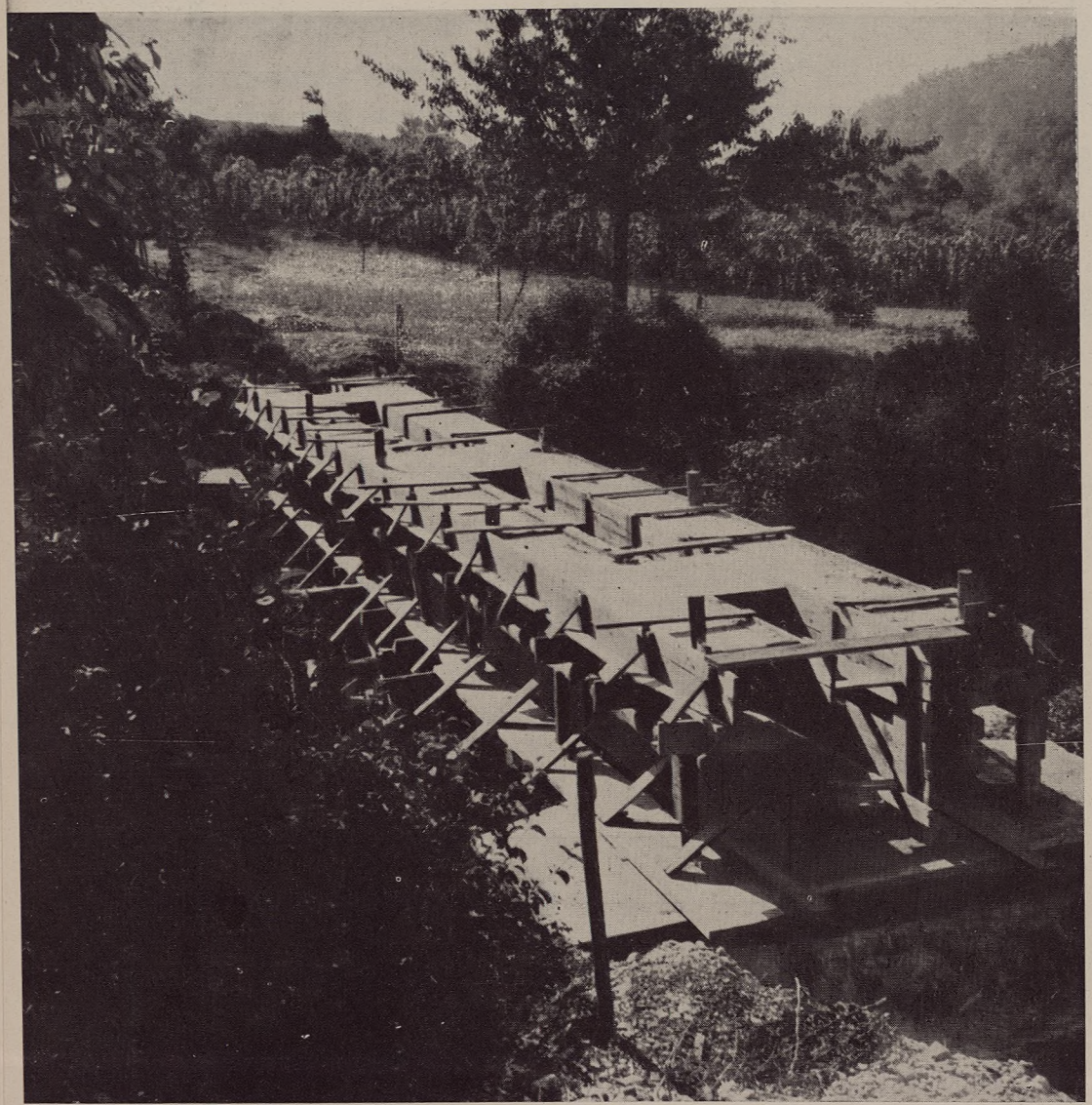
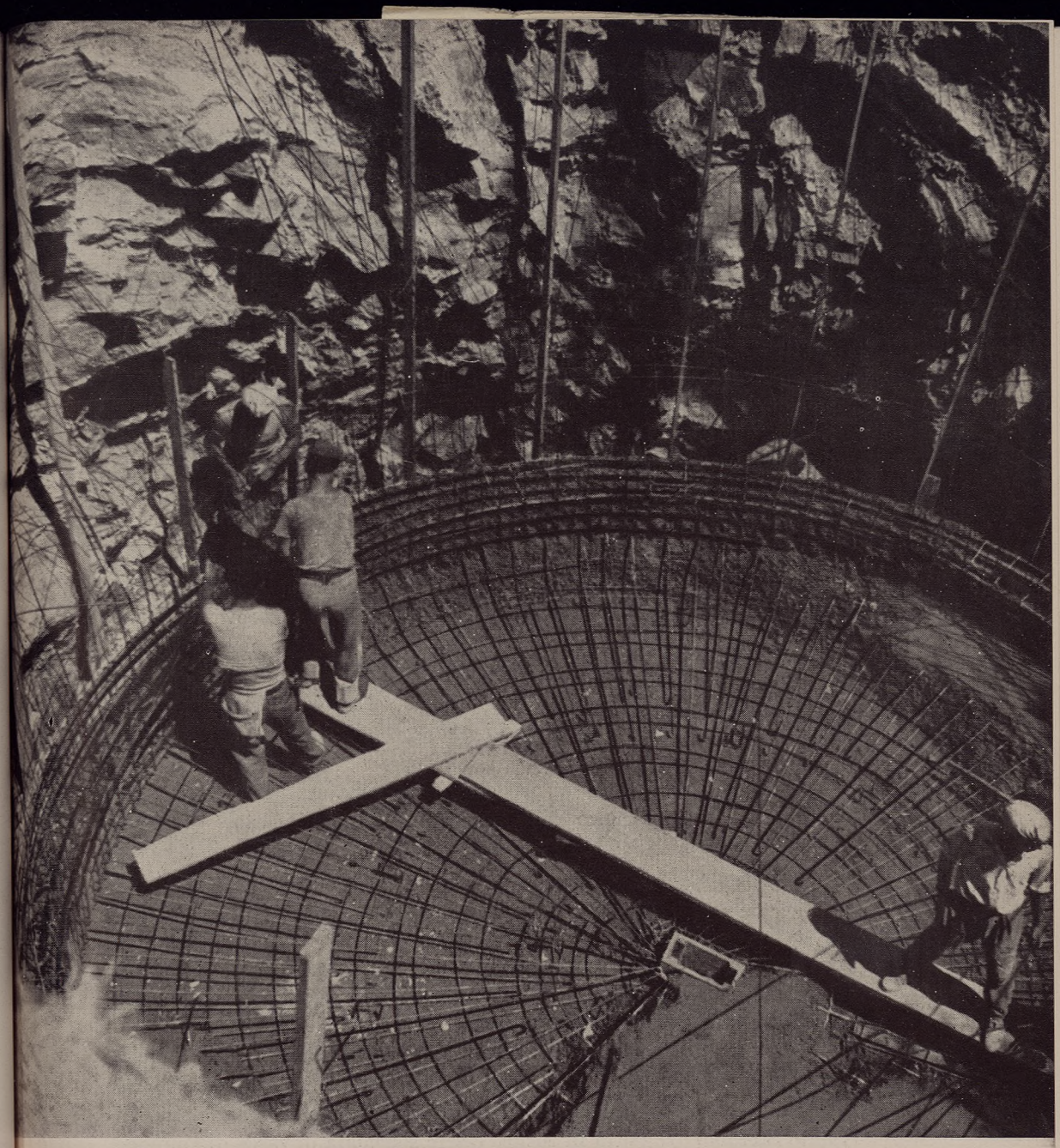


