

Lodovico Calza

LE DIGHE IN TERRA

e il bacino dell'Alento



Edizioni dell'Asterisco

LE DIGHE IN TERRA e il bacino dell'Alento

La pubblicazione è stata realizzata sotto il patrocinio di:

- CONSORZIO DI BONIFICA VELIA
- CONSORZIO IRRIGUO DI MIGLIORAMENTO FONDIARIO DI VALLO DELLA LUCANIA
- FONDAZIONE ALARIO PER ELEA-VELIA ONLUS

con il contributo di:

- BANCA DEL CILENTO Credito Cooperativo Cilento Centrale
- IDROCILENTO S.C.p.A.

e la collaborazione di:

- volontari del Servizio Civile - Progetto «Zenone di Elea, filosofo ed uomo libero» promosso dal CESC PROJECT – Coordinamento Enti Servizio Civile ed attuato dalla Fondazione Alario per Elea-Velia Onlus.

Testi: Lodovico Calza

Immagini:

Parte I, figg. 1, 3-4, 8, 10, 16b, 19-20 e foto schede 2-5 (dott. L. Calza)

Parte II, figg. 4-6, 8-10, 15-16, 19-21 e foto schede 2-7 (dott. L. Calza)

Tutte le altre immagini, salvo dove diversamente specificato, sono state realizzate a cura del Consorzio di Bonifica Velia e del Centro Iside.

Cura Redazionale: Elisabetta Floreano con la collaborazione dei volontari del Servizio Civile - Progetto «Zenone di Elea»:
Maria Falivene, Gabriella Feola, Gerardo Oricchio, Giusi Pinto, Gerardina Scola, Antonella Signorelli.

Progetto e impostazione grafica: ASTERISCO SRL

© Copyright 2007 Edizioni dell'Asterisco

84043 Agropoli – Italy

Piazza delle Mercanzie, 15

www.asteriscosrl.com

Lodovico Calza

LE DIGHE IN TERRA
e il bacino dell'Alento

Edizioni dell'Asterisco

dedicato

all'ingegnere Antonio Ghirardini

intelligenza energia volontà spirito



Presentazione

Ventidue anni di impegno, 1971 – 1993, lungo un itinerario irto di ostacoli e di difficoltà, nonché di ansie e di rischi, per conseguire un obiettivo: quello di dotare il territorio dell'Alento della risorsa acqua per tutti gli usi, attraverso la costruzione di tre sistemi idrici per un totale di sei invasi:

- *il sistema Carmine - Nocellito*
- *il sistema Palistro*
- *il sistema Alento.*

Allo stato attuale, sono in molti a pensare che la decisione di realizzare i tre sistemi idrici fu una scelta davvero strategica ed innovativa perché, oltre a costituire una riserva d'acqua per le esigenze potabili, produttive e civili del territorio cilentano e del resto della provincia di Salerno, rappresenta l'occasione per nuove attività economiche, per il potenziamento di quelle esistenti e per il rilancio e il rafforzamento dell'agricoltura.

Oggi l'acqua in casa e nelle campagne non manca, è sempre disponibile 24 ore su 24, come l'energia elettrica. La cosa ci sembra ovvia e naturale. Ma non è sempre stato così.

Nel ricordo, pertanto, del problema antico e secolare, quello della mancanza d'acqua intesa come bene primario e fondamentale per lo sviluppo economico e civile del territorio, le dighe realizzate andavano giustamente celebrate.

Si tenga presente che l'atavica penuria d'acqua ha rappresentato una questione che nel Cilento è stata dibattuta a partire dall'ultimo dopoguerra per oltre venti anni, in incontri e convegni nel corso dei quali, però, non è mai emersa la proposta, l'idea, la soluzione e, dietro l'idea, la volontà.

La soluzione fu trovata dal Consorzio Irriguo di Miglioramento Fondiario di Vallo della Lucania e dal Consorzio di Bonifica Velia attraverso la proposta di invasare le acque meteoriche nel periodo invernale e primaverile.

Mettere in pratica il disegno non è stato facile, specie se si considerano tutte le difficoltà che si sono dovute affrontare e superare, nonché i tentativi che sono stati fatti per bloccarne la realizzazione, come è stato documentato nel libro "Una storia cilentana" di Ubaldo Scasellati.

I tre sistemi idrici, oltre ad assicurare l'acqua nel periodo estivo ed autunnale, sono anche opere efficaci contro il pericolo di inondazioni perché, catturando il 50% dell'acqua piovana che cade nel bacino imbrifero, contengono le piene.

Per questo le esondazioni del fiume Alento e le siccità sono solo dei ricordi.

Senza la scelta coraggiosa fatta dai due Consorzi, oggi, i cittadini cilentani sarebbero certamente più poveri, sia individualmente sia collettivamente sia per qualità della vita, perché pochi fattori - come quello della mancanza d'acqua - sono talmente fondamentali da essere in grado di bloccare lo sviluppo e il relativo benessere di un territorio.

Con questa pubblicazione il Consorzio Velia e il Consorzio Irriguo di Vallo della Lucania si sono proposti di illustrare ai cilentani, soprattutto ai giovani, una parte dell'imponente opera compiuta nel territorio di loro competenza per trasmettere e divulgare la testimonianza di un passato che è ancora attualità e che, ci auguriamo, possa essere di supporto anche per il futuro.

Un ringraziamento di cuore al dott. Lodovico Calza. Egli ha colmato una lacuna di diffusa indifferenza collettiva. E tutti debbono essergliene grati.

I nostri più sinceri ringraziamenti vanno alla dott.ssa Elisabetta Floreano che ci ha dato un aiuto particolare per la redazione del progetto e la correzione delle bozze.

*Franco Chirico
Presidente Consorzio di Bonifica Velia*

INDICE

<i>Presentazione</i>	pag.	5
<i>Ringraziamenti</i>	»	9
PARTE I:		
BREVI NOTE SULLE DIGHE IN TERRA		
1. INTRODUZIONE	»	12
2. CENNI STORICI	»	13
3. LE DIGHE IN TERRA	»	14
3.1 Forma e dimensioni	»	18
3.2 Materiali	»	20
3.3 Nucleo	»	21
3.4 Rinfianchi	»	22
3.5 Filtri	»	22
3.6 Protezione dei paramenti	»	23
3.7 Dispositivo di tenuta in fondazione	»	25
3.8 Cunicoli d'ispezione e di accesso	»	26
4. OPERE DI ESERCIZIO	»	27
4.1 Scarico di fondo	»	27
4.2 Scarico di superficie	»	29
4.3 Opera di presa	»	31
4.4 Torre di manovra	»	33
5. MONITORAGGIO DELLE DIGHE	»	35
6. IL CENTRO ISIDE	»	35
7. CONCLUSIONI	»	36
<i>SCHEDE TECNICHE DELLE DIGHE DEL BACINO DELL'ALENTO</i>	»	37

PARTE II:

IL CICLO DELL'ACQUA NEL BACINO DELL'ALENTO PRIMA E DOPO LA COSTRUZIONE DELLE DIGHE

1. PREMESSA	»	46
2. IL CICLO DELL'ACQUA	»	47
3. FUNZIONE DELLE DIGHE NEL BACINO DEL FIUME ALENTO	»	49
4. NOTE GENERALI IDROLOGICHE E CLIMATICHE	»	51
5. NOTE SULL'IDROLOGIA DEL CILENTO	»	52
6. IL CICLO DELL'ACQUA NEL BACINO DEL FIUME ALENTO	»	54
6.1 Inquadramento geologico e idrogeologico	»	54
6.2 Il ciclo dell'acqua nel bacino del fiume Alento prima della costruzione delle dighe	»	58
6.2.1 Afflussi, deflussi ed evapotraspirazione annui del fiume Alento	»	60
6.2.2 Infiltrazione efficace, deflusso superficiale e coefficiente di infiltrazione potenziale	»	61
6.3 Il ciclo dell'acqua nel bacino dell'Alento dopo la costruzione delle dighe	»	61
6.3.1 Fattori che hanno contribuito a modificare il ciclo dell'acqua nel bacino idrografico dell'Alento	»	63
• <i>Laminazione delle piene</i>	»	64
• <i>Deflusso minimo vitale</i>	»	66
• <i>Irrigazione</i>	»	68
• <i>Utilizzo dell'acqua invasata per uso potabile, igienico, industriale e artigianale. Aumento del "refluo"</i>	»	70
• <i>Produzione di energia elettrica</i>	»	74
• <i>Ridisegno dell'alveo a valle della diga di Piano della Rocca</i>	»	76
7. CONCLUSIONI	»	77
<i>SCHEDE TECNICHE DEI POTABILIZZATORI E DELLE CENTRALI IDROELETTRICHE DEL BACINO DELL'ALENTO</i>	»	81
<i>BIBLIOGRAFIA</i>	»	91

Ringraziamenti

Sarà stata una brillante intuizione o un indovinato caso ma, più o meno quarant'anni fa, ben pochi potevano immaginare quanto ancor più preziosa ai nostri giorni sarebbe diventata l'acqua accumulata dalle dighe costruite nel Cilento e quanta positiva ricaduta economica ed ambientale sarebbe stata da loro prodotta nella valle dell'Alento. Dei grandi vantaggi ricevuti dal territorio e della possibilità che mi è stata offerta di legarmi sempre più a questa terra e di approfondire le problematiche circa la progettazione e costruzione di invasi, sono grato ai Consorzi di Bonifica Velia e Irriguo di Miglioramento Fondiario di Vallo della Lucania, nella figura del loro Presidente, Avv. Franco Chirico. Ad esso rivolgo, inoltre, il mio più vivo ringraziamento per aver consentito la pubblicazione di queste note, certamente succinte per temi tanto vasti quali sono quelli riguardanti le dighe ed il "ciclo dell'acqua".

Fra tutti coloro a cui va la mia gratitudine, emerge la figura dell'ing. Antonio Ghirardini, mente scientifica di tutte le opere realizzate dai due Consorzi e, per tutti noi, maestro impareggiabile di vita e di scienza, la cui recente scomparsa ha lasciato in me, uno fra i suoi discepoli, un vuoto che so di non poter più colmare.

Per essere stati un poco gli ispiratori di questa narrativa e per il supporto tecnico e pratico nella raccolta e nell'elaborazione delle immagini, un vivo ringraziamento rivolgo ai giovani del Servizio Civile, Maria Falivene, Gabriella Feola, Gerardo Oricchio, Giusi Pinto, Gerardina Scola ed Antonella Signorelli.

Desidero ringraziare il prof. Ubaldo Scassellati e la dott.ssa Anella D'Auria per aver partecipato, sin dai primi momenti, alla predisposizione del racconto. Ancora un caldo ringraziamento al prof. Pantaleo De Vita ed agli ingegneri Marcello Nicodemo, Gaetano Suppa del Consorzio Velia e agli ingegneri Giovanni La Barbera e Daniele Tiddia del Centro Iside per i preziosi consigli e per l'esecuzione delle tavole riguardanti le opere realizzate dai due Consorzi. Per la costante disponibilità, il mio riconoscimento ai guardiani delle dighe, Sigg. Romolo Maffia e Mario Spera.

Alla dott.ssa Elisabetta Floreano, infine, un sentito grazie perché senza la sua eccellente abilità e forte impegno questo lavoro forse non sarebbe mai apparso.

A mia moglie Teresa, la gratitudine per avermi accompagnato a conoscere il ridente mondo cilentano.

BREVI NOTE SULLE DIGHE IN TERRA

con specifici riferimenti alle dighe dei Consorzi di Bonifica Velia
e Irriguo di Miglioramento Fondiario di Vallo della Lucania



1. INTRODUZIONE

Le dighe di *ritenuta* o di *sbarramento* sono delle opere artificiali costruite trasversalmente a corsi d'acqua per accumulare, in un vaso che utilizza il terreno naturale come fondo, la risorsa idrica da destinare a impieghi diversi quali irrigazione, produzione di energia, uso potabile e industriale, regolazione della portata dei fiumi, etc.

Le dighe possono anche essere destinate a contenere le maree oppure a deviare (tecnicamente "derivare") i flussi di fiumi e di canali artificiali. In questo caso sono dette dighe di *derivazione*.

Grazie al loro impiego la portata di un fiume può essere regolata in modo tale da renderlo navigabile, si riesce a innalzare il salto naturale di un corso d'acqua per ricavarne energia o controllarne il livello nei periodi di piena e siccità.

Se il bacino imbrifero sotteso (ovvero la superficie i cui deflussi affluiscono nell'invaso creato dalla diga) non è in grado di fornire tutta l'acqua necessaria per riempirlo, il serbatoio è detto "fuori alveo". Quello del Carmine costituisce un esempio di serbatoio "fuori alveo" perché riceve anche i deflussi del torrente Nocellito intercettato dall'omonimo sbarramento, oltre che dalle traverse sui torrenti Torna e Mannonia che, a loro volta, trasferiscono nell'invaso del Carmine parte delle portate dei rispettivi bacini imbriferi mediante condotte.

A seconda dei materiali utilizzati nella loro costruzione, le dighe sono dette in *muratura* se sono realizzate in calcestruzzo; in *materiali sciolti*, cioè senza aggiunta di leganti artificiali, se viene usata "terra" (ricavata da formazioni naturali clastiche inorganiche molto comuni nel Cilento, vale a dire pietre miste a materiale terroso) o pietrame (ricavato dall'abbattimento di rocce lapidee ottenuto mediante macchine speciali o esplosivi che consentono di spaccare grossi blocchi di pietra per poterla trasportare sui luoghi d'impiego).

A prescindere dalla soluzione delle molteplici problematiche riguardanti l'inserimento del serbatoio nell'ambiente e di tutte le opere ad esso collegate, la progettazione delle dighe richiede studi complessi, costosi e non brevi. Occorre, anzitutto, disporre di un'aggiornata base topografica dell'area interessata, soprattutto del luogo dove si intende impostare la diga e creare il bacino di accumulo. Essendo investite differenti discipline, alla progettazione partecipano Tecnici specialisti che fanno capo al Progettista. Fra questi tecnici, un ruolo essenziale è sostenuto dal Geologo il quale deve accertare l'idoneità dei terreni di fondazione sotto l'aspetto geologico, geomeccanico (ovvero determinare la loro consistenza) e idrogeologico (cioè verificare l'eventuale presenza e deflusso dell'acqua nel sottosuolo) nonché la loro stabilità, vale a dire se essi possono o non possono franare. Inoltre, spetta a lui l'individuazione

delle aree di cava da cui attingere i materiali necessari per la costruzione dell'opera. Lo svolgimento di questi compiti richiede estesi e rigorosi rilevamenti di campagna oltre ad indagini del sottosuolo mediante sondaggi, trincee, prospezioni sismiche, analisi di laboratorio geotecnico su campioni di terre e rocce. Concentrati in corrispondenza dell'area ritenuta idonea per costruirvi la diga, questi studi e indagini sono rivolti anche al serbatoio idrico del quale è essenziale verificare la stabilità delle sponde e il grado di permeabilità del sottosuolo.

Particolare attenzione è rivolta anche alla determinazione del trasporto solido contenuto dall'acqua che arriva nel bacino al fine di valutare l'entità del suo interrimento.

In relazione agli scopi della presente nota e per il fatto che le dighe realizzate nel Cilento dai Consorzi di Bonifica Velia e Irriguo di Miglioramento Fondiario di Vallo della Lucania, ad esclusione di quella del Nocellito, sono in *terra*, saranno prese in considerazione essenzialmente le dighe di questo tipo.

2. CENNI STORICI

Le dighe in terra sono state realizzate fin dalla più remota antichità per l'economicità e la semplicità di esecuzione, poiché per la loro costruzione richiedono solo materiali presenti allo stato naturale (terra e pietrame) e, in passato, unicamente lavoro manuale, ora sostituito da poderose e diversificate macchine capaci di produzioni un tempo inimmaginabili. Parecchie tra queste dighe costruite molto tempo fa non sono ormai più individuabili a causa dell'interrimento del bacino oppure perché distrutte per tracimazione.

Poco diffuse in Occidente nel passato, per la prevalenza di colture asciutte e per la disponibilità di approvvigionamenti idrici da fiumi e sorgenti, in Medio Oriente, invece, oltre alle numerose opere idrauliche realizzate in Mesopotamia per garantire l'irrigazione, si ricorda in particolare la diga costruita in Egitto verso il 4000 a.C., forse la più antica, per deviare le acque del Nilo e poter edificare la città di Menfi. Lo sviluppo maggiore, però, è avvenuto in Estremo Oriente con la coltivazione del riso.

Come scrive F. Arredi, solo per dare un'idea della loro numerosità, basti ricordare che alla fine del XIX sec. in India, nella provincia di Madras, esistevano 53.000 dighe in terra per una lunghezza totale di circa 50.000 km, e 37.000 nel distretto di Mysore. La lunghezza di qualcuna raggiungeva quasi i 20 km. A Ceylon dighe in terra esistevano già 500 anni prima di Cristo. Una tra queste, interamente rivestita di pietre squadrate, era lunga circa 20 km, alta 21 m e aveva

un volume di 14 milioni di mc, pari circa a otto volte la diga di Piano della Rocca. Fino a qualche decennio fa, in Giappone erano ancora utilizzate alcune dighe in terra costruite tra il 162 e il 1000 d.C., che per altezza variavano da oltre 15 metri fino ad un massimo di 32. L'elenco potrebbe proseguire, ma servirebbe solo a sottolineare ulteriormente il notevole impiego che ha avuto questo tipo di sbarramento nell'antichità, soprattutto in Oriente.

3. LE DIGHE IN TERRA

Al giorno d'oggi esistono numerosi tipi di dighe in terra che, per semplificare, possono essere suddivisi in due gruppi principali: la diga *omogenea* e la diga con nucleo impermeabile, detta anche diga *zonata*.

Al primo tipo appartengono quelle dighe realizzate prevalentemente con terre impermeabili (argille e limi) o semimpermeabili (limi e sabbie), sempre dotate nella zona di valle di drenaggi (cioè di dispositivi realizzati con materiali sabbiosi e ghiaiosi capaci di raccogliere e trasferire l'acqua all'esterno della diga per aumentarne la stabilità), ma anche da materiali non coesivi

Fig. 1. Diga di Piano della Rocca (detta anche diga Alento). Paramento di valle.



