

Prof. MARIO CANAVARI
della R. Università e della R. Scuola d'Ingegneria - Pisa

MANUALE
DI
GEOLOGIA TECNICA

con speciale riguardo alle applicazioni per l'Ingegneria

Con 3 tavole separate, 3 tavole e 521 figure interc., quasi tutte originali

PISA
ARTI GRAFICHE NISTRI
1928

Ravvenamento o produzione artificiale di acque sotterranee.

1. Osservazioni preliminari. — 2. Osservazioni ed esperienze di ravvenamento nella direzione orizzontale. — 3. Un esempio del primo modo. Filtrazione naturale permanente provocata dal rialzamento del livello dell'acqua del fiume Meno. — 4. Secondo modo di provocare filtrazione naturale permanente delle acque di un fiume nel limitrofo terreno permeabile, mediante abbassamento del livello dell'acqua freatica. — 5. Ravvenamento dell'acqua freatica. — 6. Schema di un sistema teorico di ravvenamento. — 7. Caratteristiche del ravvenamento nella unità di superficie mediante costruzione di bacini superficiali scavati in mezzi permeabili. — 8. Quantità di acqua che può essere infiltrata per il ravvenamento. — 9. Ravvenamento mediante costruzione di pozzi assorbenti che arrivino sino alla falda freatica sotterranea. — 10. Cenno di ravvenamento di acqua artesianica per mezzo di pozzi assorbenti. — 11. Obbiezioni al metodo del ravvenamento.

§ 1. **Osservazioni preliminari.** — La parola **ravvenamento**, che nel significato letterale vuol dire **ravvivare le vene**, fu adoperata in questo senso, e più precisamente riferendosi alle acque freatiche, dal valente idrologo igienista prof. GUSTAVO GASPERINI (*). Essa corrisponde alla espressione tedesca *künstliche Grundwasserherstellung*, produzione o fabbrica artificiale di acque sotterranee.

Il metodo è basato sopra i noti processi della filtrazione già usati in molti impianti per purificare le acque superficiali e renderle buone per la potabilità. Se non che qui il filtro è rappresentato da terreno permeabile così come si trova in natura, e in modo che l'acqua da filtrare possa essere indirizzata o nel senso verticale o in quello orizzontale. Si comprende facilmente che, in tal modo e in ambedue i casi, e quando il terreno si presti, si ha la possibilità di creare filtri in posto di centinaia di metri di spessore — ciò che non si potrà mai ottenere mercè costruzione di bacini artificiali filtranti — e di essere certi pertanto, salvo speciali precauzioni, della completa purificazione dell'acqua che andrà ad aumentare quella esi-

(*) « Il termine **ravvenamento** — scrive il prof. G. GASPERINI in una lettera in data 5 dicembre 1925 indirizzata all'autore di questo libro — l'ho per la prima volta usato fino dal 1908 nei rapporti ufficiali al Comune e alla autorità prefettizia quando sostenni la necessità di attuare il **ravvenamento** per Firenze. Poi l'ho usato durante tutte le discussioni fatte alla Società toscana d'Igiene e nelle conferenze alla Pro-cultura. Mi fu suggerito dal modo con cui fino dal 1905 avevo visto gonfiare le vene delle sorgenti di S. Lorenzo, lungo la Pescia, quando vi capitavano in giuoco le acque di un gorile. Ritengo di esser stato il primo ad usare detto termine in quanto ignoro se altri l'abbia usato prima di me ».

stente sotterraneamente con un vero e proprio processo di filtrazione naturale.

Questo ravvenamento si può effettuare tanto per le acque freatiche, di cui abbiamo già parlato, quanto per quelle artesiane delle quali diremo in seguito.

È stato opportunamente osservato che quando non sia possibile ottenere quantità notevoli di acqua potabile per alimentare grandi città, due sono le vie possibili da seguire: o quella della costruzione di speciali bacini artificiali di filtrazione per acque superficiali di fiumi o di laghi — il quale procedimento è abbastanza diffuso nelle regioni povere di sorgenti copiose — oppure quella di aumentare con speciali impianti le provvisioni naturali delle acque sotterranee.

La prima via cade nel campo dell'igiene e della ingegneria sanitaria; la seconda, che è quella del ravvenamento, cade per la maggior parte nel campo della idrogeologia; perciò di questa soltanto noi qui ci occuperemo.

