

LA RICARICA DELLE FALDE IN CONDIZIONI CONTROLLATE

linee guida tecnico - operative

AQUOR
ABBIAMO A CUORE
L'ACQUA

Implementazione di una strategia partecipata di risparmio idrico e ricarica artificiale
per il riequilibrio quantitativo della falda dell'alta pianura vicentina



IMPLEMENTAZIONE DI UNA STRATEGIA
PARTECIPATA DI RISPARMIO IDRICO E
RICARICA ARTIFICIALE PER IL RIEQUILIBRIO
QUANTITATIVO DELLA FALDA DELL'ALTA
PIANURA VICENTINA



LA RICARICA DELLE FALDE IN CONDIZIONI CONTROLLATE

LINEE GUIDA TECNICO-OPERATIVE

VERSIONE 00 DEL

02 GENNAIO 2015



Pagina lasciata intenzionalmente bianca.



CREDITI

Responsabile

Dott. Federico Correale – Veneto Agricoltura

Coordinamento generale

Dott. Loris Agostinetti – Veneto Agricoltura

Coordinamento tecnico-scientifico

Ing. Giancarlo Gusmaroli – Studio Ecoingegno

Autori

Dott. Loris Agostinetti – Veneto Agricoltura

Fabiano Dalla Venezia – Veneto Agricoltura

Ing. Giancarlo Gusmaroli – Studio Ecoingegno



Pagina lasciata intenzionalmente bianca.



SOMMARIO

PREMESSA.....	7
1. INTRODUZIONE.....	8
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	9
2.1 DISCIPLINA COMUNITARIA.....	9
2.2 DISCIPLINA NAZIONALE.....	10
2.3 DISCIPLINA DISTRETTUALE E REGIONALE.....	12
3. TECNICHE DI RICARICA DELLE FALDE IN CONDIZIONI CONTROLLATE.....	13
3.1 LA RICARICA NATURALE DEGLI ACQUIFERI.....	13
3.2 LA RICARICA INTENZIONALE DEGLI ACQUIFERI.....	14
3.3 TIPOLOGIA E CLASSIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI DI RICARICA INTENZIONALE.....	15
3.4 IMPIANTI DIMOSTRATIVI DI RICARICA INTENZIONALE NEL PROGETTO AQUOR.....	18
3.4.1 pozzi di infiltrazione.....	18
3.4.2 trincea di infiltrazione.....	20
3.4.3 campo di sub-infiltrazione.....	21
3.4.4 roggia di infiltrazione.....	23
3.4.5 area forestale di infiltrazione.....	25
4. INDICE DI VOCAZIONE DEI SITI PER LA RICARICA DELLE FALDE.....	28
4.1 CRITERI DI VOCAZIONE.....	28
4.2 SPECIFICHE TECNICHE DEI CRITERI.....	29
4.3 INDICE AGGREGATO DI VOCAZIONE ALLA RICARICA.....	34
4.4 IL CASO STUDIO DELLA SPAGNA.....	36
4.5 LOCALIZZAZIONE ESECUTIVA DEGLI IMPIANTI.....	37
5. PROGETTAZIONE IDRAULICA DEGLI IMPIANTI.....	38
5.1 CRITERI GENERALI DI DIMENSIONAMENTO IDRAULICO.....	38
5.2 PARTI COSTITUTIVE DEGLI IMPIANTI DI RICARICA.....	40
5.3 CRITERI ESECUTIVI DELLE OPERE DI ADDUZIONE.....	41
5.4 CRITERI ESECUTIVI DELLE OPERE DI PRESIDIO.....	42
5.5 CRITERI ESECUTIVI DELLE OPERE DI DISTRIBUZIONE.....	45
5.5.1 scoline superficiali.....	46
5.5.2 tubazioni forate.....	46
5.6 CRITERI ESECUTIVI DELLE OPERE DI SCARICO.....	47
5.7 CRITERI DI DIMISSIONE.....	48
6. PROGETTAZIONE FORESTALE DEGLI IMPIANTI (LA TECNICA DELLE A.F.I.).....	50
6.1 CRITERI PER LA VALUTAZIONE FUNZIONALE DEL SOPRASSUOLO.....	50
6.2 IMPIANTI PER PRODUZIONE DI BIOMASSA LEGNOSA DA ENERGIA.....	51
6.3 IMPIANTI PER LA RIQUALIFICAZIONE PAESAGGISTICO-AMBIENTALE.....	56
6.4 IMPIANTI EVOLUTI PER L'OTTIMIZZAZIONE DELLA VITA UTILE DELL'IMPIANTO.....	61
6.5 TECNICHE DI IMPIANTO E DI PACCIAMATURA.....	63
6.6 MANUTENZIONE E GESTIONE.....	68
6.6.1 interventi post-impianto.....	68
6.6.2 controllo della concorrenza esercitata dalle erbe infestanti.....	68
6.6.3 risarcimento delle fallanze.....	69
6.6.4 irrigazione.....	69
6.6.5 difesa fito-sanitaria.....	70
6.6.6 rimozione del film plastico pacciamante.....	70



IMPLEMENTAZIONE DI UNA STRATEGIA PARTECIPATA DI RISPARMIO IDRICO E RICARICA ARTIFICIALE PER IL RIEQUILIBRIO QUANTITATIVO DELLA FALDA DELL'ALTA PIANURA VICENTINA

VENETO
AGRICOLTURA
Azienda Regionale per i settori Agricolo, Forestale e Agro-Alimentare

6.6.7 potatura di contenimento laterale dei filari.....	70
6.6.8 eventuale selezione della doppia/tripla farnia.....	71
6.6.9 time-sheet degli interventi.....	71
6.7 MANUTENZIONE GESTIONE ORDINARIA.....	73
6.7.1 impianti per la produzione di biomassa legnosa da energia.....	73
6.7.2 impianti per la riqualificazione paesaggistico-ambientale.....	78
7. RASSEGNA ESPERIENZE PREGRESSE.....	80
7.1 PROGETTO LIFE TRUST.....	80
7.2 PROGETTO LIFE WARBO.....	84
7.3 PROGETTO FP6 GARBADINE.....	85
8. COMPATIBILITA' AMBIENTALE.....	86
8.1 VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI POTENZIALI.....	86
8.2 MISURE DI MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE.....	87
9. BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO.....	88
9.1 LETTERATURA NAZIONALE (SELEZIONE).....	88
9.2 LETTERATURA INTERNAZIONALE (SELEZIONE).....	89
APPENDICE A: CENNI DI IDRAULICA DEI MEZZI POROSI.....	91
APPENDICE B: ABACO DELLE SPECIE ARBOREO-ARBUSTIVE PER LE A.F.I.....	94
SPECIE ARBUSTIVE.....	94
SPECIE ARBOREE.....	102



