

# BONIFICHE

Responsabile d'area: Giuliano Rodolfi - Università degli Studi di Firenze

Coordinatore: Silvano Grazi - Università degli Studi di Firenze



*74. Sistemazioni idraulico-forestali*

*75. Bonifiche costiere*

*76. Bonifiche di pianure interne*

*77. Grandi opere irrigue*

*78. Invasi artificiali*

# 74. Sistemazioni idraulico-forestali

SILVANO GRAZI\*

Università degli Studi di Firenze

Il territorio italiano è in gran parte soggetto a continui e diffusi dissesti causati da eventi meteorici elevati, frequenti e concentrati, e da una relativa fragilità di molte delle formazioni geologiche che lo costituiscono.

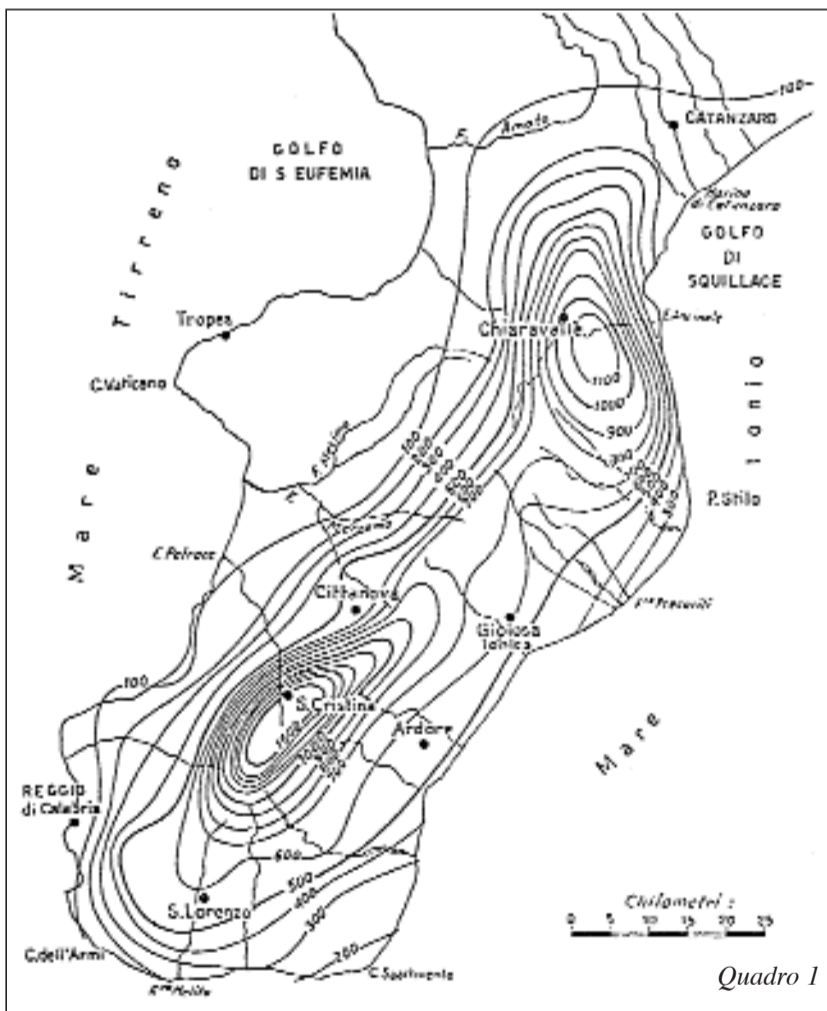
Il problema della difesa del suolo è stato più decisamente affrontato nel secondo dopoguerra, quando si sono verificate una serie di disastrose alluvioni, che a volte hanno interessato intere regioni, provocando spesso condizionamenti ed alterazioni permanenti dei territori investiti.

Un'elencazione dei tanti eventi verificatisi nel secolo XX sarebbe oltremodo lunga e prolissa, ma da alcuni di essi si possono trarre insegnamenti e indicazioni per un'efficace opera di prevenzione, essendosi ripetuti negli stessi luoghi più volte e con conseguenze analoghe, al punto da potersi considerare eventi ricorrenti.

Per citare soltanto i maggiori della seconda metà del secolo, che hanno lasciato tracce profonde ed indelebili, si deve ricordare in primo luogo la grande piena del Po del 1951 che raggiunse a Piacenza una portata di 13000 mc/s e a Ficarolo un'altezza idrometrica di m 4,80 (le massime conosciute). Le rotture arginali del fiume (tra cui quella di Occhiobello) provocarono l'allagamento di oltre mille chilometri quadrati di territorio, mettendo in evidenza le insufficienze dell'alveo e la pericolosità delle difese esistenti, tenuto conto che nella pianura Padana si erano sviluppati nel tempo insediamenti ed infrastrutture di notevole importanza, fondamentali per l'intero Paese.



Quadro 2 - F. NK 33-11 - Napoli - Serie 250G



Nello stesso anno si verificarono violenti nubifragi in Calabria (che si ripeterono nel 1953) ed in parte della Sicilia orientale: al pluviometro di S. Cristina d'Aspromonte si registrarono 1495 mm di pioggia in tre giorni (quadro 1 isoiete di soli tre giorni). La penisola calabrese, costituita da rocce cristalline del Paleozoico comprendenti graniti, gneiss, filladi e micascisti, ma che a causa delle vicissitudini tettoniche si presentano completamente fratturate ed in pratica ridotte a sabbioni facilmente dilavabili, è un territorio soggetto a erosioni e dissesti: in quell'occasione si verificarono centinaia di frane e furono abbandonati decine di abitati, in seguito ricostruiti in zone più sicure, e si manifestarono grandi portate di piena in quasi tutte le fiumare della regione.

Nel 1954 si registrò un eccezionale nubifragio nel salernitano (oltre 340 mm di pioggia in tre ore) concentratosi soprattutto nel versante sud della penisola amalfitana, dai cui rilievi discesero a valle enormi masse terrose staccatesi dalle

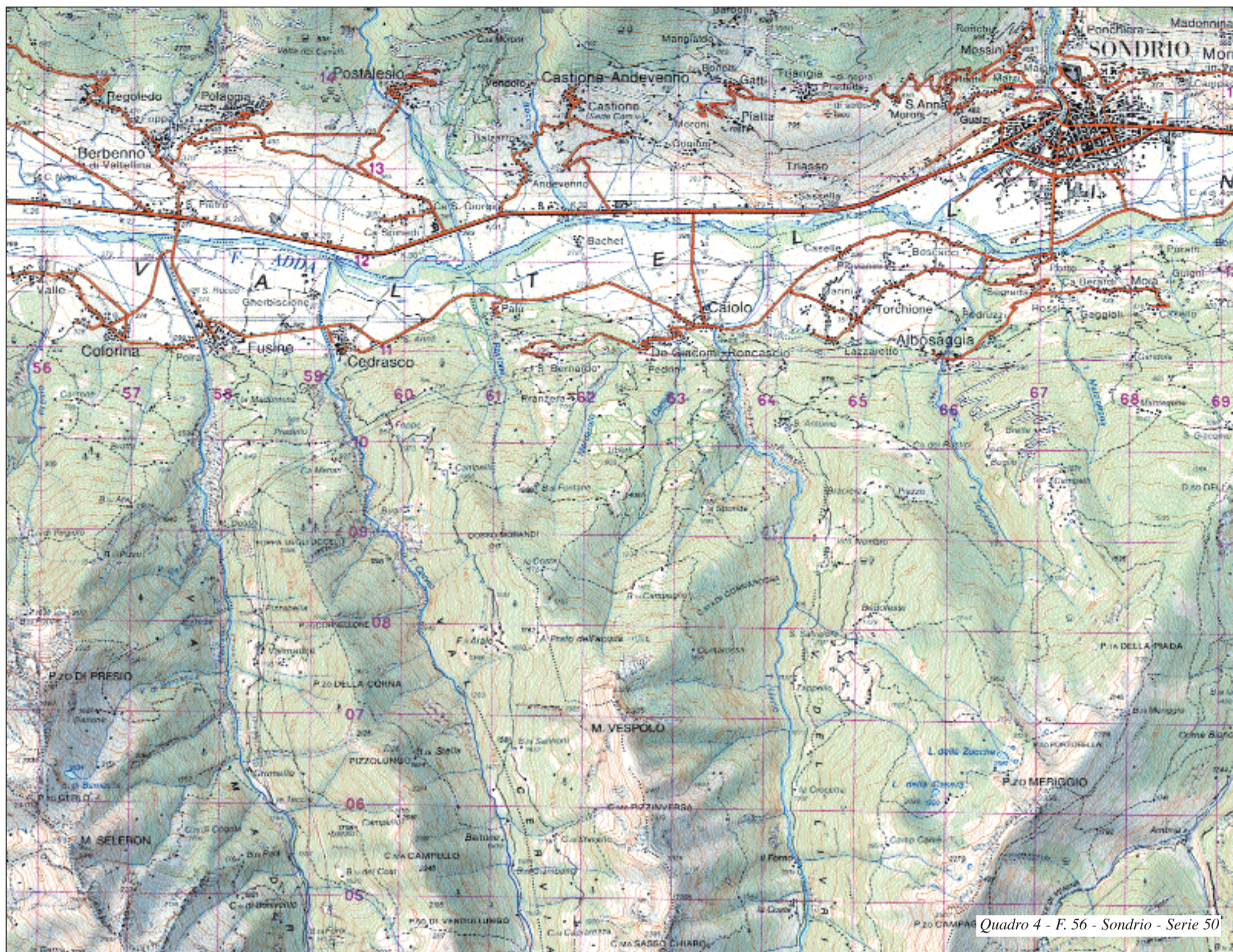


Quadro 3 - La grande frana della Valpola

ripide pendici dei monti Lattari, che si riversarono in mare dopo essersi incanalate nei profondi valloni che solcano la costa. Le conseguenze furono disastrose: si lamentarono varie centinaia di vittime. Il tipo di processo non era nuovo per quella parte della Campania che è ricoperta da uno strato di suolo formatosi per l'accumulo di ceneri vulcaniche eruttate nei secoli da tutta una serie di crateri circostanti, in primo luogo dal Vesuvio. Nella stessa zona (quadro 2) processi analoghi erano già avvenuti negli anni 1899, 1910, 1915, 1924 e, nella vicina Sarno, nel 1949 e 1951; episodi che si ripeterono nel 1998 con conseguenze disastrose.