§ 2. Osservazioni ed esperienze di ravvenamento nella direzione orizzontale. — Le prime osservazioni ed esperienze in quest'ordine di studi furono fatte in vicinanza dei fiumi.

Noi abbiamo già detto (*) che i livelli dell'acqua freatica e dell'acqua di un fiume limitrofo con alveo su rocce alluvionali permeabili, si influenzano reciprocamente e in modo che il fiume si può comportare o come alimentatore o come emungitore della falda freatica secondo che il livello delle sue acque sia rispettivamente a quota più alta o a quota più bassa di quello dell'acqua freatica stessa. Noi sappiamo anche che queste differenze di quota sono generalmente ed annualmente variabili e dipendono dal regime dei singoli fiumi in connessione principalmente con l'andamento delle piogge e delle condizioni atmosferiche e quindi delle stagioni. È naturale pertanto che se noi potremo eliminare con opportune opere le influenze stagionali e riuscire così ad ottenere che il livello dell'acqua del fiume rimanga sempre a quota più alta di quello dell'acqua freatica, noi avremo raggiunto lo scopo di provocare una continua penetrazione dell'acqua del fiume verso la falda freatica. Evidentemente si potrà arrivare a questo risultato in due modi diversi:

a) — Rialzando permanentemente il livello delle acque fluviali;

b) — Abbassando permanentemente il livello della falda freatica.

§ 3. Un esempio del primo modo. Filtrazione naturale permanente provocata dal rialzamento del livello dell'acqua del fiume Meno. — Vicino alla città di Schweinfurt (Baviera) situata presso il fiume Meno, un'antica diga attraversa

(*) Si veda: Parte terza. *Idrogeologia*, cap. VIII, § 10, pag. 483, fig. 289, 290.

questo fiume in modo da rialzare a monte il livello dell'acqua. Fu provocata così una infiltrazione continua delle acque fluviali verso il limitrofo terreno alluvionale permeabile, a monte della diga stessa: al di sotto della diga, cioè a valle, le acque rientravano invece nell'alveo del fiume come è indicato nella intercalata fig. 300. Il fenomeno dipendeva dal fatto che a monte della diga il

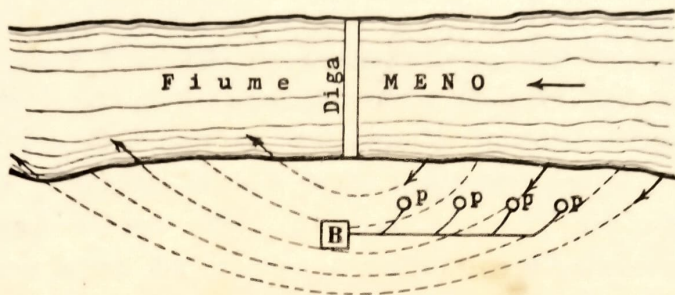


Fig. 300. — Schema dell'andamento della filtrazione provocato sui terreni alluvionali presso il fiume M e n o per la costruzione della diga che rialzò a monte il livello del fiume. — Da J. G. RICHERT, *Die Grundwasser* ecc., pag. 54, fig. 47.

livello dell'acqua del fiume era più alto, a valle più basso di quello dell'acqua freatica.

Nei pozzi indicatori ($p \dots p$) fu osservato poi che le acque del fiume si mescolavano gradualmente con quelle freatiche. Siccome la costruzione della diga rimonta ad alcuni secoli e l'infiltrazione dell'acqua del fiume verso terra, ed il ritorno di essa nel fiume si sono continuati sempre, veniva ad essere dimostrato per lunga esperienza che la velocità del fiume era sufficiente per tener pulito l'alveo da qualsiasi possibile infangatura e per lasciar così filtrare l'acqua nel terreno permeabile adiacente. Quindi il letto del fiume funziona in questo esempio come un mezzo filtrante naturale, con la condizione però che non sia provocato un eccessivo aumento di velocità della corrente sotterranea mediante forti emungimenti artificiali di acque dai pozzi costruiti. Sino a qual punto sia possibile aumentare la velocità senza dar luogo a seri inconvenienti igienici e di infangatura e quindi aumentare contemporaneamente la quantità dell'acqua erogata, è cosa che non può essere determinata che con lunghe ed accurate esperienze.