PREMESSA

Le presenti linee guida per l'implementazione di interventi per la ricarica delle falde in condizioni controllate sono state predisposte da Veneto Agricoltura nell'ambito del progetto LIFE AQUOR¹ e costituiscono l'esito dell'azione "A6 - *Elaborazione di un protocollo tecnico di realizzazione e gestione idraulica e ambientale dei siti di infiltrazione e assistenza tecnica specialistica alla progettazione/cantierizzazione degli interventi*". Il documento intende fornire ad amministratori, tecnici e proprietari di immobili un riferimento tecnico-operativo di supporto per la localizzazione, individuazione e implementazione di soluzioni per il ravvenamento degli acquiferi. Le linee guida qui contenute integrano e completano la rassegna contenuta nella pubblicazione "Tecniche dimostrative di ricarica artificiale per il riequilibrio quantitativo della falda dell'alta pianura vicentina" (Agostinetto et al., 2013) predisposta da Veneto Agricoltura nell'ambito della già citata azione del progetto AQUOR .

Questo elaborato contiene, dopo una breve introduzione (cap.1), una prima parte di carattere generale che introduce il quadro normativo di riferimento (cap. 2), la definizione generale della ricarica delle falde (cap. 3) ed i criteri per la determinazione della vocazione di un territorio ad ospitare interventi per la ricarica delle falde (cap. 4). A seguire le linee guida entrano nel merito dei criteri tecnico-operativi di natura idraulica (cap. 5) e, specificatamente per la tecnica delle Aree Forestali di Infiltrazione (AFI), di natura forestale (cap. 6). Infine vengono forniti ulteriori approfondimenti relativi ad esperienze a cui fare riferimento (cap. 7) e alcune considerazioni sulla compatibilità ambientale delle tecniche di ricarica presentate nel presente documento (cap. 8). Le linee guida si completano con una bibliografia selezionata e due appendici.

I contenuti di queste linee guida sono frutto dell'esperienza maturata nell'ambito del progetto AQUOR e in seguito potranno essere integrate e perfezionate da Veneto Agricoltura sulla base di ulteriori esperienze maturate nel campo in oggetto.

¹ Il progetto AQUOR (www.lifeaquor.org), cofinanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del bando LIFE+ 2010, è coordinato dalla Provincia di Vicenza e vede come partner, oltre a Veneto Agricoltura, il Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta, il Consorzio di Bonifica Brenta, Alto Vicentino Servizi Spa, Acque Vicentine Spa e Centro Idrico Novoledo Srl. Il progetto ha come fine l'implementazione di una strategia partecipata di risparmio idrico e ricarica artificiale per il riequilibrio quantitativo della falda dell'alta pianura vicentina.



1. INTRODUZIONE

L'alta pianura vicentina costituisce un ambito molto importante dal punto di vista idrogeologico, in particolare per la funzione di ravvenamento di acquiferi sotterranei che costituiscono una strategica fonte di approvvigionamento idropotabile per ampie porzioni del territorio della pianura veneta. Questa zona è costituita da un materasso alluvionale ghiaioso-sabbioso indifferenziato ad alta permeabilità, profondo circa un centinaio di metri e caratterizzato dalla presenza di un'unica falda a superficie libera che si estende dai rilievi fino alla linea delle risorgive. Essa regola, da un punto di vista idraulico, le variazioni delle riserve idriche profonde verso sud, quelle cioè interessate dalle attività di emungimento.

A partire dagli anni '60 le riserve idriche di tale sistema idrogeologico stanno progressivamente diminuendo. Gli effetti dell'abbassamento della falda sono gravi e hanno portato ad una sensibile depressurizzazione delle falde artesiane della media pianura, una forte riduzione di risorse idriche (a fini irrigui, industriali e civili), la compromissione del sistema delle risorgive con la scomparsa di molti fontanili, la drastica diminuzione della portata totale dei fiumi nati da risorgiva con conseguente riduzione dell'habitat di specie vegetali ed animali.

Le principali cause che hanno determinato la diminuzione del livello di falda sono imputabili ai seguenti fattori:

- l'aumento delle superfici impermeabilizzate dovuta alla crescita economica e demografica degli ultimi 30 anni (questa situazione ha ridotto sensibilmente la superficie di ricarica e ha modificato le modalità di smaltimento degli apporti meteorici verso la falda: i volumi d'acqua vengono trasferiti a valle molto rapidamente per effetto delle grandi superfici impermeabilizzate e quindi i tempi di corrivazione sono diminuiti);
- la trasformazione dei sistemi irrigui da scorrimento a pioggia, con conseguente riduzione dell'infiltrazione idrica lungo il reticolo di distribuzione irrigua (nei mesi non irrigui l'acqua continua ad essere convogliata nelle tubazioni in pressione per alimentare alcune centraline idroelettriche, venendo poi restituita a valle della linea di imbocco delle falde profonde);
- l'abbassamento degli alvei fluviali causato dall'escavazione in alveo (estrazione di inerti);
- l'aumento dei prelievi civili e industriali;
- i cambiamenti climatici (variazione nel regime delle piogge, oggi più brevi e intense rispetto al passato).

Il progetto AQUOR (LIFE 2010 ENV/IT/380), iniziato nel settembre 2011 con un programma iniziale di lavoro di tre anni successivamente prorogato a quattro, è stato concepito come azione dimostrativa atta a favorire l'inversione dell'attuale trend di sovrasfruttamento delle risorse idriche sotterranee e a incrementare il tasso di ricarica idrogeologica degli acquiferi, con lo scopo di riequilibrare le falde dell'Alta Pianura Vicentina e di garantirne l'uso sostenibile da parte delle generazioni attuali e future.



2. RIFERIMENTI NORMATIVI

2.1 DISCIPLINA COMUNITARIA

La **Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE)** istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque e dispone che *“gli Stati membri proteggono, migliorano e ripristinano i corpi idrici sotterranei e assicurano un equilibrio tra l'estrazione e il ravvenamento delle acque sotterranee al fine di conseguire un buono stato delle acque sotterranee [...] entro 15 anni dall'entrata in vigore della presente direttiva”* (art. 4, comma 1, lett. b, punto ii), fatte salve deroghe e proroghe specificatamente previste dal medesimo atto.

