

ALDO ANTONIAZZI

SEDIMENTI ALLUVIONALI QUATERNARI
NEL SOTTOSUOLO DELLA PIANURA
DI FORLIMPOPOLI

Estratto da *Forlimpopoli. Documenti e Studi*, X, 1999
Rivista del Museo Archeologico Civico di Forlimpopoli
NUOVA TIPOGRAFIA snc - FORLIMPOPOLI

ALDO ANTONIAZZI

SEDIMENTI ALLUVIONALI QUATERNARI NEL SOTTOSUOLO DELLA PIANURA DI FORLIMPOPOLI

1. PREMESSA

Il territorio in esame, situato nella parte sud orientale della Valle Padana, è incentrato sul Comune di Forlimpopoli ed è delimitato a sud-ovest dal rilievo collinare che si esaurisce nella pianura presso la città di Forlimpopoli.

La presente ricerca riguarda, in particolare, l'area di pianura attraversata dal fiume Ronco che ricade nei Comuni di Forlì, Forlimpopoli e Bertinoro e costituisce una fascia estesa da nord-ovest a sud-est tra l'abitato di Ronco e il corso del torrente Bevano.

Il margine a sud-ovest di questa zona è all'incirca rappresentato dal limite dell'area collinare, quale è definito dal Piano Territoriale Paesistico Regionale dell'Emilia-Romagna. A nord-est l'area in esame sconfina nella bassa pianura ravennate.

Il territorio considerato, altimetricamente compreso tra i 100 e i 15 metri sul livello marino, è principalmente solcato dall'alveo del fiume Ronco e dai suoi affluenti minori. La superficie, specie nelle aree di bassa pianura, è poi interessata da un articolato reticolo di fossi di scolo e di canali di bonifica. Urbanisticamente è dominata dalla città di Forlimpopoli.

Poiché lo scopo della presente ricerca è quello di definire la

situazione nel sottosuolo dei sedimenti alluvionali quaternari, è stata considerata di primaria importanza la raccolta e l'elaborazione delle colonne stratigrafiche di pozzi acquiferi o di sondaggi eseguiti nell'area di pertinenza. Lo studio ha, inoltre, preso in considerazione gli elementi e gli studi idrogeologici reperibili (1) al fine di ottenere anche un quadro sommario della situazione delle acque sotterranee locali.

La raccolta dei dati necessari è stata intrapresa mediante lo studio geomorfologico del territorio interessato, attraverso l'esame di quanto reperibile presso Enti, Ditte e privati, nonché con lo studio delle pubblicazioni e dei rapporti disponibili. Nella presente relazione è compendiato il frutto di questa ricerca, che ha consentito di ottenere:

- 81 stratigrafie di pozzi acquiferi e sondaggi, la cui posizione è ubicata nella carta della loro distribuzione territoriale (fig. 1);
- 4 sezioni con l'indicazione del presumibile andamento del limite tra i sedimenti continentali e marini, ricostruito sulla base dell'insieme dei dati reperiti, e con l'individuazione dei livelli permeabili ghiaiosi e sabbiosi presenti in ciascuna colonna stratigrafica considerata (fig. 2);

(1) In particolare sono stati presi in considerazione i seguenti lavori: A. ANGELI, *La base delle acque dolci nella pianura romagnola e bolognese*, in «Bollettino Economico della Camera di Commercio di Ravenna», n-7, Ravenna, 1964; A. ANTONIAZZI, *Caratteristiche idrogeologiche dei sedimenti alluvionali della pianura forlivese tra il fiume Montone e il fiume Marecchia*, inedito presso il Consorzio Acque per le Province di Forlì e Ravenna, 1971; AL. ANTONIAZZI, *I sedimenti alluvionali quaternari nel sottosuolo della pianura forlivese*, tesina di laurea inedita, Università di Ferrara, anno accademico 1995-1996; E. BENEIO, *Relazione preliminare sulla campagna di studi geoidrologici sulle acque del sottosuolo nella Provincia di Forlì*, Servizio Geologico d'Italia, Roma 1958-69, inedito presso la Camera di Commercio di Forlì, 1959; M. L. COLALONGO, *Indagine stratigrafica e micropaleontologica sui pozzi Coriano, S. Tomé, Villafranca e Villa Selva*, inedito presso il Consorzio Acque per le Province di Forlì e Ravenna, 1974; T. LIPPARINI, *Risorse idriche nel sottosuolo della Provincia di Forlì (materiali per uno studio idrogeologico)*, in «Giornale di Geologia», ser. II, v. 31, Bologna, 1963; E. PERRONE, *Acque salienti e pozzi artesiani della pianura emiliana dal Panaro alla Marecchia e del litorale Adriatico da Porto Corsini a Pesaro*, in «Memorie illustrative della Carta idrografica italiana», v. 35, Roma, 1910; UFFICIO STUDI DELLA CAMERA DI COMMERCIO DI FORLÌ, *I problemi idrici nel quadro dello sviluppo sociale ed economico della Provincia di Forlì*, Camera di Commercio, Industria e Agricoltura, Forlì, 1961; P. ZANGHERI, *La Provincia di Forlì nei suoi aspetti naturali*, Camera di Commercio, Industria e Agricoltura, Forlì, 1961.

- due planimetrie ove sono state indicate le distribuzioni territoriali dei pozzi domestici ed extradomestici denunciati presso il Comune di Forlimpopoli ed il Servizio Provinciale del Suolo, Risorse Idriche e Forestali di Forlì (figg. 3 e 4);

- una breve sintesi sui dati raccolti ed elaborati, nonché alcuni cenni sulla situazione idrogeologica e sullo sfruttamento delle risorse idriche locali.

I pozzi acquiferi dotati di stratigrafia sono solo una minima parte di quelli presenti nel territorio in esame. Ne sono privi praticamente tutti i tradizionali pozzi freatici, presenti, anche se frequentemente in abbandono, nei pressi di ogni casa colonica e diffusi anche negli abitati. Si tratta comunque di pozzi superficiali di scarso significato ai fini del presente studio.

Le stratigrafie disponibili si riferiscono normalmente a terebrazioni profonde eseguite da Enti pubblici e Ditte private allo scopo di reperire risorse idriche significative nelle falde artesiane presenti nel sottosuolo. Alcuni di questi pozzi hanno raggiunto e superato ampiamente la base dei terreni alluvionali e delle acque dolci allo scopo di captare tutte le falde utili disponibili.