Grafico 38 - Acquedotto del Bussento (ramo destro): Profilo schematico dell'adduttrice principale.



Fot. 87 - Acquedotto del Bussento (ramo destro): Trave armata sul Bussento.



Fot. 88 - Acquedotto del Bussento (ramo destro): Armatura del serbatoio di Sicilì.

Ramo sinistro. Questo ramo è alimentato dalle sorgenti Melette con una portata di l./sec. 24 e servirà una popolazione di oltre 16.000 abitanti.

Partendo dalle sorgenti la condotta si dirige verso nord-ovest e dopo circa 3 km. di percorso con un grande arco si porta a sud. Lasciati due brevi rami che raggiungono rispettivamente i serbatoi di Casaletto Spartano e di Battaglia, la condotta piega verso sud-ovest, sino in prossimità della zona ove trovasi il cimitero di Tortorella, per raggiungere un partitore; di qui un ramo va a Tortorella e l'altro, puntando decisamente verso sud, raggiunge Torraca e Sapri. Da Sapri, con direzione est, attraversando l'abitato, la condotta termina al serbatoio di Timpone.

La lunghezza della condotta è di circa m. 26.000, con tubi di diametro da mm. 250 a 60. Come materiale tubolare sono stati impiegati il fibrocemento nel tratto montano, fino a Casaletto, ove si hanno pressioni basse e terreni stabili; l'acciaio per Casaletto e Sapri, ove si hanno generalmente pressioni oltre le 15 atmosfere; la ghisa nel tratto fra Sapri e Timpone e nelle condotte di avvicinamento dai serbatoi agli abitati. Ogni abitato è munito del proprio serbatoio di riserva: la capacità complessiva dei serbatoi di questo ramo ascende a mc. 1.850.

Ramo destro. In sede di progetto di massima era previsto che questo ramo fosse alimentato dalle acque delle sorgenti Fistole di Sanza con una portata di l./sec. 18 per 15.000 abitanti. Nel corso delle osservazioni sistematiche, cui la « Cassa » sottopone sempre le sorgenti di previsto impiego, essendo risultato che nel periodo di massima magra la portata di questa sorgente era qualche volta inferiore al fabbisogno, nel progetto esecutivo venne previsto che essa potesse in futuro essere integrata con la sorgente Montemenzano II che sgorga poco a monte di essa, a quota alquanto più elevata.

La condotta, partita dall'opera di presa della sorgente Fistole, raggiunge rapidamente la zona (sita ai piedi del monte Vallivona, subito a valle della strada provinciale Sanza-Rofrano dopo la grande ansa di Santo Stefano) ove potrà in futuro essere sistemata la vasca di riunione delle sorgenti Fistole e Montemenzano. Di qui essa si dirige verso est, attraversa il fosso Valle Secco e giunge in località S. Pietro. Proseguendo verso sud-est attraversa un affluente del Bussento e segue a mezza costa il monte Centaurino. In prossimità di Colle Farnitani, sempre a mezza costa, punta a sud, attraversa la strada provinciale in corrispondenza del km. 39 e giunge così a Caselle in Pittari. Sempre dirigendosi a sud, la condotta attraversa la strada comunale per Morigerati

fino ad un partitore, da cui si stacca la condotta per Sicili. Da Morigerati la condotta perviene al partitore in località Pantana, ove si biforca: un ramo si dirige dapprima verso est, fino alla località S. Lucia, e quindi verso sud, fino a Vibonati capoluogo e Vibonati Scalo. L'altro ramo si dirige verso sud e, dopo circa m. 1.500, distacca una diramazione per S. Marina. Proseguendo verso sud-ovest perviene al partitore di S. Cristoforo, da cui parte una diramazione per Ispani e Capitello. Il ramo principale termina a Policastro Bussentino.