(ghiaie e sabbie) come quelli impiegati nella diga di Piano della Rocca (fig. 1), costruita con il corpo di materiale alluvionale, reso impermeabile sul paramento di monte da un manto bituminoso (fig. 2A). Completamente fatte con limi-argillosi, invece, sono le dighe San Giovanni e Le Fosse (fig. 3), costruite nei primi anni Sessanta del XX secolo secondo la tecnica, piuttosto semplice, adottata per i “laghetti collinari”, accumuli idrici di modesta entità, allora molto reclamizzati perché di facile realizzazione e di scarsa manutenzione. La loro capacità era ridotta, da poche migliaia a cento, duecento mila metri cubi d’acqua, rari i casi di volumi maggiori.

Le dighe “zonate”, chiamate anche dighe “povere”, invece, sono indicate con questo nome perché il loro corpo è diviso in zone a ciascuna delle quali corrisponde un differente tipo di materiale impiegato (fig. 2B). Poiché queste dighe impiegano terreni idonei presenti nel territorio circostante, le varie “zone” saranno costituite da questi materiali e quanto più abbondante sarà uno di essi, tanto più la “zona” che l’utilizza sarà grande, beninteso, nel rispetto delle tecniche che regolano il loro impiego. Poiché il compito essenziale della diga è quello di trattenere l’acqua invasata, sarà indispensabile che essa disponga di una “zona” capace di assolvere a tale funzione. Questa, detta “nucleo”, costituisce, di norma, la parte centrale del corpo della diga ed è formata da materiali argillosi che sappiamo essere impermeabili, in grado cioè di impedire all’acqua invasata di attraversarla. Però, come si sa, l’argilla è un materiale poco consistente, soprattutto se viene in contatto con l’acqua. Essendo la “zona nucleo” costituita per lo più da argilla, esiste il rischio che essa non sia in grado di reggersi da sola, anche perché i suoi lati di monte e di valle sono quasi sempre molto inclinati. Da qui la necessità di sostenerla con i “rinfianchi”, zone poste a monte e a valle del nucleo, realizzate con materiali più “robusti”, come le pietre e le ghiaie.

Per migliorare la tenuta lungo il piano di fondazione, ovvero la superficie su cui poggia la diga, al di sotto del nucleo il piano stesso è approfondito di qualche metro per raggiungere la roccia più sana, e perciò più impermeabile, creando il cosiddetto “taglione”.

Al tipo “zonato” appartengono le dighe del Carmine (fig. 4) e Fabbrica. Quest’ultima, nata come grande “laghetto collinare” - invasava, infatti, mezzo milione di metri cubi di acqua - fu radicalmente modificata all’inizio degli anni Ottanta del XX secolo per portare la sua capacità a circa 1.2 milioni di mc.

La diga del Nocellito (fig. 5), tra quelle considerate in questa sede, è l’unica ad essere in calcestruzzo.

Negli ultimi decenni, il tipo di sbarramento zonato ha visto aumentare sensibilmente il suo impiego e le sue dimensioni grazie:

- | | |
|----------------------------------|--|
| 1. Corpo Diga (alluvione) | 6. Zoccolo di protezione |
| 2. Manto bituminoso impermeabile | Cunicolo (argilla con protezione di ghiaia sabbiosa) |
| 3. Cunicolo | 7. Materasso alluvionale |
| 4. Diaframmi | 8. Substrato roccioso |
| 5. Schermo Iniezioni | |

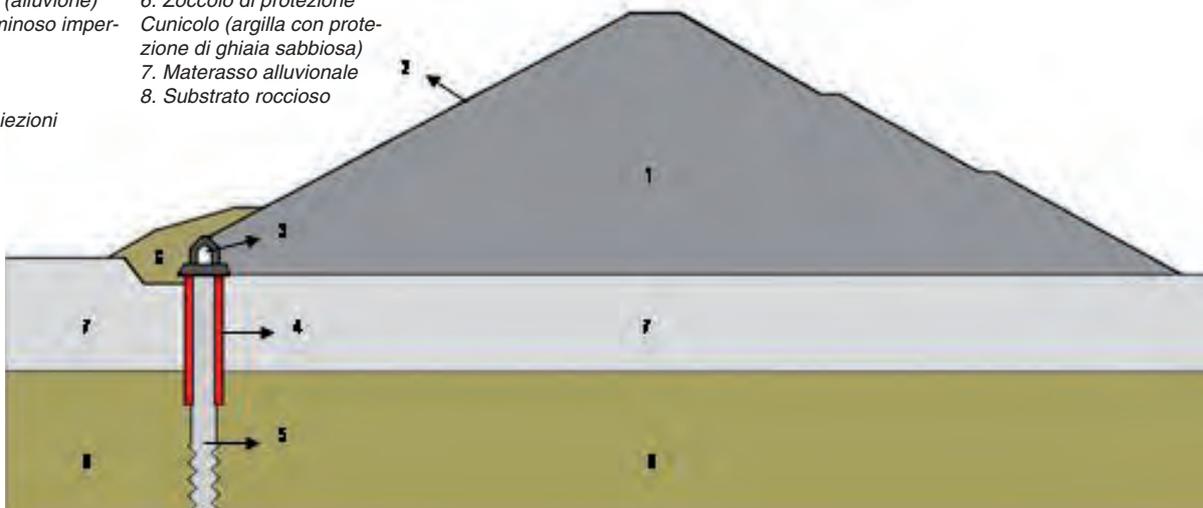


Fig.2A. Diga di Piano della Rocca. Sezione semplificata.

Fig.2B. Diga del Carmine. Sezione semplificata (elab. grafica G. Feola e G. Scola).

- | | |
|---|--------------------------|
| 1. Nucleo (argilla) | 6. Scogliera (arenaria) |
| 2. Rinfiango di Monte (alluvione) | 7. Unghia di Valle |
| 3. Rinfiango di Valle (materiale litoide) | 8. Taglione |
| 4. Filtro Subverticale (sabbia) | 9. Cunicolo |
| 5. Filtro Orizzontale | 10. Coronamento |
| | 11. Schermo di Iniezioni |
| | 12. Roccia di Fondazione |

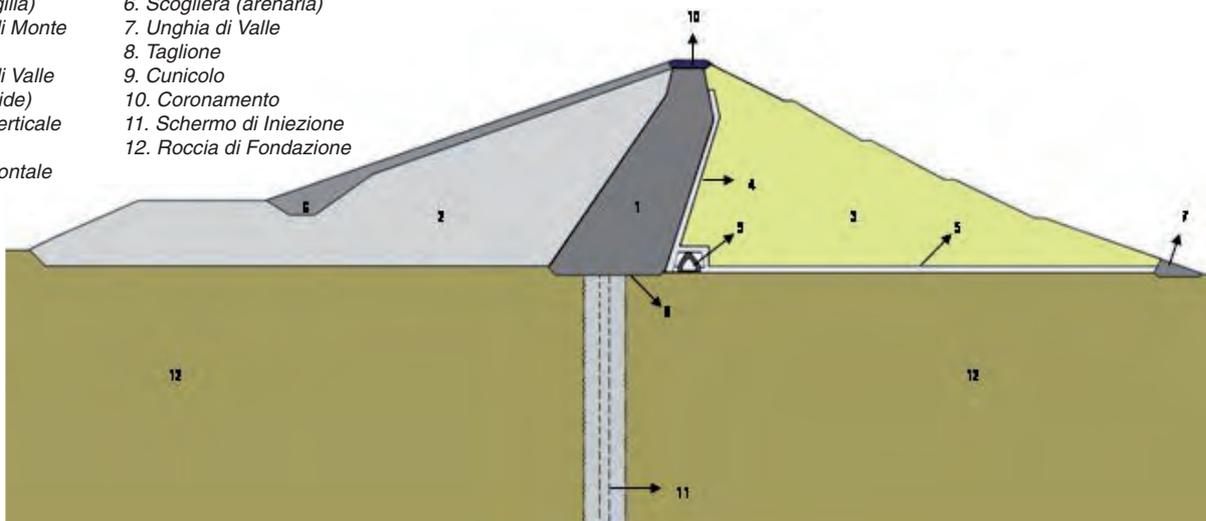




Fig. 3. Diga Le Fosse.
Paramento di monte e invaso parzialmente riempito.

Fig. 4. Diga del Carmine.
Paramento di monte - scogliera.



al massiccio utilizzo delle macchine da costruzione; alle maggiori conoscenze acquisite sul comportamento geo-meccanico delle terre; perché i siti dove era possibile costruire col calcestruzzo erano pressoché esauriti.

Come detto, oltre al vantaggio economico, in quanto per la sua realizzazione sono utilizzati materiali reperibili nelle vicinanze e di poco valore, la diga zonata è preferibile, quando possibile, a quelle in calcestruzzo perché la sua ampia base le consente di essere impostata su terreni non particolarmente consistenti, e il materiale con cui è fatta le permette di adattarsi, senza lesionarsi, agli assestamenti del suo piano di fondazione e del suo corpo, costituiti da materiali terrosi, perciò soggetti ad assestarsi nel tempo per quanto messi in opera con le migliori tecnologie. Questo tipo di diga, inoltre, offre anche un vantaggio estetico poiché si inserisce nell'ambiente in maniera più armoniosa rispetto a quelle in calcestruzzo.

Per rendere sicure le dighe in terra, indipendentemente dal tipo cui esse appartengono, è necessario osservare i seguenti criteri:

- la linea di saturazione del flusso di filtrazione che l'attraversa non deve mai emergere sul paramento di valle;
- le filtrazioni che percorrono i loro corpi, le fondazioni e le spalle devono essere regolate in modo da non dar luogo a fenomeni di sifonamento (cioè a perdite) con letali asportazioni di materiale della diga;
- le loro scarpate devono rimanere sempre stabili, anche quando il livello dell'acqua nel serbatoio si abbassa rapidamente;
- non devono trasmettere sollecitazioni eccessive alle fondazioni;

- le parti sommitali devono essere ad un'altezza tale da prevenire la tracimazione;
- le portate degli sfioratori, organi della diga in grado di impedire al livello dell'acqua invasata di salire oltre una quota prestabilita, e degli scarichi devono essere sufficienti ad impedire la tracimazione.



Fig. 5. Diga del Nocellito.

3.1 Forma e dimensioni

Come è stato sopra accennato, le dighe in terra essenzialmente sono composte da un nucleo centrale e dai rinfianchi di monte e di valle. La sezione trasversale di questo tipo di dighe è a forma di trapezio, con la pendenza dei lati calcolata in funzione delle caratteristiche tecniche dei materiali impiegati e dell'altezza complessiva dell'opera da cui, evidentemente, deriva la larghezza della base (fig. 2B).

Le superfici che limitano il corpo delle dighe sono:

- il coronamento. Di larghezza proporzionale alle dimensioni della diga, rappresenta la sua porzione sommitale ed è normalmente utilizzato come strada per il controllo a vista dell'opera, per raggiungere dall'alto i paramenti e per collegare le due sponde;
- i paramenti. Sono inclinati e si distinguono in quello di monte, con una superficie regolare destinata al contatto con l'acqua, e in quello di valle con una superficie normalmente gradonata;
- l'imposta. È la superficie con cui la diga poggia con la base ed i fianchi sul terreno idoneo (normalmente roccioso) dopo la radicale rimozione della copertura vegetale e della parte alterata di terreno, sia esso roccioso o di altra consistenza.

L'altezza della diga costituisce l'aspetto dimensionale più significativo dell'opera. Essa, infatti, determina la quantità d'acqua che si intende accumulare nel bacino, quantità che, a sua volta, è condizionata dall'ampiezza del bacino imbrifero sotteso e dalla locale piovosità. L'altezza della diga, inoltre, deve essere calcolata anche in relazione alle sollecitazioni che essa esercita sulla fondazione e sulle caratteristiche geomeccaniche di quest'ultima, ovvero sul suo grado di consistenza.

Nel costruire una diga diversi sono i fattori che devono essere considerati in fase di progettazione.

In primo luogo, le dimensioni complessive dell'opera devono essere stabilite tenendo presente le caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati nella costruzione e valutando il

Fig. 6. Diga del Carmine in fase di costruzione (1978). La fascia marrone al centro è il nucleo; ai lati, di colore più chiaro i contronuclei; in grigio chiaro, a monte e a valle i paramenti. Sono visibili sullo sfondo la torre di manovra e l'avandiga; in primo piano il cunicolo di ispezione.



loro comportamento a fronte delle diverse sollecitazioni a cui la diga sarà sottoposta dal momento in cui entrerà in funzione: la gravità della diga stessa, la spinta dell'acqua trattenuta, la tendenza al sollevamento causato dalla pressione idrostatica sulle fondamenta, le sollecitazioni sismiche. A sua volta il progetto non può prescindere da valutazioni che riguardano il valore economico (costi di realizzazione, spese di esercizio, ricaduta socio-economica sul territorio), l'impatto paesaggistico e naturale (perdita del territorio destinato ad essere sommerso, eventuali conseguenze sull'ambiente e sul microclima) e, infine, le eventuali interferenze con strutture già esistenti (abitati, strade, ferrovie, etc.).

Se lo scopo principale della diga destinata ad essere costruita è quello di accumulare acqua per l'irrigazione o per produrre energia elettrica, in entrambi i casi la quota topografica dove l'opera sarà realizzata è estremamente importante. Nel primo caso, una quota più elevata consentirà l'approvvigionamento idrico anche di aree situate in zone collinose; nel secondo caso, la quantità di energia prodotta sarà tanto maggiore quanto più grande è il dislivello esistente fra il serbatoio idrico posto a monte e la centrale idroelettrica costruita più a valle.

3.2 Materiali

I materiali destinati alla costruzione di una diga in terra vengono ricavati da cave situate nelle vicinanze del cantiere di realizzazione dell'opera. Condizioni essenziali per un proficuo sfruttamento di questi giacimenti è che essi si trovino, inoltre, a quote prossime a quella del cantiere, e si possano realizzare piste per i mezzi di trasporto senza creare troppi danni. Di norma, come ricordato, le cave per l'estrazione sono individuate durante la fase di progettazione tramite rilevamenti geologici e, successivamente, controllate per mezzo di prove di laboratorio cui vengono sottoposti i diversi campioni di materiale prelevato per verificare il loro comportamento dal punto di vista geotecnico. Accertata la loro idoneità, si procede a quantificare il materiale disponibile, in profondità, aprendo trincee e facendo sondaggi e, in superficie, rilevando topograficamente la sua estensione. Solo a questo punto è possibile abbozzare la sezione della diga che potrà essere zonata od omogenea.

I materiali utilizzati per la costruzione delle dighe sono sottoposti a controlli prima e durante la messa in opera sia nel laboratorio geotecnico di cantiere sia presso i laboratori uf-

Fig. 7. Diga di Piano della Rocca in fase di costruzione. Rullo vibrante, ruspa ed escavatori all'opera.



ficiali, generalmente gestiti dalle Università, secondo un preciso disciplinare. Per ciascun tipo di materiale, ogni tanti metri cubi impiegati sono previste prove che dovranno accertare se quel materiale, in particolare, ha raggiunto in opera le caratteristiche tecniche assegnategli dal progetto.

La diga in terra viene realizzata sovrapponendo strato su strato i materiali che sono scelti, come abbiamo visto, a seconda della “zona” a cui sono destinati (fig. 6). Più i materiali sono consistenti, come ad esempio le ghiaie, maggiore è lo spessore del singolo strato, fino a 50 cm, ancora più alto se si usa pietrame. Il contrario accade se in opera si mettono materiali argillosi e limosi. In questo caso, infatti, gli strati possono avere uno spessore di 20-30 cm. Poiché il materiale che costituisce lo strato, per essere stato prima scavato, poi trasportato e disteso, ha subito un notevole allentamento, esso dovrà essere compattato mediante mezzi meccanici, ad esempio i rulli gommati se si tratta di terreni argillosi, ai quali serve soprattutto il “peso” per addensarsi; rulli vibranti, se si tratta di terreni ghiaiosi e sabbiosi il cui addensamento è favorito, soprattutto, dalle vibrazioni che fanno assestare i granuli più piccoli negli spazi che separano quelli di dimensioni maggiori (fig. 7).

3.3 Nucleo

I nuclei delle dighe in terra sono realizzati con materiali impermeabili come argille e limi-argillosi, e possono essere verticali (diga Fabbrica) o inclinati (diga del Carmine). Anche gli spessori possono variare, per quanto quelli più grandi sono preferibili per limitare le perdite idriche e perché presentano un più ridotto rischio di fessurazione.

Per l'importanza fondamentale che riveste il nucleo nel funzionamento della diga, impedendo all'acqua invasata di attraversarla, la sua realizzazione è quella più delicata, anche perché si utilizzano materiali argillosi molto sensibili ad eventuali variazioni del contenuto di umidità a seguito di piogge o di periodi secchi.

Una volta che è stata accertata l'assoluta impermeabilità del materiale che sarà utilizzato nella costruzione, due sono le condizioni principali da rispettare:

- l'impiego di costipatori, ovvero macchine che, oltre ad addensare il materiale, sono anche capaci di legare bene uno strato all'altro per evitare che lungo i piani di contatto fra essi possa filtrare l'acqua invasata;
- la messa in opera del materiale quando non piove perché l'argilla bagnata non è lavorabile. Nel modo più assoluto, inoltre, i mezzi in transito sul nucleo non dovranno lasciare solchi, so-

prattutto se allineati lungo la linea monte-valle, e non dovranno mai trasportare materiali diversi da quelli argillosi, come sabbia e ghiaie che, se accidentalmente lasciate cadere sul nucleo, potrebbero creare al suo interno pericolosissime vie preferenziali di filtrazione.

3.4 Rinfianchi

A monte e a valle del nucleo, di solito separati da questo mediante filtri, esistono i rinfianchi la cui funzione è, in sostanza, quella di sostenere e di proteggere il nucleo perché non si lesioni creando seri rischi alla diga. Quasi sempre di dimensioni maggiori di quest'ultimo, i rinfianchi possono essere realizzati con vari tipi di materiali, messi in opera sempre strato su strato, adeguatamente compattati mediante rulli che potranno essere di tipo diverso a seconda del materiale impiegato. Normalmente il materiale utilizzato per realizzare i rinfianchi, dispone di caratteristiche migliori rispetto a quello del nucleo perché, di solito, è più ricco di ghiaia e pietrame, materiale di ottima consistenza e di peso maggiore.