Fra gli eventi più gravi del secolo scorso è da ricordare anche la grande alluvione del 1966, che interessò la Toscana, l'Emilia-

Romagna e le tre Venezie e provocò l'eccezionale piena dell'Arno: 4200 mc/s la portata a Firenze, con esondazioni in tutta la città e a valle di essa (rotta dell'argine destro dell'Arno a monte di Signa); piena della quale, a distanza di quasi quarant'anni, si conservano un ricordo indelebile e danni ancora evi-



denti. Ma piene analoghe dell'Arno si erano verificate almeno altre sette/otto volte nel corso di circa 700 anni, per cui quella del '66 non può essere definita eccezionale.

Altro evento relativamente recente da ricordare: l'alluvione di Genova (1970), con effetti gravissimi in gran parte della città. Causa principale l'entità delle piogge (connessa alla particolare posizione geografica della Liguria), da considerare tra le più elevate mai verificatesi nel mondo: nell'entroterra genovese, alla stazione pluviometrica di Bolzaneto, si registrarono 950 mm in 24 ore. In questo caso però le maggiori cause dei danni furono da attribuire alle profonde trasformazioni urbanistiche della città lungo il corso del torrente Bisagno nell'attraversamento urbano.

Nel 1987 si verificò la piena del fiume Adda (**quadro 4**) e di suoi vari affluenti che provocò gravi danni ad abitati e infrastrutture: per questo evento si può stabilire un parallelo (escludendo la grande frana della Valpola in **quadro 3** che, in tale circostanza, sbarrò il corso del fiume Adda) con un evento simile, se non addirittura uguale, a quello verificatosi nel lontano 1911 con identici effetti nelle stesse zone (**quadro 4**).

A fronte di una situazione di rischio idrogeologico generalizzato, si è ancora ben lontani in Italia dall'attuazione di interventi di difesa in grado di ridurre il ripetersi di inondazioni e dissesti. Le iniziative per rafforzare la potenzialità delle strutture di previsione degli eventi massimi, certamente utili, sono però destinate a portare scarsi contributi al problema, che deve essere affrontato con interventi diretti, massicci ed efficaci.

Dopo la prima guerra mondiale, vista la diffusione del dissesto, si ebbe un periodo di intensa attività di difesa del suolo con l'attuazione di importanti e diffusi interventi di stabilizzazione di pendici e di regimazione dei corsi d'acqua. Nelle aree montane vennero eseguiti estesi rimboschimenti con il principale scopo di controllare i deflussi liquidi e solidi, e conseguentemente le piene dei fiumi, e si realizzarono nelle aree più dissestate opere di correzione dei torrenti,

di difesa dall'erosione e di stabilizzazione di aree franose. Tali opere di sistemazione idraulico-forestale hanno avuto largo impiego come strumenti per conseguire la stabilità del suolo, non solo nei bacini montani, ma anche nelle aree collinari. Esse producono effetti diretti nei luoghi in cui vengono realizzate, ma la loro azione si manifesta anche nelle zone di pianura, le più antropizzate e dove, se gli alti bacini imbriferi sono dissestati, in caso di eventi alluvionali si creano le maggiori condizioni di pericolosità e i più gravi danni.

In particolare, nelle zone più declivi l'insediamento del bosco è stato favorito con la riduzione del terreno a gradoni, i quali conferiscono al suolo anche una maggiore capacità di trattenuta dell'acqua ed una più efficace regimazione dei deflussi, riducendo le piene e incrementando le magre.

La stabilizzazione del fondo degli alvei torrentizi con l'inserimento di piccoli sbarramenti (briglie) contrasta il processo franoso evitando lo scalzamento delle pendici e il loro successivo crollo (erosione fluvio-franosa).

Gli interventi di sistemazione si sono estesi in tutte le regioni italiane con maggiore o minore intensità, ma negli ultimi decenni si sono molto diradati, pur restando oggettivamente elevate le esigenze per conferire al territorio un sufficiente assetto.

In campo agrario collinare, oltre alle classiche sistemazioni idraulico-agrarie, assunsero grande importanza gli interventi di stabilizzazione delle aree calanchive, anche in relazione all'esigenza dell'epoca di incrementare le aree coltivabili. Si adottò il metodo delle cosiddette «colmate di monte», con le quali si poteva raggiungere la stabilità dei terreni argillosi più declivi e di scarsa tenacità, soggetti a continue e crescenti azioni erosive, favorendo la diffusione della vegetazione. Nel secondo dopoguerra, quando si è verificato l'abbandono delle campagne, con prevalenza delle zone collinari perché le più disagiate, si è anche manifestata la ripresa massiccia del degrado del suolo.

\* Con la collaborazione di Giuseppe Preziosi

#### BIBLIOGRAFIA

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI, *Atti del Convegno sul tema: Le scienze della natura di fronte agli eventi idrogeologici*, Roma, 1968.  
BOSSOLASCO M. et alii, *Le cause meteorologiche della alluvione del 7-8 ottobre 1970*, Istituto Geofisico e Geodetico, Genova, 1971.  
ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE, "Sarno e Quindici. L'evento alluvionale del 5 mag-

gio 1998", *L'Universo*, LXXVIII, Firenze, I.G.M. 1998.  
MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI E MINISTERO DELL'AGRICOLTURA E DELLE FORESTE, Commissione Interministeriale per lo studio della sistemazione idraulica e della difesa del suolo. *RELAZIONE*, Roma, 1974.  
SERVIZIO IDROGRAFICO, *L'evento alluvionale del Novembre 1966*, Roma, 1969.

# 75. Bonifiche costiere

ROBERTA IVALDI\*

Università degli Studi di Genova

Le aree costiere, in particolari condizioni geomorfologiche e idrogeologiche, possono essere sommerse da acque fluviali e marine che, ristagnando in permanenza, tendono nel tempo a creare zone paludose. Tali aree di conseguenza, per essere risanate e rese fruibili, vengono bonificate, ossia prosciugate ed eventualmente dissalate.

Con il termine di «bonifica» si intende il complesso di tutte quelle opere destinate a rendere adatti alla coltura intensiva terreni paludosi; tra queste opere, quelle destinate ad assicurare in ogni tempo il deflusso delle acque costituiscono la «bonifica idraulica».

Nel tempo il termine è andato assumendo un significato sempre più ampio, tanto che è giunto a comprendere non solo la valorizzazione agricola dei terreni prosciugati, ma anche il reperimento e la messa a coltura di nuove terre, l'accrescimento delle capacità produttive del suolo e la trasformazione degli ordinamenti produttivi, tenendo conto anche delle particolari condizioni climatiche, spesso adatte alle colture di primizie. In questo senso la bonifica, dall'organizzazione delle opere idrauliche dirette al prosciugamento dei terreni paludosi, si estende alle irrigazioni, alle sistemazioni idraulico-forestali ed alla viabilità. Attualmente, rilevata l'importanza ecologica delle aree umide come beni da salvaguardare, per mantenerne l'equilibrio naturale, si stanno considerando, al posto della bonifica idraulica, interventi di recupero che tengano conto di diversi fattori, quali la subsidenza del suolo e l'abbassamento, l'inquinamento o l'insalamento della falda.