Una volta eliminati i pozzi freatici e quelli più superficiali, uniformemente distribuiti nel territorio in esame, si può osservare che, in generale, i pozzi noti con o senza stratigrafia tendono a concentrarsi nelle stesse zone. Questo fatto rende particolarmente significative le colonne stratigrafiche disponibili e consente, come sarà detto in seguito, giustificate considerazioni in merito alle caratteristiche della coltre alluvionale in esame.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Nella zona in esame, procedendo da valle verso monte, la pianura alluvionale olocenico-pleistocenica dà luogo a terrazzamenti pleistocenici nell'area pedecollinare e ad una bassa collina plio-

pleistocenica prevalentemente argillosa e talvolta arenacea, in cui dominano le Argille Azzurre.

Il sottosuolo della pianura è stato esplorato in profondità in seguito alla ricerca di idrocarburi (2). In corrispondenza dell'asse della "sinclinale romagnola", tra Forlì e Ravenna, i sedimenti quaternari raggiungono una potenza superiore a 2.000 metri. Procedendo dalla parte più profonda verso il forlivese lo spessore di questo deposito si riduce progressivamente. Nel margine settentrionale della pianura ravennate esso è, infatti, dell'ordine di 1.000 metri e la sua profondità si annulla poco a monte della via Emilia.

I depositi quaternari sono di origine marina nella loro parte più profonda e di maggior spessore, mentre sono costituiti da sedimenti alluvionali nel settore più superficiale.

3. I SEDIMENTI ALLUVIONALI QUATERNARI

3.1. *Stratigrafie disponibili*

Per approfondire le conoscenze in merito ai sedimenti alluvionali della pianura forlimpopolese è stato necessario ricorrere ai dati forniti:

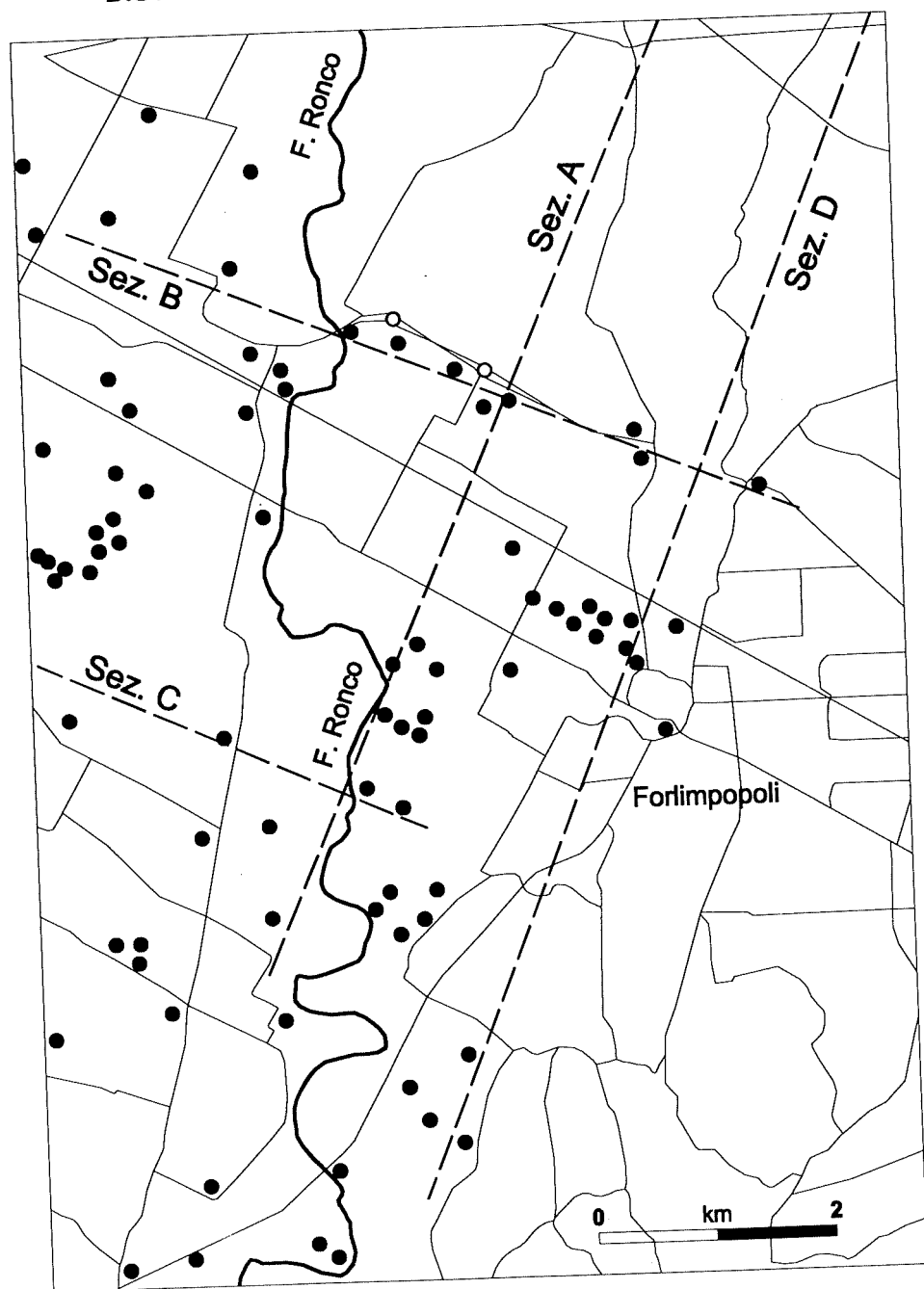
- 1) dalle colonne stratigrafiche di pozzi appositamente perforati per coltivare le falde idriche sotterranee;
- 2) dalle stratigrafie di sondaggi a carotaggio continuo eseguiti a scopo geotecnico.

Al fine di costruire un adeguato modello del sottosuolo e nell'intento di evitare errori di giudizio è opportuno un esame critico preliminare dei dati raccolti.

Per quanto concerne le colonne stratigrafiche dei pozzi acquiferi

(2) ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI, *I giacimenti gassiferi dell'Europa Occidentale*, «Atti del Convegno di Milano 30 settembre - 5 ottobre 1957», Roma, 1959; L. LUCCHETTI, *Tettonica padana*, in «Atti del Convegno di Milano 30 settembre - 5 ottobre 1957», Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, 1959.