§ 4. Secondo modo di provocare filtrazione naturale permanente delle acque di un fiume nel limitrofo terreno permeabile, mediante abbassamento del livello dell'acqua freatica. — Questo modo può attuarsi mediante costruzione di gallerie filtranti, vicine e parallele all'alveo di un fiume, con l'avvertenza però che il piano della galleria sia situato ad una profondità tale da non essere inferiore a quella corrispondente alle massime magre proprie del fiume

stesso e determinate da periodi di tempo sufficientemente lunghi.

In ogni modo però se la galleria filtrante si costruisse così profonda da determinare velocità notevoli dell'acqua richiamata dal vicino fiume, può accadere che la galleria stessa, dopo un certo tempo, cessi di funzionare per infangatura o insabbiamento del mezzo filtrante: i pori cioè di questo mezzo si chiuderanno.

Le più importanti osservazioni in riguardo a tale fenomeno, che si manifestò nella presa di acqua per la città di Essen nella Ruhr (Germania) (*), si devono all'ing. A. THIEM. Una parte della galleria di raccolta situata sulla riva sinistra della Ruhr, costruita troppo profonda, ben presto non emungeva più acqua; nella parte meno profonda l'infiltrazione avveniva più lentamente; il fango sabbioso non poté esser trascinato; esso si deponne nell'alveo del fiume e in seguito era asportato dalla corrente stessa.

Il THIEM riconosciuto pertanto che il buon funzionamento di una galleria filtrante in terreno permeabile, prossimo ad un corso di acqua, dipende da una certa differenza di altezza tra il fiume e la posizione della galleria stessa, cercò, mediante esperienze su grande scala, di determinare questa differenza, corrispondente al valore del cadente o della pendenza i , che, sostituito nella nota formola:

$$v = k i$$

rendeva possibile, quando fosse preventivamente determinato il coefficiente k , costante del terreno (**), di stabilire la velocità v in modo tale che il mezzo filtrante rimanesse sempre efficace, evitando così il pericolo di una possibile ostruzione dei pori in conseguenza di una velocità maggiore.

§ 5. Ravvenamento dell'acqua freatica. — Le osservazioni e le esperienze citate, le quali dimostravano la possibilità di poter richiamare nel sottosuolo le acque di vicini fiumi, fecero sorgere l'idea di un ravvenamento delle provviste di acque freatiche (o artesiane). Questo scopo è stato raggiunto mediante costruzione di speciali bacini o pozzi d'infiltramento ove viene inviata acqua superficiale, la quale, penetrando poi gradatamente nel sottosuolo stesso, va ad aumentare la disponibilità di quella che vi esiste naturalmente (**).

(*) J. GUST. RICHERT. *Die Grundwasser* ecc., pag. 55.

(**) Si veda: Parte terza. *Idrogeologia*, Cap. V, § 5, pag. 426.

(***) G. GASPERINI. *Le acque sotterranee delle alluvioni derivate presso i fiumi e la loro utilizzazione a scopo potabile*, pag. 81. Estratto dagli *Atti della Soc. d'Igiene*, vol. XIII, 1909. Firenze, 1910.

I provvedimenti che si usano al riguardo dipendono soprattutto dalla natura litologica del terreno soprastante alla falda acquifera sotterranea.

Si ricordi nel caso di acque freatiche che il terreno superiore ad esse e in diretta comunicazione con l'esterno deve risultare permeabile, nel significato proprio della parola.

È evidente che noi potremo provocare nel sottosuolo infiltrazione di acqua superficiale in due modi:

a) — Mediante costruzione di bacini superficiali scavati nel mezzo permeabile;

b) — Mediante costruzione di pozzi nello stesso mezzo permeabile e arrivanti sino alla falda freatica sotterranea.

Avvertiamo poi che quando l'acqua che si avvia verso questi bacini si presentasse torbida, allora si potrebbe far passare per bacini a fondo impermeabile perchè fosse decantata e chiarificata prima di essere inviata nelle vasche di penetrazione.

Conoscendo poi la direzione del movimento della corrente freatica, preventivamente determinata con i metodi già esposti (*), si costruiscono pozzi a valle dei bacini d'infiltrazione e da questi distanti anche alcune centinaia di metri, secondo l'esperienza e le indagini batteriologiche e chimiche consigliano. Da questi pozzi si procede finalmente alla estrazione dell'acqua mediante pompatura cercando di contemperare la portata con le condizioni biochimiche controllate dell'acqua medesima.

Analoghe precauzioni si devono avere quando l'acqua si fa infiltrare per mezzo di pozzi che arrivino sino alla falda freatica esistente.