Allo scopo di realizzare tali obiettivi per ciascun distretto idrografico ciascuno Stato membro prepara un programma di misure che annoveri come requisito minimo le cosiddette *“misure di base”*, tra cui *“misure di controllo, compreso l'obbligo di ottenere un'autorizzazione preventiva per il ravvenamento o l'accrescimento artificiale dei corpi sotterranei”* (art. 11, comma 3, lett. f). Tale misura di base specifica anche che *“l'acqua impiegata può essere di qualunque provenienza superficiale o sotterranea, a condizione che l'impiego della fonte non comprometta la realizzazione degli obiettivi ambientali fissati per la fonte o per il corpo idrico sotterraneo oggetto di ravvenamento o accrescimento”* e che *“tali misure di controllo sono riesaminate periodicamente e aggiornate quando occorre”*.

La DQA stabilisce che *“gli Stati membri effettuano una prima caratterizzazione di tutti i corpi idrici sotterranei allo scopo di valutarne gli utilizzi e appurare in che misura essi rischiano di non conseguire gli obiettivi”* sopra richiamati (all. II, punto 2.2) e, a tal fine, l'analisi deve individuare *“le pressioni cui il corpo o i corpi idrici sotterranei rischiano di essere sottoposti”* compreso *“il ravvenamento artificiale”* nonché *“i corpi idrici sotterranei da cui dipendono direttamente ecosistemi acquatici superficiali ed ecosistemi terrestri”* (all. II, punto 2.2). Per i corpi idrici che risultano a rischio di non conseguire gli obiettivi fissati dalla DQA, gli Stati membri raccolgono e aggiornano le informazioni relative alla *“utilizzo del suolo nel bacino o nei bacini idrografici da cui il corpo idrico sotterraneo si ravvena, comprese le immissioni di inquinanti e le alterazioni antropiche delle caratteristiche di ravvenamento, quali deviazione di acque meteoriche e di dilavamento mediante riempimento del suolo, ravvenamento artificiale, sbarramento o drenaggio”* (all. II, punto 2.3).

Infine, nell'elenco non tassativo delle eventuali misure supplementari che gli Stati membri possono decidere di adottare all'interno di ciascun distretto idrografico nell'ambito del programma di misure (all. VI, parte B), figura il *“ravvenamento artificiale delle falde acquifere”* (all. VI, parte B, lett. xiv).



La successiva **Direttiva sulla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento (2006/118/CE)** istituisce (art. 1) misure specifiche per prevenire e controllare l'inquinamento delle acque sotterranee, ai sensi dell'articolo 17, paragrafi 1 e 2, della Direttiva 2000/60/CE.

Con riferimento alle *“misure per prevenire o limitare le immissioni di inquinanti nelle acque sotterranee”* (art. 6), la norma stabilisce che *“per conseguire l'obiettivo di prevenire o limitare le immissioni di inquinanti nelle acque sotterranee [...] gli Stati membri assicurano che il programma di misure [previsto dalla DQA] comprenda tutte le misure necessarie a prevenire le immissioni di sostanze pericolose nelle acque sotterranee”*. Tuttavia (par. 3 del citato art. 6) gli Stati membri possono escludere da dette misure *“le immissioni di inquinanti che sono il risultato di un ravvenamento o accrescimento artificiale di corpi idrici sotterranei, autorizzato a norma dell'articolo 11, paragrafo 3, lettera f) della direttiva 2000/60/CE”*. Il disposto specifica che *“si può ricorrere alle esenzioni di cui alle lettere da a) a f) solo se le competenti autorità degli Stati membri hanno constatato che è in atto un efficiente monitoraggio delle acque sotterranee in oggetto, ai sensi dell'Allegato V, punto 2.4.2 della direttiva 2000/60/CE, o un monitoraggio di altro tipo che sia adeguato”* e che *“le autorità competenti degli Stati membri tengono un inventario”* di tali esenzioni *“allo scopo di informare, su richiesta, la Commissione”*.

2.2 DISCIPLINA NAZIONALE

La normativa italiana, coerentemente con quanto disposto dalla Direttiva Quadro sulle Acque (Direttiva CE/2000/60) prevede (D.lgs. 152/06 e ss.mm.ii., all. 11 alla parte III) la ricarica artificiale delle falde come misura supplementare da prendere in considerazione nella gestione delle acque per il raggiungimento degli obiettivi di qualità stabiliti dalla disciplina comunitaria.

Estratto dal D.lgs. 152/06 e ss.mm.ii., all. 11 alla parte III

ELENCO INDICATIVO DELLE MISURE SUPPLEMENTARI DA INSERIRE NEI PROGRAMMI DI MISURE:

[...] xiv) ravvenamento artificiale delle falde acquifere; [...]

Una recente modifica al testo Unico Ambientale (TUA), intervenuta con l'art. 24, comma 1, della Legge del 6 agosto 2013, n. 97, recante *“Disposizioni per l'adempimento degli obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia all'Unione europea - Legge Europea 2013”*, ha chiarito alcuni importanti aspetti tecnici e autorizzativi circa l'attività di ricarica delle falde. In particolare il disposto considera come autorizzabili gli interventi di *“ravvenamento o accrescimento artificiale dei*



corpi sotterranei”, subordinandone l’approvazione in base al rispetto di criteri da stabilire da parte del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) mediante apposito decreto (ad oggi ancora non licenziato).

Estratto dal D.lgs. 152/06 e ss.mm.ii., art. 104 “scarichi nel sottosuolo e nelle acque sotterranee”

1. È vietato lo scarico diretto nelle acque sotterranee e nel sottosuolo.

[...]

4-bis. Fermo restando il divieto di cui al comma 1, l'autorità competente, al fine del raggiungimento dell'obiettivo di qualità dei corpi idrici sotterranei, può autorizzare il ravvenamento o l'accrescimento artificiale dei corpi sotterranei, nel rispetto dei criteri stabiliti con decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. L'acqua impiegata può essere di provenienza superficiale o sotterranea, a condizione che l'impiego della fonte non comprometta la realizzazione degli obiettivi ambientali fissati per la fonte o per il corpo idrico sotterraneo oggetto di ravvenamento o accrescimento. Tali misure sono riesaminate periodicamente e aggiornate quando occorre nell'ambito del Piano di tutela e del Piano di gestione. [...]

La ricarica artificiale delle acque sotterranee è normata anche dalla disciplina in materia di Valutazione di Impatto Ambientale (D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii., all. III alla parte seconda), recepita anche a livello regionale dalla relativa normativa di settore.

Estratto dal D.lgs. 152/06 e ss.mm.ii., all. III alla parte seconda

PROGETTI DI COMPETENZA DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME DI TRENTO E BOLZANO

[...] ae) sistemi di ricarica artificiale delle acque freatiche in cui il volume annuale dell'acqua ricaricata sia superiore a 10 milioni di metri cubi; [...]