DISTRIBUZIONE PLANIMETRICA POZZI E SONDAGGI



● Pozzi o sondaggi

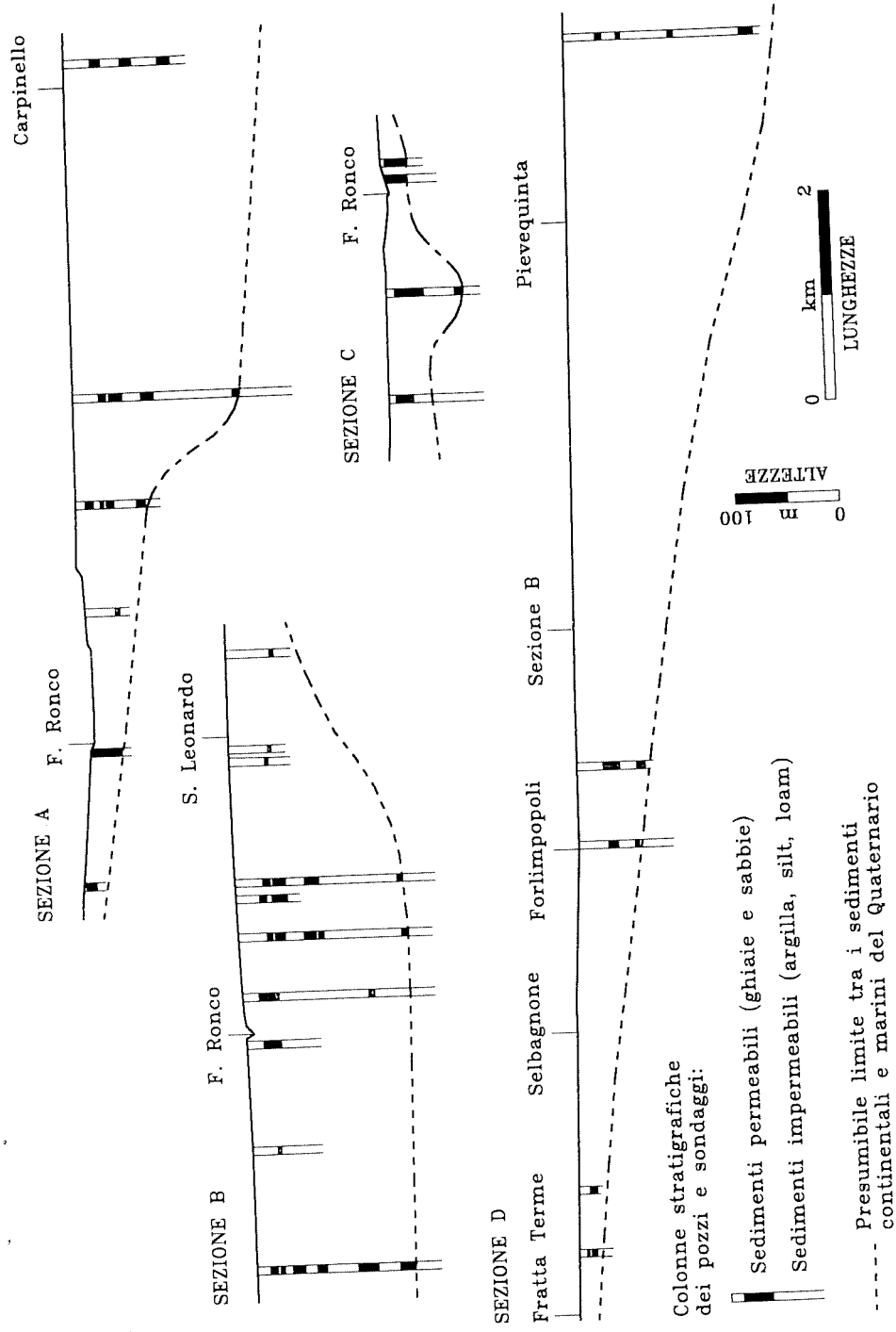
Fig. 1 - Ubicazione planimetria dei pozzi acquiferi e dei sondaggi con stratigrafia nota nel territorio in esame.

si deve tener conto che esse normalmente derivano da terebrazioni eseguite a distruzione e che spesso sono ricostruite, senza adeguata assistenza geologica, da singoli sondatori in base alle variazioni nella resistenza del terreno attraversato, al cambiamento dei frammenti litologici contenuti nei fanghi di perforazione ecc. Si tratta comunque di elementi significativi, che un attento osservatore è generalmente in grado di cogliere data la relativa lentezza esecutiva delle macchine operatrici e la loro moderata distruttività nei confronti di gran parte dei sedimenti.

Le stratigrafie, così ottenute, risentono non solo dei limiti culturali dell'operatore, ma anche del suo scopo primario di individuare, evidenziare e captare falde acquifere artesiane significative, ospitate in depositi ghiaiosi e talvolta sabbiosi, di cui frequentemente gli è già nota a priori la presenza al di sotto di una certa profondità nel sottosuolo. Secondo questo modo di vedere ogni tipo di pelite, o comunque di terreno impermeabile, diviene «argilla» ed è, inoltre, frequentemente trascurata l'attenta ricostruzione dei depositi più superficiali, malgrado il fatto che talvolta ospitano falde freatiche significative, ma rese inutilizzabili dal grado di inquinamento del loro contenuto idrico.

Tra le colonne stratigrafiche di pozzi acquiferi acquisite sono poche, ma utilissime, quelle ricostruite e interpretate su base geologica. In qualche caso esse rappresentano il risultato di vere e proprie campagne di terebrazioni esplorative, eseguite con adeguate carotaggi, rilievi geofisici, prove di portata ed indagini paleontologiche.

Anche la generalità delle stratigrafie dei sondaggi a carotaggio continuo reperite analizza la situazione del sottosuolo attraversato con la necessaria continuità ed in base ad una adeguata competenza tecnica dell'interprete, come imposto dalla motivazione di risolvere precisi problemi geotecnici inerenti le costruzioni. I limiti di questi sondaggi sono però normalmente rappresentati dalla scarsa profondità e dalla limitata interpretazione geologica, fatti questi che, salvo sporadiche eccezioni, li hanno resi praticamente inutili ai fini del presente studio.



Colonne stratigrafiche
dei pozzi e sondaggi:

- Sedimenti permeabili (ghiaie e sabbie)
- Sedimenti impermeabili (argilla, silt, loam)
- Presumibile limite tra i sedimenti continentali e marini del Quaternario

Fig. 2 - Sezioni idrogeologiche del settore considerato della pianura.

Ciò premesso, i dati disponibili sui pozzi acquiferi perforati nella pianura in oggetto e sui sondaggi provengono da Aziende agricole e industriali private, dal C.I.S. di Forlì, dal Consorzio Acque per le Province di Forlì e Ravenna, da Ditte perforatrici (Astolfi, Bonariva, Gambettolese, Savini, Vasini ecc.), dalla Provincia di Forlì-Cesena, dagli Uffici Tecnici dei Comuni di Forlì e Forlimpopoli, da altri Enti regionali e studi.

L'insieme dei dati raccolti, spesso lacunoso per quanto riguarda i parametri geologici e idrogeologici più significativi, ha comunque fornito:

- a) un nucleo relativamente limitato di elementi ben definiti (stratigrafie dettagliate e interpretate geologicamente, portate di alcuni pozzi ecc.);
- b) un elevato numero di dati di scarso rilievo se presi singolarmente, ma abbastanza significativi o utili se considerati nel loro insieme e confrontati con altri elementi noti.