Materiali di questo tipo devono soprattutto essere usati per il rinfianco di monte, non solo perché vengono a contatto diretto con l'acqua invasata, ma anche perché sono oggetti al suo flusso che li satura da monte verso valle quando il livello dell'acqua sale, e da valle verso monte, quando essa scende.

Partendo dal nucleo, sia che si proceda verso valle che verso monte (e soprattutto in questo caso), i tipi di materiale impiegato per i rinfianchi dovranno disporre di un grado di permeabilità via via crescente. In altre parole, vicino al nucleo saranno messi in opera quelli più ricchi della porzione granulometrica fine (limo e argilla). La costruzione dei rinfianchi procederà di pari passo con quella del nucleo e dei filtri verticali che lo proteggono avendo, però, l'avvertenza di mantenere il nucleo più alto di 2-3 strati rispetto ai rinfianchi in modo che, in caso di pioggia, l'acqua possa facilmente allontanarsi dalla sua superficie (v. fig. 6).

3.5 Filtri

I filtri sono posti a valle e a monte del nucleo e sono formati da due o più strati di sabbia, più fine a contatto di questo e via via di granulometria maggiore procedendo verso l'esterno.

La funzione dei filtri consiste, essenzialmente, nel lasciare passare le filtrazioni di acqua (permeazioni) provenienti dal nucleo (filtri verticali) e dalle fondazioni a valle del nucleo (filtri orizzontali), e trattenere le particelle di materiale fine asportate dall'acqua, scongiurando il verificarsi

della pericolosa “erosione interna” del nucleo e delle fondazioni. In quest’ultime, le filtrazioni avvengono sempre da monte verso valle, mentre nel nucleo, alla normale permeazione da monte a valle dell’acqua dell’invaso, si aggiunge anche il flusso di acqua inverso, valle-monte, quando si ha l’abbassamento del suo livello.

Il filtro di monte di norma è monostrato ed è meno importante di quello di valle.

I filtri sono divisi in “campi” mediante setti impermeabili in modo da tenere separate ed isolate le filtrazioni intercettate da ciascuno di essi. Ogni campo è dotato di un tubo per trasferire la propria acqua nel cunicolo di ispezione (e anche in quello di accesso per la diga del Carmine) o in appositi pozzetti posti a valle della diga (Fabbrica), dove viene misurata. In tal modo è possibile individuare con una certa precisione la zona del nucleo o della fondazione eventualmente interessata da filtrazioni anomale.

Nelle dighe del Carmine e Fabbrica i filtri sono del tipo verticale e orizzontale. Nella diga di Piano della Rocca non esistono filtri, così la funzione di compartizione delle perdite del manto bituminoso, è svolta dallo strato drenante in conglomerato posto fra i due strati di tenuta superiori e quello inferiore. Nelle altre dighe in terra – San Giovanni e Le Fosse - non vi sono filtri verticali e orizzontali ma solo un’unghia drenante posta al loro piede di valle, perché entrambe le opere rientrano fra i cosiddetti “laghetti collinari”, che venivano realizzati seguendo tecniche progettuali e metodologie costruttive piuttosto approssimative, ma accettate negli anni Cinquanta e Sessanta del XX secolo.

Fig. 8. Diga Fabbrica.
Paramento di monte
– scogliera.



3.6 Protezione dei paramenti

Proprio perché si tratta di dighe realizzate in materiali sciolti, la superficie del paramento di monte deve essere protetta dall’erosione causata dal moto ondoso generato dall’acqua trattenuta nell’invaso, tanto più violento quanto più esso è sviluppato in lunghezza e più forti sono i venti che spirano sul territorio. A questo scopo, si ricorre ad un mantello di protezione, chiamato scogliera, costituito da pietrame caratterizzato da una pezzatura tanto maggiore quanto più grandi saranno le onde previste. Esso serve anche a proteggere il paramento di monte dall’erosione prodotta dalla pioggia negli stati di invaso parziale. Questo tipo di protezione è stato adottato nelle dighe del Carmine, Fabbrica (fig. 8), San Giovanni e Le Fosse. Una protezione specifica, invece, non è necessaria per le strutture con manto di tenuta, cioè con rivestimento bituminoso (fig. 9) del paramento di monte, come avviene per la diga di Piano della Rocca. In questo caso il manto funge da scogliera (fig. 9bis).



Anche la superficie del paramento di valle è soggetta all'erosione causata dallo scorrimento su di essa delle acque provenienti da precipitazioni intense. A questo problema si pone rimedio ricoprendolo con un tappeto vegetale con seminazione di piante erbacee di tipo prativo. L'acqua meteorica caduta su questo paramento è raccolta in canalette poste sui gradoni, raccordate a canali costruiti lungo il contatto diga-spalla, cioè fra il rilevato costituente la diga e le sponde della valle entro cui essa è incastrata (fig. 10). Tra tutte le dighe realizzate dal Consorzio Irriguo, solo quella del Nocellito, poiché interamente in calcestruzzo, è, ovviamente, priva del paramento di valle inerbito e della scogliera a monte.

Fig. 9. Diga di Piano della Rocca. Rivestimento bituminoso (manto di tenuta) del paramento di monte in fase di costruzione.



Fig. 10. Diga Fabbrica. Paramento di valle protetto da tappeto vegetale e sistema canalizzato di raccolta delle acque piovane.

Fig. 9 bis. Diga di Piano della Rocca. Manto di tenuta ultimato.



3.7 Dispositivo di tenuta in fondazione

Lo scopo delle dighe è, come più volte detto, quello di trattenere l'acqua nell'invaso. Per conseguire quest'essenziale obiettivo è necessario esercitare, senza la minima interruzione, anche nel sottosuolo l'azione d'arresto dell'acqua, che in superficie è svolta dal nucleo o dal manto bituminoso. Al disotto del nucleo (dighe del Carmine e Fabbrica) o della struttura di piede del manto bituminoso, ovvero il cunicolo di ispezione (diga di Piano della Rocca), la tenuta nei terreni di fondazione, normalmente dotati di una certa permeabilità, anche se modesta, è realizzata con schermi d'iniezione spinti nella roccia (dighe del Carmine, v. fig. **2B**, e Fabbrica) o con schermi d'iniezione con l'aggiunta di diaframmi in cemento armato che, attraversate le ghiaie, si prolungano nella roccia sottostante (diga di Piano della Rocca, v. fig. **2A**). Anche la diga del Nocellito è dotata di uno schermo di iniezione.

Spinti fino a 30-40 m circa di profondità, gli schermi sono realizzati tramite fori attraverso i quali è iniettata nel sottosuolo una miscela, di solito composta da acqua, argilla e bentonite, a pressione in grado di sigillare tutti i vuoti esistenti e impedire così il passaggio dell'acqua al disotto della parte centrale e dei fianchi delle dighe.

Per “diaframma”, invece, si intende una struttura continua in calcestruzzo che, nella diga di Piano della Rocca, parte dal cunicolo di ispezione (solo per la tratta in alveo) e scende sino alla roccia incastrandosi in essa per alcuni metri, dopo aver attraversato il materasso alluvionale spesso una dozzina di metri.

3.8 Cunicoli d’ispezione e di accesso

Ubicati sul piano di fondazione, a valle dell’elemento di tenuta (intendendo con questa espressione ciò che materialmente trattiene l’acqua invasata, ovvero per la diga del Carmine, il nucleo; per la diga di Piano della Rocca, il manto bituminoso), i cunicoli d’ispezione e di accesso sono costruiti in cemento armato (fig. 11) e sono essenziali per il monitoraggio della diga. Infatti, ospitano molte delle apparecchiature per il controllo del suo comportamento e, soprattutto, permettono di misurare le eventuali perdite poiché ad essi fanno capo i drenaggi.

I cunicoli di ispezione possono essere anche usati per eseguire iniezioni d’impermeabilizzazione quando si accerta la necessità di integrare quelle già fatte.

Per visualizzare l’andamento dei cunicoli, raffiguriamoci sotto la diga il disegno della lettera T: vi è dunque un cunicolo longitudinale (o di ispezione), allineato secondo il suo piede di monte, e uno trasversale (o di accesso), secondo l’asse della valle (fig. 12). L’innesto del secondo avviene in mezzeria del primo. La diga del Carmine ha i suoi cunicoli poggiati sulla roccia, mentre, quella di Piano della Rocca ha il cunicolo trasversale sulle alluvioni e quello longitudinale sui diaframmi per la parte in alveo, sui pulvini (profonde ed ampie trincee riempite di calcestruzzo) lungo le sponde.



Fig. 11. Diga di Piano della Rocca. Cunicolo in fase di costruzione – fondovalle e spalla sinistra.

Fig. 12. Diga di Piano della Rocca. A sx cunicolo di accesso a dx cunicolo di ispezione - spalla destra.



4. OPERE DI ESERCIZIO

Le opere di esercizio sono le strutture, parte integrante del sistema diga, che consentono il suo funzionamento regolamentando i diversi flussi d'acqua invasata. Esse sono costituite dallo scarico di fondo, dallo scarico di superficie e dall'opera di presa. La loro collocazione, in rapporto, alla diga è subordinata a diversi fattori tra i quali le condizioni geologiche e morfologiche, l'altezza della diga, la finalità d'uso del serbatoio idrico.

4.1 Scarico di fondo

Serve per regolare il livello dell'acqua nel serbatoio nel corso degli invasi sperimentali, cioè prima che l'opera entri in esercizio, e a svuotarlo, più o meno rapidamente, sia in fase sperimentale che in esercizio, in caso di necessità (fig. 14). A questo proposito, è bene ricordare che uno svaso eccessivamente "rapido" potrebbe provocare il franamento delle sponde venendo a mancare quasi di colpo il contrasto che, bene o male, l'acqua invasata prima esercitava su di esse.

La necessità di svuotamento dell'invaso può dipendere:

- da irregolarità del comportamento statico della struttura anche a seguito di eventi sismici;
- da perdite idriche notevoli dalla stessa diga o dalle sue fondazioni;
- da frane sulle sponde del serbatoio;
- dall'esigenza di regolare le piene;
- da ragioni belliche.

I dispositivi di regolazione dei deflussi dagli scarichi di fondo, per ragioni di sicurezza sono azionati da più fonti d'energia (corrente elettrica, gruppo elettrogeno, turbina, manualmente) in modo che, se, ad esempio, venisse a mancare la corrente elettrica, automaticamente entrerebbe in funzione il gruppo elettrogeno.

In relazione alla quantità dei deflussi stimati, questi dispositivi possono essere:

- paratoie in coppia, per ragioni di sicurezza (poste nella diga del Carmine nella torre di manovra; in quella di Piano della Rocca in un apposito manufatto appena a valle del coronamento);
- saracinesche in coppia, sempre per ragioni di sicurezza (poste nella diga del Nocellito nel corpo diga, nella diga Fabbrica nella torre di manovra, a San Giovanni e a Le Fosse entro una cabina al piede delle dighe).

Lo scarico di fondo è normalmente costituito da una galleria, scavata nella roccia di una spalla,



Fig. 13. Diga di Piano della Rocca. A sx scivolo dello scarico di superficie, a dx sbocco della galleria dello scarico di fondo. In primo piano vasca di dissipazione con rostri.



Fig. 14. Diga di Piano della Rocca. Scarico di fondo eccezionalmente aperto in occasione delle fortissime piogge del novembre 1996.

che sbocca subito a valle della struttura (dighe del Carmine, Fabbrica e di Piano della Rocca). In questo caso, prima che il flusso d'acqua proveniente dalla galleria si immetta nell'alveo naturale del fiume, causando con la sua corrente eventuali escavazioni in quel punto con possibili danni alle strutture, esso è rallentato da una vasca di dissipazione dotata, a volte, di muri e denti, chiamati anche rostri (fig. 13).

La stessa funzione può anche essere svolta da una tubazione posta sotto il corpo diga (San Giovanni, Le Fosse) che garantisce il passaggio dell'acqua da monte a valle dello sbarramento. Assolutamente da evitare per quelle in terra, tale tecnica è stata tuttavia adottata nel passato per i cosiddetti "laghetti collinari", cui appartengono le ultime due dighe menzionate. Questo è accaduto perché queste dighe sono state progettate e realizzate all'inizio degli anni Sessanta del XX secolo, quando i criteri costruttivi richiedevano diversi parametri. Al contrario, la tubazione è adatta alla diga del Nocellito poiché è inglobata nel calcestruzzo.

4.2 Scarico di superficie

È un dispositivo cui è affidata l'evacuazione dell'acqua che giunge nel serbatoio idrico dopo che questo ha raggiunto il normale livello di regolazione. Gli scarichi di superficie devono avere una capacità di deflusso tale da garantire che il livello massimo dell'invaso non sia mai superato. Diversamente, la diga rischierebbe di essere sormontata dall'acqua che, probabilmente, la porterebbe al collasso.

Lo scarico, sempre in calcestruzzo, a seconda dei casi può essere costituito:

- da una soglia sfiorante, cioè da una struttura in cemento che funziona come il "troppo-pieno" della vasca da bagno, e da un canale che raccoglie l'acqua scaricata da questo "troppo-pieno" e la conduce a valle della diga, immettendola nell'alveo. La soglia sfiorante e il canale sono



Fig. 15. Diga di Piano della Rocca: scarico di superficie in esercizio.



Fig. 16A. Diga del Carmine.
Calice di sfioro a dx, a sx
torre di manovra in fase di
ultimazione a invaso an-
cora vuoto.



Fig. 16B. Diga del Carmine.
Calice di sfioro in esercizio.
L'acqua eccedente dell'in-
vaso cade all'interno del ca-
lice ed è convogliata a valle
della diga. I denti impedi-
scono che si crei un vortice.



Fig. 17. Diga del Nocellito.
Soglia di tracimazione.

esterni allo sbarramento (dighe di Piano della Rocca, v. fig. 15, San Giovanni, Le Fosse);
- da un calice di sfioro (dighe del Carmine, Fabbrica) che, a sua volta, s'immette nella galleria dello scarico di sfondo (figg. 16A e B), a valle delle paratoie perché l'acqua, superato il livello normale, sia libera di defluire per mantenerlo costantemente entro i limiti di sicurezza.

Per inciso, nel caso della diga del Nocellito, il dispositivo di sicurezza per evitare la tracimazione è costituito dallo sbarramento stesso, poiché questo, come detto, è realizzato in calcestruzzo (fig. 17).

Presso le dighe del Carmine e Fabbrica, la vasca di dissipazione o di calma smorza i deflussi della galleria di scarico in cui convergono anche quelli captati dal calice di sfioro. A Piano della Rocca, i due scarichi arrivano separatamente alla vasca. Al Nocellito, la vasca di dissipazione smorza l'acqua che precipita dalla soglia libera sfiorante, ovvero dall'alto della diga. A San Giovanni e a Le Fosse, la vasca di dissipazione rallenta solo gli scarichi di superficie perché quelli di fondo s'immettono direttamente in alveo, attraverso il tubo che, come detto, passa sotto di loro.

4.3 Opera di presa

Sono strutture e dispositivi che consentono il trasferimento dell'acqua dall'invaso mediante condotte all'opera di utilizzazione (ad es., centrali idroelettriche, impianti di irrigazione, portabilizzatori).

In altre parole, si tratta di una tubazione, il cui ingresso è protetto da una griglia di intercettazione per foglie, ramaglie e tronchi, che prendendo l'acqua pressoché sul fondo dell'invaso, la convoglia a valle. Nelle dighe del Carmine, Fabbrica e di Piano della Rocca, il tubo passa sotto il fondo della galleria. In quelle di San Giovanni e Le Fosse, invece, è lo stesso tubo dello scarico di fondo che assolve anche a questa funzione. Nel caso della diga del Nocellito, il tubo passa attraverso la struttura in calcestruzzo.

Ad eccezione di Piano della Rocca, che ha tre imbocchi (fig. 18) inseriti nella torre di presa a tre quote diverse, le altre dighe dispongono di un unico imbocco:

- poco sopra la base della torre di manovra (Carmine, Fabbrica);



Fig. 18. Diga di Piano della Rocca. Torre di presa a in-vaso vuoto con visibili le tre bocche di presa.

Fig. 18bis. Diga di Piano della Rocca. Torre di presa in esercizio.



- poco sopra la base del paramento di monte (Nocellito);
- appena sopra il fondo dell'invaso (San Giovanni, Le Fosse).

Di norma, lo scarico di fondo e l'opera di presa sono realizzati vicini uno all'altro.

4.4 Torre di manovra

La torre di manovra è presente nelle dighe del Carmine, Fabbrica (fig. 19) e di Piano della Rocca. Nelle prime due essa funziona anche come opera di presa ed è situata a monte della diga, all'interno del serbatoio idrico. È costituita da un cilindro in calcestruzzo armato poggiato sul fondo dell'invaso, in prossimità di una sponda, destra al Carmine, sinistra al Fabbrica.

Al suo interno, alla base raggiungibile con una scala metallica, sono installate le saracinesche che regolano il deflusso dell'acqua destinata ai vari usi, e le paratoie che impediscono all'acqua invasata di defluire a valle. Alla diga di Piano della Rocca (fig. 20), invece, le paratoie sono alloggiare in un apposito manufatto (camera a valvole), situato nel corpo diga appena a valle del coronamento, mentre la torre di presa si trova a monte, nell'invaso in prossimità della sponda destra (fig. 18bis).

Fig. 19. Diga Fabbrica.
Torre di manovra.
Funzionante anche
come opera di presa.



Fig. 20. Diga di Piano della
Rocca. Camera di manovra.





Tav. I. Carta della dislocazione geografica delle dighe sul territorio (rielab. grafica di A. Signorelli su tavola del Centro Iside).



5. MONITORAGGIO DELLE DIGHE

Le dighe si collocano tra le opere di ingegneria che hanno un alto potenziale di pericolosità, pertanto necessitano di un continuo controllo del loro comportamento durante l'esercizio. Tale controllo è effettuato utilizzando tutta una serie di strumenti, installati nel corpo diga e all'esterno di questa.

Oltre al livello dell'acqua nell'invaso, i valori più significativi da misurare e da tenere sotto controllo sono:

- la quantità di precipitazioni meteoriche e le condizioni climatiche, mediante pluviografi, termografi, anemografi, igrografi;
- gli spostamenti orizzontali, verticali, le deformazioni e gli assestamenti del corpo diga, con assestimetri, inclinometri, distanziometri, deformometri, etc.;
- il livello dell'acqua nel sottosuolo, mediante piezometri di vario tipo;
- le perdite idriche, con stramazzi.