Si noti come il volume indicato corrisponde ad un impianto che disperde con continuità in falda una portata nominale di circa 317 l/s per tutto l’arco dell’anno.



2.3 DISCIPLINA DISTRETTUALE E REGIONALE

Il Piano di Gestione del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali (adottato con Delibera del Comitato Istituzionale n. 1 del 24 febbraio 2010 e approvato con D.P.C.M. del 8 aprile 2014) riconosce l'opportunità del ravvenamento artificiale delle falde negli elaborati generali e monografici, senza tuttavia introdurla espressamente tra le misure.

La Regione Veneto ha introdotto la ricarica delle falde nel proprio Piano di Tutela delle Acque, prevedendola (art. 40, comma 2 delle norme di Piano) come misura obbligatoria di compensazione ambientale per derivazioni idriche superiori ai 50 l/s, quando effettuate nelle zone di ricarica naturale degli acquiferi (di cui all'art. 18, comma 2 delle norme di Piano) ovvero sostanzialmente nella regione interclusa tra le pendici delle Prealpi e il limite superiore delle risorgive.

Estratto dal Piano di Tutela delle Acque della Regione Veneto

(capo IV "misure di tutela quantitativa", art. 40, comma 2)

[...] Nella zona di ricarica degli acquiferi di cui all'articolo 18, comma 2, i titolari di derivazioni con portata media superiore a 50 l/s devono realizzare sistemi in grado di favorire la ricarica della falda [...]

Non si rilevano altre norme specifiche relative agli aspetti qualitativi e/o tecnico-realizzativi e/o gestionali della ricarica delle falde.

3. TECNICHE DI RICARICA DELLE FALDE IN CONDIZIONI CONTROLLATE

3.1 LA RICARICA NATURALE DEGLI ACQUIFERI

I principali fattori naturali che alimentano i sistemi idrogeologici sotterranei (acquiferi) e che quindi determinano la ricarica delle falde sono essenzialmente (1) le infiltrazioni di acqua provenienti dalle precipitazioni meteoriche, (2) il processo di dispersione in alveo dai corsi d'acqua naturali, (3) le percolazioni attraverso gli eventuali sistemi di irrigazione e (4) gli afflussi sotterranei provenienti dagli acquiferi fessurati eventualmente presenti nelle formazioni rocciose a contatto.

(1) Infiltrazioni di acqua provenienti dalle precipitazioni meteoriche

Gli apporti idrici diretti derivati dalle precipitazioni meteoriche (pioggia, grandine, neve ecc.) costituiscono il contributo effettivo alla ricarica del serbatoio idrico sotterraneo. Tale contributo è particolarmente significativo nella fascia dell'acquifero indifferenziato e quindi la zona compresa tra i rilievi e la linea di comparsa della prima lente a bassa permeabilità (zona delle risorgive): le pendenze relativamente modeste del terreno e l'elevata permeabilità verticale che caratterizzano questa zona, favoriscono la percolazione verticale delle acque di pioggia. Nella zona compresa tra la comparsa delle prime lenti argillose e la linea inferiore delle risorgive, le condizioni di infiltrazione dell'acqua piovana è quindi la ricarica delle falde è assai limitata. Nelle aree a sud delle risorgive invece, solo una piccola parte delle precipitazioni riescono ad alimentare l'acquifero freatico (molto sottile), mentre la gran parte evapotraspira o viene smaltita dal reticolo superficiale.

(2) Processo di dispersione in alveo dai corsi d'acqua

Tra i diversi contributi alla ricarica della falda il più significativo è quello fornito dalla dispersione dall'alveo e dal subalveo dei principali corsi d'acqua superficiali, favorito dalla natura ghiaiosa del sottosuolo. Tale contributo è tanto più consistente quanto sono maggiori l'altezza della colonna d'acqua in alveo a contatto con il substrato disperdente, la superficie e il tempo di contatto tra colonna d'acqua in alveo e substrato disperdente, la permeabilità del substrato disperdente.

(3) Percolazione attraverso le aree irrigate a scorrimento

Un'altro fattore importante che interviene nel processo di ricarica degli acquiferi è quello dovuto all'acqua distribuita sul terreno dai sistemi di irrigazione. La quantità d'acqua utilizzata e il contributo alla ricarica



IMPLEMENTAZIONE DI UNA STRATEGIA PARTECIPATA DI RISPARMIO IDRICO E RICARICA ARTIFICIALE PER IL RIEQUILIBRIO QUANTITATIVO DELLA FALDA DELL'ALTA PIANURA VICENTINA



della falda varia molto a seconda della modalità di irrigazione utilizzato. Con l'irrigazione a scorrimento, le acque vengono distribuite attraverso canali a cielo aperto e privi di rivestimento (rogge), dotati di un fondo ad elevata permeabilità; in tal modo una parte importante dell'acqua si infiltra nel suolo e va ad alimentare la falda. Con la sostituzione dei tradizionali sistemi di irrigazione a scorrimento e sommersione con sistemi pluvirrigui (irrigazione a pioggia), la distribuzione dell'acqua attraverso canali artificiali impermeabilizzati ha permesso, da un lato un risparmio di acqua, ma dall'altro si ha una riduzione della principale fonte di ricarica alla falda.

(4) Afflussi sotterranei da acquiferi rocciosi fessurati

Nel caso di substrati rocciosi fessurati a contatto con acquiferi attivi è possibile l'instaurarsi un regime di scambio idrico dai primi verso i secondi dipendente dalla magnitudo del gradiente piezometrico e dalle condizioni idrogeologiche specifiche.

3.2 LA RICARICA INTENZIONALE DEGLI ACQUIFERI

La ricarica artificiale (*artificial recharge*) può essere definita come l'incremento intenzionale del naturale tasso di infiltrazione² delle acque dalla superficie agli acquiferi sotterranei mediante una modifica artificiale delle condizioni che regolano tale fenomeno. Il ravvenamento che ne consegue è a beneficio della zona insatura dell'acquifero. L'applicazione delle tecniche per la ricarica degli acquiferi viene recentemente indicato con l'acronimo anglosassone di MAR (*Managed Aquifer Recharge*), il quale abbandona il riferimento all'artificialità della soluzione tecnica per abbracciare il più ampio concetto di ricarica ("*recharge*") in condizioni controllate ("*managed*").