§ 6. Schema di un sistema teorico di ravvenamento. — Ricordiamo anzitutto che la prima idea di aumentare (ravvenare) artificialmente la provvista di acque freatiche, quando queste non si ritengano sufficienti per determinati scopi, si deve all'ing. A. THIEM. Egli infatti sin dall'anno 1888, progettò di alimentare con acqua freatica ravvenata un acquedotto richiesto dalla città di Stralsund, Germania settentrionale. Una derivazione da un vicino lago avrebbe dovuto condurre acqua in speciali bacini scavati in terreno sabbioso e quindi filtranti. L'acqua filtrata, dopo un certo percorso sotterraneo, sarebbe stata estratta con pompa dai pozzi costruiti a valle dei suddetti bacini.

Il sistema teorico sul quale si sarebbe svolto il progetto compilato, e che non fu però messo in esecuzione, è stato espresso schematicamente da DEBAUVE e IMBEAUX con le figure qui intercalate (fig. 301, 302) (**). Come si vede dalla fig. 301 (sezione trasversale), l'acqua da infiltrare nel bacino B è derivata da

(*) Si veda: Parte terza. *Idrogeologia*, Cap. V, § 11, pag. 432.

(**) A. DEBAUVE et ED. IMBEAUX. *Assainissement des Villes. Distributions d'eau*, pag. 463, fig. 202. Paris, 1906.

un vicino fiume F mediante condotta: essa, penetrando poi nel terreno, determinerà innalzamento del livello della falda freatica naturale; a valle del bacino

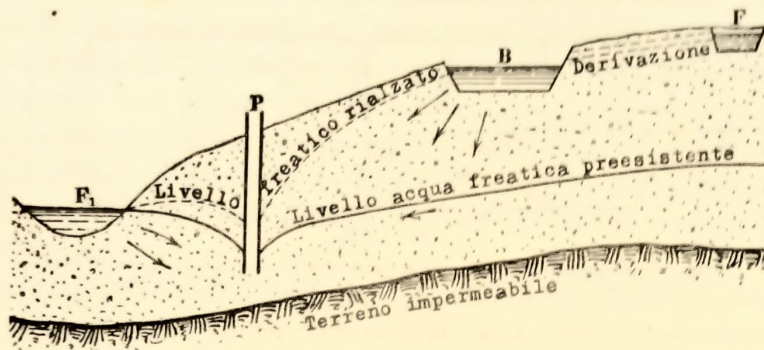


Fig. 301. — Schema di ravvenamento secondo DEBAUVE e IMBEAUX. Sezione trasversale.

d'infiltrazione vengono quindi perforati pozzi (P) dai quali sarà estratta, mercè pompe, l'acqua necessaria ad alimentare l'acquedotto.

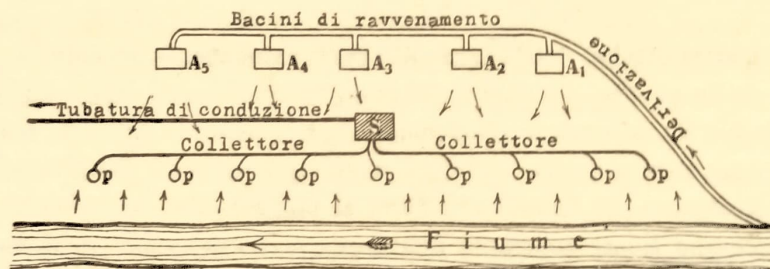


Fig. 302. — Schema di ravvenamento secondo DEBAUVE e IMBEAUX. Planimetria.

La fig. 302 rappresenta schematicamente la planimetria del sistema.

Il RICHERT (*), seguendo gli stessi concetti sul ravvenamento espressi dall'ing. A. THIEM, li applicò nella redazione di alcuni progetti per provvisionare con buona acqua potabile alcune città della Svezia, e che furono poi eseguiti con buonissimi risultati. La Svezia infatti è una regione che presenta ottime condizioni geologiche per la costruzione di bacini d'infiltrazione, poichè su ampie estensioni superficiali affiorano terreni sabbiosi permeabili in connessione diretta con le sotto-

(*) J. GUST. RICHERT. *Die Grundwasser* ecc., Kap. III. *Einige in Schweden ausgeführte hydrologische Untersuchungen*, pag. 80.

stanti acque freatiche e che presentano le migliori condizioni per la costruzione di bacini filtranti, mentre poi abbondano le acque superficiali da convogliarsi in