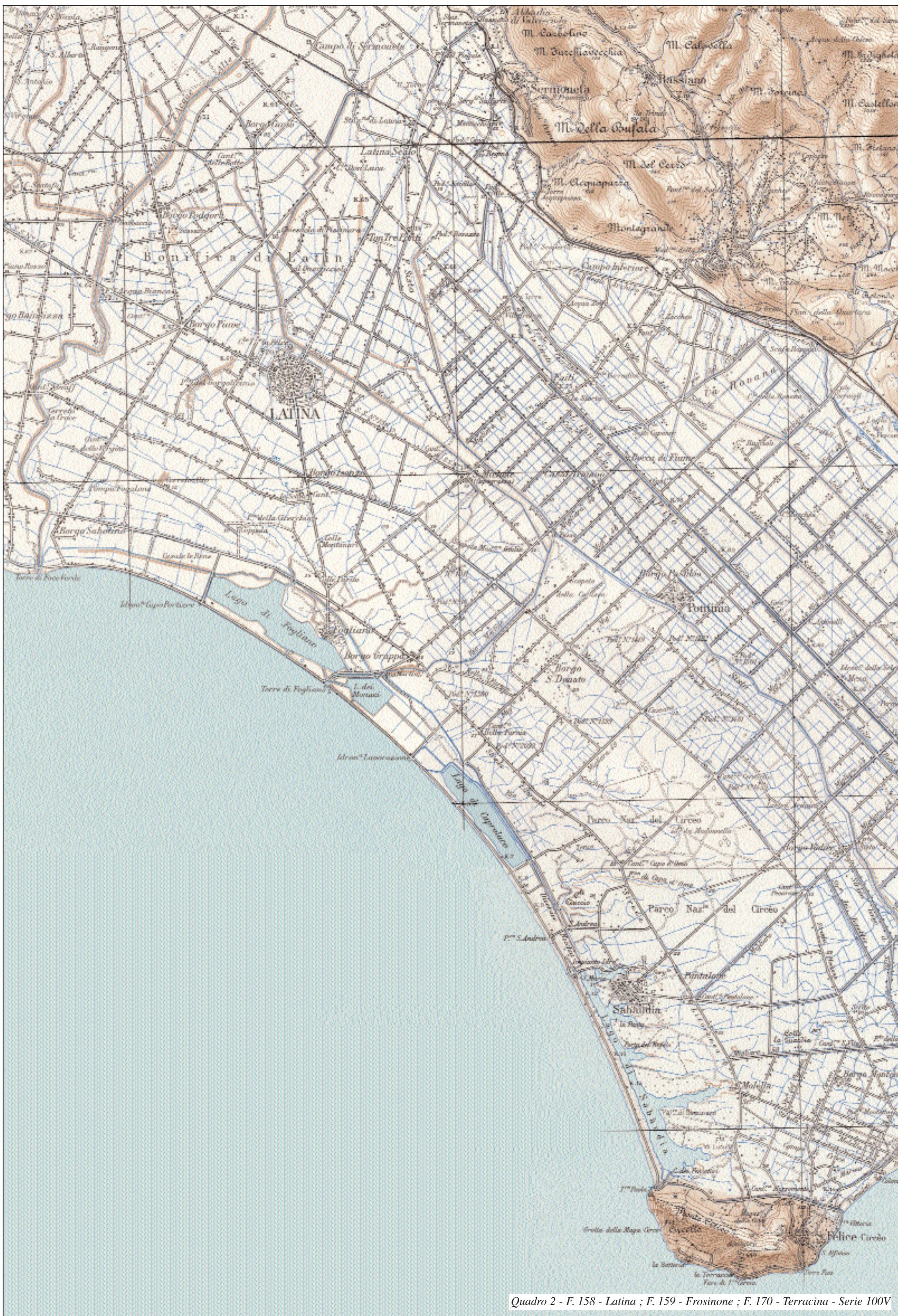
La bonifica idraulica può essere ottenuta eliminando l'acqua, sino a raggiungere il prosciugamento permanente di un adeguato strato di terreno (bonifica per canalizzazione), oppure innalzando il livello di questo, ossia colmando con sedimenti le aree più depresse in cui l'acqua si raccoglie e ristagna (bonifica per colmata). Le bonifiche per canalizzazione prevalgono su quelle per colmata e le

prime, con sollevamento meccanico dell'acqua, sono concentrate con particolare intensità sul delta padano. Le principali opere di bonifica con il sistema della colmata sono state effettuate nella piana di Piombino, utilizzando le torbide del torrente Cornia, e nel Grossetano utilizzando quelle del fiume Ombrone (vedi tavola 30. «Delta tirrenici»). L'impiego del sistema per colmata è realizzabile in presenza di corsi d'acqua ricchi di torbide, almeno nei periodi di piena, e situati a livelli più elevati del suolo da bonificare. Tale sistema consiste nella diversione delle acque, effettuata a mezzo di appositi canali (canali diversivi), che convogliano le torbide verso le varie depressioni (vasche di colmata), in cui è diviso il piano da bonificare, ove poi decantano. La deposizione di strati successivi di materiali di torbida porta alla fine al riempimento degli avvallamenti ed al loro innalzamento sino al livello voluto. Le bonifiche per colmata richiedono un tempo molto lungo (50-100 anni) per portare il terreno alle quote volute.

In questa tavola sono illustrati due esempi di bonifiche per canalizzazione eseguite lungo la costa tirrenica (bonifica di Latina nell'agro Pontino: **quadri 1 e 2**) e adriatica (valli di Comacchio: **quadri 3 e 4**). In queste aree il prosciugamento dei terreni è stato ottenuto per mezzo di sistemi di fosse che convergono verso canali via via maggiori, sino a riunirsi tutti in un collettore comune chiamato emissario, creando una specie di sistema idrografico artificiale, che si estende con la sua rete di canali a tutta la regione da bonificare (comprensorio di bonifica). Il canale emissario è topograficamente più basso degli altri ed ha una pendenza sufficiente a mantenere in movimento le acque che vi affluiscono per convogliarle direttamente, o per mezzo delle idrovore, nel bacino ricevente. La canalizzazione è studiata suddividendo il comprensorio di bonifica in due o tre compartimenti indipendenti tra loro ed a quote decrescenti secondo i livelli che può assumere il bacino ricevente, per separare le acque che possono convergere naturalmente e permanentemente (bonifica per canalizzazione a



Quadro 1 - F. 158 - Cori; F. 159 - Frosinone - Serie 100V - 1883/4



Quadro 2 - F. 158 - Latina ; F. 159 - Frosinone ; F. 170 - Terracina - Serie 100V



Quadro 3 - F. 77 - Comacchio; F. 89 - Ravenna - Serie 100V - 1896/97

scolo naturale) da quelle che scolano naturalmente, ma con intermittenza, e da quelle che per scolare hanno necessità di un impianto di sollevamento o idrovore (bonifica per canalizzazione per scolo meccanico).

I **quadri 1 e 2** mostrano l'evoluzione della bonifica costiera dell'area di Latina, nel settore centrale dell'agro Pontino, dalla fine dell'800 al 1950. Il territorio dell'agro Pontino, che si estende tra la costa tirrenica ed i primi rilievi (i monti Lepini e i monti Ausoni), è stato bonificato e trasformato in zona agricola nel periodo compreso tra le due guerre mondiali per opera del «Consorzio della Bonifica Pontina» (per la sistemazione idraulica) e dell'«Opera Nazionale Combattenti».

Il territorio, prima della bonifica, poteva dividersi in tre parti, tuttora distinguibili. Anzitutto la fascia litoranea è caratterizzata da lunghi cordoni di dune recenti, in parte mobili ed in parte fissati dalla vegetazione: essi separano dal mare quattro laghi, stretti e allungati, il lago di Fogliano, il più settentrionale e il più esteso (circa 4 km<sup>2</sup>), il lago di Paola o di Sabaudia e i due minori interposti di Caprolace e dei Monaci. La regione alle spalle dei laghi è alquanto più elevata (da 20 fino a 40 m) ed ondulata, residuo di depositi quaternari che rappresentano antiche dune. Tra questa zona e il piede dei monti Lepini si estende poi la regione interna, quella che in letteratura viene attribuita ad un probabile bacino lacustre o palustre. Questa regione aveva un'idrografia quanto mai irregolare: ricche sorgenti carsiche alla base dei monti Lepini, come quella notissima di Ninfa, alimentavano corsi d'acqua relativamente copiosi, il cui deflusso naturale diretto verso il golfo di Terracina (a sud-est) era peraltro ostacolato dalla troppa lieve pendenza del suolo, dai cordoni di dune recenti paralleli alla costa e anche dalla intensità dei processi di alluvionamento e dalla vegetazione fluviale spesso foltissima.