Nel complesso, le condotte hanno una lunghezza in cifra tonda di m. 38.500 quelle adduttrici e di m. 4.500 quelle di avvicinamento agli abitati. Materiali tubolari impiegati nelle adduttrici sono il fibrocemento (m. 25.000 circa), ove le pressioni sono inferiori a 15 atmosfere, e l'acciaio nelle zone rimanenti. Le condotte di avvicinamento sono costruite tutte con tubi di ghisa; i diametri impiegati variano da mm. 175 a 50. Tutti gli abitati sono provvisti di un proprio serbatoio di riserva: complessivamente questi sono 10, con una capacità totale di mc. 1.950.

L'acquedotto è completamente ultimato e da tempo in regolare servizio. Peraltro recentemente è stato approvato ed è ora in corso di esecuzione un progetto dell'importo di 14 milioni e mezzo di lire per lavori vari di sistemazione e per la costruzione di una casa cantoniera.

Il costo complessivo dell'acquedotto del Bussento ascende a 731 milioni di lire, cui corispondono costi unitari di 24.000 lire per abitante servito e 17 milioni di lire circa per l./sec. addotto.

3. - Acquedotto dell'Elce e minori

I comuni di Cuccaro Vetere, Futani, Centola, Montano Antilia, Laurito, Alfano, Torre Orsaia, Roccagloriosa, Celle di Bulgheria, S. Giovanni a Piro e Camerota, tutti sprovvisti di acqua potabile, nel 1933 si riunirono a costituire il Consorzio dell'Elce allo scopo di costruire l'acquedotto necessario per il proprio approvvigionamento, intendendo a tal fine derivare complessivamente una portata di l./sec. 24 dalle sorgenti del gruppo Fiumefreddo site in territorio di Novi Velia e dalla sorgente Fistole che è in territorio di Montano Antilia.

Il progetto di massima dell'acquedotto fu redatto dall'Ufficio del Genio Civile di Salerno ed approvato dal Comitato Tecnico Amministrativo del Provveditorato alle OO. PP. per la Campania con voto 3 maggio 1932.

Il progetto definitivo era suddiviso in tre parti:

a) allacciamento delle sorgenti del gruppo Fiumefreddo-Elce;

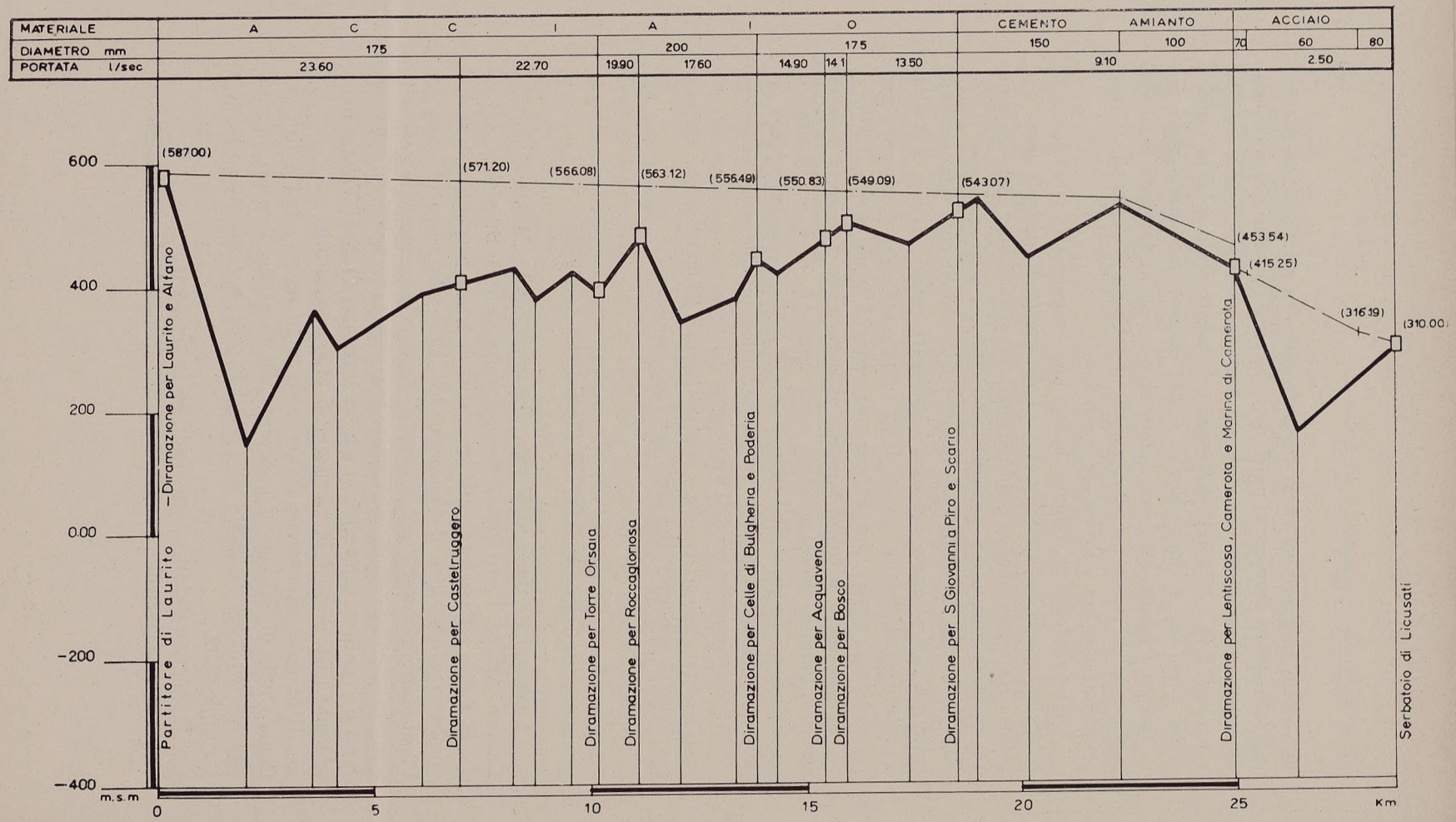


Grafico 39 - Acquedotto dell'Elce (ramo inferiore) - Tronco sud-orientale: Profilo longitudinale dell'adduttrice principale.