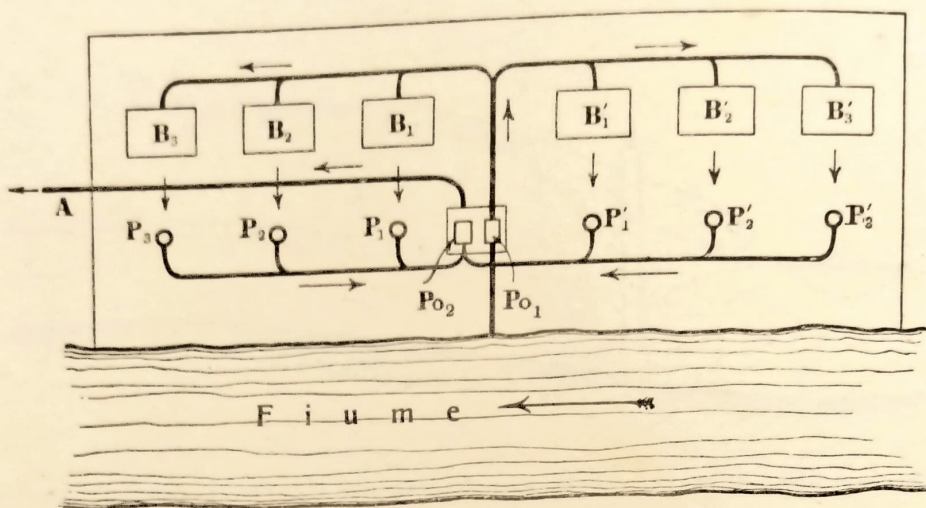


Fig. 303. — Schema di ravvenamento (planimetria) secondo J. GUST. RICHERT. *Die Grundwasser* ecc., pag. 60, fig. 53.

essi. È riprodotto qui con la intercalata fig. 303 lo schema che egli ha dato per consimili impianti (*).

§ 7. **Caratteristiche dell'acqua di ravvenamento.** — Risulta da quanto è stato esposto fin qui che l'acqua di ravvenamento non è altro che acqua superficiale filtrata la quale evidentemente corrisponde a qualsiasi acqua fornita da un comune filtro a sabbia. Come in questo processo di purificazione, si constata che il numero dei batteri si riduce al minimo, che le sostanze organiche le quali potevano essere contenute nell'acqua prima della filtrazione hanno subito speciali trasformazioni chimiche, che la temperatura si uniforma con quella dell'acqua freatica, purchè i pozzi di estrazione sieno ad una sufficiente distanza dai bacini o pozzi d'infiltrazione. Quest'acqua si modifica sempre più a mano a mano che aumenta questa distanza; anche i batteri residuali possono scomparire, le sostanze organiche si cambiano in composti del tutto innocui, la temperatura diviene quasi costante e quest'acqua artificiale non solo si identifica con la preesistente acqua freatica, ma, secondo l'esperienza di RICHERT, è migliore anche di questa per contenere meno composti chimici e minori impurità. « Difatti tali impurità dipendono — come giustamente osservò RICHERT medesimo — dal tempo durante il quale l'acqua fu in contatto col terreno e dal tenore in acido carbonico del terreno stesso. L'età dell'acqua freatica artificiale può rimontare ad alcune settimane, mentre quella freatica naturale e preesistente rimonta anche ad anni. Nella infiltrazione dell'acqua di un bacino viene assorbito pochissimo acido carbonico,

(*) J. GUST. RICHERT. *Op. cit.*, pag. 60, fig. 53.

mentre in quella lentissima dell'acqua piovana ne può essere assorbito in grandi quantità » (*).

§ 8. Quantità di acqua che può essere infiltrata per il ravvenamento nella unità di superficie mediante costruzione di bacini superficiali scavati in mezzi permeabili. — Quando si costruisce una vasca d'infiltrazione in terreno permeabile e si ricopre il fondo con uno strato di sabbia fine da filtro, con lo scopo di ottenere buone condizioni per sicura purificazione dell'acqua, allora una superficie piccola d'infiltrazione, come diremo, può essere sufficiente per determinare forti correnti discendenti di acqua che andrà ad aumentare quella freatica naturale.