I primi tentativi di bonifica, di cui si è a conoscenza, risalgono a Giulio Cesare e furono più volte riavviati in età imperiale romana; dal Medioevo fino all'età moderna furono ripetuti da alcuni pontefici (Bonifacio VII, Leone X, Sisto V, Pio VI), talvolta con l'impiego di mezzi anche ingegnosi, ma pur sempre inadeguati per un'opera tanto grandiosa e complessa. Il tentativo più significativo fu quello effettuato alla fine del secolo XVIII per iniziativa di Pio VI con l'aiuto di esperti idraulici. Fu allora scavato un grande canale longitudinale, la «Linea Pio», parallela alla via Appia, destinata a drenare la parte più bassa della palude, grazie anche ad un sistema di canali perpendicolari alla linea stessa, distanziati un miglio romano l'uno dall'altro, finalizzati a provvedere allo scolo delle gronde laterali. Tale rete, che tuttora sussiste ed in parte funziona, si rivelò insufficiente per l'opera definitiva, pur portando al completo prosciugamento di alcune porzioni marginali. Anche dopo l'unificazione politica dell'Italia furono più volte ripresi i tentativi, ma una bonifica integrale fu eseguita solo nel secolo scorso, nel periodo tra le due guerre mondiali. Per ciò che concerne la bonifica idraulica (**quadro 2**), le acque della parte più settentrionale, le cosiddette «acque alte», provenienti dai Lepini furono convogliate al mare per mezzo di un canale collettore lungo 27 km, che tuttora regola le acque del fiume Astura, opportunamente regimate. Le «acque medie» furono raccolte invece in un altro collettore (collettore delle «acque medie») che, ancora oggi, defluisce verso il mare utilizzando gli alvei sistemati di vecchi corsi d'acqua, soprattutto del rio Martino, nome che ricorderebbe un tentativo di bonifica da parte di papa Martino V. Le acque basse, non defluenti nella «Linea Pio», furono raccolte da collettori minori ed immesse nel fiume Sisto (dal nome di un altro papa bonificatore, Sisto V), il quale sfocia tra Terracina e S. Felice di Circeo. Dove la pendenza del terreno non consentiva il deflusso diretto, le acque furono sollevate e captate con idrovore. I laghi litoranei sono stati definitivamente sistemati con il consolidamento delle rive e lo scavo o il riattivamento di canali che ne regolano il regime.

Per quanto riguarda l'area adriatica le valli di Comacchio sono il risultato dell'evoluzione del delta del Po e dell'opera di sedimentazione del fiume (vedi tavola 31. «Il delta del Po»), cui si aggiunge la più recente opera di bonifica costiera, come mostra il confronto fra le carte del 1896-97 (**quadro 3**) e quelle degli anni 1950-51 (**quadro 4**). Si ritiene che queste «valli» corrispondano all'area ove in periodo etrusco si trova-

vano le bocche principali del Po. Gli specchi lagunari erano un tempo assai più ampi degli attuali; la loro formazione risale al tempo in cui il Po aveva un corso più meridionale di quello di oggi, corrispondente in parte al cosiddetto Po di Volano, che dal secolo XII cominciò a perdere il suo carattere di ramo principale del fiume a favore del corso attuale. L'apporto di canali, di rami minori del Po e la sistemazione dei materiali alluvionali favorirono il colmarsi di parte della laguna ed il formarsi delle caratteristiche «valli», cioè di canali più o meno ampi separati da cordoni di terra.

Le valli di Comacchio rappresentano uno dei più importanti complessi lagunari esistenti in Italia. Si estendono nelle province di Ferrara e di Ravenna, tra Comacchio ed il fiume Reno, e sono collegate al mare tramite canali principali (collettori) come il canale di Magnavacca (Porto Garibaldi) e quelli minori a sud (ad esempio, Logonovo e Bellocchio). Sono formate da acqua salmastra ad elevata salinità e rappresentano un importante settore di zona umida di dichiarato interesse internazionale (Convenzione di Ramsar del 1971). I canali, come quello di Logonovo, sono caratterizzati da una foce armata con protezione di due moli guardiani dimensionati, tenendo conto del trasporto litorale dei sedimenti.

La superficie attuale comprende le valli Fossa di Porto, Lido Magnavacca, Fattibello e Campo e presenta una morfologia articolata, a causa delle arginature artificiali, create per delimitare i bacini per la pesca, e della presenza di dossi, barene e antichi cordoni di dune che limitano l'ingresso marina. La costruzione di argini su cui realizzare il reticolo stradale è abbastanza complessa, soprattutto per la forte compressibilità ed alta capacità di imbibizione dei terreni a disposizione, necessari alla realizzazione del rilevato a cui si aggiunge l'elevata subsidenza dell'area.

Tutta la zona è caratterizzata da argini, ma di sicuro quello che si distingue maggiormente è l'argine Fossa di Porto, ad andamento N-S, che sembra la prosecuzione della penisola di Bosco Forte, una singolare lingua di sabbia, che si protende dall'argine del fiume Reno, tra le valli Fossa di Porto e Lido Magnavacca, per una lunghezza di 6 km e che si è costituita da un cordone di dune litoraneo di epoca etrusca. Il primo progetto di bonifica risale al 1865 e si riferisce al prosciugamento di circa 20 000 ettari (**quadro 3**). Un'altra ingente opera è stata compiuta a partire dal 1913 ed interessò più di 8 000 ettari. Nel primo dopoguerra riaffiorò la necropoli di Spina (Lagosanto) dal prosciugamento di valle Trebba e nel secondo dopoguerra dalla bonifica di valle Pega (**quadro 4**). Le ultime bonifiche sono quelle della valle del Mezzano (18 000 ettari) risalenti agli anni Sessanta del secolo scorso. Nel settore settentrionale, sempre nello stesso periodo, furono bonificate le valli Giralda, Vallona e Falce (Mesola) dove, per la separazione e la difesa delle valli dal mare, furono realizzati argini in corrispondenza del taglio della Falce, interrotti dalla chiavica emissaria della bonifica (Chiavica Falce). Oggi sono circa 11 000 gli ettari allagati, mentre più di 60 000 sono stati bonificati.

\* Con la collaborazione di Paolo Chiozzi

## BIBLIOGRAFIA

- CASTIGLIONI G. B., FEDERICI P. R., "Assetto fisico e problemi ambientali delle pianure italiane", *Memorie della Società Geografica Italiana*, Atti delle giornate di studio della Società Geografica Italiana, Roma 3-4 giugno 1993, LIII, 1995, pp. 426.
- DESIO A., *Geologia applicata all'ingegneria*, Milano, Hoepli, 1973.
- FABRI P., "Le bonifiche di età moderna", in *Costruire un territorio. Cartografia e fotografia delle bonifiche ravennati*, Ravenna, Longo Editore, 1987, pp. 7-36.
- GUALANDI E., "Osservazione sulla esecuzione della bonifica delle Valli di Comacchio", in *I Convegno degli ingegneri idraulici*, Parma 1963, Cortona, Tipografie Riunite, 1964, C4, 1-6.
- MARINELLI O., *Atlante dei tipi geografici*, Firenze, I.G.M., (tavv. 51, 52, 53, 54 sulle bonifiche), 1922.
- SUPINO G., *Le reti idrauliche. Bonifiche - fognature - fiumi e torrenti*, Bologna, Patron Editore, 1965.



Quadro 4 - F. 77 - Comacchio; F. 89 - Ravenna - Serie 100V - 1950/51

# 76. Bonifiche di pianure interne

SILVANO GRAZI

Università degli Studi di Firenze



Quadro 1 - Carta regionale Lazio-Abruzzo - Serie 250

La storia delle bonifiche è assai complessa e si snoda attraverso i secoli intrecciandosi con quella socio-economica dei rispettivi territori, diventandone spesso l'elemento principale. Ciò vale soprattutto per quelle che ebbero avvio molto tempo fa ma che, attraverso vicissitudini diverse e tentativi, hanno avuto termine in tempi recenti, molto spesso senza un risultato definitivo. Fra quelle più note il prosciugamento della conca del Fucino, delle pianure interne della Toscana (val di Chiana, paduli di Fucecchio e Bientina) e in qualche misura della pianura tra Firenze e Pistoia.

In queste aree le acque formavano specchi d'acqua, più o meno estesi, privi di collegamento con un ricevente in grado di consentire l'esaurimento. Le acque permanevano in alcune di tali aree, pur presentando una certa carsicità, sia pure saltuaria, che si era andata attenuando nel tempo: questo era certamente il caso della piana del Fucino (quadro 1) che ha ospitato un lago di circa 160 km<sup>2</sup>. L'opera di prosciugamento venne affrontata per primi dai Romani che, nell'anno 52 d. C., sotto l'imperatore Claudio, concepirono e realizzarono un emissario in galleria di oltre cinque chilometri di lunghezza che, attraverso il rilievo che separa la Conca dalla valle del Liri, ne consentisse lo scarico nel fiume omonimo. Lo scopo era quello di acquisire terre per garantire una sicura fonte di sussistenza ai reduci dalle guerre. L'opera, di grande impegno tecnico non soltanto per quell'epoca (richiese circa undici anni e l'impiego di migliaia di uomini), non portò ai risultati sperati e le escrescenze periodiche e prolungate del lago continuarono a rendere difficile, se non impossibile, la vita ai suoi margini ed a limitare le possibilità di sfruttamento dei terreni che vennero infine abbandonati sin dal primo Medioevo. Nell'Ottocento i lavori furono ripresi per iniziativa del principe Alessandro Torlonia e comportarono modifiche del tracciato e dei livelli dell'Emissario oltre alla costruzione di molti canali adduttori all'Incile, punto di raccolta delle acque all'inizio della galleria.

Attualmente la conca del Fucino è intensamente coltivata e popolata e vi trova anche sede al suo interno una moderna stazione spaziale per il controllo e la gestione dei satelliti artificiali, che sfrutta la presenza della corona di rilievi che la circonda come schermo

protettivo da dannose interferenze esterne.