Le portate dei pozzi acquiferi, quando indicate, si riferiscono quasi sempre a misure eseguite in tempi immediatamente successivi alla perforazione e, in genere, rappresentano la somma delle portate di più falde.

3.2. *Conoidi e bassa pianura*

Generalmente i pozzi acquiferi presenti in un territorio non hanno una distribuzione regolare, sono più frequenti nell'alta che nella bassa pianura ove tendono addirittura a divenire sporadici. In proposito, l'area oggetto del presente studio rappresenta un settore di pianura con un deciso addensamento nella distribuzione planimetrica dei pozzi acquiferi.

La loro peculiare distribuzione dipende e, ad un tempo, conferma la distinzione, operata da Lipparini nella zona in esame, tra l'alta pianura subcollinare, o area dei conoidi, e la bassa pianura a valle dei conoidi. L'Autore citato precisa, infatti, che «nel recente passato geologico (Pleistocene), quando la pianura era ancora in parte occupata dal mare, o acquitrinosa, i materiali alluvionali, che i fiumi convogliavano nel loro corso montano, all'uscita in pianura

venivano distribuiti in larghi accumuli ventagliiformi che, dalla forma vagamente conica, vengono detti conoidi. I materiali che li costituiscono - ghiaie, sabbie e argille - vi sono disposti a strati lenticolari, più o meno anastomizzati fra loro. Nel passaggio dall'apparato di conoide alla pianura, i materiali ghiaiosi fanno transizione a sabbie grossolane, poi fini, che in più falde si estendono in tutto il sottosuolo della pianura fino alla costa, costituendo una riserva, non ricca, tuttavia la sola esistente nel sottosuolo della parte "bassa" del territorio». L'Autore citato sottolinea, inoltre, che «nelle aree interposte tra un conoide e l'altro esistevano luoghi di ristagno delle acque fluviali, nei quali si depositavano materiali silteosi e argillosi. Tali aree sono completamente negative dal punto di vista idrico, e in esse l'esperienza ha dimostrato l'inutilità di perforare pozzi» (3).

Nella zona di Forlì e Forlimpopoli, Lipparini (4) riconosce la presenza di tre conoidi, corrispondenti rispettivamente ai fiumi Montone, Rabbi e Ronco, di cui i primi due si fondono nella zona occupata dalla città di Forlì, mentre il terzo resta indipendente occupando un'area compresa tra l'attuale corso del fiume Ronco e la città di Forlimpopoli. In questi conoidi, che poggiano su formazioni marine geologicamente più antiche, spesso praticamente impermeabili, i principali gruppi di strati porosi assorbono e contengono altrettante falde idriche, dotate di pressione per carico da monte. Le acque di falde diverse e sovrapposte, prima di essere eccessivamente emunte, come accade attualmente, tendevano a stabilizzarsi, a pozzo aperto, a un livello statico assai prossimo alla superficie.

3.3. *Situazione definita con la presente ricerca*

I dati acquisiti nella presente ricerca consentono di fornire un'immagine articolata dell'alluvione in esame. In merito al suo spessore ed al suo andamento nel sottosuolo si vedano le quattro

(3) T. LIPPARINI, *Risorse idriche nel sottosuolo della Provincia di Forlì (materiali per uno studio idrogeologico)*, cit., pp. 341-342.

(4) *Ibid.*, pp. 343-345.

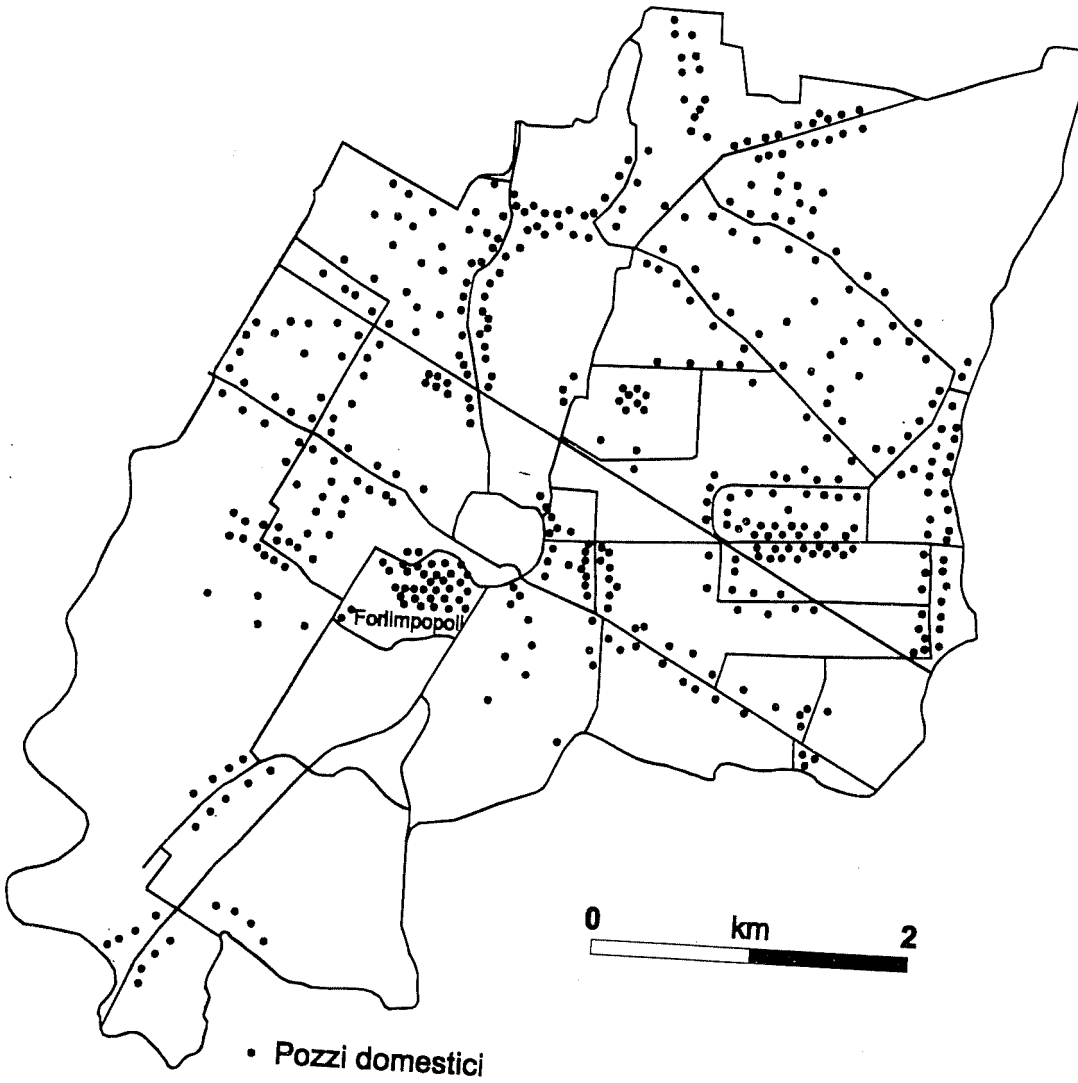


Fig. 3 - Distribuzione planimetrica dei pozzi domestici denunciati presso il Comune di Forlimpopoli.