Supponiamo infatti, per seguire l'esempio dato dal RICHERT (**), che si abbia un piccolo bacino d'infiltrazione di un metro quadrato di superficie, profondo m. 1,50. Se riempito di acqua si constata che dopo 24^h si essicca, ciò vorrà dire che, mantenendo sempre pieno il detto bacino mediante influsso continuato proveniente da una prossima raccolta superficiale di acqua (fiume o lago), noi avremo che la velocità giornaliera di infiltrazione sarà appunto di m. 1,50: perciò il bacino lascerà penetrare annualmente nel sottosuolo una colonna di acqua dell'altezza, in cifra tonda, di almeno m. 500 ($m. 1,50 \times 365 = m. 547,50$).

Se poi si suppone che la media annuale pluviometrica della regione considerata sia di un metro e che il coefficiente di assorbimento del terreno superficiale permeabile, in diretta comunicazione con quello contenente l'acqua freatica, sia 0,5, ne consegue che l'acqua infiltrata artificialmente corrisponderebbe, a parità di superficie, a 1000 volte quella proveniente dalle piogge. Quindi, nella supposizione suddetta, tutt'altro che esagerata e che rientra anzi nel campo delle maggiori probabilità, un bacino di assorbimento di un ettaro (= 10 000 m.²) potrebbe far penetrare nel terreno tanta acqua quanta se ne otterrebbe da una superficie di km.² 10, sulla quale la media pluviometrica annuale fosse, come abbiamo detto, di un metro.

Si comprende perciò l'importanza che nella pratica, ed anche sotto l'aspetto economico, presenta un consimile metodo di ravvenamento e quando, dovendo ricorrere per uso della potabilità all'acqua freatica, si riconosca l'insufficienza di quella esistente naturalmente nel terreno.

§ 9. Ravvenamento mediante costruzione di pozzi assorbenti in mezzi permeabili che arrivino sino alla falda freatica sotterranea. — Questo metodo di ravvenamento può aver luogo costruendo pozzi verticali sino all'incontro della falda freatica e avviando poi in essi, mediante speciali condotture, l'acqua di un vicino corso di acqua, oppure l'acqua di un bacino artificiale decantata e chia-

(*) J. GUST. RICHERT. *Die Grundwasser* ecc., pag. 58.

(**) Id. L. cit., pag. 56.

rificata, con fondo perciò impermeabile e ricoperto di uno strato di spessore conveniente di buona sabbia da filtro. Anche in questo caso l'acqua verrà poi estratta da pozzi situati a valle della corrente sotterranea e ad una distanza tale dai pozzi assorbenti che l'acqua infiltrata possa assumere le caratteristiche biochimiche di quella freatica naturale e che solo l'esperienza potrà determinare con sicurezza.

§ 10. Cenni di ravvenamento di acqua artesianiana per mezzo di pozzi assorbenti. — Questo metodo potrebbe essere usato per ravvenare le acque in tensione, particolarmente quando la forza ascensionale di queste non sia sufficiente per farle defluire naturalmente dalla superficie del terreno. Se l'acqua fosse liberamente defluente e fosse necessario un qualche ravvenamento della falda profonda, sarebbe necessario che l'acqua di penetrazione da immettere arrivasse nel pozzo

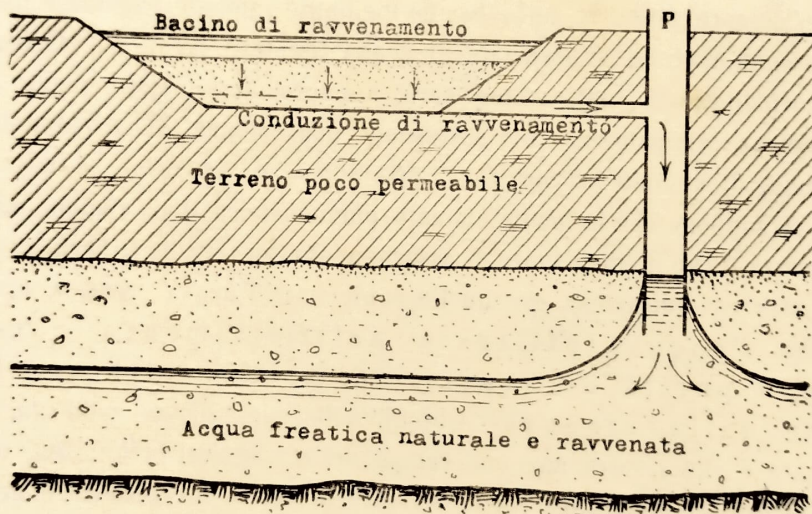


Fig. 304. — Schema di ravvenamento per mezzo di pozzi assorbenti.

a quota più alta del livello piezometrico: la qual cosa si potrebbe ottenere innestando tubi sporgenti sul terreno fino a quota superiore a quella della erogazione naturale, cioè sin sopra al livello piezometrico: solo in tal modo potrà prodursi l'assorbimento dell'acqua che potrà essere condotta con qualche speciale mezzo meccanico sino all'apertura del pozzo.