Altro esempio di pianura interna bonificata è la val di Chiana (quadro 2 - stato attuale a nord) residuo di un bacino lacustre del Quaternario. Le vicende di questa regione derivavano dalla rivalità fra i due governi dominanti dell'epoca, Roma e Firenze: all'inizio il territorio riceveva contributi dal Casentino e dal Valdarno Superiore le cui acque defluivano verso sud diventando tributarie del Tevere attraverso il fiume Paglia, suo affluente; in seguito, a causa del prevalere degli alluvionamenti provocati dagli affluenti diretti, la pendenza della valle si attenuò al punto che le acque vennero a lungo disputate fra il Tevere e l'Arno e si formarono ampie paludi con deflusso verso l'uno o l'altro corso d'acqua indifferentemente. In seguito si cominciò a delineare un breve corso della Chiana (lat. *Clanis*) diretto verso l'Arno (regolato dalla Chiusa dei Monaci) che dal XVI secolo in poi spostò gradatamente a sud la sua origine arrivando a intercettare anche i due laghi di Chiusi e di Montepulciano.

L'appartenenza del bacino imbrifero della Val di Chiana ai sistemi Tevere o Arno fu sempre motivo di disputa fra Roma e Firenze, perché ai suoi deflussi si attribuiva notevole importanza nei riguardi della formazione delle piene dell'uno o dell'altro fiume.

Dalla fine del '700, in virtù di grandiose opere di colmata progettate dal Fossombroni, e della



Quadro 2 - F. 114 - Arezzo - Serie 100V



regolarizzazione e arginatura del canale Maestro, il regime delle acque si è definitivamente stabilizzato.

Dal punto di vista geografico ed idrografico il Padule di Fucecchio (**quadro 3**) si colloca nel cosiddetto Valdarno Inferiore, ovvero quella parte del bacino tributario dell'Arno compresa fra la stretta della Gonfolina (poco ad ovest di Firenze) e Pisa.

Le acque del padule venivano convogliate dall'Emissario canale Usciana nello stesso Arno, ma in seguito furono immesse nel canale Scolmatore (di recente costruzione), che partendo da Pontedera porta le acque di piena del fiume direttamente al mare.

La val di Nievole, compresa fra le colline delle Cerbaie (ad ovest), il monte Albano (ad est) ed una parte dell'Appennino Tosco-Emiliano (a nord) è il complesso idrografico che alimenta il padule, il cui «cratere» (così viene chiamata la sua parte più depressa), dove le acque ristagnano più a lungo, costituisce un residuo di insenatura marina ancora in fase di colmamento. L'area del padule, che per la maggior parte dell'anno ha una superficie di 1000-1200 ettari, nei periodi più piovosi si estende variando in rapporto alle precipitazioni ed alla capacità di portata del canale Usciana.

Dagli scritti storici e dalle cronache è possibile ricostruire le complesse vicende e le iniziative che hanno portato il padule all'attuale stato, che è il risultato delle frequenti e spesso contrastanti direttive tendenti, ora a trasformare l'area in un vero e proprio lago permanente da destinare alla pesca, ora a conseguire il prosciugamento per mettere a coltura i terreni: non si è mai ottenuto mai né l'uno né l'altro risultato. Da quasi un secolo ormai si persegue la diret-

va di mantenere l'ambiente palustre conservandone le specificità naturalistiche, analogamente a quanto è stato sempre fatto per il laghetto di Sibolla esistente in una zona limitrofa al Padule.

In adiacenza a questa area si trova l'altro padule, quello di Bientina (**quadro 3**), di più antica bonificazione, delimitato ad est dalle Cerbaie e ad ovest dai monti Pisani, anch'esso occupato in epoche antichissime da un lago: di Sesto. Il suo scarico fu dapprima immesso direttamente nell'Arno ma, col tempo, divenne sempre meno efficiente per il continuo rialzamento del fondo del fiume tanto che si provvide a costruire un grande collettore (canale Emissario o Imperiale) che sottopassava l'alveo del fiume con una grande opera (Botte) raggiungendo poi il mare poco a monte di Livorno, presso Stagno.

Circa poi lo stato attuale della pianura fra Firenze e Pistoia, già sede di un vasto lago pliocenico, si ritiene che dovesse comunicare col mare attraverso la stretta della Gonfolina, ad ovest di Firenze. Con l'accrescimento dell'apporto d'acqua nella conca per la formazione di una comunicazione col Valdarno Superiore, si verificò l'approfondimento dell'alveo dell'Arno e lo svuotamento progressivo del lago. Nell'attraversamento della piana all'Arno si uniscono il torrente Mugnone (da destra) e il fiume Greve (da sinistra); a Signa confluiscono il fiume Bisenzio e, lungo la gola della Gonfolina, l'Ombrone pistoiese da destra e il fiume Pesa da sinistra.

Alcune limitate zone della piana ad ovest della città hanno mantenuto fino al 1940 una certa paludosità, per cui sono state oggetto di interventi di bonifica ma sono ormai prossime ad essere invase dalle aree urbane che si stanno estendendo in quella direzione.



#### BIBLIOGRAFIA

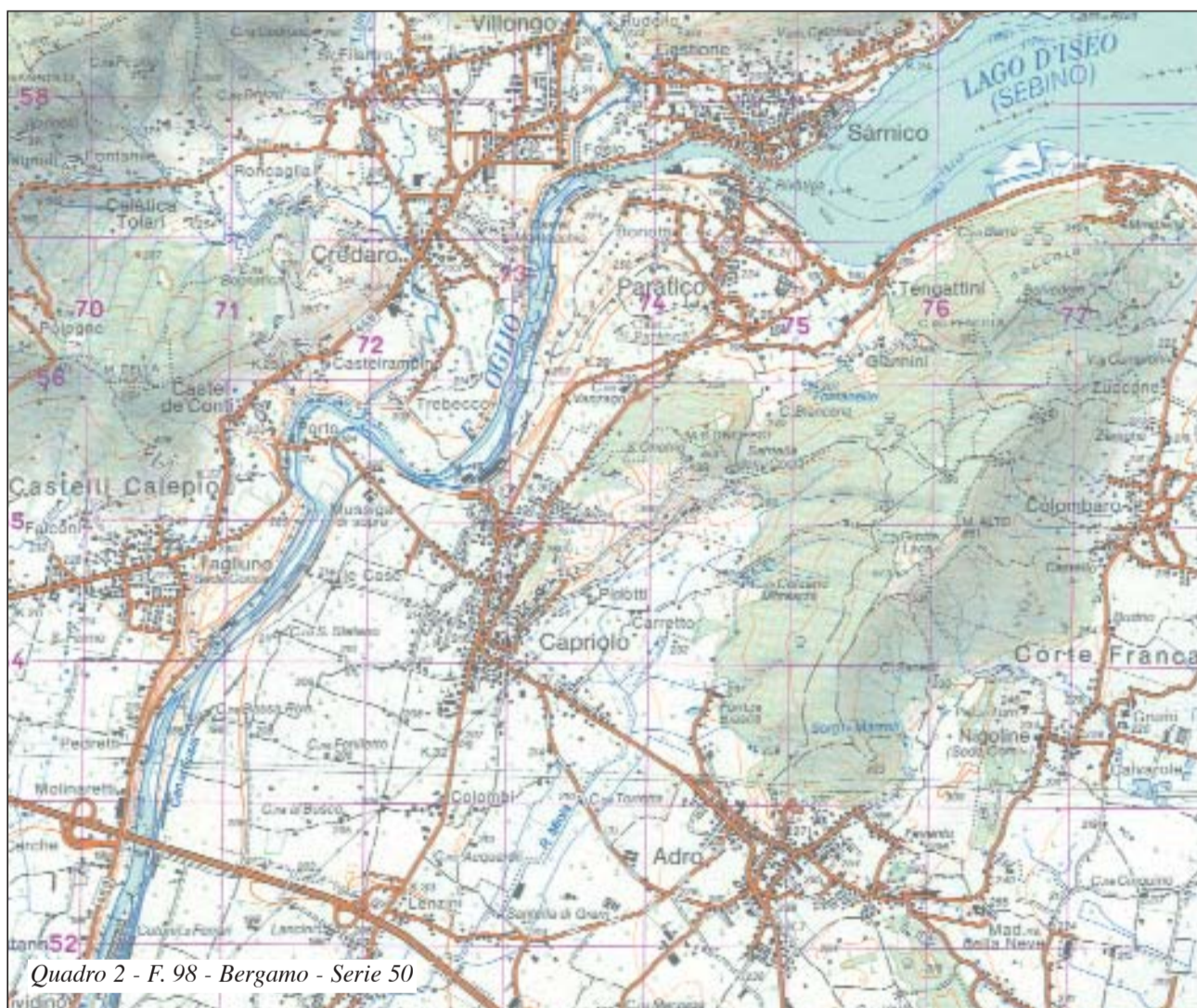
ACCADEMIA ECONOMICA AGRARIA DEI GEORGOFILII, *Il bacino dell'Arno*, Firenze, Tip. Vallecchi, 1956.  
 BEVILACQUA P., ROSSI-DORIA M., *Le bonifiche in Italia dal Settecento ad oggi*, Bari, Laterza, 1984.  
 CAPECCHI F., GUAZZONE G., PRANZINI G., *Il bacino lacustre di Firenze-Prato-Pistoia*, Società Geologica Italiana, Roma, 1976.