Le misurazioni, ad eccezione di quelle rilevate ininterrottamente ed automaticamente, come la temperatura, la pioggia, etc., sono fatte rispettando una frequenza che può essere giornaliera, settimanale, mensile e semestrale. Molta strumentazione è installata all'interno del cunicolo ed è qui che si rilevano le perdite idriche. Per la loro maggiore importanza, le dighe del Carmine e di Piano della Rocca sono le più monitorate. Tutti i dati raccolti sono automaticamente trasmessi alla casa di guardia e al Centro Iside, situato nei pressi della diga di Piano della Rocca, dove vengono elaborati.

6. IL CENTRO ISIDE

Come si è visto, le dighe in generale e quelle in terra in particolare, sono strutture che per la loro complessità e natura dei materiali con cui sono costruite, devono essere tenute sotto controllo, con le opportune frequenze, mediante una estesa serie di apparecchiature gestite da personale altamente specializzato, che deve, per questo, disporre di un'adeguata strumentazione e idonea sede. Per esperienza diretta, i Concessionari delle dighe trovano difficoltà ad assicurare con le proprie strutture tecniche interne il servizio di monitoraggio alle opere che hanno in gestione (come previsto dal Servizio Dighe, ora Registro Italiano Dighe), al fine di accertare le loro condizioni statiche e curarne adeguatamente la manutenzione ordinaria e straordinaria.

Allo scopo di risolvere questo delicato problema, il Consorzio Velia, in associazione con l'ISMES S.p.A. (Società partecipata dell'ENEL), negli anni 1997-1998 ha creato il "Consorzio di Gestione Centro Iside" al fine di migliorare il monitoraggio ed il controllo a distanza della

sicurezza non solo per le proprie dighe ma, possibilmente, anche per quelle esistenti nel Meridione, ben 260 di grandi dimensioni e circa 3.000 invasi di minore importanza. Attualmente diciotto sbarramenti dislocati in varie regioni meridionali sono tenuti sotto controllo dal Centro Iside che ha la sua sede in un moderno edificio appena a valle della diga di Piano della Rocca (fig. 21).

7. CONCLUSIONI

Le dighe sono opere complesse e delicate perché, come qualcuno ha osservato, il “matrimonio” fra terra e acqua non è fra i più felici. Infatti, se il rapporto acqua-terra non è equilibrato, quest’ultima subisce una degradazione delle sue caratteristiche fisiche, certamente non auspicabile quando si tratta di una diga. Per la presenza dell’invaso, negli sbarramenti in terra questo rapporto rischia più facilmente che altrove di essere modificato in senso negativo. Da qui il rigore degli studi per l’elaborazione del progetto e l’inflessibilità dei controlli in fase esecutiva e di esercizio.

Fig. 21. Centro Iside.



LE DIGHE DEL BACINO DELL'ALENTO





DIGA FABBRICA (SOPRALZO)



LOCALITÀ: FABBRICA, COMUNE DI CERASO	
CORSO D'ACQUA SBARRATO	COMPLESSO DI VALLONCELLI
DATA DI ULTIMAZIONE LAVORI	18-06-1983
DATA INIZIO INVASI SPERIMENTALI	21-11-1983
DATA INIZIO ESERCIZIO PROVVISORIO	DICEMBRE 1998
BACINO IMBRIFERO SOTTESO	kmq 2,11
BACINO IMBRIFERO ALLACCIATO	kmq 21
QUOTA MASSIMO INVASO	m 98,8 s.l.m.
QUOTA MASSIMA DI REGOLAZIONE	m 97,8 s.l.m.
VOLUME TOTALE INVASO	mc 1.280.000
CAPACITÀ UTILE	mc 1.150.000
ALTEZZA DELLA DIGA	m 29,1
LUNGHEZZA DEL CORONAMENTO	m 300
VOLUME DEL CORPO DIGA	mc 206.000
TIPO DI DIGA: ZONATA, CON NUCLEO CENTRALE DI TENUTA IN LIMI ARGILLOSI E RINFIANCHI IN MATERIALE ALLUVIONALE E UNGHIA DI VALLE IN ELEMENTI LAPIDEI	
OPERE DI ESERCIZIO PARTICOLARI: SFIORATORE A CALICE; SCARICO DI FONDO IN GALLERIA; TORRE DI MANOVRA CON PRESA	
DESTINAZIONE D'USO: IRRIGUO, IDROELETTRICO	
IMPIANTI A VALLE: IMPIANTO IRRIGUO E IMPIANTO IDROELETTRICO DI COPPOLA	



DIGA SAN GIOVANNI

LOCALITÀ: SAN GIOVANNI CORRENTE, COMUNE DI CERASO	
CORSO D'ACQUA SBARRATO	CERRITO
DATA DI ULTIMAZIONE LAVORI	1964
DATA INIZIO INVASI SPERIMENTALI	22-07-1969
DATA INIZIO ESERCIZIO PROVVISORIO	22-07-1989
BACINO IMBRIFERO SOTTESO	kmq 1,8
BACINO IMBRIFERO ALLACCIATO	kmq 21
QUOTA MASSIMO INVASO	m 222,3 s.l.m.
QUOTA MASSIMA DI REGOLAZIONE	m 221,3 s.l.m.
VOLUME TOTALE INVASO	mc 225.800
CAPACITÀ UTILE	mc 224.100
ALTEZZA DELLA DIGA	m 20,5
LUNGHEZZA DEL CORONAMENTO	m 184,45
VOLUME DEL CORPO DIGA	mc 66.000
TIPO DI DIGA: OMOGENEA, IN MATERIALI SCIOLTI LIMO- ARGILLOSI CON PARAMENTO DI MONTE PROTETTO DA SCOGLIERA	
OPERE DI ESERCIZIO PARTICOLARI: SOGLIA SFIORANTE, SCARICO DI FONDO CON TUBAZIONE IN ACCIAIO SOTTOPASSANTE IL RILEVATO DIGA, FUNZIONANTE ANCHE DA PRESA	
DESTINAZIONE D'USO: IRRIGUO IDROELETTRICO (INDIRETTO ATTRAVERSO INVASO FABBRICA)	
IMPIANTI A VALLE: _____	
PRECISIAMO CHE LA DIGA SAN GIOVANNI E LA DIGA FABBRICA FANNO "SISTEMA". OVVERO LA DIGA SAN GIOVANNI, POSTA A QUOTA SUPERIORE, FORNISCE ACQUA ALL'INVASO FABBRICA	



DIGA LE FOSSE



LOCALITÀ: LE FOSSE, COMUNE DI CERASO	
CORSO D'ACQUA SBARRATO	VALLONCELLO INNOMINATO
DATA DI ULTIMAZIONE LAVORI	1964
DATA INIZIO INVASI SPERIMENTALI	_____
DATA INIZIO ESERCIZIO PROVVISORIO	_____
BACINO IMBRIFERO SOTTESO	kmq 0,375
BACINO IMBRIFERO ALLACCIATO	kmq 16,79
QUOTA MASSIMO INVASO	m 167,7 s.l.m.
QUOTA MASSIMA DI REGOLAZIONE	m 167,2 s.l.m.
VOLUME TOTALE INVASO	mc 60.000
CAPACITÀ UTILE	mc 55.000
ALTEZZA DELLA DIGA	m 12,6
LUNGHEZZA DEL CORONAMENTO	m 140
VOLUME DEL CORPO DIGA	mc 206.000
TIPO DI DIGA: OMOGENEA, IN MATERIALI SCIOLTI LIMO-ARGILLOSI CON PARAMENTO DI MONTE PROTETTO DA SCOGLIERA	
OPERE DI ESERCIZIO PARTICOLARI: SOGLIA SFIORANTE; SCARICO DI FONDO CON TUBAZIONE IN ACCIAIO, SOTTOPASSANTE IL RILEVATO DIGA, FUNZIONANTE ANCHE DA PRESA	
DESTINAZIONE D'USO: IRRIGUO	
IMPIANTI A VALLE: _____	



DIGA DEL CARMINE



LOCALITÀ: CARMINE, COMUNE DI CANNALONGA	
CORSO D'ACQUA SBARRATO	CARMINE
DATA DI ULTIMAZIONE LAVORI	30-06-1982
DATA INIZIO INVASI SPERIMENTALI	05-11-1982
DATA INIZIO ESERCIZIO NORMALE	15-10-1991
BACINO IMBRIFERO SOTTESO	kmq 1,95
BACINO IMBRIFERO ALLACCIATO	kmq 18,87
QUOTA MASSIMO INVASO	m 594,1 s.l.m.
QUOTA MASSIMA DI REGOLAZIONE	m 593,5 s.l.m.
VOLUME TOTALE INVASO	mc 3.150.000
CAPACITÀ UTILE	mc 3.020.000
ALTEZZA DELLA DIGA	m 48,4
LUNGHEZZA DEL CORONAMENTO	m 265
VOLUME DEL CORPO DIGA	mc 856.000
TIPO DI DIGA: ZONATA IN MATERIALI SCIOLTI, CON NUCLEO CENTRALE IN LIMI ARGILLOSI, E CONTRONUCLEI IN MATERIALI LIMO-SABBIOSI, RINFIANCHI CON MISTO DI FIUME (MONTE) E CON BLOCCHI DI CALCARE MARNOSO (VALLE), CON SCOGLIERA IN BLOCCHI DI CALCARE	
OPERE DI ESERCIZIO PARTICOLARI: SFIORATORE A CALICE; SCARICO DI FONDO CON GALLERIA; TORRE DI MANOVRA CON PRESA	
DESTINAZIONE D'USO: IRRIGUO, POTABILE, IDROELETTRICO	
IMPIANTI A VALLE: IMPIANTO IRRIGUO, POTABILIZZATORE DI ANGELLARA; IMPIANTI IDROELETTRICI DI ANGELLARA, PATTANO E COPPOLA	



DIGA DEL NOCELLITO



LOCALITÀ: NOCELLITO, COMUNE DI CANNALONGA	
CORSO D'ACQUA SBARRATO	NOCELLITO
DATA DI ULTIMAZIONE LAVORI	30-06-1982
DATA INIZIO INVASI SPERIMENTALI	05-11-1982
DATA INIZIO ESERCIZIO NORMALE	15-10-1991
BACINO IMBRIFERO SOTTESO	kmq 5,56
BACINO IMBRIFERO ALLACCIATO	kmq 676
QUOTA MASSIMO INVASO	m 674,5 s.l.m.
QUOTA MASSIMA DI REGOLAZIONE	m 593,5 s.l.m.
VOLUME TOTALE INVASO	mc 70.000
CAPACITÀ UTILE	mc 56.000
ALTEZZA DELLA DIGA	m 22,5
LUNGHEZZA DEL CORONAMENTO	m 85
VOLUME DEL CORPO DIGA	mc 8.470
TIPO DI DIGA: IN CALCESTRUZZO MASSICCIO	
OPERE DI ESERCIZIO PARTICOLARI: SOGLIA LIBERA SFIORANTE POSTA IN SOMMITÀ DEL CORPO DIGA IN CALCESTRUZZO	
DESTINAZIONE D'USO: IDROELETTRICO; IRRIGUO E POTABILE (INDIRETTI ATTRAVERSO INVASO DEL CARMINE)	
IMPIANTI A VALLE: CENTRALE IDROELETTRICA DEL CARMINE	
PRECISIAMO CHE LA DIGA DEL NOCELLITO E QUELLA DEL CARMINE FANNO "SISTEMA". OVVERO LA DIGA DEL NOCELLITO, POSTA A QUOTA SUPERIORE, FORNISCE ACQUA ALL'INVASO DEL CARMINE	



**DIGA
DI PIANO DELLA ROCCA
(ALENTO)**



LOCALITÀ: PIANO DELLA ROCCA, COMUNI DI PRIGNANO CILENTO E PERITO	
CORSO D'ACQUA SBARRATO	ALENTO
DATA DI ULTIMAZIONE LAVORI	30-06-1994
DATA INIZIO INVASI SPERIMENTALI	31-10-1994
DATA INIZIO ESERCIZIO NORMALE	11-12-2003
BACINO IMBRIFERO SOTTESO	kmq 102,1
QUOTA MASSIMO INVASO	m 121,6 s.l.m.
QUOTA MASSIMA DI REGOLAZIONE	m 118,5 s.l.m.
CAPACITÀ UTILE	mc 26.000.000
ALTEZZA DELLA DIGA	m 43,8
LUNGHEZZA DEL CORONAMENTO	m 600
VOLUME DEL CORPO DIGA	mc 1.500.000
TIPO DI DIGA: IN TERRA OMOGENEA (ALLUVIONI) CON UN MANTO DI TENUTA BITUMINOSO A MONTE	
OPERE DI ESERCIZIO PARTICOLARI: SFIORATORE A SOGLIA LIBERA; SCARICO DI FONDO CON GALLERIA E CON CABINA DI MANOVRA; TORRE DI PRESA CON TRE PRESE	
DESTINAZIONE D'USO: IRRIGUO, POTABILE, IDROELETTRICO	
IMPIANTI A VALLE: IMPIANTO IRRIGUO, POTABILIZZATORE DI PIANO DELLA ROCCA; IMPIANTO IDROELETTRICO DI OMI- GNANO	



IL CICLO DELL'ACQUA

nel bacino dell'Alento

prima e dopo la costruzione delle dighe



1. PREMESSA

Per affrontare i temi riguardanti il “ciclo dell’acqua” nel bacino del fiume Alento prima e dopo la costruzione delle dighe Fabbrica, San Giovanni, Le Fosse, Carmine, Nocellito e Piano della Rocca, è opportuno illustrare brevemente il ruolo fondamentale svolto dall’acqua per la nascita e la conservazione della vita sulla Terra, e spiegare cosa si intenda per “ciclo dell’acqua”, in senso idrologico.

Dall’acqua, cioè dall’idrosfera, ovvero il complesso acqueo composto da mari, fiumi, laghi, acque sotterranee, che permea la Terra, nel lontano Paleozoico è nata la vita: la biosfera, ovvero tutti gli organismi animali e vegetali, viventi o estinti, che popolano e hanno popolato la terra. Senz’acqua non potrebbe esistere alcun essere vivente - sia animale che vegetale - tra quanti, da allora, hanno cominciato a colonizzare il pianeta evolvendo, nel corso di centinaia di milioni di anni, dalle forme più semplici a quelle attuali, molto più complesse. Risorsa insostituibile, fragile e limitata, l’acqua deve essere difesa con lungimirante sfruttamento.

L’acqua, oltre a donare la vita, ha svolto e continua a svolgere altri importanti ruoli, influenzando il clima, modellando il paesaggio e, se opportunamente sfruttata, consentendo la produzione di energia, vitale per il funzionamento delle industrie. Nella vita di ogni giorno ci permette oltre a soddisfare i bisogni primari del bere e del mangiare, anche di provvedere alle esigenze igieniche indispensabili per prevenire le malattie, e infinite altre cose.

Energia capitale per ogni attività del pianeta, essa ha reso possibile lo sviluppo dell’agricoltura, in tutti i suoi aspetti, anche grazie all’irrigazione, cioè uno sfruttamento razionale dell’acqua, indispensabile nei climi dalle lunghe estati aride.

Questa negativa caratteristica climatica propria di tutto il Meridione italiano, quindi anche del Cilento, ha limitato sin dai suoi primordi l’attività agricola su questo territorio, obbligando i contadini ad un’atavica lotta contro la fame, ancora ricordo indelebile delle persone più anziane che spesso, loro malgrado, furono costrette ad abbandonare la terra. A proposito di siccità, è il caso di ricordare quanto scriveva il De Giorgi nel 1881 nel suo diario pubblicato con il titolo “Viaggio nel Cilento”: *“Il Cilento è in generale povero di acque correnti in superficie, perché i suoi monti essendo formati la maggior parte di un’arenaria assai porosa assorbon gran parte di quella che vien dal cielo”*. Più avanti però osserva: *“I monti dei dintorni di Vallo della Lucania sono ricchissimi di acqua potabile...”* (In effetti si tratta dell’unica area del bacino del fiume Alento a beneficiare copiosamente delle grandi portate sorgentizie, quasi assenti o modeste altrove, che sgorgano prevalentemente lungo il versante Ovest del massiccio del Monte

Sacro (o Gelbison) e che, nel passato, hanno largamente favorito i comuni di Vallo della Lucania, Novi Velia, Cannalonga e Moio della Civitella rispetto agli altri presenti nel bacino).

2. IL CICLO DELL'ACQUA

Come è noto, il mondo dell'acqua si divide in acque marine, salate, e in acque continentali, dolci. L'acqua non è una massa inerte ma ha continui scambi con l'atmosfera a causa dell'energia termica del sole che provoca la sua evaporazione dalla superficie e, di conseguenza, la circolazione di masse d'aria. Queste, in relazione al loro grado di umidità e temperatura, generano precipitazioni sotto l'azione della forza di gravità, motore primo del cammino incessante delle acque sopra e sotto il suolo. Così nasce un ciclo chiuso detto *ciclo dell'acqua*, naturale ed eterno, tappa di un più grande circuito operante sulla Terra, che ripropone una caratteristica universale ineluttabile: la ciclicità degli eventi, siano essi biologici (come, ad esempio, quello "seme - pianta - seme"), fisici ("estate - inverno - estate") o storici ("pace - guerra - pace").

Il ciclo dell'acqua (fig. 1) incomincia con l'evaporazione dell'acqua del mare e, in misura inferiore, di quella presente sulle terre emerse, l'acqua cioè che costituisce laghi, paludi, fiumi ma che rappresenta anche l'umidità del suolo estratta per capillarità e attraverso la traspirazione delle piante.

In virtù del calore esercitato dall'energia solare, l'acqua passa nell'atmosfera allo stato di vapore ma, successivamente, perdendo energia man mano che sale di quota, torna a condensarsi in forma di minute goccioline a creare le nubi che, a loro volta, daranno origine ai vari tipi di precipitazioni, pioggia, neve, grandine. Gran parte dell'acqua ricade in mare, chiudendo così immediatamente il ciclo, che ricomincerà con una nuova evaporazione. Quella che, invece, finisce sulle terre emerse segue vari percorsi:

- circa il 30% evapora dal suolo, dai fiumi e dai laghi ed è di nuovo caduta quasi subito all'atmosfera;
- circa il 20% ruscella direttamente al mare o si infiltra nel suolo e va ad alimentare la circolazione sotterranea che dà vita alle falde idriche e alle sorgenti;
- circa il 40%, dopo essersi infiltrata nel suolo, è assorbita dalle radici delle piante e restituita all'atmosfera sotto forma di vapore dalle foglie, con il processo di traspirazione;
- il restante 10%, infine, resta in superficie sotto forma di fiumi, laghi e ghiacciai.