Si avverta che tale metodo di ravvenamento è però consigliabile solo per i cosiddetti pozzi assorbenti propriamente detti, per quei pozzi cioè nei quali il livello piezometrico si trova al disotto della quota del terreno, entro i quali cioè l'acqua, pur salendo da zone più o meno profonde, non ha la forza necessaria e sufficiente per potere arrivare a defluire naturalmente dal piano di campagna. Oppure può servire per ravvenare acque freatiche speciali come quelle che possono presentarsi nelle condizioni espresse dalla fig. 304 intercalata.

§ 11. **Obbiezioni al metodo del ravvenamento.** — Le due principali obbiezioni sollevate su questo metodo sono le seguenti:

1) — Che i pozzi nel terreno permeabile filtrante sieno per essere ostruiti dalla melma trascinata eventualmente dall'acqua che filtra, dopo un certo tempo di esercizio del bacino costruito;

2) — Che l'acqua infiltrata possa spandersi talmente nel terreno da non potersi usufruire altro che in parte dai pozzi costruiti a valle dei bacini di ravvenamento.

In riguardo alla prima obbiezione RICHERT (*) risponde che il pericolo d'infangatura non è più grande di quello di un comune bacino filtrante ben tenuto, quindi trascurabile.

Si deve avvertire poi che quando la velocità d'infiltrazione è piccola, la melma si deposita generalmente sulla superficie inferiore del bacino, dove, come dicemmo, si suol mettere uno strato di buona sabbia da filtro; quindi, quando si notasse una minore infiltrazione, ciò che può essere facilmente e sempre constatato mediante pozzi di controllo, si deve ricorrere alla pulizia del bacino stesso e al

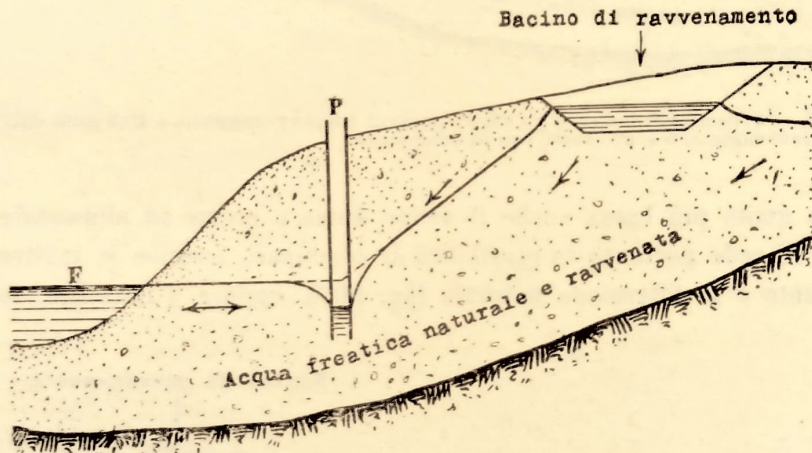


Fig. 305. — Schema degli effetti che può produrre la pompatura sul ravvenamento. — Il pozzo prende tutta l'acqua di ravvenamento.

rinnovamento del materiale di fondo. In ogni modo si può citare in proposito un esempio istruttivo, quello dell'acquedotto di Gotenburg (Svezia) alimentato con ravvenamento di acqua freatica; il bacino filtrante di esso dopo 12 anni di esercizio continuato non richiese alcun lavoro eccezionale di pulizia (**).

Relativamente alla seconda obbiezione si deve notare che, con osservazioni comparative tra il livello dell'acqua il quale si raggiunge mediante pompatura

(*) J. G. RICHERT. *Die Grundwasser* ecc., pag. 58.

(**) *Id.* L. cit., pag. 59.

dentro il pozzo e quello dell'acqua superficiale di un vicino fiume (o lago) verso il quale si dirige la falda freatica, si hanno elementi sicuri per giudicare se tutta l'acqua infiltrata artificialmente o solo in parte viene asportata dal pozzo di estrazione.