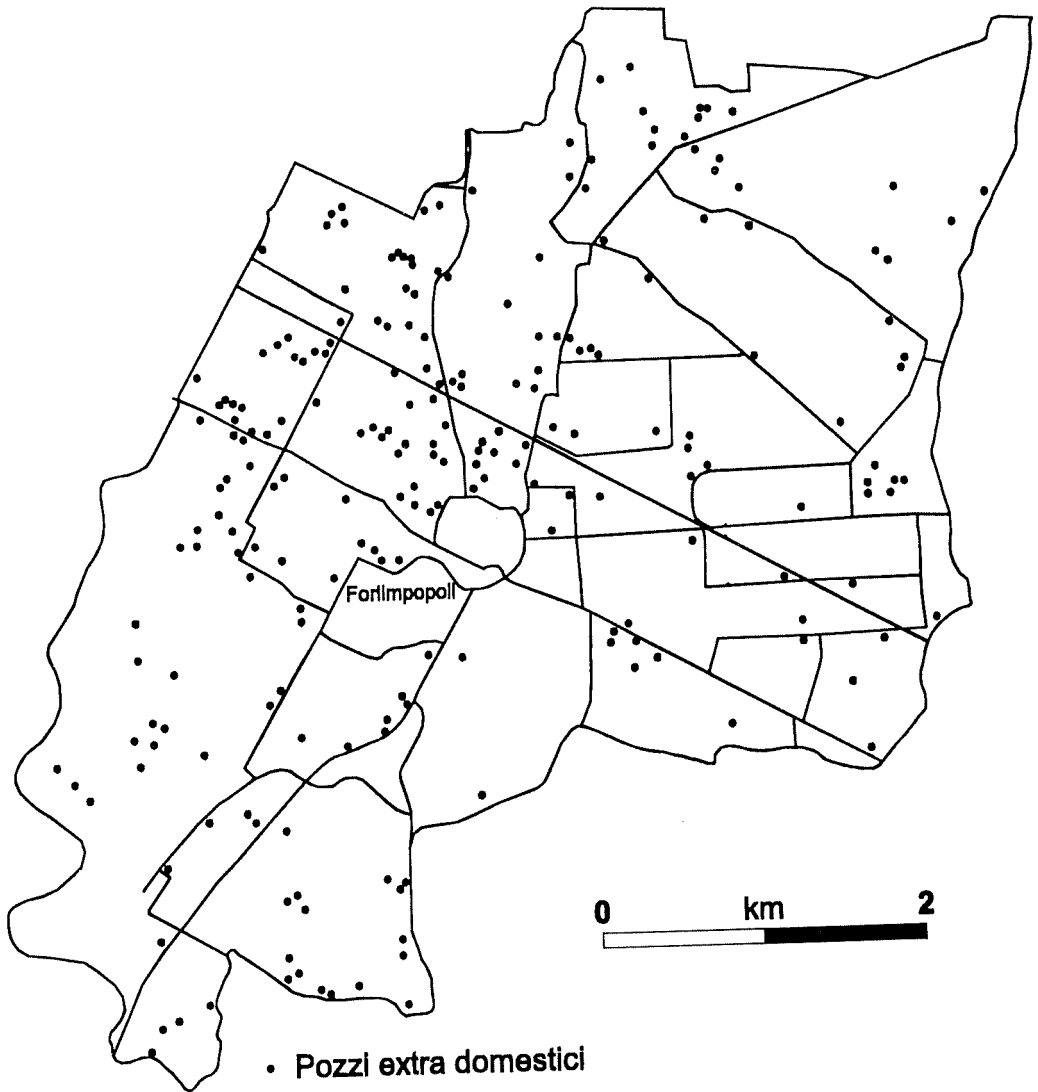


Fig. 4 - Distribuzione planimetrica dei pozzi extradomestici denunciati presso il Servizio Provinciale del Suolo

sezioni geologiche (fig. 2), in cui sono riportati i pozzi con stratigrafia nota, presenti nel territorio considerato e nelle zone contigue, con evidenziati i banchi permeabili sicuramente ben definiti. Non è stato effettuato un organico tentativo di ricostruire l'andamento complessivo dei livelli ghiaioso sabbiosi nel sottosuolo, e quindi delle falde acquifere, in quanto gli elementi disponibili non sono parsi sufficienti. I pochi collegamenti, che riescono facili e si possono fare ad occhio, non sono tali da consentire generalizzazioni non arbitrarie.

Il deposito alluvionale in oggetto poggia su sedimenti marini pleistocenici prevalentemente pelitici. Il suo imbasamento, come indicato nelle sezioni allegate, è stato ricavato tanto dall'insieme delle colonne stratigrafiche disponibili, in cui la serie alluvionale in esame, con le sue tipiche intercalazioni ghiaioso sabbiose, risulta nettamente differenziata dai terreni sottostanti, quanto:

- 1) dai dati forniti dalla cartografia geologica disponibile per la parte di monte dei conoidi;
- 2) dagli elementi riscontrati, ma non sempre ufficializzati in specifiche relazioni, dai geologi del Servizio Geologico d'Italia (Beneo, Lipparini ecc.), che hanno, a suo tempo, assistito gli Enti locali nella prima fase di esplorazione e di utilizzazione dei conoidi;
- 3) dalle notizie fornite dagli studi geologici e micropaleontologici relativi a pozzi esplorativi terebrati nelle parti più profonde ed allora (1973-1974) poco note dei conoidi.

L'insieme delle sezioni proposte, benché non fornisca l'auspicabile quadro particolareggiato del sottosuolo, consente però un buon inquadramento generale della situazione di fatto.