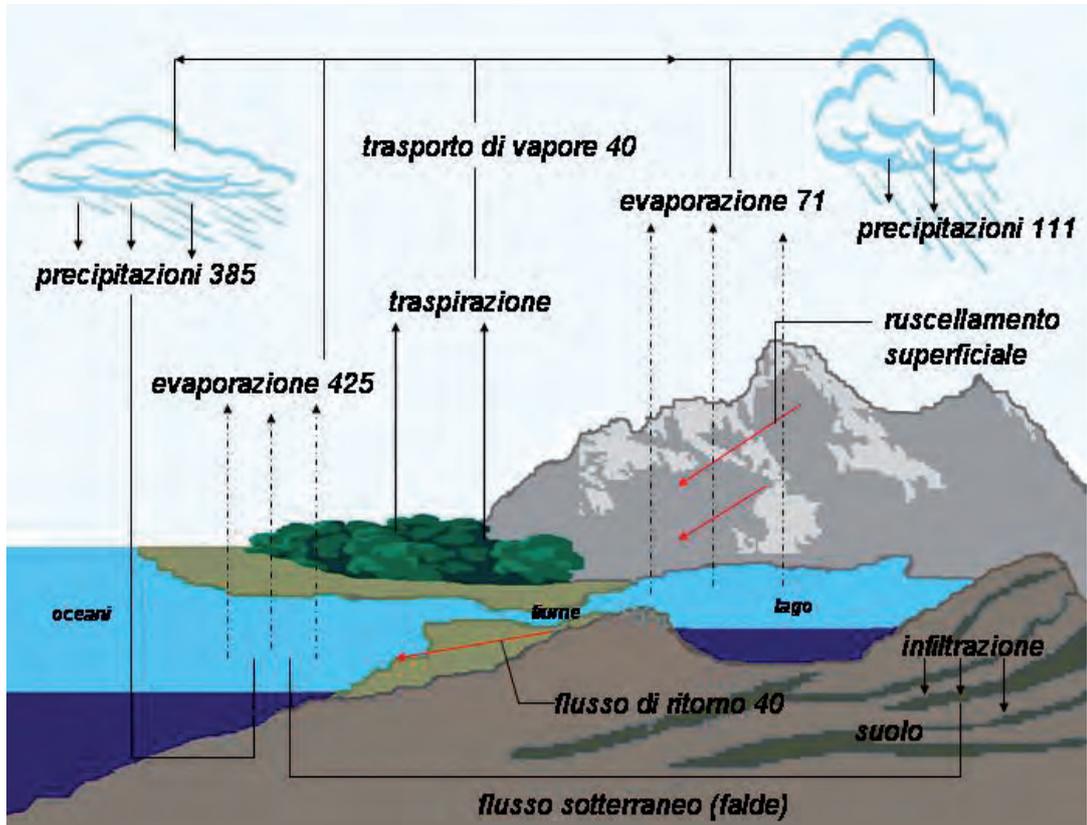


Fig. 1. Il ciclo dell'acqua (elab. grafica G. Feola e G. Scola). I numeri rappresentano le migliaia di km³ di acqua movimentata da ogni passaggio in un anno sulla Terra.

Il bilancio globale del ciclo dell'acqua è - come qualcuno ha argutamente osservato - in "pareggio contabile": infatti, la quantità di acqua che passa dall'idrosfera all'atmosfera, attraverso l'evaporazione e la traspirazione, è pari a quella che viene ceduta dall'atmosfera all'idrosfera attraverso le precipitazioni.

Essendo la quantità messa in circolo ogni anno dal "ciclo dell'acqua" molto piccola rispetto alla totalità che costituisce l'idrosfera, è stato calcolato che occorrono più di 3.000 anni perché tutta l'acqua partecipi, prima o poi, al ciclo. Questo a riprova che, sovente in natura, a quantità notevoli corrispondono tempi altrettanto lunghi, ben oltre il limitato tempo della singola vita umana.



■ Fig. 2. Stalattiti.

La permanenza dell'acqua nell'atmosfera può essere di ore o di settimane; altrettanto vale per quella che scorre nei fiumi. Più lunga, invece, la permanenza nei ghiacciai e nel sottosuolo dove, soprattutto, trovando la sua strada tra le rocce per vie fredde, buie e misteriose, l'acqua può continuare a percorrere il suo cammino per molti secoli lungo anche centinaia di chilometri prima di rivedere la luce.

È questo il caso, ad esempio, della grande risorsa idrica imprigionata sotto il deserto del Sahara grazie alla favorevole struttura geologica del suo sottosuolo, generata dall'acqua delle abbondanti e continue precipitazioni dell'area equatoriale: la riserva così creata è tanto ingente da alimentare le oasi del deserto e fornire acqua potabile a buona parte del Nord Africa.

Occasionalmente, nel sottosuolo, per dissoluzione delle rocce calcaree causata dall'azione erosiva dell'acqua che filtra ricca di anidride carbonica, si originano grotte di sfarzosa bellezza grazie agli imponenti scenari creati dalla deposizione del carbonato di calcio (stalagmiti, stalattiti, colonne e festoni, v. fig. 2) dai lucidi, smaglianti colori. In tal modo, oltre ad essere benefattrice della vita, l'acqua si propone anche con la funzione di mirabile "scultrice" della natura, offrendoci un fantastico mondo ipogeo capace di suggestioni indescrivibili, e modellando la superficie terrestre a volte in maniera spettacolare.

3. FUNZIONE DELLE DIGHE NEL BACINO DEL FIUME ALENTO

Il secolare lavoro dei contadini impegnati in una costante battaglia per la sopravvivenza sulle montagne, sulle colline e nelle limitate piane del Cilento, finalmente, negli anni recenti comincia a presentarsi più remunerativo, meno faticoso ed incerto.

Ciò è avvenuto grazie alle nuove strategie tese in direzione del tanto atteso e bramato sviluppo del territorio e realizzate nelle valli dell'Alento e del Palistro dal Consorzio Velia, e nell'altra valle del Badolato dal Consorzio Irriguo di Vallo della Lucania.

L'impulso dato all'assetto socio-economico di queste aree, infatti, è nato dalla creazione degli invasi idrici nel bacino idrografico dell'Alento che consentono, finalmente, di poter disporre "concretamente" delle risorse idriche presenti nel territorio, altrimenti scaricate a mare senza ricavarne alcun beneficio. L'impiego dei cospicui volumi di acqua messi a disposizione dalle dighe, oltre a rappresentare la fondamentale leva di avvio e di mantenimento di altre importanti iniziative e infrastrutture, quali centrali idroelettriche (che consentono un risparmio energetico riducendo l'inquinamento) e potabilizzatori (che integrano in maniera so-

stanziale i fabbisogni idropotabili, determinanti per lo sviluppo turistico del territorio), permette, attraverso moderne reti irrigue, di dissetare vaste superfici ad alta vocazione agricola sottraendole, finalmente, al giogo di un clima sfavorevole che fa piovere quando non serve e non il contrario.

Soprattutto con l'utilizzo irriguo (ma non solo, come si vedrà in seguito) di ingenti quantità d'acqua messe a disposizione dalle dighe, il "ciclo" dell'acqua nel bacino imbrifero dell'Alento non è più quello di un tempo quando era governato unicamente dal clima: allora pioveva, l'acqua evaporava, traspirava, si infiltrava e ciò che rimaneva ruscellava verso il mare, dove i raggi del sole e i venti la trasformavano, di nuovo, in vapore. Nelle stagioni piovose vi era eccedenza di acqua; durante quelle secche, dolorosa mancanza.

Adesso, invece, la quantità di acqua originata dalle precipitazioni piovose che avanza dopo

Fig. 3. Invaso della diga del Nocellito.



che si sono completati i fenomeni di evapotraspirazione e infiltrazione nel sottosuolo, non defluisce più direttamente nel mare, ma viene raccolta negli invasi artificiali (fig. 3) in attesa di essere distribuita su vaste aree collinari e di pianura dove prima, d'estate, c'era arsura.

Grazie all'irrigazione, dunque, le colture in quelle aree ora mettono in atto processi di evapotraspirazione con intensità massima possibile favorendo, quindi, la produzione vegetale anche nella stagione secca.

Per il bacino dell'Alento (che comprende anche le valli dei torrenti Badolato, Mennonina, Fabbrica, Torna e Palistro), le dighe di Piano della Rocca, Carmine, Nocellito, Fabbrica, San Giovanni e Le Fosse rappresentano un'infrastruttura indispensabile per vedere assicurate:

- l'autosufficienza irrigua, specialmente della porzione di territorio pianeggiante, più redditizia per quanto riguarda le coltivazioni ;
- la laminazione delle piene (v. oltre, § 6.3.1) che non di rado hanno procurato gravi danni nella piana di Casal Velino;
- il potenziamento della fornitura di acqua potabile, indispensabile per lo sviluppo del turismo;
- la produzione di energia elettrica pulita, contributo al risparmio energetico ed alla riduzione delle emissioni dei gas-serra;
- il rilascio estivo di acqua nei torrenti, essenziale per conservarvi la vita;
- l'utilizzo dell'acqua nel campo artigianale e industriale, oltre che per usi igienici e civili, premessa al miglioramento civile ed economico;
- la creazione di oasi paesaggistiche molto utili per la conservazione degli "habitat" biologici, e, attraverso visite guidate, l'allargamento delle conoscenze a studenti e cittadini del territorio e dei suoi pregi naturalistici, unitamente al suo recupero e riuso intorno all'invaso.

4. NOTE GENERALI IDROLOGICHE E CLIMATICHE

Per meglio spiegare l'impatto positivo degli invasi artificiali del bacino idrografico del fiume Alento e la loro necessità, confrontiamo brevemente i dati idrologici - ovvero quelli relativi al ciclo dell'acqua - di quest'area con quelli su scala nazionale.

A questo scopo è utile in primo luogo fornire qualche notizia in generale sull'idrologia del nostro territorio nazionale.

Mal distribuito nelle diverse stagioni e nelle singole zone climatiche, il volume medio delle precipitazioni atmosferiche in Italia si aggira sui 300 miliardi di metri cubi annui, che corrisponde ad un'altezza media di precipitazioni di quasi 1000 mm, superiore alla media europea (646

mm) e a quella generale delle terre emerse (730 mm). Dei circa 300 miliardi di acqua piovana, il 41% cade sull'Italia Settentrionale, il 22% su quella Centrale, il 24% su quella Meridionale e solo il 16% sulle Isole. Nel Sud, quindi, cade poco più della metà dell'acqua rispetto a quella che scende nel Nord.

Di regola, in inverno le precipitazioni aumentano progressivamente via via che dal Nord si scende verso Sud, penalizzando il primo. L'opposto avviene per le precipitazioni estive, che dai 700 mm delle località alpine scendono a 50 mm nel Mezzogiorno e a soli 25 mm nelle Isole. Del volume totale di acqua piovuta, il 44% evapora e traspira restituendo quindi all'atmosfera quasi la metà delle precipitazioni; il 52% scorre in superficie e solo il 4% confluisce nei deflussi sotterranei.

Purtroppo, quasi tutti i fiumi del nostro paese registrano forti escursioni nelle portate, poiché queste sono condizionate dalla cattiva distribuzione delle piogge nell'arco dell'anno che costituisce il limite fondamentale per l'agricoltura italiana, in particolare del settore centro-meridionale. Nei corsi d'acqua alpini, le maggiori portate si hanno in estate per lo scioglimento delle riserve nevose e glaciali; in quelli appenninici del Centro-Nord, durante l'autunno e la primavera; nei corsi d'acqua del Mezzogiorno, prevalentemente durante l'autunno-inverno. In sostanza nel Meridione d'Italia si ha grande abbondanza di risorsa idrica quando questa non serve mentre viene a mancare proprio nel momento in cui, per l'agricoltura, diventa essenziale il bisogno di acqua affinché il processo vegetativo della maturazione non subisca rallentamenti.

Poiché manca un significativo contributo dell'apporto sorgentizio, volano dei deflussi, la portata dei corsi d'acqua appenninici risulta prevalentemente alimentata dalla pioggia. Le "morbide", cioè le fasi in cui i corsi d'acqua aumentano la loro portata per effetto delle piogge o del disgelo, di conseguenza, subiscono gli effetti di apporti idrici irregolari che si accentuano procedendo verso Sud, dove creano non pochi danni idrogeologici come nel caso delle fiumare calabresi le quali, durante il periodo autunno-inverno, impetuosamente scaricano a mare imponenti quantità di acqua inutilizzata.

5. NOTE SULL'IDROLOGIA DEL CILENTO

Nel Cilento la pressoché totale captazione delle acque sorgive per condurle dai monti, in particolare dal Monte Sacro (o Gelbison), alle aree costiere dove lo sviluppo turistico denuncia una sempre maggiore necessità della risorsa idrica, ha determinato seri problemi all'economia agricola dell'intero territorio rendendo necessaria e urgente la realizzazione di bacini idrici artificiali allo

scopo di surrogare le portate sorgive sottratte per uso potabile.

Il Cilento, in gran sintesi, è caratterizzato da territori montuosi e di alta collina, da una fascia altimetrica mediana e basso-collinare prevalente, e da poche aree di fondovalle pianeggianti (fig. 4).

Il suo territorio ha un'altitudine media di 475 m s.l.m.

Per quanto concerne i fattori climatici, nel Cilento si registra una temperatura media annua di 12°C, oscillante tra i 5°C nei mesi invernali e i 20°C in quelli estivi, e una piovosità media annua di 500-1500 mm. Più in dettaglio, dalla sua carta ipso-pluviometrica si osserva una piovosità massima, nell'ordine dei 1.800-1.900 mm, in corrispondenza delle vette dei monti Sacro (o Gelbison) e Bulgheria, e valori medi intorno ai 500-1.000 mm nell'immediato entroterra. In genere, le isoiete (linee che uniscono i punti di un'area che hanno registrato la medesima altezza delle precipitazioni) seguono un andamento all'incirca parallelo alla costa, cioè sono ortogonali alla direzione dei venti regnanti (ovvero quelli che spirano in una data direzione il maggior numero di giorni) provenienti da Ovest, cioè dal mare. Le stesse isoiete si presentano più ravvicinate in corrispondenza dei massicci, barriere orografiche per le masse d'aria in transito prevalentemente da Ovest verso Est. Obbligate a salire in quota rapidamente a causa della



Fig. 4. Pianura, colline e montagne del Cilento.

forte pendenza (gradiente altimetrico) dei massicci, le masse d'aria subiscono una rapida riduzione termica (circa 1°C ogni 100 m di innalzamento) con conseguente aumento dell'umidità relativa che provoca precipitazioni maggiori lungo i versanti sopravvento rispetto a quelli sottovento. Le masse marine, invece, esercitano un'azione di moderazione del clima lungo la fascia costiera, attenuandone i contrasti stagionali.

Con inverni miti e piovosi (poiché in questa stagione il mare è sovrastato da aree cicloniche che richiamano venti umidi occidentali dall'Atlantico) ed estati calde, il clima cilentano risulta sostanzialmente a regime mediterraneo con un bilancio idrologico negativo nel periodo estivo, durante il quale l'evapotraspirazione è massima e le piogge sono scarse, e un bilancio positivo nel periodo invernale, quando la quantità di acqua meteorica è nettamente superiore a quella che si perde per evapotraspirazione.

6. IL CICLO DELL'ACQUA NEL BACINO DEL FIUME ALENTO

Dopo aver accennato all'importanza che riveste l'acqua per la sopravvivenza della biosfera, e aver spiegato, in breve, cosa significhi il "ciclo dell'acqua" sotto il profilo idrologico, nei paragrafi seguenti verrà esaminato, più in particolare, il "ciclo dell'acqua" nel bacino del fiume Alento prima e dopo la costruzione delle dighe.

6.1 Inquadramento geologico e idrogeologico

Il bacino imbrifero del fiume Alento ha una lunghezza di 36 Km e una superficie di 428 km² prevalentemente collinare-montuosa. La parte pianeggiante è concentrata essenzialmente nel tratto terminale dei corsi d'acqua dell'Alento e del Palistro. L'altimetria di questo territorio sale dalla quota mare fino ai 1.709 m della cima del Monte Sacro (o Gelbison). All'interno di questo bacino principale, se ne individuano altri più piccoli.

Dal punto di vista geologico, escludendo una limitata superficie rappresentata da calcari, il bacino del fiume Alento insiste su terreni appartenenti al Flysch del Cilento. Se si esaminano i tipi di rocce che lo costituiscono, si osserva che la loro successione è grosso modo suddivisibile in tre porzioni, secondo la Carta Geologica d'Italia (foglio 209): quella inferiore (Formazione delle Crete Nere), caratterizzata essenzialmente dalla prevalenza di livelli argilloso-siltosi, cioè da materiali molto fini di tipo argilloso-limoso (fig. 5A); quella intermedia (Formazione di Pollica), costituita in gran parte da alternanze di livelli arenacei, arenaceo-

Fig. 5. Il Flysch del Cilento.





C. FORMAZIONE DI S. MAURO



B. FORMAZIONE DI POLLICA



A. FORMAZIONE DELLE CRETE NERE

calcarenitici, argillo-siltitici e siltitici ovvero sabbie, limi e argille (fig. 5B); quella superiore (Formazione di San Mauro), rappresentata soprattutto da livelli arenacei con frequenti conglomerati a matrice prevalente cioè ciottoli cementati (fig. 5C).

L'età delle rocce del Flysch del Cilento, in un primo tempo attribuita ad un arco temporale compreso tra il Cretacico inferiore e l'Oligocene superiore-Miocene inferiore (da 140 a 24 milioni di anni fa circa), più recentemente è stata spostata al Burdigaliano-Langhiano (Miocene), circa 20 milioni di anni fa.