Grafico 39 - Acquedotto dell'Elce (ramo inferiore) - Tronco sud-orientale: Profilo [illegible]

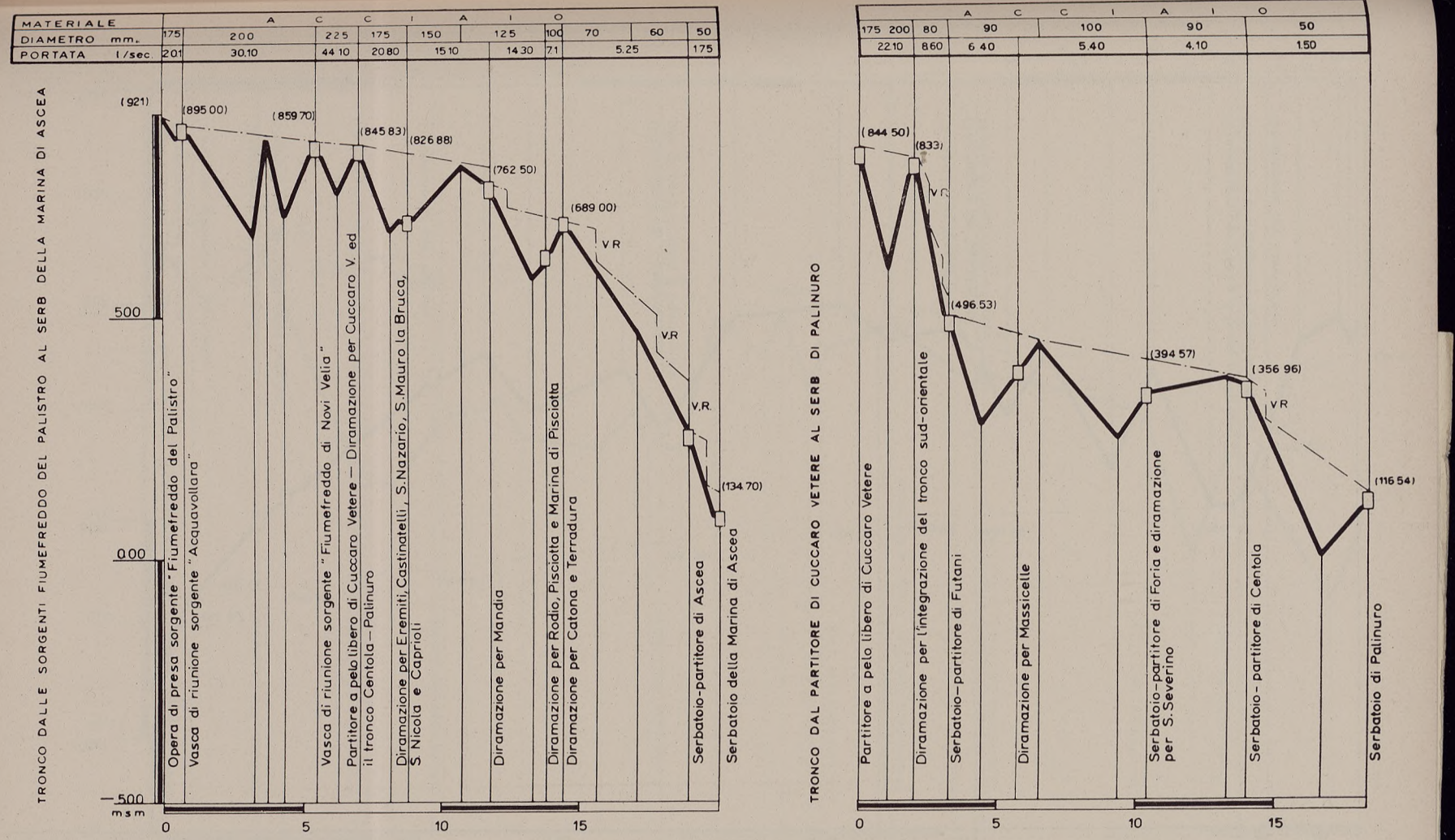


Grafico 40 - Acquedotto dell'Elce (ramo inferiore) - Tronco sud-occidentale: Profilo longitudinale dell'adduttrice principale.