Nelle sezioni A e D si osserva il progressivo approfondimento del deposito alluvionale procedendo dalla zona pedecollinare verso la bassa pianura. A monte lo spessore è di pochi metri ed il sedimento è prevalentemente ghiaioso. Avanzando nel sottosuolo della pianura, i livelli permeabili si digitano, si aprono a ventaglio e la base dell'alluvione scende, più o meno

bruscamente a seconda delle posizioni, fino a profondità dell'ordine di 200 metri rispetto al piano di campagna. A questo punto i livelli permeabili dei conoidi, ben distanziati reciprocamente da siltiti ed argille praticamente impermeabili, tendono a diventare più o meno nettamente sabbiosi. Ai limiti della bassa pianura considerata le intercalazioni porose nella massa alluvionale sono ormai esclusivamente sabbiose e raggiungono profondità dell'ordine di 300 metri rispetto al piano di campagna. A questo punto è probabile che la frangia terminale dei conoidi sia interconnessa con sedimenti lagunari o di spiaggia. Le colonne stratigrafiche disponibili, concernenti la bassa pianura, sono però avare di informazioni in proposito. Anche semplicemente in merito ai vari strati e banchi sabbiosi effettivamente presenti nella serie appaiono poco precise. Evidentemente i sondatori erano concentrati nella ricerca delle scarse falde idriche utilizzabili e non hanno potuto, o saputo, fornire stratigrafie più particolareggiate dei terreni attraversati.

Le sezioni trasversali al conoide (sezioni B e C) mostrano che la "doccia" del Ronco (sezione C), verosimilmente corrispondente ad antica incisione valliva, perde di unicità procedendo verso valle (sezione D) e tende ad unificarsi nel sottosuolo della pianura con la parte più profonda, ma più povera di sedimenti permeabili, dei conoidi del Montone e del Rabbi mostrando un andamento generale rivolto verso nord nord-ovest.

4. RISORSE IDRICHE DEL SOTTOSUOLO

4.1. Le falde acquifere presenti

Nella pianura forlimpopolese, a pochi metri di profondità, è normalmente presente, entro sedimenti sabbiosi o sabbioso limosi, intercalati nei depositi prevalentemente argilloso limosi superficiali, una falda freatica, talvolta semiconfinata, alimentata dalle acque di precipitazione scese più o meno verticalmente nel sottosuolo e dotata di un proprio livello variabile nel tempo.

Dalla carta delle isofreatiche medie annuali del comprensorio interessato dal «Canale emiliano-romagnolo» (5) risulta che, nella pianura in esame, il livello della falda freatica era allora mediamente ad una profondità variabile da 2 a 4 metri rispetto al piano di campagna. Nel testo esplicativo veniva, inoltre, precisato che il livello medio estivo della falda non si discostava eccessivamente da quello medio annuo. Venivano, infatti, indicati scostamenti annuali dalla media generalmente compresi entro i 30 centimetri. Secondo le sporadiche informazioni attualmente disponibili, ora il livello freatico medio avrebbe subito un approfondimento dell'ordine di un paio di metri ed anche le sue oscillazioni risulterebbero più ampie ($\pm 1,5$ metri).

A maggiore profondità nel sottosuolo si presentano, a vari livelli, falde artesiane (in pressione), confinate nella coltre alluvionale da intercalazioni argilloso limose più o meno potenti. Verso l'alto, l'acquifero artesianesimo meno profondo è, a sua volta, separato dalla falda freatica superficiale da sedimenti di questo tipo. Le acque confinate sono comunque dotate di un proprio livello piezometrico, differenziato da quello freatico, ed hanno un'alimentazione essenzialmente laterale in quanto il loro ravvenamento avviene nella parte pedecollinare dei conoidi ad opera delle acque fluviali e subalvee, nonché di quelle di precipitazione.

Le falde confinate e freatiche sono unite nella parte iniziale dei conoidi, prima della loro digitazione nel sottosuolo, dove i sedimenti permeabili sono prossimi alla superficie e dove avviene il ravvenamento. La loro presenza al livello del suolo è particolarmente evidente in corrispondenza degli alvei e dei subalvei fluviali.

La base delle acque dolci, come hanno rivelato i pozzi per la ricerca di idrocarburi (6), è costituita da orizzonti impermeabili o scarsamente permeabili imbevuti di acqua salmastra o salata. Nel territorio in esame l'imbasamento delle acque dolci praticamente

(5) Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano-Romagnolo, *Agricoltura e irrigazione*, Edagricole, Bologna, 1974, pp. 10-15.

(6) ENI, *Acque dolci sotterranee, inventario dei dati raccolti dall'AGIP durante la ricerca di idrocarburi in Italia*, Grafica Palombi, Roma, 1972, pp. 297-507.

coincide con quello dei sedimenti alluvionali. Solo nella bassa pianura, come è già stato detto, è possibile che esse giungano ad interessare anche depositi sabbiosi litoranei.

Nello studio di Lipparini citato erano già state individuate nel sottosuolo dei conoidi di Forlì e Rimini, su base statistica, cinque falde, o gruppi di falde, oltre quella freatica superficiale, ricadenti normalmente alle seguenti profondità rispetto al piano di campagna: 20-30 metri, 50-60 metri, 75-100 metri, 150-170 metri, 240-260 metri (7). Un esame delle stratigrafie raccolte nel presente studio o, più semplicemente, il riscontro dei livelli permeabili acquiferi riportati nelle sezioni allegate, mostra che in proposito la situazione nel territorio in esame risulta ancora più articolata e complessa entro lo spessore fino a 190 metri interessato dalle falde confinate.

Le portate di singoli pozzi acquiferi possono superare i 30 litri al secondo. I valori maggiori si riscontrano nei conoidi, quelli minimi nei depositi della bassa pianura.

4.2. Sfruttamento delle risorse idriche

Lo sfruttamento delle risorse idriche del sottosuolo in esame è certamente eccessivo a causa dei prelievi di acque ad uso potabile, industriale ed irriguo, che raggiungono punte massime nel periodo estivo. Lo prova il preoccupante e progressivo approfondimento del livello statico dell'acqua, particolarmente evidente in corrispondenza dei conoidi, ma significativo nell'intera pianura (8).

Un recente censimento (figg. 3 e 4), basato sulle denunce di pozzi effettuate per legge presso i Comuni ed il Servizio per la Difesa del Suolo di Forlì, ha rivelato, ad esempio, una densità di 31 pozzi per chilometro quadrato nel territorio del Comune di Forlimpopoli (9). Tale densità scende a circa 10 pozzi per chilome-

(7) T. LIPPARINI, *Risorse idriche nel sottosuolo della Provincia di Forlì (materiali per uno studio idrogeologico)*, cit., p. 336.

(8) In merito alla problematica generale delle risorse idriche nel quadro regionale si rimanda allo studio dell'IDROSER, *Progetto di piano per la salvaguardia e lo sviluppo ottimale delle risorse idriche in Emilia-Romagna, Relazione generale*, Regione Emilia-Romagna, Bologna, 1977.

(9) Poiché si tratta di denunce individuali, è molto verosimile che i dati citati forniscano solo un'approssimazione per difetto della situazione reale.

tro quadrato nel caso si considerino solo i pozzi artesiani (in massima parte extradomestici). Poiché questa situazione riguarda un settore marginale del conoide del Ronco, non è pensabile che tale densità diminuisca nella parte più profonda ed importante di questa struttura, che è interessata dalla zona industriale di Forlì-Forlimpopoli e dai principali prelievi ad uso agricolo, industriale e potabile del forlivese.