Per quanto riguarda l'aspetto idrogeologico, escludendo i calcari, il bacino dell'Alento è formato da litotipi (cioè tipi di rocce) che hanno un grado di permeabilità che tende ad aumentare dal basso verso l'alto, vale a dire dalle argille che stanno sotto, ai conglomerati che stanno sopra. I terreni più frequenti sono quelli arenaceo-argillosi che costituiscono in prevalenza la struttura dei rilievi collinari. La loro componente argillosa li rende scarsamente permeabili, ciò significa che l'acqua scorre soprattutto sulla superficie, e che il deflusso sotterraneo rappresenta solo il

Fig. 6. Massiccio del Monte Sacro (o Gelbison).



19% di quello globale. L'esigua circolazione idrica sotterranea, quindi, si limita in gran parte alla coltre di alterazione presente lungo i versanti collinari che, rispetto al substrato, è relativamente più permeabile. Le sorgenti dell'area collinare sono numerose ma hanno portate idriche esigue proprio perché sono alimentate solo dall'acqua proveniente da queste coltri. Fanno eccezione a tale schema le zone dove i terreni del substrato sono localmente costituiti in prevalenza da rocce arenacee, invece che di tipo argilloso, quindi più permeabili, dove la circolazione idrica sotterranea diventa più profonda. Ciò detto, risulta chiaro che la risorsa idrica più importante per questi terreni collinari è data dal ruscellamento in superficie.

Più ricchi di acqua - ora prevalentemente captata per scopi potabili -, sono, invece, i terreni montagnosi arenaceo-conglomeratici del massiccio del Monte Sacro (o Gelbison, v. fig. 6) che per loro natura permettono l'infiltrazione dell'acqua. Questi terreni sono collocati al di sopra di quelli arenaceo-argillosi, al contrario poco permeabili, che proprio qui assumono la singolare forma a "catino", favorendo un consistente accumulo idrico nel sottosuolo. Essendo dotate di un grado di permeabilità maggiore per il basso grado di cementazione della roccia, e per il fatto che questa è attraversata da un reticolo di fratture ben sviluppato, le rocce arenaceo-conglomeratiche sono in grado di assorbire ingenti quantità di acqua meteorica che, successivamente, cedono attraverso numerose sorgenti, di notevole importanza locale, distribuite soprattutto lungo il versante Ovest del massiccio perché è in questa direzione che sgorga il "catino" (fig. 7).

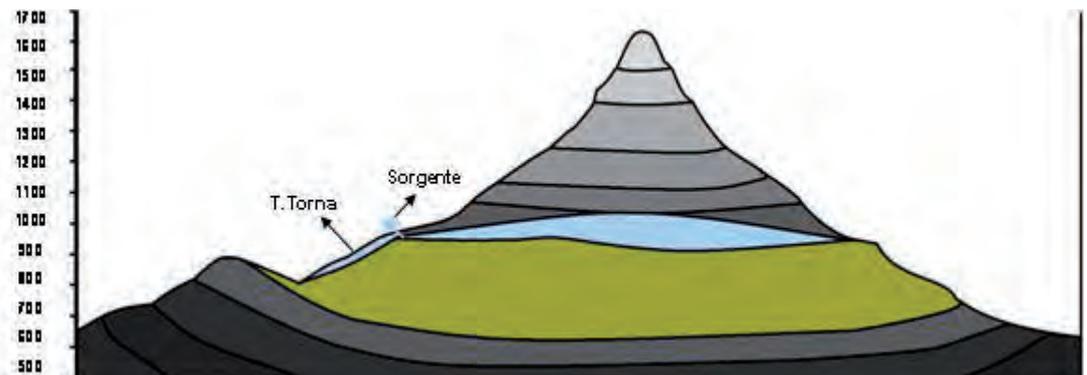


Fig. 7. Sezione idrogeologica semplificata del Monte Sacro (o Gelbison). Tratto da ALOIA ET ALII 2006, rielab. di G. Feola e G. Scola.

I terreni sedimentari quaternari, prevalentemente affioranti sui fondovalle, dal punto di vista idrogeologico, pur essendo dotati di un buon grado di permeabilità, svolgono un ruolo marginale in quanto poco rappresentati in affioramento. I sedimenti alluvionali di una certa importanza sotto questo aspetto si trovano nella bassa valle dell'Alento.

In conclusione, nell'ambito del bacino imbrifero dell'Alento, solo il massiccio arenaceo-conglomeratico del Monte Sacro (o Gelbison) offre una buona disponibilità idrica; in collina, invece, la disponibilità è più ridotta perché l'acqua non penetra nel sottosuolo a causa della sua natura prevalentemente argillosa, ma si limita a circolare esclusivamente nella coltre di alterazione prossima alla superficie, il cui debole spessore permette di alimentare solo piccole sorgenti.

6.2 Il ciclo dell'acqua nel bacino del fiume Alento prima della costruzione delle dighe

Prima della costruzione delle dighe, l'uomo non era ancora intervenuto a modificare in maniera significativa il millenario equilibrio idrologico insito nel ciclo dell'acqua del bacino del fiume Alento, ad eccezione della perforazione di pozzi (fig. 8) per attingere dai sottosuoli limitati volumi idrici destinati ad irrigare porzioni della piana fra Omignano Scalo e la costa. In collina, le cosiddette "levate" (ovvero canali scavati nella terra e utilizzati per scopi irrigui, v. fig. 9), quando si rendeva necessario, trasferivano negli orti e nei minuscoli campi solo una parte dei deflussi intercettati grazie a rudimentali traverse poste lungo i torrenti alimentati, du-



Fig. 9. Antica « levata » nel comune di Cannalunga.



Fig. 8. Vecchio pozzo per irrigazione.





rante l'estate, prevalentemente da sorgenti. Dunque, in passato l'acqua dopo essere caduta sul terreno sotto forma di pioggia, in parte evaporava, traspirava dalle piante, in parte si infiltrava nel sottosuolo oppure ruscellava a mare seguendo il suo ciclo naturale, e solo una modesta parte di essa veniva sottratta per usi irrigui.

I dati di seguito riportati riflettono la situazione idrologica del bacino dell'Alento in corrispondenza della stazione idrometrografica di Casal Velino Scalo (ora Velina), prima della costruzione della diga di Piano della Rocca.

6.2.1 Afflussi, deflussi ed evapotraspirazione annui del fiume Alento *(Sintesi della pubblicazione "Caratteristiche idrogeologiche del bacino del fiume Alento"- Celico et alii 1994)*

Sulla base dei dati pubblicati dal S.I.M.I. (Servizio Idrografico e Mareografico Italiano) relativi al periodo 1965-1984, ed elaborando i livelli idrometrici misurati alla stazione idrometrografica di Casal Velino Scalo (ora Velina, v. fig. 10), è stato possibile calcolare i deflussi del fiume Alento prima che fosse costruita la diga di Piano della Rocca, l'unica ad essere sottesa da questa stazione. Si precisa che questa stazione intercetta un bacino idrografico di 284 km² di cui l'88% circa è rappresentato da terreni appartenenti al Flysch del Cilento e il resto da rocce calcaree. L'incompletezza dei dati sperimentali, prevalentemente rappresentati dalle altezze idrometriche basse, cioè rilevate in epoca di portate idriche modeste, idonee per definire i deflussi di base ma non altrettanto attendibili per determinare i deflussi di piena, ha richiesto elaborazioni complesse che hanno messo anche in conto le variazioni subite nel tempo della geometria della sezione di misura (cioè la sezione dell'alveo). Da tali elaborazioni risulta che:

- gli afflussi medi annui (acqua piovuta sul bacino) erano pari a circa 323×10^6 mc/anno (superficie del bacino x mm di pioggia/anno), corrispondenti a 1196 mm/anno di pioggia;
- i deflussi medi (cioè l'acqua che scorreva alla sezione di misura di Casal Velino Scalo, ora Velina) erano pari a circa 137×10^6 mc/anno, corrispondenti a 507 mm/anno di pioggia;
- l'evapotraspirazione media (differenza fra afflussi medi e deflussi medi) era pari a circa 186×10^6 mc /anno, corrispondenti a 689 mm /anno di pioggia.

Dai valori sopra esposti, si può rilevare che la piovosità accertata nel bacino dell'Alento era superiore di circa il 20% a quella media nazionale, e che l'evapotraspirazione media, pari a circa il 60% della piovosità, era inferiore a quella media delle terre emerse (70%).



6.2.2 Infiltrazione efficace, deflusso superficiale e coefficiente di infiltrazione potenziale

Spieghiamo innanzitutto che con l'espressione "infiltrazione efficace" si intende l'acqua che penetra nel sottosuolo e va ad alimentare la falda acquifera, mentre il "deflusso superficiale", come ormai noto, indica l'acqua piovana che scorre in superficie o si ferma nei laghi e negli invasi.

In precedenza si è evidenziato che il bacino dell'Alento è caratterizzato da rocce a permeabilità bassa e medio-bassa che consentono la circolazione idrica solo a scarsa profondità, senza grosse differenze fra bacino superficiale e sotterraneo (vale a dire che la proiezione della superficie coperta dal bacino idrografico grosso modo coincide con quella del bacino sotterraneo nel quale si accumula l'acqua filtrata dal bacino idrografico soprastante), e restituiscono l'acqua in gran parte direttamente nell'alveo del fiume.

Da ciò è possibile dedurre che i volumi di infiltrazione efficace media annua possono essere equiparati a quelli del deflusso di base medio annuo. In altre parole, l'acqua che scorre in alveo nei periodi di magra altro non è che quella che si è infiltrata nel sottosuolo e che, dopo un certo tempo, è tornata a giorno per alimentare l'alveo stesso.

Il valore dell'infiltrazione efficace media annua, calcolata valutando il deflusso di base medio, era pari a circa 26×10^6 mc /anno, equivalente a 96 mm /anno. Dal rapporto tra questo valore ed il deflusso totale medio annuo, che abbiamo visto essere pari a 137×10^6 mc /anno, si otteneva il valore del "coefficiente di infiltrazione potenziale" (C.I.P.) pari al 19%. Questo coefficiente rappresenta la percentuale di acqua che non defluisce in superficie ma filtra nel sottosuolo per poi riemergere alimentando i deflussi di magra. La bassa percentuale dimostra la scarsa permeabilità del bacino del fiume Alento.

6.3 Il ciclo dell'acqua nel bacino dell'Alento dopo la costruzione delle dighe

Come si può vedere dalla tabella che qui, di seguito, elenca le varie tappe di costruzione delle dighe nel bacino dell'Alento, in un solo trentennio sono state realizzate da tre Consorzi (Palistro, Irriguo di Miglioramento Fondiario di Vallo della Lucania e Consorzio di Bonifica Velia), ben sei dighe, di importanza via via crescente, a dimostrazione del progressivo interesse assegnato a queste opere dai vari Enti.

In questo trentennio la costruzione delle sei dighe ha quasi certamente influenzato - per quanto ancora non si possa sapere in che misura -, il preesistente "ciclo dell'acqua" nel bacino idro-

Fig. 10. Stazione idrometrografica di Casal Velino Scalo (ora Velina).



DIGHE	CONSORZIO CONCESSIONARIO	CONSEGNA DEI LAVORI	ULTIMAZIONE DEI LAVORI
FABBRICA	ex Consorzio Palistro, ora Consorzio di Bonifica Velia	1963	1964
SAN GIOVANNI	ex Consorzio Palistro, ora Consorzio di Bonifica Velia	1963	1964
LE FOSSE	ex Consorzio Palistro, ora Consorzio di Bonifica Velia	1963	1964
CARMINE	Consorzio Irriguo di Miglioramento Fondario Vallo della Lucania	23.07.1974	30.06.1982
NOCELLITO	Consorzio Irriguo di Miglioramento Fondario Vallo della Lucania	23.07.1974	30.06.1982
FABBRICA - SOPRALZO	ex Consorzio Palistro, ora Consorzio di Bonifica Velia	31.01.1981	18.06.1983
PIANO DELLA ROCCA	Consorzio di Bonifica Velia	12.09.1984	30.06.1994

grafico del fiume Alento per l'uso diversificato nel tempo (consistenti erogazioni idriche sul territorio in periodi normalmente siccitosi) e nello spazio (significativo ampliamento delle superfici beneficate da tali erogazioni) dell'acqua da loro accumulata. A questo proposito, per verificare concretamente in che modo e misura il "ciclo" sia stato influenzato, sarebbe interessante compiere studi sul nuovo assetto degli afflussi, deflussi e della evapotraspirazione su base annuale del fiume Alento in corrispondenza della stessa stazione idrometrografica di Casal Velino Scalo (ora Velina), e confrontare i dati con quelli riportati nel par. 6.2.1. Come detto, il confronto riguarderebbe solo l'influenza esercitata dalla diga di Piano della Rocca, unico serbatoio sotteso da quella stazione e non potrebbe interessare il coefficiente di infiltrazione potenziale (cfr. § 6.2.2), non modificabile in quanto strettamente correlato alla geologia e non ai deflussi. Ugualmente interessante sarebbe accertare eventuali modifiche microclimatiche causate dagli invasi e dal forte aumento delle superfici evaporanti e traspiranti dove prima imperversava l'aridità. Già qualche piccolo segno del cambiamento può essere colto osservando la ripresa vegetazionale sui fianchi collinari degli invasi verosimilmente per effetto di un aumento dell'umidità.

6.3.1 Fattori che hanno contribuito a modificare il ciclo dell'acqua nel bacino idrografico dell'Alento

Come detto, il ciclo dell'acqua nel bacino imbrifero dell'Alento è mutato - anche se in che misura non è ancora determinabile - dopo la costruzione delle dighe, cioè dopo che una certa quantità dei deflussi idrici è stata trattenuta durante i periodi piovosi negli invasi. Non potendo più scorrere liberamente al mare, quest'acqua è diventata perciò una risorsa "effettivamente" utilizzabile. Questa regolazione artificiale dell'acqua meteorica ha consentito di raggiungere, in primo luogo, diversi obbiettivi importanti, anche di carattere ambientale:

- la laminazione delle piene;
- il mantenimento del cosiddetto "minimo vitale" di acqua in alveo per conservarvi, in particolare, la vita nei lunghi periodi siccitosi;
- il potenziamento dell'irrigazione;
- l'utilizzo dell'acqua per scopi potabili, igienici e civili;
- la produzione di energia elettrica

e, inoltre, il ridisegno dell'alveo a valle della diga di Piano della Rocca.

- *Laminazione delle piene*

La laminazione delle piene rappresenta uno fra i compiti più importanti assegnati alle dighe. In alcuni casi, queste opere vengono realizzate essenzialmente per assolvere a questa funzione come si è verificato nella valle dell'Arno dopo la disastrosa piena del novembre 1966 che devastò Firenze. Nei periodi di forti precipitazioni, l'azione di laminazione, trattenendo nell'invaso una notevole quantità di acqua, evita che questa possa sommarsi ai già rilevanti deflussi a valle della diga. Risultato: esondazione scongiurata!

In particolare, l'azione di laminazione, oltre a trattenere negli invasi significativi volumi di acqua meteorica nei periodi di intense piogge, consente anche quando l'invaso è riempito, di scaricare a valle meno acqua di quanto questo riceva, riducendo l'entità delle piene.

Nel passato le cose andavano peggio. Il rischio di esondazione dell'Alento dipendeva da diverse cause, le più importanti delle quali erano:

- i forti e concentrati afflussi per il carattere prevalentemente torrentizio di questo corso d'acqua;
- il restringimento dell'alveo a valle dell'abitato di Omignano Scalo, con pericolose strozzature in evoluzione al disotto di Vallo Scalo (ora Pantana);
- la modesta profondità del fondo dell'Alento dalla foce sino a risalire alla confluenza con il torrente Palistro che, secondo i dati del 1954 del Consorzio di Bonifica della Valle dell'Alento, variava da un minimo di -1,60 m ad un max di -3,80 m s.l.m. In altre parole, il letto era addirittura al di sotto del livello del mare. Inoltre, una barra dunale impediva il regolare scarico a mare, obbligando l'acqua del fiume a divagare su un'ampia area, rendendola perciò paludosa e insalubre. In conclusione, durante il periodo estivo la poca acqua dell'Alento stagnava, mentre durante il periodo invernale le sue portate di piena allagavano l'intera piana prima di trovare la via di sbocco in un punto qualsiasi del litorale velino. Calamitosa conseguenza, il Guarnieri segnala le disastrose piene del 1882 e del 1899 che raggiunsero rispettivamente la quota di 12 e di 11 m presso il Ponte di Ferro della strada per Casal Velino inondando le campagne limitrofe di circa 1-2 m.

Con l'intento di scongiurare ulteriori danni, si rese necessaria la regimazione del fiume nel tratto di valle mediante arginature costruite a partire dagli inizi del Novecento e completate prima dell'inizio della seconda guerra mondiale.

Attualmente, la barra d'estate continua ad ostruire la foce, mentre durante l'inverno il deflusso diventa regolare perché le arginature fanno aumentare il livello del fiume che la rompe. Quando, però, si verifica la coincidenza di notevoli portate e di forti moti ondosi, si ha il rigurgito del fiume per cui il suo livello tende ad innalzarsi per un tratto all'interno di oltre tre



■
 Fig. 11. Alluvione del 1966 a Casal Velino Scalo (ora Velina).
 (Per gentile concessione del sig. A. Scola).



■
 Fig. 12. Alluvione del 1966 a Casal Velino Scalo (ora Velina).
 (Per gentile concessione del sig. A. Scola).

chilometri dalla foce. Questo fenomeno, un tempo favoriva l'esondazione del corso d'acqua, mentre oggi, grazie alla presenza della diga il rischio è molto ridotto.

Se si ritorna con la memoria al passato, diverse volte si è letto - 26/10/1954; 16/02/1963; 16/12/1966 (figg. 11 e 12) - o si è personalmente visto - inverno 1976; febbraio 1988; 26/11/1996 - l'acqua dell'Alento allagare ampie superfici della piana nonché l'abitato di Casal Velino Scalo (ora Velina). Ciò è avvenuto in media ogni dieci anni circa, malgrado i lavori di arginatura realizzati. Fortunatamente, le conseguenze non sono state catastrofiche ma i danni sono stati notevoli, specialmente all'agricoltura. In ogni caso, si è registrato nella popolazione un grave senso di insicurezza e di precarietà, da evitare per conservare l'armonia sociale e impedire gravi turbative della locale economia.

Qualcuno, dopo la piena del 26 novembre 1996, che vide allagata buona parte della piana, opportunamente osservò: « La diga si è "pagata"! ». Si riferiva alla diga di Piano della Rocca che, trattenendo provvidenzialmente circa 5 milioni di metri cubi d'acqua caduti in 24 ore sul suo bacino imbrifero, evitò una calamità dai costi umani ed economici inimmaginabili.