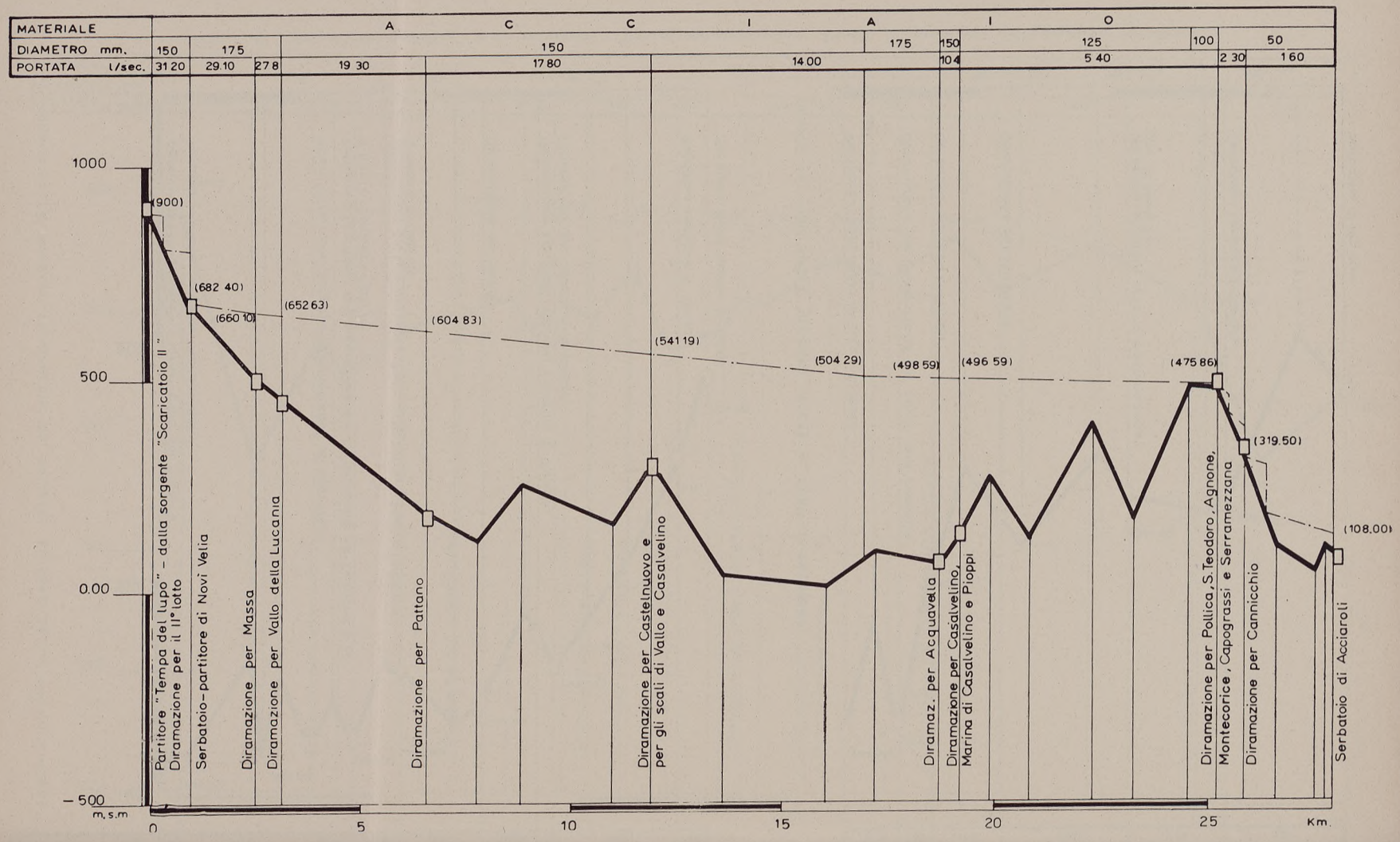


Grafico 41 - Acquedotto dell'Elce (ramo superiore) - Tronco occidentale: Profilo longitudinale dell'adduttrice principale.