La fonte di alimentazione per la ricarica delle falde è acqua in *surplus* proveniente dalla superficie terrestre (ISO, 2014), intendendo per *surplus* quel quantitativo in eccesso rispetto ai volumi (o alle portate) che si formerebbero in superficie nell'ambito dei naturali cicli idrologici. Per esempio può essere considerata risorsa idrica in *surplus* l'acqua derivante da fenomeni di morbida/piena fluviale, da ruscellamento di acque meteoriche su suoli artificializzati (a permeabilità ridotta) o da scarico a valle di usi antropici (p.es. scambio termico, utilizzo civile, condensazione), nonché l'acqua presente in superficie in tempo secco purché sia dimostrabile che il relativo utilizzo ai fini della ricarica non determini impatti non sostenibili (p.es. deterioramento dello stato ecologico di un corpo idrico superficiale).

Il ravvenamento intenzionale delle falde può essere implementato per uno o più dei seguenti obiettivi specifici:

² Quantità di acqua infiltrata nell'unità di tempo per unità di superficie.



- accumulare provvisoriamente in un acquifero una riserva idrica per fare fronte a futuri abbassamenti della falda (per motivo naturale o antropico) e prevenire gli impatti che ciò comporterebbe sui sistemi naturali e antropici interconnessi;
- bilanciare un abbassamento attuale della falda (per motivo naturale o antropico) e prevenire gli impatti che ciò comporterebbe sui sistemi naturali e antropici interconnessi;
- recuperare un abbassamento pregresso della falda (per motivo naturale o antropico) e prevenire gli impatti che ciò comporterebbe sui sistemi naturali e antropici interconnessi;
- ridurre perdite idriche per evapotraspirazione e ruscellamento superficiale in regioni aride e semi-aride o in condizioni di carenza idrica;
- migliorare il regime idrologico di uno o più corsi d'acqua superficiali in connessione diretta o indiretta con la falda;
- contrastare la subsidenza;
- contrastare l'intrusione salina (e/o di altre sostanze indesiderate da acquiferi o serbatoi di altri fluidi);
- migliorare la qualità delle acque (diluzione della falda e/o autodepurazione della stessa acqua di infiltrazione).

La ricarica intenzionale delle falde, nonostante oggi sia considerata innovativa in ragione dell'aspetto di operatività in condizioni controllate, è una tecnica in uso da almeno due secoli. Il primo impianto realizzato sembra essere stato realizzato lungo il Clyde River presso la città di Glasgow in Scozia, seguito circa un decennio dopo da un impianto lungo il fiume Garonne presso la città di Toulouse in Francia e da altri in Francia, Germania, Italia, Ungheria, Stati Uniti e Svezia nel corso del medesimo secolo (Todd, 1959). Tecniche rudimentali per l'accumulo della risorsa idrica mediante ravvenamento di acquiferi sono rintracciabili in epoca più antica, come le "amunas" peruviane³ (GRAAC, 2006).

Nell'epoca contemporanea una grande varietà di tecniche MAR è stata sviluppata in una gamma di applicazioni su diverse scale, con un rapido aumento di casi studio registrato negli ultimi anni.

3.3 TIPOLOGIA E CLASSIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI DI RICARICA INTENZIONALE

In termini generali è possibile classificare le tecniche per la ricarica intenzionale delle falde secondo la chiave dicotomica riportata in figura 01.

³ Si tratta di canali realizzati nelle parti sommitali di bacini idrografici andini atti a trasferire acqua verso acquiferi da ricaricare attraverso suoli permeabili.

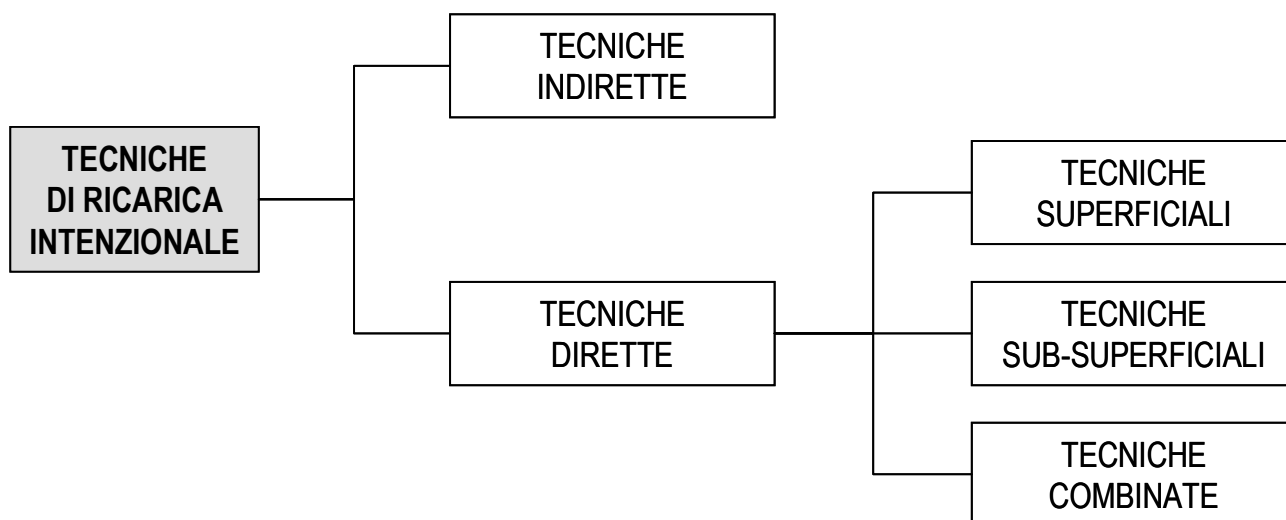


Fig. 01 – classificazione generale delle tecniche per la ricarica artificiale delle falde (da Troisi, 2000, modificato)

Le **tecniche indirette** si riferiscono a soluzioni che determinano un incremento del tasso di immagazzinamento dei volumi idrici in falda senza intervenire sugli stessi, bensì agendo sul acquifero recettore. Rientrano in tale fattispecie il pompaggio di acqua di falda al fine di abbattere il livello piezometrico rendendo maggiormente drenante l'acquifero (p.es. nei confronti di corsi d'acqua o acquiferi limitrofi) e la realizzazione di barriere idrauliche sotterranee (p.es. con iniezione di materiali cementizi).

Le **tecniche dirette** si riferiscono a soluzioni che intervengono attivamente sui tassi di infiltrazione determinando un incremento dei volumi immessi in falda. Le tecniche dirette possono essere di tipo **superficiale** (azione su soprassuolo e suolo), **sub-superficiale** (azione su sottosuolo) o **combinata** (azione mista superficiale e sub-superficiale).