FOSSOMBRONI V., *Memorie idraulico-storiche sopra la Val di Chiana*, Firenze, Cambiagi, 1789.  
 CLIVE G., *La bonificazione del padule di Fucecchio e della adiacente Valdinievole*, Firenze, 1898.  
 RICCARDI R., *I laghi di Chiusi e di Montepulciano*, Bollettino della Società Geografica Italiana, Roma, 1939.

# 77. Grandi opere irrigue

SILVANO GRAZI

Università degli Studi di Firenze



Nel nostro paese l'agricoltura viene esercitata in condizioni climatiche caratterizzate da una non favorevole entità delle precipitazioni, che variano dai 900 mm medi annui per le regioni settentrionali ai 500 mm di molte zone meridionali; inoltre la scarsità si associa ad una irregolare distribuzione delle piogge, tanto che nel trimestre estivo, il più importante agli effetti delle produzioni agricole, si passa da 250 mm al nord a soli 100 mm al sud e nelle isole maggiori. La superficie irrigua è pertanto andata estendendosi nel corso del tempo (come può dedursi dal seguente prospetto) accrescendo conseguentemente le esigenze d'acqua.

(Fonte ISTAT)

Anno	1905	1948	1962	1982	2000
Ha x 1000	1365	2185	3100	2521	2468

A seguito della bonifica di molti terreni destinati all'agricoltura, che può considerarsi praticamente e dovunque conclusa alla fine degli anni Cinquanta, è conseguentemente aumentata la necessità di irrigare per sopperire anche alla

carenza d'acqua, conseguenza dell'avvenuto processo di prosciugamento.

Invariati i tradizionali metodi di somministrazione dell'acqua, quali la sommersione, lo scorrimento, l'infiltrazione laterale, ne sono stati introdotti di nuovi per rendere più efficiente la pratica irrigua e per economizzare acqua, senza ridurre, caso mai incrementando, le produzioni: prima ad essere introdotta è stata l'irrigazione a

pioggia, successivamente l'irrigazione localizzata. Nelle valli alpine si sono diffusi gli impianti a pioggia fissi per le colture frutticole anche con funzione antibrina: esempi di irrigazione localizzata «a goccia» o «a sorsi» si hanno anche per le colture arboree che tradizionalmente sono sempre state praticate in regime asciutto (olivo, vite).

Nel Nord d'Italia prevalgono le acque di derivazione da fiumi e da laghi, la maggior parte realizzate in passato, risalenti in alcuni casi ad epoche assai lontane.

In Piemonte il canale Cavour, realizzato dal 1863 al 1866, con presa a Chivasso sul Po (**quadro 1**), della lunghezza di 80 km, alimenta d'acqua la vasta pianura fra il Ticino e il Sesia, servendo in totale una superficie di 200 000 ettari, successivamente fu integrato con il canale Sussidiario Farini derivato dalla Dora Baltea. La rete dei canali ha raggiunto nel Piemonte uno sviluppo complessivo di oltre 2 000 chilometri e consente l'irrigazione di quasi tutta la pianura vercellese e novarese in cui è molto estesa la risicoltura. Circa questa coltura poco si sa sulle superfici interessate nelle varie epoche, mancando statistiche attendibili: di recente le risaie hanno occupato superfici oscillanti fra i 70-80 000 ettari (1952) e i 40-50 000 attuali.

In Lombardia (vedi tabella), tra il tredicesimo e il sedicesimo secolo, vennero realizzati anche a scopo irriguo i canali Naviglio Grande Milanese, Muzza e Naviglio della Martesana, con derivazioni dai corsi d'acqua Ticino e Adda. Nel periodo susseguente l'Unità d'Italia furono compiuti i lavori del canale Villoresi (derivato dal Ticino), del canale Virgilio (dal Mincio) e di varie altre derivazioni dal Po, dall'Adda e dal Mincio, per l'irrigazione di circa 500 000 ettari. Molto importanti le derivazioni dai laghi Maggiore, Como, Garda, Iseo (**quadro 2**).

Un'altra realizzazione in corso negli ultimi decenni, anche se l'iniziativa risale a moltissimi anni addietro, è il canale Emiliano-Romagnolo con presa dal Po per l'irrigazione di gran parte della pianura fra Bologna, Forlì e Cesena.

L'Italia centrale è punteggiata da numerosi laghetti artificiali con diga in terra di piccola capacità, costruiti prevalentemente negli anni Cinquanta a servizio di singole aziende: ma non mancano nuove iniziative irrigue comprensoriali, come quella che si alimenterà dall'invaso di Montedoglio (Arezzo), dall'invaso del Chiascio e da altri minori, che andrà a interessare un esteso territorio dell'alta val Tiberina e della val di Chiana toscana e umbra, per una superficie irrigua totale di circa 500 000 ettari.

Lo sviluppo maggiore della nostra agricoltura si è avuto con l'estensione dell'irrigazione nel Sud dell'Italia dove sono stati realizzati grandi impianti comprensoriali alimentati da invasi artificiali, sia di grande sia di piccola capacità.



Quadro 3 - F. 634 - Catania - Serie 50

Cronologia della costruzione dei principali canali di bonifica e di irrigazione in Lombardia

Secolo	Opera
X	Seriola Vetra
XI	Naviglio di Chiese, roggia Serio
XII	Naviglio Grande Milanese, Naviglio Civico di Cremona, Fossa Bergamasca, Serio Grande, Comenduna
XIII	Canale Muzza (1230), Seriola Vetra di Chiari (1250), Naviglio Grande Bresciano (1253)
XIV	Roggia Moschetta-Visconti (1309)
XV	Fossa di Pozzolo (1416), Navigli Martesana (1457)
XVI	Seriola Nuova di Chiari (1507), Isolo di Goito (1586)
XVII	Cavo Bertone (1605)
XVIII	Seriola Nuova (1778), Seriola di S.Giovanni (1780)
XIX	Cavo Marocco (1805), Naviglio Pavese (1805), Canale Villoresi (1884), Canale Vacchelli (1890)

In Puglia, il serbatoio di Occhito (cfr. quadro 2 della tavola 78. «Invasi artificiali») sull'Ofanto consentirà, unitamente ad altre risorser, l'irrigazione di diverse decine di migliaia di ettari dalla Capitanata alla fossa Premurgiana.

In Basilicata prevale l'irrigazione con alimentazione da invasi: tra i più importanti quelli sul fiume Bradano a S. Giuliano, sul fiume Agri, sbarrato dalla diga del Pertusillo (cfr. quadro 3 della tavola 78. «Invasi artificiali»), e sul fiume Sinni che consentono di disporre di una riserva di varie centinaia di milioni di metri cubi d'acqua per l'irrigazione delle vallate dell'Agri, del Sinni e della fascia costiera ionica del Metaponto e di Policoro.

Uno dei complessi irrigui più importanti in Sicilia è quello della piana di Catania (quadro 3), coltivata soprattutto ad agrumeti, che utilizza le acque del bacino idrografico Salso-Simeto raccolte nei due invasi di Ancipa (quadro 4) e Pozzillo (quadro 5): in tutto oltre 200 milioni di metri cubi d'acqua.

In Sardegna le acque del lago Omodeo sul Tirso consentono l'irrigazione di un ampio territorio di circa 30000 ettari nelle regioni del Campidano e di Arborea. Invasi sul Flumendosa e affluenti, sul Coghinas ed altri minori hanno permesso di estendere in modo notevole la superficie irrigua e le dotazioni necessarie in relazione al clima dell'isola.



BIBLIOGRAFIA

ANTONIETTI A., D'ALANNO A., VANZETTI C., *Carta delle irrigazioni d'Italia*, Roma, INEA (Istituto nazionale di economia agraria), 1965.  
 BIGATTI G., *La provincia delle acque*, Milano, Franco Angeli, 1985.  
 BIGNAMI P., *Il Grande Canale Muzza*, Milano, Hoepli, 1939.  
 DEL FELICE L., VALTORTA R., *Canali ed opere nell'Est Ticino-Villoresi*, Milano, Guerrini, 1997.

ENTE IRRIGUO UMBRO-TOSCANO, *Un piano irriguo per l'Italia Centrale*, Arezzo, 1995.  
 FOLLONI A., *Aspetti particolari dell'irrigazione in Emilia*, Accademia Economico-Agraria dei Georgofili, Firenze 1954.  
 MINISTERO DELLE FINANZE, *Il grande Canale Cavour*, 1928.  
 OSSERVATER, *Architetture d'acqua per la bonifica e l'irrigazione*, Milano, Mondadori Electa, 2003.

# 78. Invasi artificiali

SILVANO GRAZI

Università degli Studi di Firenze



Fin dal 1916, da quando cioè ebbero sviluppo gli impianti idroelettrici, si riscontrò la necessità di realizzare serbatoi artificiali con l'impiego di sbarramenti, onde utilizzare nel miglior modo possibile le acque che, allora, costituivano la sola risorsa sulla quale l'Italia poteva contare per far fronte al fabbisogno energetico e per estendere l'irrigazione, quindi per sviluppare la nostra agricoltura.