CEMENTO AMIANTO | ACCIAIO

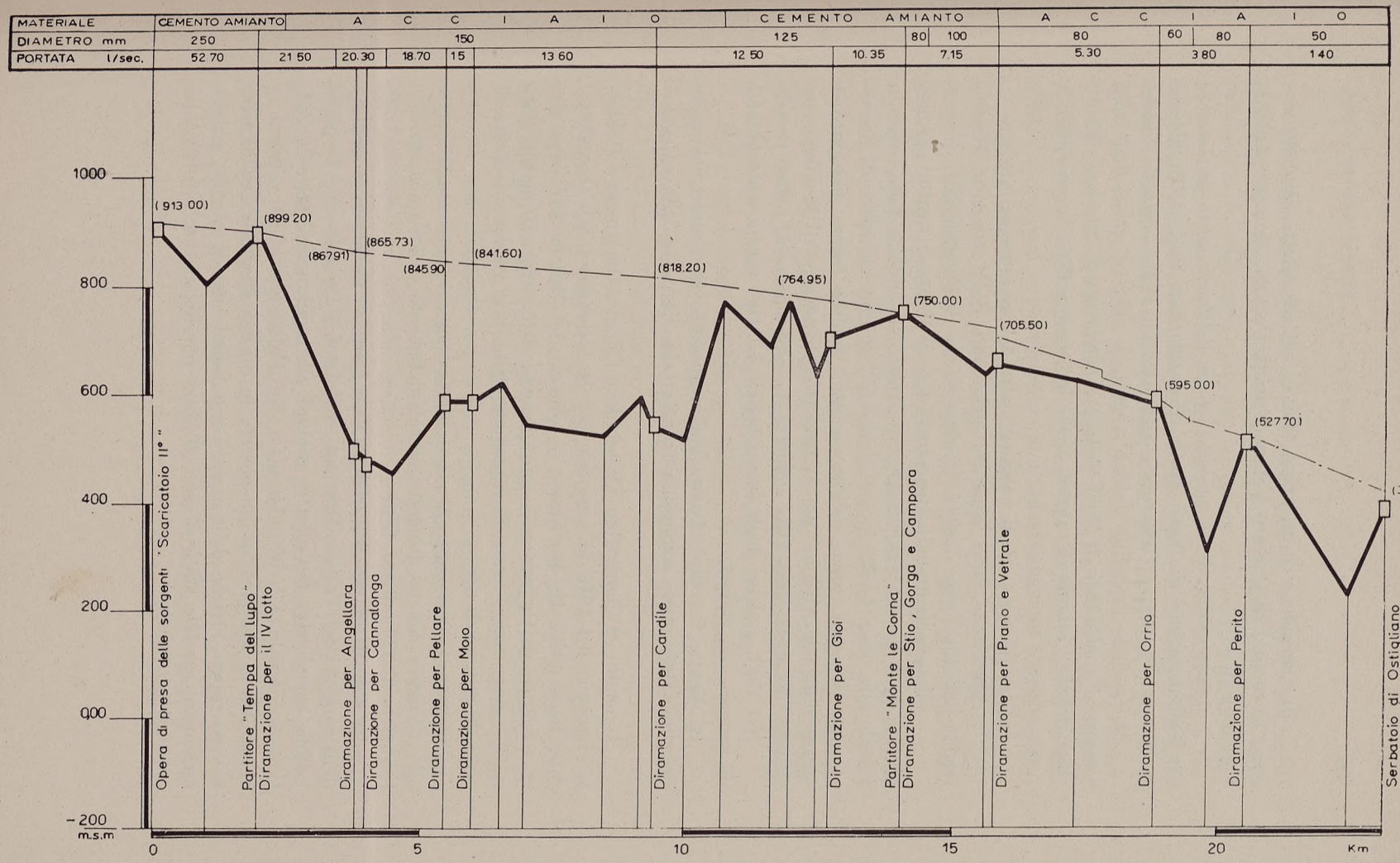


Grafico 42 - Acquedotto dell'Elce (ramo superiore) - Tronco settentrionale: Profilo longitudinale dell'adduttrice principale.

b) costruzione di un primo tronco dell'acquedotto da dette sorgenti ai comuni di Cuccaro Vetere, Futani, Centola, Montano Antilia, Laurito e Alfano;

c) costruzione di un secondo tronco dell'acquedotto da Laurito per l'alimentazione di Torre Orsaia, Roccagloriosa, Celle di Bulgheria, S. Giovanni a Piro e Camerota e allacciamento delle sorgenti Fistole.

Nel periodo prebellico furono eseguite le opere di presa della sola sorgente Fiumefreddo di Novi Velia per la portata di 12 l./sec., ma fu abbandonato l'intento di captare anche la sorgente Elce, la cui opera di presa apparve economicamente non conveniente.

Inoltre furono eseguiti i seguenti altri lavori principali:

— costruzione della condotta principale dalla sorgente Fiumefreddo fino alla progr. 7.808,50 (primo tronco dell'acquedotto);

— allacciamento della sorgente Fistole di Montano Antilia per una portata di 12 l./sec. e costruzione di un tratto di condotta dalla sorgente Fistole alla prog. 10.722 e cioè a poco più di km. 1 a monte di Roccagloriosa (secondo tronco dell'acquedotto). Inoltre furono costruite le diramazioni per Alfano e per la frazione Abatemarco di Montano Antilia ed una metà circa della condotta di collegamento al primo tronco.

Nel 1943, a causa degli eventi bellici, i lavori furono abbandonati né vennero più ripresi.

In seguito il completamento dell'acquedotto fu incluso nel piano decennale delle opere ammesse a finanziamento da parte della « Cassa ».

I comuni di Casalvelino, Castelnuovo Cilento, Omignano e Pollica, si riunirono nel 1946 in consorzio per la costruzione dell'acquedotto, intendendo utilizzare per questo le sorgenti del Vallone Dirupato, site in territorio di Omignano e, con i benefici della legge 10 agosto 1945 n. 517, eseguirono i lavori di captazione delle sorgenti con una spesa di circa 20 milioni di lire.

Cessata di essere operante la suddetta legge, il Consorzio si rivolse alla « Cassa » con un progetto di completamento dell'acquedotto dell'importo di 226 milioni di lire.

In sede di esame del progetto la « Cassa » rilevò che la portata delle sorgenti del Vallone Dirupato era di soli 5 l./sec. mentre la popolazione complessiva dei quattro comuni già raggiungeva, secondo l'ultimo censimento, i 10.000 abitanti e che d'altra parte non esisteva la possibilità di incrementare la portata in misura adeguata con le altre povere risorse idriche della zona. La dotazione che si sarebbe potuta assicurare sarebbe stata di soli 43 litri per ab./giorno, riferita alla popolazione attuale.

Per normalizzare il suo approvvigionamento idrico, il Comune di Montecorice aveva fatto redigere un progetto di acquedotto per l'alimentazione del capoluogo e di tutte le frazioni prevedendo di utilizzare la sorgente Acqua Cilento, sita in territorio di Perdifumo, per le frazioni alte (Zoppi, Fornelli, Cosentini ed Ortodonico) e la sorgente Acquafredda, sita in territorio di Serramezzana, per il capoluogo e tutte le altre frazioni (Magazzeni, Agnone, S. Nicola, Rosaina e Case del Conte). L'utilizzazione di quest'ultima sorgente era stata prevista in consorzio con il Comune di Serramezzana limitatamente all'alimentazione dei due abitati Capograssi e S. Teodoro che sono frazioni di Serramezzana.

Questo progetto prevedeva di derivare una portata complessiva di 5 l./sec. (e cioè 1 l./sec. dalla sorgente Acqua Cilento e 4 l./sec. dalla sorgente Acquafredda) e di distribuire 3 l./sec. alla popolazione del Comune di Montecorice e 2 l./sec. alle frazioni di Serramezzana.

La popolazione del Comune di Montecorice era pari, all'ultimo censimento, a 2.934 abitanti e perciò la portata di 3 l./sec. poteva ritenersi appena sufficiente per i bisogni del momento; invece la popolazione delle due frazioni di Serramezzana era, sempre all'ultimo censimento, di 290 abitanti e la portata di 2 l./sec., anche a tener conto di un forte incremento della popolazione, risultava eccessiva.

Nel progetto mancava ogni previsione per l'alimentazione del capoluogo che è sprovvisto di acqua potabile.

Questo progetto non poté essere realizzato e pertanto fu rimesso alla « Cassa » per il finanziamento.

Venuta ad esaminare contemporaneamente questi progetti, la « Cassa » si trovò nelle più favorevoli condizioni per coordinare detti acquedotti in un piano di approvvigionamento idrico riguardante una zona molto più vasta ed una popolazione molto più numerosa di quelle prese in considerazione nei singoli progetti, riguardante cioè tutti i comuni che sono compresi in quella parte del Cilento che è delimitata ad oriente dal fiume Bussento, a settentrione dal Calore Lucano e fa capo, ad occidente, al monte Stella.