Nella fig. 5 è rappresentata la frequenza delle profondità dei pozzi freatici del corrispondente territorio di Forlimpopoli. In mancanza di altri elementi stratigrafici, la profondità di ciascun pozzo è un indice delle falde utilizzate, perché normalmente le perforazioni si arrestano poco dopo aver superato il livello acquifero da sfruttare.

Si tenga presente che i pozzi più profondi, considerati nel diagramma riportato nella fig. 5, verosimilmente possono già interessare acque semifreatiche o addirittura raggiungere l'acquifero confinato più superficiale.

Nell'utilizzazione dei livelli artesiani le captazioni, che spesso hanno posto in collegamento i vari livelli disponibili, si sono spinte alla coltivazione di falde sempre più profonde, fino a raggiungere in pratica ovunque l'imbasamento delle acque dolci. L'altezza piezometrica artesianiana si è in generale ridotta, mentre le maggiori depressioni si sono costituite in corrispondenza dei settori più profondi, ricchi e sfruttati dei conoidi. Si sono così determinati richiami laterali di acqua dalle parti meno marginali fino a svuotare in tali zone le falde confinate meno profonde o a ridurne decisamente il contenuto idrico.

Un modello di simulazione idrologico, realizzato presso il Dipartimento Metodi e Modelli Matematici per le Scienze Applicate dell'Università degli Studi di Padova (10), tenendo in considerazione sia il naturale regime degli apporti che le variazioni dello sfruttamento delle falde, ha mostrato che nel periodo 1950-1995 si è verificato un

(10) W. BERTONI, G. GAMBOLATI e S. GREGGI, *Qualità delle acque di falda, potenzialità degli acquiferi sotterranei e problemi della subsidenza nella prospettiva dell'uso integrato delle risorse idriche in Romagna*, Romagna Acque, Bologna, 1996.

progressivo abbattimento delle piezometriche, localizzato in prossimità dei centri di maggiore captazione, tra i quali Forlì, «con la formazione di coni di depressione che, nelle zone di maggior emungimento, hanno raggiunto anche punte di 30÷40 metri» (11). La modellistica, in questo caso, ha confermato situazioni già ben note agli utilizzatori delle risorse idriche sotterranee operanti nella zona.

In passato l'eccessivo sfruttamento delle falde, attualmente attenuato dall'entrata in funzione dell'Acquedotto di Romagna, che distribuisce le acque potabili ricavate dall'invaso artificiale montano di Ridracoli (Comune di Bagno di Romagna), ha inciso significativamente sulla situazione ambientale. Si è verificata, infatti, una drastica accentuazione dei fenomeni di subsidenza del suolo, conseguenti alla compattazione della matrice porosa dei sedimenti interessati in seguito alla depressurizzazione degli acquiferi sotterranei. Infatti, quando la piezometrica delle falde confinate, cioè in pressione, si abbassa, «la deformazione di un terreno si esplica con una diminuzione di porosità e questo, per un terreno saturo, comporta l'espulsione di acqua. Nei terreni molto permeabili (*acquiferi*) l'espulsione dell'acqua, e quindi la deformazione, si verifica in pratica contemporaneamente alla depressione. Nei terreni poco permeabili (*acquitardi*) il processo richiede tempi più lunghi, crescenti col diminuire della permeabilità e con il quadrato dello spessore degli strati interessati; il tempo di risposta di uno strato argilloso può essere di anni, ed anche decenni» (12).

In pratica, mentre l'emungimento dalle falde freatiche superficiali può provocare compressioni ed assestamenti differenziali nei terreni prossimi alla superficie, direttamente risentibili anche da singoli edifici, specie se il cono di depressione di uno o più pozzi freatici è in prossimità delle loro fondazioni, il prelievo idrico dalle falde confinate determina invece abbassamenti orizzontali generalizzati del suolo. Le conseguenze di questo fenomeno «sono

(11) *Ibid.*, p. 21.

(12) C. VIGGIANI, *Fattori determinanti e controllo della subsidenza*, in "Atti del convegno «I problemi della subsidenza nella politica del territorio e della difesa del suolo» tenutosi a Pisa il 9-10 dicembre 1978", Pisa, 1978, p. 70.

sensibili solo nell'intorno dei grandi agglomerati urbani ed industriali ed in aree densamente popolate. Raramente vengono riportati casi di dissesti alle costruzioni, e solo in casi eccezionali o per l'entità della subsidenza (come a Città del Messico) o per il tipo di costruzione (come per la torre di Pisa). Più frequenti sono i problemi connessi con le infrastrutture idrauliche e con l'evoluzione e la difesa della costa» (13).

La subsidenza nel territorio in esame è generalizzata, come è evidente nella cartografia in scala 1:25.000, prodotta dalla Regione Emilia-Romagna (14), ma si accentua nelle aree di maggior emungimento. Ad esempio, in corrispondenza dell'ampio cono alluvionale del fiume Ronco e nella zona della pianura, in cui avviene la sua fusione con la parte profonda dei conoidi del Rabbi e del Montone, si riscontra l'area con la massima subsidenza media, dell'ordine di 1,5-2,0 centimetri all'anno dopo il 1970. Essa abbraccia l'intera zona industriale, che si estende da Forlì a Forlimpopoli. Infine l'area, con subsidenza media annua dell'ordine di 1 centimetro, interessa l'intera bassa pianura considerata.

4.3. Ravvenamento delle falde

La riduzione delle disponibilità idriche in seguito all'eccessivo sfruttamento delle falde confinate e la subsidenza indotta dal progressivo approfondirsi del livello statico dell'acqua sotterranea, impongono tanto contenimenti e controlli dei prelievi, quanto interventi in favore della ricarica delle falde. In merito al primo tipo d'intervento, l'entrata in funzione dell'Acquedotto di Romagna, ha cominciato a svolgere un utile, ma non determinante effetto.

Un'ulteriore fondamentale riduzione degli emungimenti dal sottosuolo potrà essere determinata dalla piena utilizzazione delle risorse idriche rese disponibili dalla realizzazione del Canale Emiliano-Romagnolo. In proposito va fatto rilevare che l'eventuale costo dell'acqua utilizzata, sarà comunque compensato dalla

(13) *Ibid.*, p. 66.

(14) Regione Emilia-Romagna, *Sistematizzazione dei dati ambientali del territorio regionale soggetto a subsidenza (legge 845/80)*, 1994, inedito.