Nel 1925, a seguito del crollo della diga del Gleno (val di Scalve), furono emanate specifiche norme per la progettazione e la costruzione delle opere di ritenuta, e da quell'anno in poi furono realizzate oltre 400 dighe, che hanno segnato, in particolare, lo sviluppo in Italia dell'elettrificazione e dell'industrializzazione. Da tale numero sono escluse le opere di piccola altezza e di limitata capacità d'invaso che, costruite intorno agli anni Cinquanta, avevano lo scopo di permettere l'irrigazione di singole aziende agricole (si valuta che soltanto in Toscana ve ne siano varie centinaia).

La costruzione di una diga e del relativo invaso propone una serie di problemi di «fattibilità» che devono essere prima individuati e poi risolti. I primi accertamenti riguardano sempre la situazione geologica e geotecnica che deve garantire specifici requisiti di stabilità, portanza, impermeabilità della sezione di imposta della diga, di tenuta dell'area destinata ad invaso dell'acqua, di stabilità delle zone al contorno del futuro invaso. Occorre inoltre accertare lo stato del bacino imbrifero di alimentazione per valutare l'entità del trasporto solido e per stabilire i tempi di riduzione della capacità per effetto dell'interrimento, quindi predisporre specifici interventi contro l'erosione (con opere di sistemazione delle pendici e dei corsi d'acqua) e conseguentemente definire il volume da assegnare ad una eventuale capacità morta (porzione dell'invaso destinata a contenere il materiale solido accumulato) e stimare la durata di conveniente funzionalità dell'opera. Altri problemi di carattere ambientale possono essere collegati alla presenza di uno specchio liquido in un ambiente che ne era privo, con effetti sulla flora e sulla fauna locali; è anche necessario valutare l'effetto di riduzione delle portate nel corso d'acqua a valle dello sbarramento, a cui si collega anche l'influenza della variazione delle portate rilasciate dall'invaso sul rimpinguamento delle falde idriche.

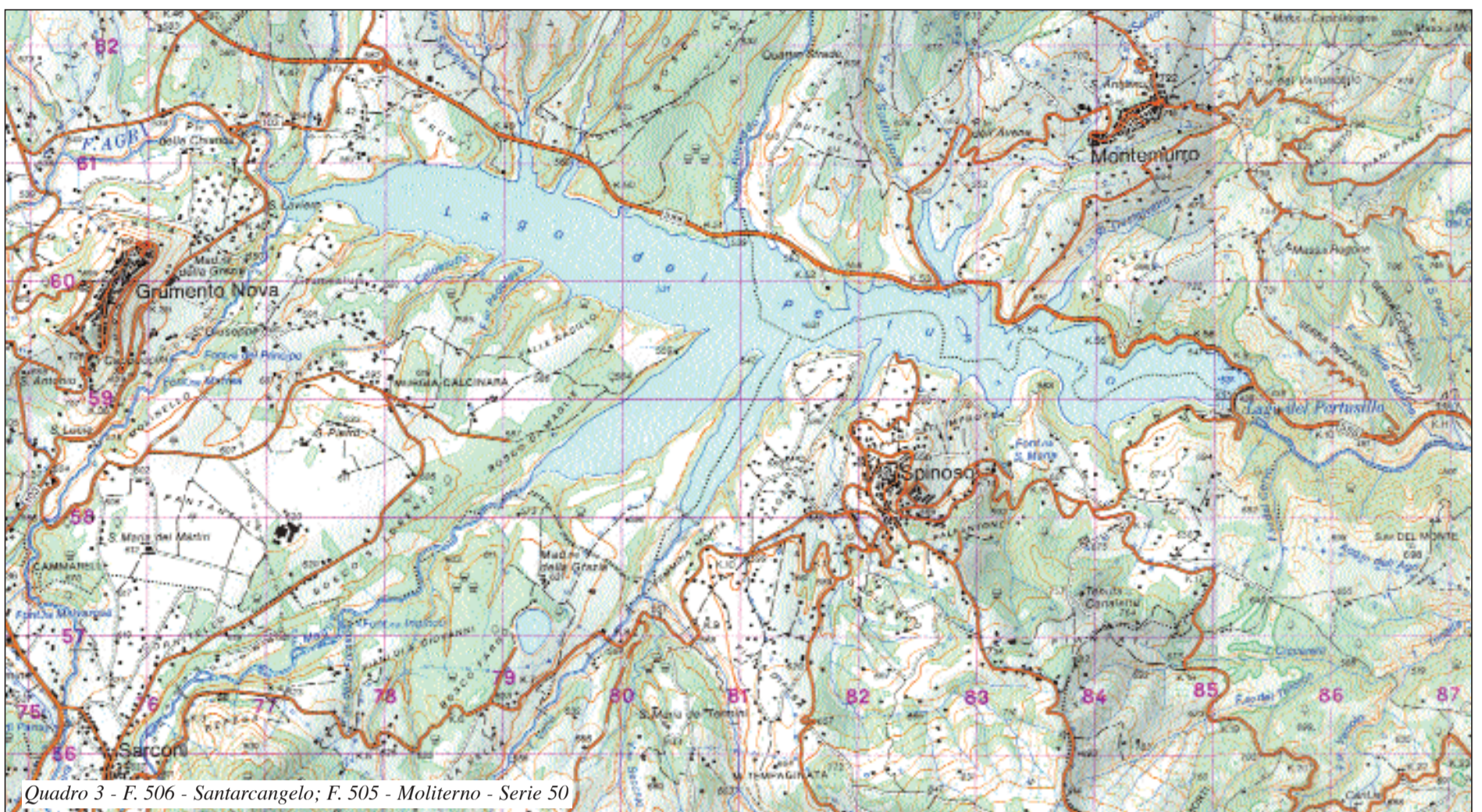
Il tipo di struttura da adottare caso per caso deriva da un insieme di condizioni da accertare e analizzare: si può passare da un tipo di diga massiccia (stabilità per gravità, basata cioè sul proprio peso) a tipi analoghi ma di massa più ridotta (a gravità alleggerita), oppure a strutture ad arco che affidano la loro stabilità all'azione spingente lateralmente della struttura, alle dighe in materiali sciolti (terra), e ad altri tipi da adattare al caso specifico da affrontare.

L'insieme degli scarichi di cui deve essere dotato il serbatoio devono in primo luogo rispondere ad un requisito ben preciso: consentire il passaggio della massima portata di piena del corso d'acqua, valutata con tempi di ritorno

adeguati alle caratteristiche e alla situazione della diga, che non deve mai essere sormontata.

La parte d'Italia dove più si sono diffuse le opere di sbarramento è il Nord, dove le Alpi e l'Appennino settentrionale consentono le maggiori possibilità di costruzione, sia per la natura delle formazioni geologiche, sia per la quantità di acqua intercettabile nelle rispettive valli. In Piemonte, in Lombardia e nelle tre Venezie le dighe sono diffuse al punto da dover ritenere che si sia giunti a saturazione. In molti casi diverse opere sono collegate fra loro in modo da utilizzare le stesse acque in cascata, nel





Quadro 3 - F. 506 - Santarcangelo; F. 505 - Moliterno - Serie 50

senso che dopo l'utilizzazione in una centrale elettrica l'acqua viene nuovamente raccolta in un ulteriore invaso ed inviata in una successiva centrale, spesso con l'aggiunta di altra acqua intercettata a monte.