A livello internazionale l'IGRAC (*International Groundwater Resources Assessment Centre*), in collaborazione con la Commissione MAR dell'IAH (*International Association of Hydrogeology*), nel 2006 ha introdotto una utile classificazione delle tecniche dirette di ricarica delle falde⁴ al fine di favorire l'implementazione di un inventario globale delle esperienze in essere, che si ripropone nella tabella 01.

⁴ Per approfondimenti: www.un-igrac.org/publications/155



IMPLEMENTAZIONE DI UNA STRATEGIA PARTECIPATA DI RISPARMIO IDRICO E RICARICA ARTIFICIALE PER IL RIEQUILIBRIO QUANTITATIVO DELLA FALDA DELL'ALTA PIANURA VICENTINA



TIPOLOGIA	TECNOLOGIA	TECNICA	
tecniche di infiltrazione	metodi di dispersione superficiale	bacini di infiltrazione	
		aree di spagliamento superficiale	
		canali, scoline, tubi disperdenti	
		irrigazione	
	metodi di infiltrazione ripariale indotta		
	metodi di infiltrazione in profondità	pozzi profondi	AS (TR) *
AS (R) **			
pozzi superficiali			
tecniche di intercettazione	metodi di modifica dei corsi d'acqua	dighe superficiali	
		dighe sotterranee	
		dighe di sabbia	
		allargamento geomorfologico	
	metodi di raccolta acque meteoriche	sbarramenti	
		trincee	

* Acquifer Storage, Transfer & Recovery (tecniche di infiltrazione con emungimento a valle)

** Acquifer Storage & Recovery (tecniche di infiltrazione con emungimento in prossimità)

Tab. 01 – classificazione delle tecniche dirette per la ricarica artificiale delle falde (da IGRAC, 2006, modificato)

A titolo di completezza, si possono identificare altre tipologie di ricarica non naturale delle falde diverse dalle tecniche intenzionali fin qui descritte (Bouwer, 2002): la **ricarica migliorata** (*“enhanced recharge”*) che comprende tutte le soluzioni atte a migliorare la naturale infiltrazione delle acque (p.es. la modifica della copertura vegetale, tipicamente da conifere a caducifoglie per ridurre l'effetto di intercettazione della precipitazione o da piante con radici profonde a piante con radici superficiali per favorire il drenaggio del terreno, ovvero la riqualficazione morfologica di corsi d'acqua artificializzati) e la **ricarica accidentale** (*“incidental recharge”*) che comprende i casi di alterazione non intenzionale del ravvenamento naturale delle falde (p.es. nel caso di perdite da infrastrutture idriche o di infiltrazione profonda da irrigazione).

Ai fini del presente lavoro vengono approfondite in particolare alcune tecniche di dispersione superficiale e di infiltrazione profonda, in quanto oggetto specifico delle azioni dimostrative del progetto LIFE AQUOR.



3.4 IMPIANTI DIMOSTRATIVI DI RICARICA INTENZIONALE NEL PROGETTO AQUOR

3.4.1 pozzi di infiltrazione

Il pozzo di infiltrazione è costituito da una pila di anelli forati (prefabbricati a pianta circolare in calcestruzzo vibro compresso, muniti di fori circolari parietali, del diametro di due metri, altezza di mezzo metro, spessore di 8-10 cm, con fori) con incastro a bicchiere posti in opera sottoterra fino ad una profondità tale da superare lo strato superficiale di suolo e intercettare gli strati più permeabili del sottosuolo (tipicamente 4-8 metri). Sul fondo della camera costituita dagli anelli forati non viene posizionato alcun manufatto (fondo disperdente), al fine di favorire la dispersione idrica, mentre in testa viene disposta una chiusura ispezionabile per la messa in sicurezza dell'impianto (la tipologia dell'elemento di copertura da utilizzare è strettamente correlata ai carichi di esercizio d'uso e deve essere opportunamente calcolata). Tale copertura può essere collocata a livello del piano campagna ovvero più in profondità con ricoprimento in terreno al fine di mitigare la presenza del manufatto (in questo secondo caso, al fine di garantire la manutenzione della camera di infiltrazione, il pozzetto di ispezione viene raccordato al piano campagna con un opportuno numero di prolunghe raggiungiquota con diametro di passo d'uomo). Il chiusino di ispezione dovrà essere opportunamente sigillato in modo da evitare accessi non autorizzati alla camera di infiltrazione.

Il sistema viene inserito in un letto di materiale inerte lavato di opportuna granulometria (ciottoli di fiume o ghiaia grossolana) al fine di favorire il processo di infiltrazione, con uno spessore di fondo di almeno 50 cm (con funzione portante) e uno spessore laterale di almeno 80 cm. Il materiale di riempimento può essere fornito da cava oppure essere in parte recuperato dal vaglio *in situ* dello stesso terreno di scavo. In tale trincea possono essere inserite più canne di infiltrazione, al fine di incrementare la capacità disperdente dell'impianto. La sommità del pozzo è normalmente ricoperta da terreno vegetale al fine di ripristinare lo stato dei luoghi a verde, prevedendo eventualmente uno strato di geotessuto posizionato all'interfaccia suolo/pozzo al fine di evitare la migrazione di particelle fini verso il medium disperdente (fenomeno del *clogging*). Lo scavo per la posa in opera dell'impianto deve essere dimensionato in funzione dell'ingombro complessivo degli anelli forati e del *medium* circostante, con pareti di scavo aventi angoli coerenti con la tipologia di terreno riscontrata in loco (da verificare preventivamente con indagine geognostica).

Eventuali materiali che dovessero entrare nell'impianto insieme alla portata idrica di alimentazione (p.es. solidi sospesi o materiale grossolano) andranno a depositarsi sul fondo della camera del pozzo, producendo nel tempo una riduzione della capacità infiltrante dello stesso; la funzionalità del pozzo sarà garantita dai fori parietali e comunque il tempo di vita utile dell'impianto sarà tanto più lungo quanto più efficace sarà il sistema di trattenimento dei sedimenti in testa, nonché quanto più frequente ed accurata sarà la manutenzione.