Quando, per es., dentro il pozzo il livello dell'acqua si mantiene eguale a quello del vicino fiume, il pozzo prende tutta l'acqua di ravvenamento (fig. 305); quando invece è a quota più alta, una parte non viene utilizzata (fig. 306); quando final-

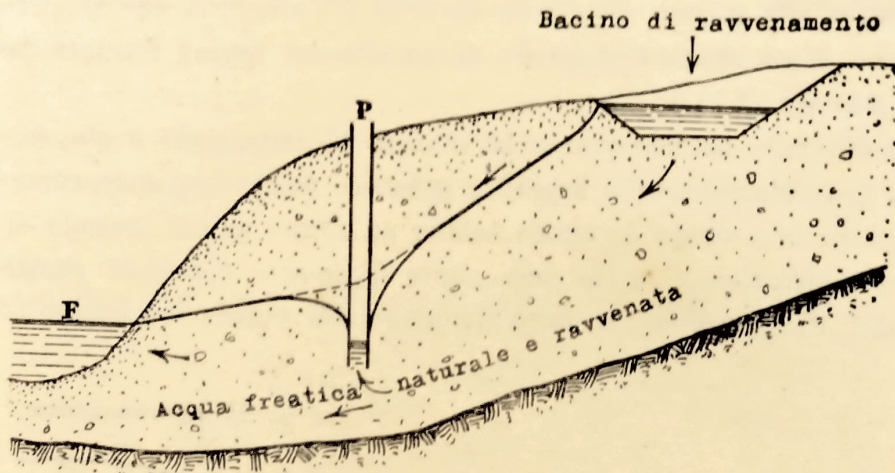


Fig. 306. — Schema per indicare gli effetti prodotti sul ravvenamento. — Una parte dell'acqua ravvenata non è utilizzata con la pompatura.

mente è a quota più bassa anche il vicino fiume concorre ad alimentare il pozzo (fig. 307). Si vede pertanto la possibilità di combinare insieme la infiltrazione del ravvenamento e la filtrazione naturale (fig. 307), oppure d'impedire, se le spe-

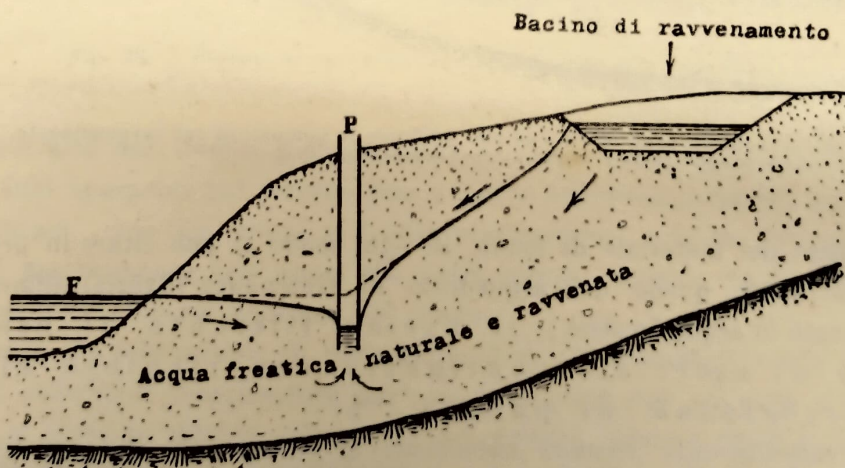


Fig. 307. — Schema per indicare gli effetti che si possono produrre sul ravvenamento. — Una parte dell'acqua del vicino fiume può essere richiamata nel pozzo di estrazione.

ciali condizioni igieniche lo esigessero, la penetrazione dell'acqua superficiale (fig. 306).

« In un' ampia valle fluviale — osserva RICHERT — nella quale l' altezza dell' acqua si trovi solo di poco al di sopra del livello dell' acqua del fiume, una città, indipendentemente da qualsiasi altre provviste di acqua, può fare un completo impianto di pozzi per fabbrica di acqua freatica (r a v v e n a m e n t o), tale da fornire acqua sufficiente per i bisogni impellenti di una città » (fig. 303, pag. 516).

Vedremo in un capitolo successivo (Cap. XIII) come anche in Italia, mercè l' opera del prof. G. GASPERINI specialmente, e dell' ing. V. TOGNETTI, sia stato messo in atto il processo del ravvenamento per alimentare alcuni importanti centri popolosi.