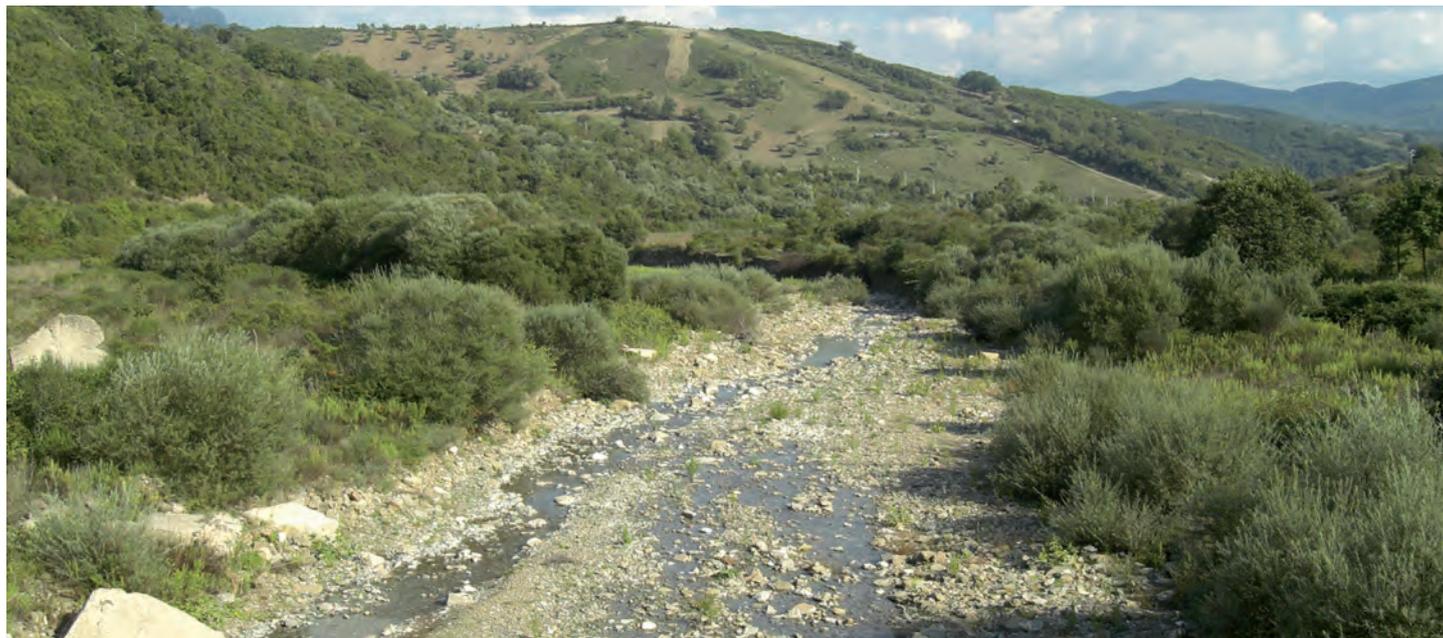
- *Deflusso minimo vitale*

Chi negli anni passati avesse percorso durante l'estate gli alvei dei numerosi corsi del bacino dell'Alento, questo fiume compreso, non avrebbe potuto, con rammarico, non rendersi conto che erano completamente secchi (fig. 13). A parte il riverbero accecante dei ciottoli che aggravava il fastidio della soffocante calura, l'assenza totale di acqua creava, in chi arrancava nella disagiata sconnessione dell'alveo, un sentimento di profonda delusione guardando quel mondo riarso unito anche al pressante desiderio di cercare ristoro nella folta macchia delle sponde. Pur oppresso dalle circostanze, in quei momenti veniva da pensare, fosse solo per un attimo: « Che fine avrà fatto la vita che prima qui esisteva? ».

Ecco la necessità, l'utilità e, se volete, il "buon gusto" del "deflusso minimo vitale", possibile solo con la realizzazione degli invasi i quali consentono anche nei periodi di massima siccità di scaricare negli alvei, a valle delle dighe, una congrua portata d'acqua (per l'Alento sono destinati 100 l/sec.) così da conservare in essi, tra l'altro, la vita malgrado l'arsura circostante (fig. 14). Ricordando le faticose risalite lungo gli alvei completamente asciutti, sotto il sole cocente, a studiare le alluvioni per poter costruire le dighe, fa piacere, oggi, dopo tanto lavoro, nel colmo dell'estate vederli solcati da un sinuoso rivolo azzurro.

■
Fig. 13. Alveo in secca.

Fig. 14. Deflusso minimo vitale.
■



- *Irrigazione*

L'irrigazione, di certo, rappresenta il fattore più importante che ha contribuito a modificare il "ciclo dell'acqua" nel bacino idrografico dell'Alento non solo in senso quantitativo ma anche sotto l'aspetto qualitativo fornendo l'acqua "sana" - vale a dire non inquinata - degli invasi, dal momento che i loro bacini imbriferi sono pressoché privi di fonti inquinanti. Oltre a migliorare la produzione agricola e a rendere più igienico il prodotto vegetale, l'acqua destinata all'irrigazione consente la diluizione degli inquinanti presenti in superficie e nel sottosuolo.

Il cambiamento del ciclo dell'acqua, probabilmente esteso anche all'immediato esterno dei perimetri irrigui, è verosimilmente riconducibile a due motivi principali:

- il forte divario fra lo scarso quantitativo di acqua un tempo somministrato al terreno solo dalle piogge, e quello oggi a sua disposizione grazie all'apporto dell'irrigazione;
- il significativo ampliamento dei comprensori irrigati.

Prima delle dighe e dopo che la maggior parte delle sorgenti erano state captate per scopi potabili (inizio degli anni Sessanta del secolo scorso), in collina praticamente si irrigava con quel poco d'acqua che rimaneva. In pianura, si ricorreva all'acqua ricavata dai pozzi e dai prelievi, mediante pompe, dai torrenti i quali, essendo in secca, ne fornivano in quantità assai modeste e, probabilmente, più o meno inquinate. In definitiva, in passato durante l'estate se non pioveva - e ciò ha sempre costituito la norma -, l'irrigazione condotta con quei metodi faceva arrivare ben poca acqua nei campi.

Con l'entrata in esercizio delle dighe, la situazione è completamente cambiata. A fronte delle "quattro gocce" di prima, sui campi ora arrivano, ogni anno, fino a 3.500 mc di acqua per ettaro! Vale a dire, poco meno della metà di quanta ne cade con le piogge di un anno intero. Per rendere ancor meglio l'entità del cambiamento basta una cifra: circa 19 milioni di metri cubi di acqua che in precedenza durante l'inverno finivano nel mare, ora durante l'estate sono "rilasciati" alla terra. Ovviamente, ciò ha comportato la modifica, anche se lieve, di certi equilibri climatici locali, ovvero quelli legati al "ciclo dell'acqua" di questo territorio.

La maggiore disponibilità di acqua ha permesso di estendere i comprensori irrigui (tav. **I**) non solo attraverso una rete capillare di tubi (i quali impedendo fenomeni di evaporazione e infiltrazione, evitano inutili sprechi), ma anche tramite numerose vasche di raccolta, ben inserite nel paesaggio collinare (figg. **15** e **16**). La funzione di quest'ultime è duplice: consentono l'accumulo di riserve idriche da rilasciare nei momenti di forte richiesta; intervallano i dislivelli esistenti fra le dighe e le aree servite, riducendo la pressione nei tubi per evitare che possano essere danneggiati.

■
 Fig. 15. Vasca Tempa
 del Capitano.



■
 Fig. 16. Vasca
 Chiusa delle Grotte.



Anche se non risulta esistere una quantificazione attendibile delle superfici irrigate in passato con i sistemi delle “levate” in collina, e dei pozzi e dei sollevamenti nella piana, in entrambi i casi si trattava, comunque di superfici modeste: orti, campicelli, campi nella piana. Oggi, la situazione è radicalmente cambiata. I numeri parlano chiaro:

- 1.122 Ha di terreno serviti dal Consorzio Irriguo di Vallo della Lucania tramite gli invasi del Carmine-Nocellito e le traverse sui torrenti Mennonia e Torna, e localizzati nei Comuni di Vallo della Lucania, Cannalonga, Moio della Civitella e Novi Velia;
- 1.092 Ha di terreno serviti dagli invasi Fabbrica, San Giovanni e Le Fosse e dalla traversa di Massascusa (a suo tempo realizzati dal Consorzio Palistro, ora ceduti al Consorzio Velia), e localizzati nei comuni di Ceraso e Ascea;
- 380 Ha di terreno serviti tramite una traversa sul torrente Badolato, a valle di Pattano;
- 3.830 Ha di terreno serviti dal Consorzio Velia tramite l'invaso di Piano della Rocca e localizzati nei Comuni di Casal Velino ed Ascea.

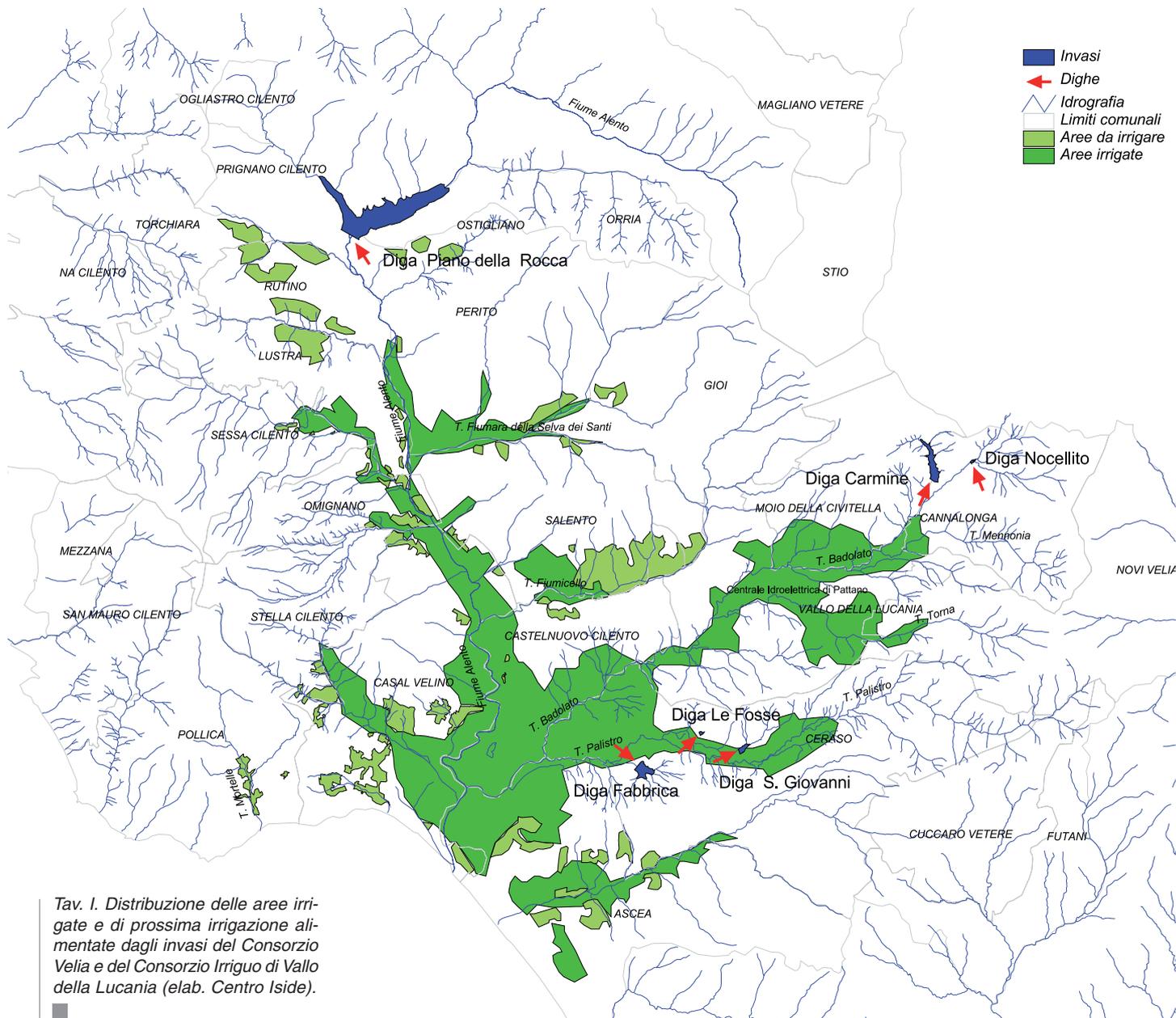
Complessivamente vengono irrigati 6.424 Ha di terreno di cui:

- 1.754 Ha sono irrigati da risorse di alta quota (dighe del Carmine-Nocellito, San Giovanni e traversa di Massascusa);
- 4.670 Ha sono irrigati da risorse di bassa quota (dighe di Piano della Rocca, Fabbrica, Le Fosse e traversa Badolato).

In tema di irrigazione, occorre non dimenticare l'importante tema legato alle modificazioni chimico-fisiche prodotte dai rifiuti sulle acque destinate all'agricoltura e il loro nocivo ruolo, con conseguenze sul “ciclo dell'acqua”. Per questo vale la pena ancora una volta di ricordare il vantaggio per questo territorio di godere per l'agricoltura di acqua irrigua non inquinata poiché proveniente dagli invasi posti a monte a sufficiente quota, dove la qualità di questa è garantita dall'assenza di stabilimenti industriali o abitati e dall'azione di “filtraggio naturale” operato dalla natura del terreno del bacino imbrifero stesso.

• *Utilizzo dell'acqua invasata per uso civile potabile e non potabile, industriale e artigianale. Aumento del “refluo”*

Prima dell'entrata in esercizio dei potabilizzatori, esisteva un grosso deficit fra il fabbisogno e l'offerta effettiva di acqua potabile. Ciò avveniva durante l'estate quando, per la maggior richiesta e per l'aumento della popolazione dovuto al turismo, i rubinetti spesso rimanevano a secco. Grazie ai potabilizzatori installati ad Angellara e a Piano della Rocca (figg. **17** e **18**), oggi, da mag-



Tav. I. Distribuzione delle aree irrigate e di prossima irrigazione alimentate dagli invasi del Consorzio Velia e del Consorzio Irriguo di Vallo della Lucania (elab. Centro Iside).

gio-giugno e fino a settembre-ottobre, il periodo più critico o di emergenza, potrebbero essere immessi nella rete dell'acquedotto poco meno di 4.400.000 mc di acqua potabile.

Questo significativo incremento della disponibilità idrica non esaurisce la sua funzione soddisfacendo solamente i bisogni umani, ma contribuisce anche ad aumentare la quantità del refluo, cui deve sommarsi la maggiore abbondanza di colaticcio proveniente dalla irrigazione notevolmente potenziata. In altri termini, il volume di acqua scaricato dai depuratori o che defluisce senza trattamento (refluo), dovrebbe essere cresciuto sensibilmente e, con esso, i deflussi estivi nei corsi d'acqua. Una maggiore presenza d'acqua garantisce una più elevata diluizione delle sostanze inquinanti, a tutto vantaggio della vita negli stessi corsi d'acqua, e della falda idrica presente nella subalvea (ovvero la falda idrica che sta sotto l'alveo) e nel substrato roccioso, secondo la regola che, se "l'acqua è buona sopra, è buona anche sotto".

La diluizione, riducendo le punte d'inquinamento dei deflussi, specialmente dopo i temporali estivi che lavano lo sporco delle strade e puliscono le fognature, avvantaggia la balneabilità lungo la costa, totalmente garantita, però, a condizione che tutta l'acqua scaricata a mare sia prima passata attraverso i depuratori. La necessità e l'urgenza di questi ultimi risultano maggiore nell'immediato entroterra dove il peso urbanistico estivo è più elevato e, di conseguenza, anche la portata reflua con tutti i suoi effetti sull'inquinamento.

Lo stesso discorso, vale a dire la duplice funzione svolta dalla riserva idrica di servire alle esigenze umane e di aumentare il refluo, si applica all'utilizzo dell'acqua per gli scopi civili potabili e non potabili, artigianali e industriali di questo territorio, che possono contare su una disponibilità idrica complessiva di poco superiore ai 5.500.000 mc.

In conclusione, se sommiamo alle acque dei reflui, prodotti dall'incremento delle disponibilità idropotabili e degli usi sopraddetti (per complessivi 10 milioni di mc, circa), quelle derivate dall'aumento dei volumi idrici destinati all'irrigazione, rispetto all'epoca precedente la realizzazione degli invasi, il deflusso nei corsi d'acqua in estate dovrebbe essere di fatto aumentato, mentre in passato era del tutto assente o molto ridotto.

Anche questo aumento delle portate estive, producendo un incremento dei processi di evaporazione, traspirazione e infiltrazione sul territorio, contribuisce a modificare il locale "ciclo dell'acqua".

■
Fig. 17. Potabilizzatore
di Piano della Rocca.
Interno.

Fig. 18. Potabilizzatore
di Piano della Rocca.
Veduta d'insieme.





• *Produzione di energia elettrica*

La creazione degli invasi artificiali ha anche consentito la realizzazione di alcuni impianti per la produzione di energia elettrica.

Il sistema idraulico Nocellito-Carmine, sfruttando il dislivello fra gli omonimi invasi, fa funzionare la centralina idroelettrica del Carmine (fig. 19). La diga del Carmine, inoltre, attiva le sottostanti centraline di Angellara (fig. 20) e di Pattano. L'acqua turbinata da quest'ultima alimenta, a sua volta, la "Vasca 3" dell'impianto di irrigazione del Consorzio Irriguo di Vallo della Lucania. Questa vasca fornisce l'acqua alla centrale Coppola, posta quasi a livello del mare, che funziona anche grazie all'acqua derivata dalla vasca "Chiusa delle Grotte". Si tratta, evidentemente, di un sistema integrato che sfruttando razionalmente gli impianti di irrigazione collocati a quote via via decrescenti, permette un duplice utilizzo della risorsa idrica: sia a scopo irriguo che per la produzione di energia elettrica.