Sono così entrati nello studio i comuni di Ascea, Campora, Cannalonga, Ceraso, Gioi, Moio della Civitella, Montecorice, Novi Velia, Omignano, Orria, Perito, Pisciotta, Salento, S. Mauro la Bruca, Serramezzana, Stio e Vallo della Lucania. La popolazione complessiva presunta per l'anno 2000, sulla base degli incrementi medi accertati per ogni comune con l'esame dei censimenti effettuati nel periodo 1911-1951, è risultata di 122.343 abitanti. Ammessa una dotazione giornaliera mas-

sima di litri 130 per Vallo di Lucania (che è il centro più importante) e di litri 90 per gli altri comuni è risultata complessivamente necessaria una portata di l./sec. 131.

La ricerca accurata di tutte le manifestazioni sorgentizie esistenti entro una zona di conveniente sfruttamento e il controllo sistematico delle portate effettuato dal Servizio Idrografico hanno consentito di prevedere l'utilizzazione delle sorgenti Scaricatoio, Fiumefreddo di Novi Velia, Fiumefreddo del Palistro, Fistole di Montano Antilia, Acquavollera-Porrara, Vallone Dirupato, Acquafredda di Serramezzana e Acqua Cilento.

Con riferimento al fabbisogno dei centri più vicini a ciascuna di esse si è avuto il seguente schema di utilizzazione:

a) alimentazione di Montecorice e Serramezzana dalle sorgenti Acqua Fredda ed Acqua Cilento. Il fabbisogno complessivo dei due comuni è di 5,70 l./sec. ed è sufficientemente assicurato dalla portata di magra delle sorgenti che ricadono a breve distanza dai centri e permettono la realizzazione di acquedotti con breve sviluppo di condotta. Questo acquedotto ha uno sviluppo di tubazioni di circa km. 18 e serbatoi in numero di 8 per una capacità complessiva di mc. 630. I lavori sono ultimati;

b) alimentazione di Omignano e Stella Cilento dalla sorgente Vallone Dirupato. La sorgente viene utilizzata per l'alimentazione dei due comuni ad essa più vicini e la portata di magra (l./sec. 5) viene totalmente assorbita. Infatti il fabbisogno di Omignano è di l./sec. 2,85 e quello di Stella Cilento è di l./sec. 2,15. Lo sviluppo complessivo delle tubazioni di questo acquedotto è di circa km. 11. I serbatoi sono 3, con una capacità di accumulo di mc. 515. I lavori sono ultimati;

c) alimentazione dei rimanenti 26 comuni con l'acquedotto dell'Elce. Il fabbisogno complessivo per questo acquedotto è di 120 l./sec. Ad esso viene provveduto per l./sec. 17 con le sorgenti Fistole di Montano Antilia, per l./sec. 10 con la sorgente Acquavollera, per l./sec. 25 con le sorgenti Fiumefreddo del Palistro, per l./sec. 10 con le sorgenti Fiumefreddo di Novi Velia, per l./sec. 5 con la sorgente Porrara e per i rimanenti l./sec. 53 con le sorgenti Scaricatoio.

Secondo il progetto redatto dalla « Cassa », dopo accertato il grado di utilizzazione delle opere realizzate nel periodo prebellico, il nuovo acquedotto è suddiviso in due rami principali:

a) un ramo superiore, per l'alimentazione dei comuni situati a nord e a ovest delle sorgenti e del fiume Palistro, che si suddivide a sua volta in due tronchi: settentrionale e occidentale;

b) un ramo inferiore, per i comuni posti a sud delle sorgenti e compresi fra i fiumi Palistro e Bussento, che si suddivide anch'esso in due tronchi: sud-occidentale e sud-orientale.

Il ramo superiore parte dall'edificio di raccolta delle sorgenti Scaricatoio, attraversa in briglia il fiume Torna e risale sull'altura di Tempa del Lupo, ove è situato un partitore a pelo libero: da questo partono i due tronchi settentrionale e occidentale.

Il tronco settentrionale, superata l'altura di Tempa del Lupo, con percorso quasi rettilineo si dirige ad Angellara e Cannalonga, risale verso Pellare e Moio della Civitella, si approssima a Cardile e Gioi e fa capo ad un partitore — ubicato sul monte Le Corna — dal quale si dipartono le diramazioni per Gorga, Stio e Campora, e per Vetrale, Orria, Perito e Ostigliano. In questo tronco le tubazioni hanno — in cifra tonda — lo sviluppo seguente: adduttrice principale: m. 14.500, con diametri da mm. 250 a mm. 125; condotte di diramazione: m. 13.500, con diametro da mm. 125 a mm. 50; condotte di avvicinamento ai centri urbani: m. 5.000, con diametri da mm. 125 a mm. 80. Le condotte principali e di diramazione sono costruite con tubi di fibrocemento nei tratti con pressione di esercizio inferiore a 10 atm. (m. 8.000 circa) e in acciaio per la parte residua ove le pressioni di esercizio superano le 10 atm. Le condotte di avvicinamento sono tutte in ghisa.

Il tronco occidentale esce dal partitore di Tempa del Lupo e dopo circa un chilometro perviene presso Novi Velia. Qui ha inizio un sifone lungo circa km. 24 che scende ad attraversare il fiume Alento su un ponte stradale esistente e quindi risale a un serbatoio partitore nei pressi di Pollica, dal quale partono due brevi diramazioni che fanno capo a Celso e Galdo l'una, a Cannicchio e Acciaroli l'altra. Lungo il sifone dell'Alento si verificano pressioni elevate, che raggiungono il massimo (atm. 50) in corrispondenza dell'attraversamento del fiume. Data la configurazione altimetrica della zona e l'alta quota degli abitati da alimentare (Massa, Vallo della Lucania, Pattano, Castelnuovo Cilento, Acquavella e Casalvelino) nessuna riduzione era possibile né per la lunghezza del sifone né per l'entità delle pressioni. L'adduttrice principale è tutta costruita con tubi in acciaio — con diametro da mm. 175 a 50 — ed è lunga, in cifra tonda, m. 28.000. Le diramazioni, prevalentemente in tubi di acciaio con diametri di mm. 60 e 50, sono lunghe complessivamente m. 3.000. Le condotte di avvicinamento — tutte in tubi di ghisa di diametro variabile da mm. 200 a mm. 60 — hanno una lunghezza di oltre m. 11.000.