Le fasi costruttive possono essere così riassunte:

- scavo terreno vegetale e scavo della trincea di posa;
- riempimento del fondo (50 cm) con *medium* incoerente (ghiaia grossolana o ciottoli lavati);
- posa degli anelli forati;
- riempimento della corona del pozzo circolare con *medium* incoerente (ghiaia grossolana o ciottoli lavati) e raccordo con tubazione di adduzione idrica alla quota di progetto;
- posa della copertura del pozzo;
- (eventuale) copertura sommitale con terreno di riporto e sistemazione prolunghe per ispezione.



scavo iniziale



posa in opera anelli forati e riempimento con materiale inerte



posa in opera tubi di adduzione e chiusura pozzi



sistemazione piano campagna

Fig. 02 – fasi di realizzazione di un pozzo di infiltrazione (cantiere AQUOR di Breganze; partner resp.le: AVS)



Questa tecnica è particolarmente indicata quando si dispone di spazi ridotti di intervento, poco adatti ad accogliere tecniche di infiltrazione di tipo estensivo, e/o quando è necessario portare il ravvenamento ad una quota di qualche metro sotto il piano campagna (p.es. per intercettare substrati più favorevoli all'infiltrazione).

3.4.2 trincea di infiltrazione

Questa tecnica consiste nella realizzazione mediante scavo di depressioni artificiali e nel riempimento delle stesse con materiale inerte ad elevata permeabilità (ghiaia grossolana o ciottoli di fiume lavati). Il materiale di riempimento può essere fornito da cava oppure essere in parte recuperato dal vaglio *in situ* dello stesso terreno di scavo. Al centro della trincea così realizzata, immersi nel materiale drenante durante il riempimento dello scavo, si inseriscono uno o più tubi forati (diametro foro pari ad almeno 1,5 cm), detti tubi di infiltrazione, per garantire una regolare distribuzione delle acque lungo lo sviluppo della trincea. Tali tubi, in calcestruzzo vibrocompresso o materiale plastico a seconda dei carichi di progetto (da verificare con opportuni calcoli statici), hanno giunto a mezzo spessore, diametro variabile in funzione della portata di dimensionamento (15, 20, 30 o 40 cm) e sono posati con pendenza dell'1% verso la fine della trincea in modo da favorire una equidistribuzione del flusso idrico di alimentazione.

La profondità di scavo è tale da superare gli strati superficiali di suolo e intercettare quelli più permeabili di sottosuolo. Normalmente la trincea è ricoperta da uno strato di terreno al fine di poter ripristinare a verde la parte di copertura. È poi opportuno posare in opera un geotessuto, ai lati e sopra la trincea, per evitare l'intasamento della stessa da parte delle particelle fini dilavate dagli strati confinanti di terreno.

All'interno della trincea è opportuno prevedere uno o più piezometri di controllo connessi con il fondo dello scavo, finalizzati al monitoraggio periodico (o continuo) dei livelli di accumulo idrico nell'impianto.

Le fasi costruttive possono essere così riassunte:

- scavo terreno vegetale e scavo della trincea di posa;
- (eventuale) predisposizione piezometri di controllo;
- riempimento del fondo con *medium* incoerente (ghiaia grossolana o ciottoli lavati);
- posa dei tubi forati e raccordo con tubazione di adduzione idrica alla quota di progetto;
- riempimento della parte sommitale della trincea con *medium* incoerente (ghiaia grossolana o ciottoli lavati);
- (eventuale) copertura sommitale con terreno di riporto e sistemazione prolunghe per ispezione.



scotico iniziale



posa in opera di manufatti di alimentazione



riempimento con inerte e posa in opera tubi disperdenti



posa in opera geotessuto e rinterro superficiale

Fig. 03 – fasi di realizzazione di una trincea di infiltrazione
(cantiere AQUOR di Breganze; partner resp.le: Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta)

Questa tecnica è particolarmente indicata quando si dispone di spazi ridotti di intervento, poco adatti ad accogliere tecniche di infiltrazione di tipo estensivo, e/o quando è necessario portare il ravvenamento ad una quota di qualche metro sotto il piano campagna (p.es. per intercettare substrati più favorevoli all'infiltrazione).

3.4.3 campo di sub-infiltrazione

Nell'infiltrazione sub-superficiale si procede posando un reticolo di tubi forati sotto la parte agronomica del terreno, posati in piccole trincee riempite di materiale inerte permeabile in modo da permettere una facile percolazione delle

acque, con strato di geotessuto posato all'interfaccia con il terreno circostante nella parte sommitale e laterale della trincea di posa. Tali tubi, in calcestruzzo vibrocompresso o materiale plastico a seconda dei carichi di progetto (da verificare con opportuni calcoli statici), hanno giunto a mezzo spessore, diametro variabile in funzione della portata di dimensionamento (15, 20, 30 o 40 cm) e sono posati con pendenza dell'1% verso la fine della trincea in modo da favorire una equidistribuzione del flusso idrico di alimentazione. La rete di distribuzione è opportuno che venga predisposta con pozzetti di ispezione negli eventuali punti di cambio di direzione delle tubazioni e comunque a distanza non superiore ai 25 metri in linea. Lo schema planimetrico di impianto è a geometria variabile, fatto salvo il criterio di massimizzare la superficie di contatto con il substrato ricettore senza tuttavia avvicinare troppo le trincee per evitare interferenza tra i bulbi di dispersione.



scotico iniziale



scavo trincea di posa



riempimento con inerte e posa in opera tubi disperdenti



posa in opera geotessuto e rinterro superficiale

Fig. 04 – fasi di realizzazione di una campo di sub infiltrazione
 (cantiere AQUOR di Rosà; partner resp.le: Consorzio di Bonifica Brenta)



Le fasi costruttive possono essere così riassunte:

- scotico terreno vegetale e scavo della trincea di posa;
- (eventuale) predisposizione piezometri di controllo;
- riempimento del fondo con *medium* incoerente (ghiaia grossolana o ciottoli lavati);
- posa dei tubi forati e raccordo con tubazione di adduzione idrica alla quota di progetto;
- riempimento della pare sommitale della trincea con *medium* incoerente (ghiaia grossolana o ciottoli lavati);
- (eventuale) copertura sommitale con terreno di riporto e sistemazione prolunghe per ispezione.

La tecnica permette di poter sfruttare terreni agricoli in posizioni idonee per la ricarica, ma che solitamente non vengono messi a disposizione dai proprietari per il valore agronomico della coltura in superficie. Se l'agricoltore desidera mantenere la coltura, dovrà solo attenersi ad alcune regole di corretta pratica agronomica per quanto riguarda la concimazione ed il diserbo.

3.4.4 roggia di infiltrazione

Questa soluzione consiste nella riqualificazione morfologica di una roggia esistente al fine di aumentare la capacità di infiltrazione della stessa mediante incremento della superficie e/o del tempo di contatto tra la colonna d'acqua e il fondo disperdente. In tal senso è possibile identificare due tipologie di intervento: *in-stream* (in alveo) e *off-stream* (fuori alveo), le prime riferite a tecniche operanti in linea con l'assetto attuale della roggia, le seconde a tecniche in derivazione. Si noti come la prima opzione determina un incremento continuo dell'infiltrazione, mentre la seconda consente di regimare la capacità di infiltrazione intervenendo sulla portata derivata (con ovvii effetti sulla funzione irrigua ed eventualmente di laminazione idraulica della roggia stessa).