Distribuzione delle profondità dei 510 pozzi freatici di Forlimpopoli

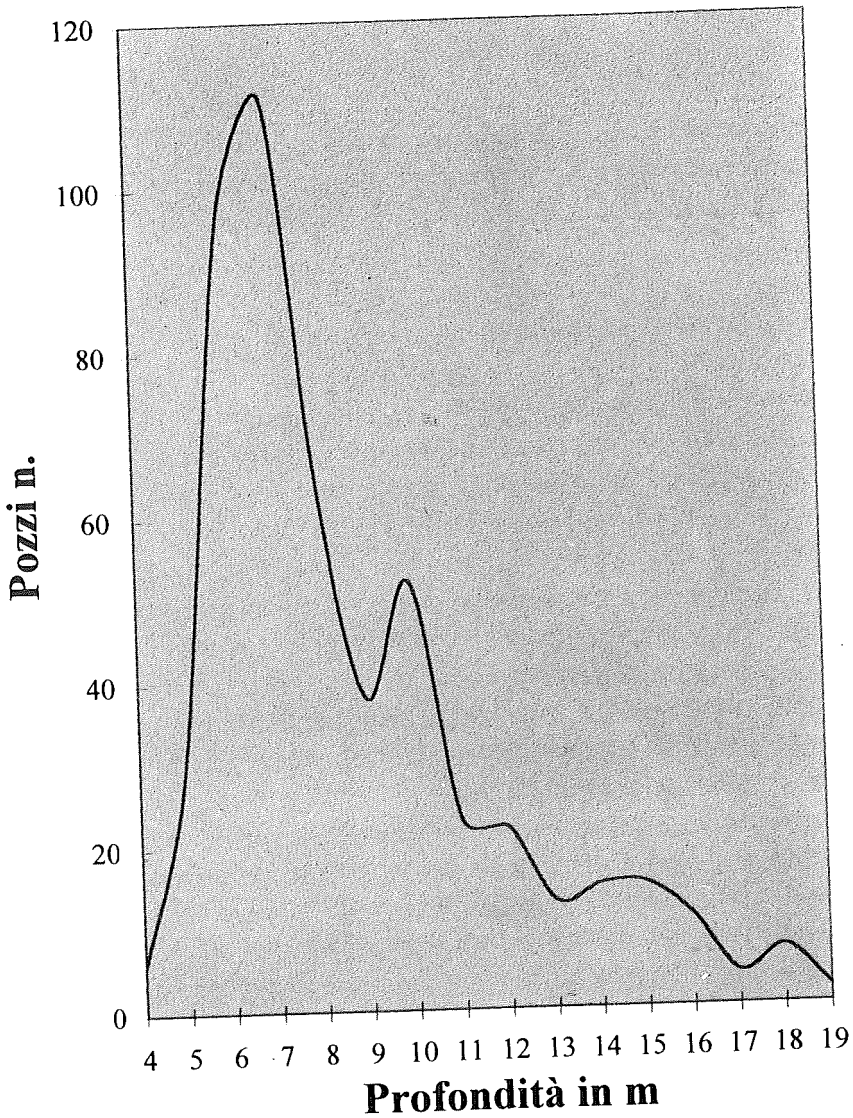


Fig. 5 - Frequenza delle profondità dei pozzi con falda non confinata o talvolta semiconfinata nel territorio di Forlimpopoli.

riduzione del danno ambientale diretto ed indiretto dovuto alla subsidenza ed al depauperamento incontrollato delle risorse idriche sotterranee.

Riguardo al ravvenamento delle falde pare opportuna essenzialmente la seguente duplice azione:

- 1) aumentare o rendere più costante la penetrazione delle acque fluviali e subalvee nei sedimenti ghiaiosi superficiali della parte più alta dei conoidi, provocando un innalzamento permanente del loro livello mediante la costruzione di briglie e di altre opere idrauliche;
- 2) incrementare artificialmente le penetrazioni idriche nel sottosuolo, sempre nel settore pedecollinare dei conoidi, attraverso la realizzazione di opportuni bacini di ravvenamento e l'uso di un apposito sistema di pozzi di immissione.

Il primo tipo di intervento è volto soprattutto a contrastare gli effetti dell'approfondimento, relativamente recente, degli alvei fluviali, che, ai piedi della collina ed in seguito ad erosioni in profondità, hanno abbandonato i sedimenti ghiaiosi superficiali e sono giunti ad incidere le rocce basali, praticamente impermeabili. Si è così generata una situazione in cui le acque fluviali e subalvee, durante gran parte dell'anno, non solo non alimentano più le ghiaie delle parti alte dei conoidi, ma addirittura le drenano. Nei periodi più ricchi di acque, per le stesse ragioni, l'alimentazione è minore.

La definizione del tipo e delle modalità della ricarica artificiale delle falde, costituisce un notevole problema idrogeologico e ingegneristico da studiarsi preventivamente fino nei più minuti particolari. I vantaggi di quest'intervento, in aggiunta a quelli prodotti dalla riduzione degli emungimenti determinata dall'utilizzazione delle acque del Canale Emiliano-Romagnolo, sarebbero in ogni caso presto evidenziati dall'arresto della subsidenza. Cesserebbe, inoltre, la corsa allo sfruttamento di falde sempre più profonde a causa dall'esaurimento di quelle più superficiali e potrebbe essere resa equilibrata l'utilizzazione delle acque sotterranee, destinandole, se idonee, esclusivamente all'uso potabile.

Per un equilibrato uso delle risorse idriche del sottosuolo, entro i limiti del processo naturale o artificiale di ricarica in atto, appare, in ogni caso, necessario un attento controllo dei prelievi.

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nel presente lavoro, mediante la raccolta e l'elaborazione di un'ampia gamma di dati, è stata esaminata la situazione dei sedimenti alluvionali della pianura forlimpopolese, evidenziando le modalità del loro approfondimento via via che si procede dalle zone pedecollinari verso la bassa pianura. Ai piedi della collina i terreni ghiaioso sabbiosi, presenti in questi sedimenti continentali, sono, infatti, praticamente in superficie e sono solcati dagli alvei fluviali. Procedendo verso la pianura, essi si immergono gradualmente nel sottosuolo, si aprono a ventaglio in senso orizzontale e si digitano in profondità in più livelli ramificati, distanziati l'uno dall'altro da intercapedini di terreni argillosi praticamente impermeabili di spessore sempre maggiore. Anche verso la superficie questi sedimenti permeabili sono coperti da una potente coltre prevalentemente argilloso limosa, variamente arricchita nell'immediato sottosuolo da livelletti sabbiosi o sabbioso limosi.

È stata, inoltre, presa in considerazione la situazione delle risorse idriche del sottosuolo, considerando il loro grado di sfruttamento e le relative conseguenze. Sono stati, infine, indicati gli interventi che appaiono più opportuni per migliorare e rendere più equilibrata l'utilizzazione delle acque sotterranee locali.