Il tronco sud-orientale si distacca dal partitore di Laurito (punto

terminale dell'opera già costruita dall' Ufficio del Genio Civile di Salerno nel periodo prebellico) e perviene a Castel Ruggero. In questo tratto la condotta costruita dalla « Cassa » è solo un raddoppio di quella esistente, allo scopo di poter convogliare una maggiore portata. Successivamente la condotta prosegue sulle pendici occidentali del monte Capitenali sino all'estrema propaggine verso sud (dove è ubicato il serbatoio per Roccagloriosa) e sale sul monte Ruggi, ove trovasi un partitore. Da questo si dipartono due condotte: una, breve, va a Celle di Bulgheria e Poderia; l'altra aggira sui fianchi orientale e meridionale il massiccio dei monti di Bulgheria — alimentando Acquavella, Bosco e S. Giovanni a Piro — e fa capo al partitore dei Piani, dal quale si staccano tre diramazioni rispettivamente per Camerota, per Licusati e per Lentiscosa e Marina di Camerota. Comprese le condotte di avvicinamento agli abitati, le tubazioni hanno complessivamente uno sviluppo — in cifra tonda — di m. 44.000 (con diametri da mm. 200 a mm. 50), di cui m. 6.700 sono in materiale fibrocementizio, m. 33.700 in acciaio e m. 3.600 in ghisa.

Il tronco sud-occidentale ha inizio con le condotte — della lunghezza complessiva di m. 6.000 circa e diametri di mm. 175 e 200 — che convogliano in una vasca di riunione, ubicata in contrada Salice del Comune di Ceraso, le acque delle sorgenti Fiumefreddo del Palistro, Acquavollera e Fiumefreddo di Novi Velia. Da questa vasca una diramazione va al partitore di Futani e Montano Antilia e un'altra al partitore di Cuccaro Vetere. Dal partitore di Futani partono due condotte: una per Futani (capoluogo) e la sua frazione Massicelle, e per Centola (capoluogo) e le sue frazioni Foria, S. Severino e Palinuro; l'altra raggiunge Montano Antilia. Dal partitore di Cuccaro Vetere un primo ramo alimenta le frazioni Eremiti e Castinatelli del Comune di Futani, S. Mauro La Bruca con la sua frazione S. Nazario, nonché le frazioni Caprioli e S. Nicola del Comune di Centola; un secondo ramo approvvigiona Ascea (capoluogo e frazioni Mandia, Catona, Terradura e Marina di Ascea), Pisciotta (capoluogo e frazioni Rodio e Marina di Pisciotta); il terzo ramo serve Cuccaro Vetere. Le adduttrici principali hanno una lunghezza complessiva in cifra tonda di m. 48.000 e diametri da mm. 225 a mm. 50: esse sono costruite tutte con tubi di acciaio. Le condotte di avvicinamento ai centri urbani hanno nel loro insieme uno sviluppo di circa m. 12.000, con diametri da mm. 100 a mm. 50, e sono tutte in ghisa.

È compresa in questo tronco la condotta (lunga m. 5.000 circa, del diametro di mm. 60) che porta a Ceraso (capoluogo e frazioni S. Biase e Massascusa) le acque della sorgente Porrara.

L'acquedotto dell' Elce è da tempo ultimato ed è in regolare esercizio. Tuttavia, recentemente, sono stati approvati due progetti per l'importo complessivo di 60 milioni di lire riguardanti la protezione catodica delle condotte e l'integrazione idrica per la frazione Palinuro del Comune di Centola, il cui sviluppo ha superato in questi ultimi anni qualsiasi previsione per cui si è dovuto aumentare la portata ad essa destinata. I relativi lavori sono in via di ultimazione.

Il costo dell'opera, compreso l'importo dei lavori in corso, risulta di 2.297 milioni di lire pari a circa 18.400 lire per abitante futuro servito e a circa 18 milioni di lire per l./sec. addotto.

INDICE

Giulio De Marchi
Introduzione 1

Pietro Celentani Ungaro
L'opera della « Cassa » per gli acquedotti e le fognature 19

Premessa 21

Parte prima: Opere esterne degli acquedotti 29

Parte seconda: Opere interne 84

Parte terza: Gestione degli acquedotti 89

Biagio Faloci
Fonti di alimentazione per gli acquedotti 101

Girolamo Ippolito
Impianti di trattamento delle acque per la loro potabilizzazione . . 119

Leonardo Rotundi
Materiali di condotta 169

Mario M. Jacopetti
La difesa delle condotte dalla corrosione 199

Luigi Baj
Gli acquedotti del territorio laziale 223

Mario Crocco
Gli acquedotti dell'Abruzzo 311

Umberto Messina
Gli acquedotti della Campania e del Molise 387

I - Il piano di normalizzazione dell'approvvigionamento idrico della Campania e del Molise 389

II - L'acquedotto campano e gli acquedotti del Molise . . . 394

III - Gli acquedotti della zona irpino-sannita e nord-casertana . 516

IV - Gli acquedotti della zona salernitana a nord del Sele e sorrentina 558

V - Gli acquedotti della zona salernitana a sud del Sele . . . 583

Finito di stampare il 10 dicembre 1962
nello stabilimento d'arti grafiche Gius. Laterza & Figli - Bari
3605