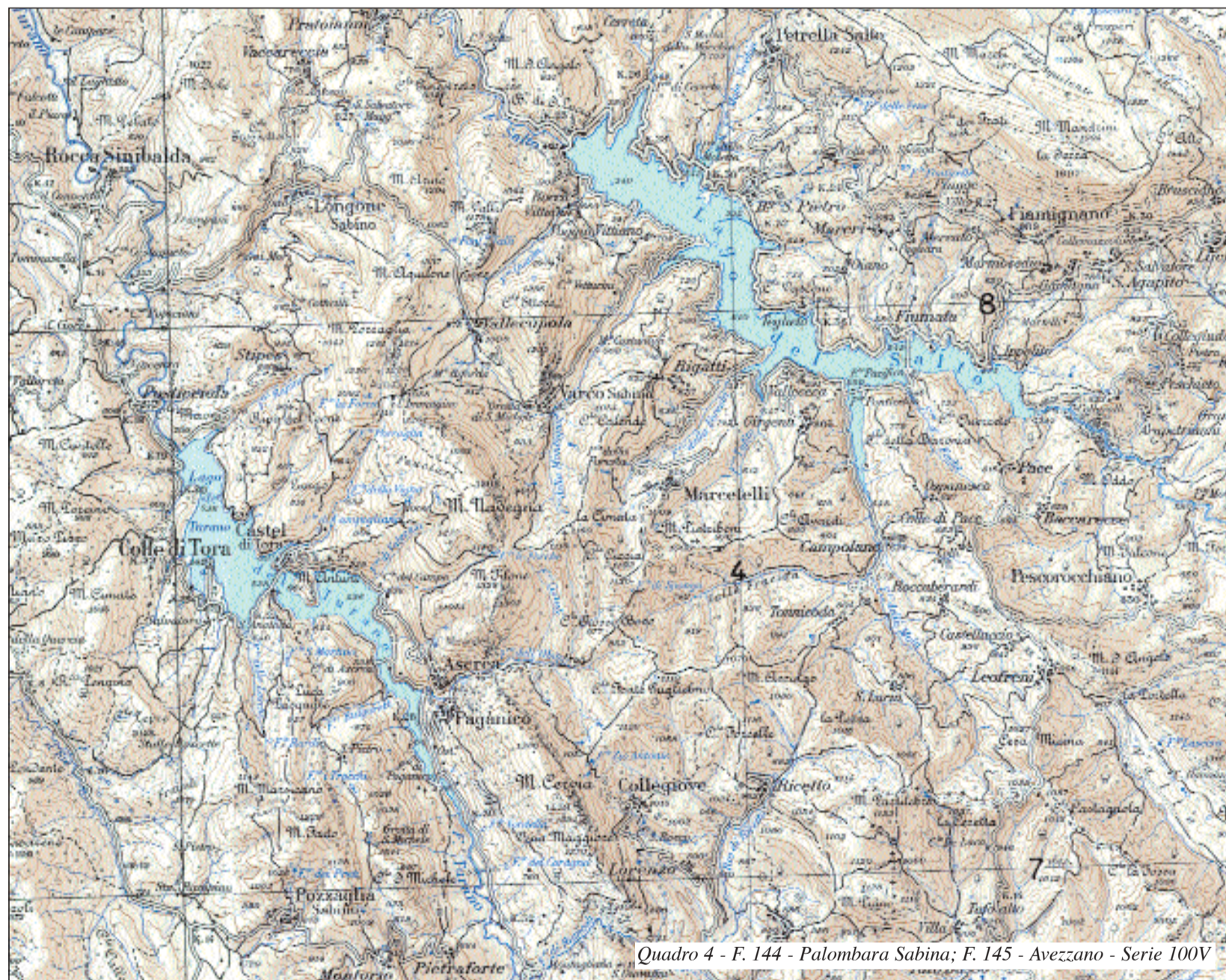
Per importanza delle opere, sia in relazione all'altezza dello sbarramento, sia alla capacità dell'invaso, se ne possono citare alcune in varie regioni.

In Piemonte e Val d'Aosta, pur essendo numerose, poche opere raggiungono altezze elevate e capacità rilevanti. In Lombardia si possono segnalare le due dighe in serie e adiacenti di S. Giacomo di Fraele e di Cancano (Valtellina) la prima a gravità dell'altezza di m 96, la seconda ad arco-gravità di m 136 e capacità d'invaso rispettivamente di 64 e 123 milioni di metri cubi. Nel Veneto è da citare l'impianto del Piave costituito da una serie di invasi, ad iniziare da quello di Pieve di Cadore con varie centrali elettriche, che utilizza anche, pur nella misura attuale, il residuo invaso formato dalla diga del Vaiont (a cupola) dell'altezza di 262 metri.

Per citare un tipo di impianto che sfrutta le fluenze di un fiume, si può far riferimento a quello di isola Serafini nel medio corso del Po (**quadro 1**), poco a monte della confluenza dell'Adda, che consente di utilizzare un salto (da 3,50 a 7,50 m a seconda della portata del fiume) risultante dal sottendimento dello scarico di una grande ansa lunga 13 km.

Un altro bacino idrografico, con un sistema di invasi collegati fra loro, è quello del fiume Serchio, fra le Alpi Apuane e l'Appennino, comprendente il lago di Vagli che comportò la sommersione del paese omonimo. Un altro complesso importante si trova nel fiume Salto, affluente del Velino (bacino del Tevere), incentrato sull'invaso omonimo di 278 milioni di mc con diga di 108 metri che, insieme al serbatoio del Turano (**quadro 4**), comunicante con esso tramite galleria, regola l'energia prodotta dal sistema Nera-Velino, in cui si realizza il recupero dei superi di energia prodotta con il ripompaggio dell'acqua.

Nel Sud d'Italia sono numerosi gli invasi destinati per lo più all'irrigazione. Sul fiume Fortore il recente invaso di Occhito (**quadro 2**), destinato all'irriga-

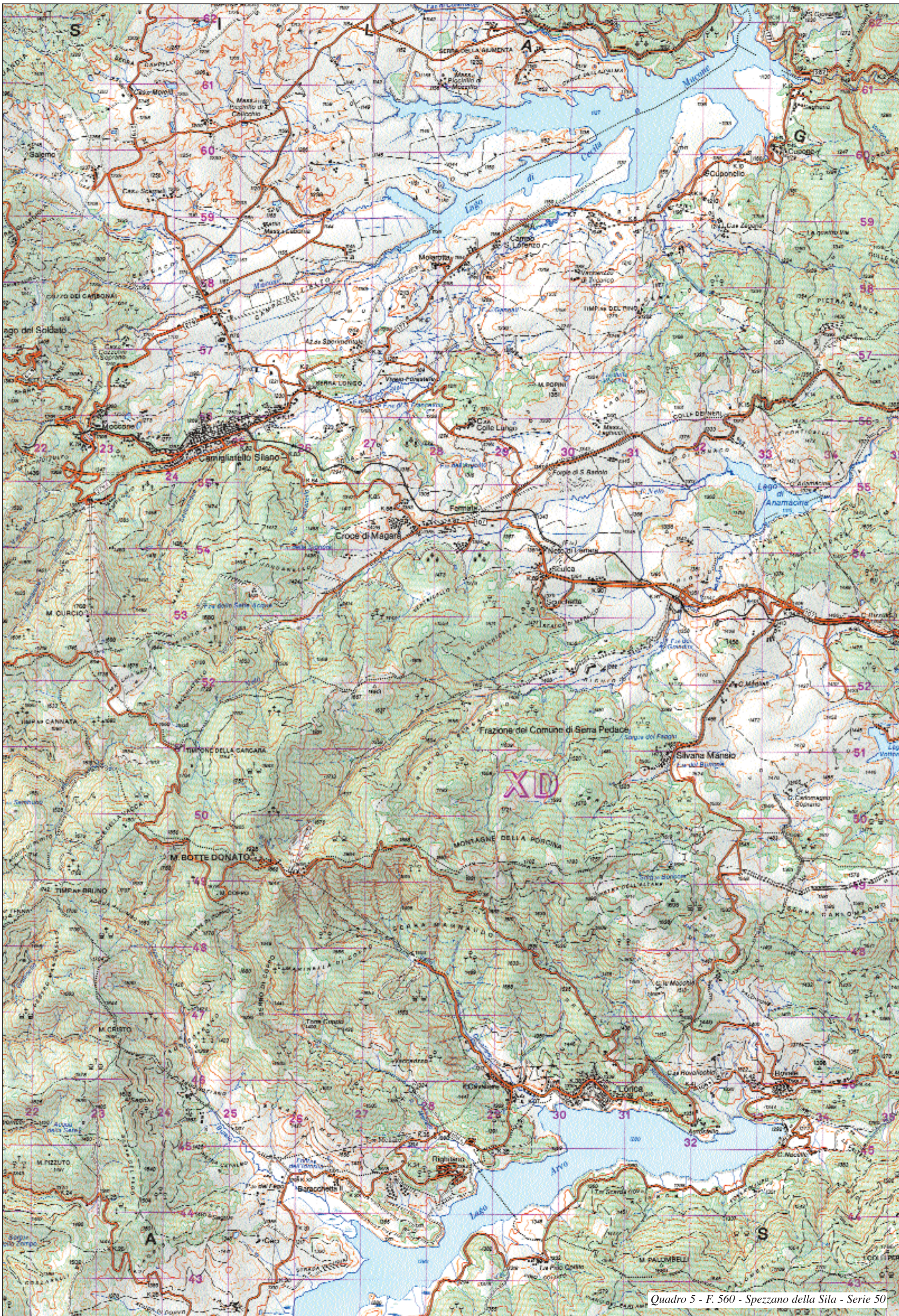


Quadro 4 - F. 144 - Palombara Sabina; F. 145 - Avezzano - Serie 100V

zione della Puglia, è formato da una diga in terra di 60 metri di altezza per una capacità di 333 milioni di mc, di cui però circa 80 destinati a capacità morta, date le condizioni di dissesto del bacino imbrifero e le previsioni di interrimento. Sull'altopiano della Sila con il lago di Cecita (**quadro 5**) vi sono i laghi di Arvo e Ampollino con varie utilizzazioni.

In Sicilia sono ormai molti gli invasi in funzione, tra cui quelli di Pozzillo e di Ancipa nel bacino idrografico del Salso-Simeto, destinati in prevalenza all'irrigazione della Piana di Catania (cfr. tavola 77. «Grandi opere irrigue»).

In Sardegna esistono da tempo grandi opere come la diga di S. Chiara d'Ula sul Tirso costruita nel 1924, alta 70 metri e con un invaso di circa 400 milioni di mc. Più recenti sono i due serbatoi sul Flumendosa: Nuraghe Arrubiu e monte su Rei, ambedue con diga ad arco gravità rispettivamente di m 119 e 99 ed invasi di 317 e 334 milioni di mc, destinati in parte all'irrigazione del Campidano, in parte alle esigenze idriche della regione.



Quadro 5 - F. 560 - Spezzano della Sila - Serie 50