La centrale di Omignano, invece, sfrutta le acque dell'invaso di Piano della Rocca (fig. 21). Per quanto concerne questo particolare utilizzo della risorsa idrica, ciò non dovrebbe influenzare il "ciclo dell'acqua" in quanto la produzione di energia elettrica viene attuata esclusivamente nel periodo extra-irriguo quando, cioè, l'acqua ha ripreso a correre copiosa nei torrenti e non serve all'agricoltura (tav. II).

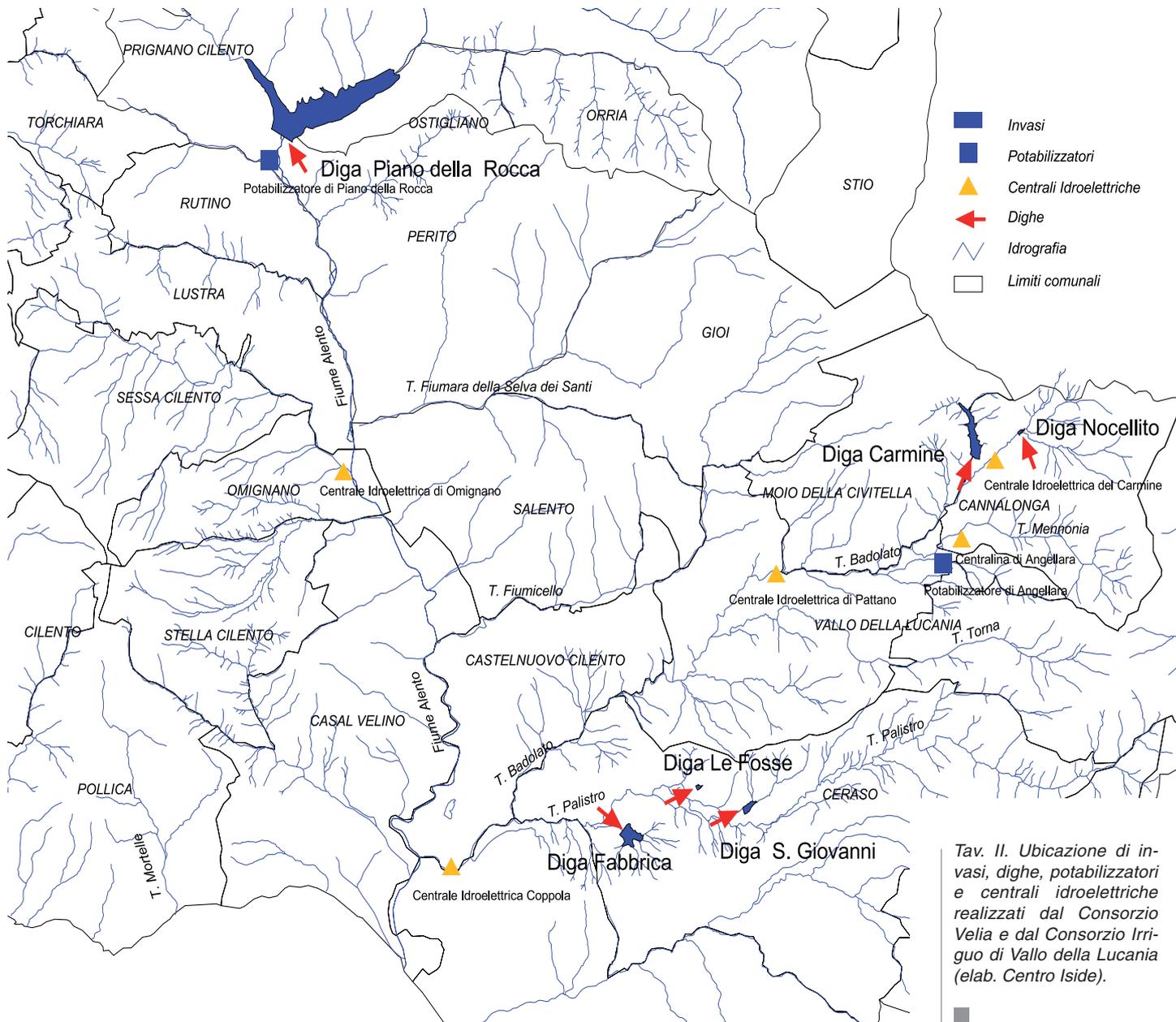
Fig. 19. Centrale idroelettrica del Carmine.

Fig. 20. Vasca 1 con centrale idroelettrica di Angellara.

Fig. 21. Centrale idroelettrica di Omignano.



16/4



Tav. II. Ubicazione di invasi, dighe, potabilizzatori e centrali idroelettriche realizzati dal Consorzio Velia e dal Consorzio Irriguo di Vallo della Lucania (elab. Centro Iside).

- *Ridisegno dell'alveo a valle della diga di Piano della Rocca*

Nel discorso complessivo del ciclo dell'acqua nel bacino dell'Alento all'indomani della realizzazione delle opere di ritegno nel suo territorio, una nota a parte merita l'area immediatamente a valle della diga di Piano della Rocca, l'ultima in ordine di tempo ad essere stata realizzata tra le opere considerate, e la più imponente per volumi coinvolti.

In questo contesto si individuano 60 ettari di terreno, con la presenza di oltre 50.000 piante autoctone, e otto laghetti naturali (fig. 22) e semi-naturali, per una superficie complessiva di 8 ettari, che hanno ridisegnato l'alveo dell'Alento. La realizzazione dell'invaso a monte, infatti, ha permesso di creare le condizioni per la sopravvivenza di un'oasi naturalistica (Oasi Fiume Alento, Area SIC – Sito di Importanza Comunitaria) di grande interesse ambientale, laddove prima, d'estate regnava l'aridità. La presenza di quest'area verde e umida, sommata agli altri interventi di forestazione e sistemazione compiuti attorno all'invaso, può dare il suo contributo a modificare, seppur di poco, il locale microclima e, conseguentemente, il "ciclo dell'acqua" nel suo complesso.



Fig. 22. Laghetto semi-naturale dell'Oasi Fiume Alento.



7. CONCLUSIONI

Prima della costruzione delle dighe, il “ciclo dell’acqua” nel bacino idrografico del fiume Alento si svolgeva secondo cicli naturali, senza alcun condizionamento artificiale regolato dall’uomo, ad eccezione di modeste variazioni nei deflussi legate al fatto che una piccola parte dell’acqua meteorica veniva prelevata dai torrenti o pompata da pozzi per irrigare e far funzionare mulini e frantoi.

A dire il vero, una prima modifica del “ciclo” si era già avuta con le captazioni per uso potabile attuate negli anni Sessanta del Novecento che avevano sottratto ai torrenti una cospicua portata. Con la costruzione delle dighe, le cose, però, sono sensibilmente cambiate:

- un grosso volume idrico (circa 38 milioni di mc) è trattenuto per mesi in quota o, comunque, è sottratto al normale deflusso che corre al mare per far sì che la presenza di acqua in alveo sia minore d’inverno, maggiore in estate (primo mutamento del “ciclo”);
- rispetto al passato, l’acqua invasata ha preso diverse e nuove destinazioni. È stata distribuita nelle campagne, su grandi superfici e in quantità consistenti, dove prima l’irrigazione era assente o scarsa, trasformando terreni riarsi in umidi, consentendo lo sviluppo dell’agricoltura e, quindi, incrementando i processi di evapotraspirazione su territori che ne difettavano (secondo mutamento del “ciclo”);
- le maggiori disponibilità idriche per uso civile potabile e non potabile e industriale hanno prevedibilmente fatto aumentare, oltre all’evaporazione lungo gli alvei, anche le portate reflue. Di conseguenza, la loro carica inquinante è ridotta grazie alla diluizione che attenua, così, l’impatto con la falda idrica e con la vita animale e vegetale esistenti lungo le vie d’acqua (terzo mutamento del “ciclo”).

L’introduzione del “minimo vitale”, la laminazione delle piene e il ridisegno di parte della valle dell’Alento, pur in maniera più modesta, hanno contribuito anch’essi, in diversa misura, a variare il ciclo dell’acqua di quest’area.

Come sopra accennato, gli impieghi della risorsa idrica a scopo idroelettrico si ritiene non incidano sul “ciclo” perché avvengono nel periodo extra-irriguo, quando sono riprese le piogge. Anche in questa circostanza, tuttavia, si può riconoscere un impatto positivo perché viene sfruttata l’energia potenziale dell’acqua in quota per produrre - senza inquinare - corrente.

In conclusione, modulando grazie agli invasi i deflussi a valle, il “ciclo dell’acqua” nel bacino dell’Alento è stato modificato ricavandone un notevole tornaconto anche di carattere ambientale perché:

- è aumentata l'evapotraspirazione su ampie aree per effetto dell'irrigazione;
- si è contribuito ad abbattere l'inquinamento dei torrenti per l'arrivo di portate aggiuntive conseguenti ad una maggiore disponibilità potabile e per irrigazione, con vantaggi per la falda acquifera sotterranea;
- è stato in parte possibile conservare la vita animale e vegetale lungo gli stessi torrenti durante i periodi siccitosi grazie ai rilasci e ai maggiori deflussi;
- si sono piantumate superfici dissestate o a rischio di dissesto (figg. 23 e 24) e tanto altro;
- sono stati ridotti i rischi idrogeologici come erosioni, frane, esondazioni lungo la valle, etc.

In una parola, l'ambiente fisico, cioè il paesaggio, è stato migliorato per quanto non sarà più possibile riportarlo nelle condizioni in cui si trovava prima dei danni ambientali operati nel secondo dopoguerra. Anche l' "ambiente umano", forse più di quello fisico, in un certo senso ha visto modificato il proprio abituale "ciclo" di attività grazie all'ampia disponibilità di acqua mediante la quale sono state potenziate l'agricoltura, il turismo e altre attività con indubbe, positive ricadute economiche e occupazionali sul territorio.

Fig. 24. Parco attrezzato della diga di Piano della Rocca (detta anche Diga Alento), lato valle.

Fig. 23. Parco attrezzato a valle della diga di Piano della Rocca.







I POTABILIZZATORI E LE CENTRALI IDROELETTRICHE DEL BACINO DELL'ALENTO



POTABILIZZATORE DI PIANO DELLA ROCCA



DATI ESSENZIALI DEL POTABILIZZATORE DI PIANO DELLA ROCCA	
PORTATA NOMINALE	l/s 400
PORTATA MASSIMA	l/s 500
CONDOTTA DI ADDUZIONE ALL'IMPIANTO	mm 800
CAPACITÀ SERBATOIO INTERRATO	mc 4.500
IL TRATTAMENTO DELL'ACQUA GREZZA COMPRENDE: - MICROSETACCIATURA; - PRE-OSSIDAZIONE; - CONDIZIONAMENTO CHIMICO PRIMARIO; - FILTRAZIONE DEL CARBONE ATTIVO; - DISINFEZIONE DELL'ACQUA; - CONTROLLO E REGOLAZIONE DEL PH; - POST-OSSIDAZIONE	
L'ACQUA POTABILIZZATA VIENE SOLLEVATA CON POMPE DALLA QUOTA DELL'IMPIANTO SINO AL TORRINO ACQUEDOTTO, A QUOTA 377 m s.l.m. PER SERVIRE GLI ACQUEDOTTI CILENTO NORD E BASSO SELE.	

POTABILIZZATORE DI ANGELLARA



DATI ESSENZIALI DEL POTABILIZZATORE DI ANGELLARA

PORTATA NOMINALE	l/s 140
PORTATA MASSIMA	l/s 200
CONDOTTA DI ADDUZIONE ALL'IMPIANTO	mm 400
CAPACITÀ SERBATOIO INTERRATO	mc 900

IL TRATTAMENTO DELL'ACQUA GREZZA COMPRENDE:

- PRESEDIMENTAZIONE;
- PRE-OSSIDAZIONE;
- CONDIZIONAMENTO CHIMICO PRIMARIO;
- CONTROLLO DEL PH;
- FILTRAZIONE IN DOPPIO STADIO SU SABBIA;
- DISINFEZIONE FINALE.

CENTRALE IDROELETTRICA DI OMIGNANO



DATI ESSENZIALI DELLA CENTRALE IDROELETTRICA DI OMIGNANO	
TURBINA	FRANCIS AD ASSE ORIZZONTALE
POTENZA	2100 kVA
PRODUZIONE	6.300.000 kWh/anno
ESERCIZIO	COMPLETAMENTE AUTOMATICO
FUNZIONAMENTO	"ORE PIENE" (MAGGIORE RICHIESTA DI ENERGIA)
ENERGIA CEDUTA AD	ENEL
UTILIZZO	PERIODO NON IRRIGUO

CENTRALE IDROELETTRICA DEL CARMINE



DATI ESSENZIALI DELLA CENTRALE IDROELETTRICA DEL CARMINE	
TURBINA	GROSS FLOW
POTENZA	400 kVA
PRODUZIONE	300.000 kWh/anno
ESERCIZIO	COMPLETAMENTE AUTOMATICO
FUNZIONAMENTO	“ORE PIENE” (A SECONDA DELL’ALTEZZA DELL’ACQUA NELL’INVASO)
ENERGIA CEDUTA AD	ENEL
UTILIZZO	PERIODO NON IRRIGUO

CENTRALE
IDROELETTRICA
DI ANGELLARA
(VASCA 1)



DATI ESSENZIALI DELLA CENTRALE IDROELETTRICA DI ANGELLARA (VASCA 1)	
TURBINA	GROSS FLOW
POTENZA	138 kVA
PRODUZIONE	160.000 kWh/anno
ESERCIZIO	COMPLETAMENTE AUTOMATICO
FUNZIONAMENTO	“ORE PIENE” (A SECONDA DELL’ALTEZZA DELL’ACQUA NELLA VASCA)
ENERGIA CEDUTA AD	ENEL
UTILIZZO	PERIODO IRRIGUO

CENTRALE IDROELETTRICA DI PATTANO



DATI ESSENZIALI DELLA CENTRALE IDROELETTRICA DI PATTANO	
TURBINA	PELTON
POTENZA	1400 kVA
PRODUZIONE	4.300.000 kWh/anno
ESERCIZIO	COMPLETAMENTE AUTOMATICO
FUNZIONAMENTO	"ORE PIENE" (MAGGIORE RICHIESTA DI ENERGIA)
ENERGIA CEDUTA AD	ENEL
UTILIZZO	PERIODO NON IRRIGUO

CENTRALE IDROELETTRICA DI COPPOLA



DATI ESSENZIALI DELLA CENTRALE IDROELETTRICA DI COPPOLA	
TURBINA	PELTON AD ASSE VERTICALE E FRANCIS AD ASSE VERTICALE
POTENZA	725 kVA e 600 kVA
PRODUZIONE	1.720.000 kWh/anno
ESERCIZIO	COMPLETAMENTE AUTOMATICO
FUNZIONAMENTO	“ORE PIENE” (A SECONDA DELL’ALTEZZA DELL’ACQUA DELLA VASCA)
ENERGIA CEDUTA AD	ENEL
UTILIZZO	PERIODO NON IRRIGUO

BIBLIOGRAFIA

Acqua e Territorio, Atti del Convegno Internazionale dell'Associazione Nazionale Geologi Italiani, Milano, 12 marzo 1983

ALOIA A. *et alii*, *Guida geologico-ambientale del Monte Gelbison – Novi Velia*, Edizioni del Centro Promozione Culturale – Novi Velia 2006

ANTONINI G. *La Lucania, Discorsi*, Napoli 1795

ARREDI F., *Opere di regolazione e di derivazione*, in *Costruzioni Idrauliche*, vol. II, Parte Seconda, U.T.E.T.

BALDOVIN G., *Acque di qualità e inserimento di un serbatoio artificiale in quota*, in *Acqua, acquedotti, qualità ottimale*, Forlì 1992

CALZA L., *La geologia del Cilento*, in « *Natura & Montagna* », Anno XLIII, 1/2, Pàtron Editore Bologna, 1987, pp. 21-28

CALZA L., *Argomenti per lo studio delle cave*, Appunti del seminario di studi tenuto presso l'Università degli Studi di Napoli « Federico II », Dipartimento di Geofisica e Vulcanologia, A.A. 2000-2001

CALZA L., *Problematiche delle dighe in terra*, Appunti del seminario di studi tenuto presso l'Università degli Studi di Napoli « Federico II », Dipartimento di Geofisica e Vulcanologia, A.A. 2000-2001

CELICO P. *et alii*, *Caratteristiche idrogeologiche del bacino del fiume Alento (Campania)*, in « *Geologica Romana* », vol. 30, 1994, pp. 701-707

CHIERA E., ORTOLANI F., *Erosione del litorale Velino, con particolare riferimento al tratto ricadente nel Comune di Casalvelino* (relazione professionale), 1990

DE GIORGI C., *Viaggio nel Cilento*, 1881

-
- DE GIORGI C., *Appunti geologici ed idrografici sulla provincia di Salerno*, 1883
- DE MAGISTRIS E., *Problemi topografici del litorale velino*, in *Fra le coste di Amalfi e di Velia – Contributi di Storia antica e archeologia*, “Quaderni del Dipartimento di Scienze dell’Antichità – Università degli Studi di Salerno”, 8, pp. 39-81
- DE VITA P., *La pianificazione delle risorse idriche nel Parco del Cilento e del Vallo di Diano*, in « SIGEA – Società Italiana di Geologia Ambientale », 1994, pp. 6-8
- DI LORENZO G., *Studi di Geologia sull’Appennino Meridionale*, 1930
- FORNASERO D., *Scienze della Terra*, Paravia, Torino 1992
- GUARNIERI G., *Malaria, palude e bonifiche della Piana di Velia*, in « Atti della società per lo Studio della Malaria », VII, 1907
- Lagheti Collinari*, in « Genio Rurale », Numero Speciale, Gruppo Giornalistico Edagricole, Calderini Editore, Bologna, Luglio-Agosto 1959
- MAIESE G., *Vallo della Lucania e i suoi dintorni*, in *Raccolta di notizie storiche*, a cura di Luigi Rossi, Galzerano Editore, Casalvelino Scalo 1983
- MAZZIOTTI M., *La Baronìa del Cilento*, Roma 1904
- PALLADINO F., *Aspetti e problemi dell’agricoltura cilentana*, Tipografia del Senato, Roma 1956
- SCASELLATI V., *Una storia cilentana*, Avigliano Editore, Roma, 2004
- Un Cilento possibile*, a cura del Consorzio “Velia” per la bonifica del bacino dell’Alento, Vallo della Lucania 1994