Gli interventi *in-stream* comprendono la modifica piano altimetrica del tracciato della roggia (tipicamente una rimeandriizzazione) ovvero una diversificazione della sezione (tipicamente un allargamento di sezione bagnata). Si consiglia di verificare attentamente la possibilità di realizzazione di manufatti in linea (traverse) in quanto questi andrebbero a interferire con la continuità longitudinale della roggia che, in alcuni casi, potrebbe costituire una dequalificazione ambientale. Gli interventi *off-stream* prevedono la realizzazione di un manufatto di derivazione dalla roggia donatrice, realizzato mediante pozzetto laterale presidiato da griglia e da paratoia regolabile, che alimenta un alveo realizzato ex novo con funzionamento a gravità (l'acqua derivata scorre nel nuovo letto ottenendo un aumento della superficie di contatto tra colonna d'acqua e fondo disperdente) oppure con funzionamento ad accumulo (l'acqua derivata viene stoccata nel nuovo letto, presidiato a valle da un manufatto di controllo dotato di troppo pieno). La

seconda tipologia di fatto si avvicina alla soluzione del bacino di infiltrazione, sebbene la geometria di scavo e le quote di regolazione del presidio di valle possano comunque determinare un funzionamento a corrente.

La roggia di infiltrazione deve essere interpretata come occasione per il miglioramento ambientale del reticolo idrografico minore e pertanto la definizione delle sezioni di progetto viene progettata in modo naturaliforme (tipicamente con diversificazione delle pendenze di sponda e messa a dimora sulle stesse di vegetazione igrofila).

Le fasi costruttive per la soluzione *in-stream* possono essere così riassunte:

- messa a secco del tratto di intervento (asciutta programmata della roggia interessata o *bypass* provvisorio);
- interventi di movimento terra e messa a dimora della vegetazione di progetto.

Le fasi costruttive per la soluzione *off-stream* possono essere così riassunte:

- messa a secco del tratto di intervento (asciutta programmata della roggia interessata o *bypass* provvisorio);
- scavo dell'alveo di progetto;
- realizzazione del presidio di testa (*inlet*) e di coda (*outlet*).



scotico iniziale



scavo a sezione aperta di progetto

Fig. 05 – fasi di realizzazione di una roggia di infiltrazione
(cantiere AQUOR di Sandrigo; partner resp.le: Consorzio di Bonifica Brenta)



La definizione dell'intervento necessita di essere contestualizzata con i caratteri ambientali e paesaggistici del tratto interessato, con particolare riferimento alla scelta della morfologia e dell'assetto vegetazionale di progetto.

3.4.5 area forestale di infiltrazione

Le Aree Forestali di Infiltrazione (nel seguito AFI) sono un particolare sistema di ricarica delle falde in condizioni controllate la cui progettazione ha origini piuttosto recenti (l'ultimo ventennio), come recente è l'idea a cui esse si riferiscono: impiegare terreni agricoli a matrice molto grossolana dell'alta pianura, solcati da un "pettine" di canalette disperdenti bordate da alberature, per ricaricare artificialmente le falde sotterranee e far fronte ai gravi fenomeni di depauperamento delle acque ipogee indotti dallo sfruttamento non sostenibile delle risorse idriche. L'utilizzo di superfici agricole al fine di infiltrare acqua in periodi non irrigui e di riposo vegetativo è una delle varie tipologie di proposte tecniche avanzate per porre rimedio al fenomeno dell'abbassamento del livello della falda freatica che alimenta le risorgive in tutta la fascia dell'alta pianura, parallela al margine meridionale delle Alpi. L'idea che ha portato alla concezione e alla progettazione delle AFI parte infatti dalla constatazione che, nelle aree di alta pianura al di sopra della fascia delle risorgive, la falda è profonda e i terreni, a tessitura fortemente grossolana, sono caratterizzati da un tasso di infiltrazione elevato o elevatissimo. L'innovazione che caratterizza le AFI consiste nella possibilità di sfruttare in senso positivo questo elevato tasso di infiltrazione dei terreni, destinando la loro superficie alla coltivazione di una coltura "speciale" che consenta di massimizzare il tasso di infiltrazione (l/m²/giorno). Di seguito si elencano le principali peculiarità che caratterizzano i sistemi delle AFI:

- l'impianto di alberi a file e a densità normali per una piantagione da legno (ad esempio un ceduo a ciclo breve, *Short Rotation Forestry*, acronimo SRF) o per un bosco a fini naturalistici, in presenza di una distanza tra le file pari mediamente a circa 4 m;
- la divisione tra i vari interfilari mediante lo scavo di un sistema di canalette disperdenti profonde 70-80 cm e larghe altrettanto;
- la connessione di tutte le canalette del sistema a un fosso adduttore collegato al sistema irriguo consortile;
- l'utilizzo di questo sistema in modo turnato nel periodo irriguo (sempre nel caso in cui non vi sia scarsità di acqua), sempre rispettando i diritti già goduti dai proprietari dei singoli appezzamenti;
- l'utilizzo del sistema in modo continuo nel resto dell'anno (oltre 200 giorni), a patto che la derivazione dell'acqua dai fiumi non venga a inficiarne il minimo deflusso vitale.



IMPLEMENTAZIONE DI UNA STRATEGIA PARTECIPATA DI RISPARMIO IDRICO E RICARICA ARTIFICIALE PER IL RIEQUILIBRIO QUANTITATIVO DELLA FALDA DELL'ALTA PIANURA VICENTINA

VENETO
AGRICOLTURA

Azienda Regionale per i settori Agricolo, Forestale e Agro-Alimentare

Nelle AFI si immette una parte dell'acqua "in abbondanza" che scorre velocemente nei tratti pedemontani dei grandi fiumi di pianura, soprattutto nel periodo non irriguo e, invece di lasciare che essa si allontani dal territorio (dal momento che in pochi giorni arriva al mare), la si accumula nel grande bacino sotterraneo costituito dalle falde idriche, che in questo modo tendono a svuotarsi con ritmi molto più lenti. Contrariamente a quanto avviene nei bacini di infiltrazione o nei pozzi bevitori, nelle AFI l'acqua che si filtra verso gli strati profondi del suolo incontra un efficace filtro costituito dagli apparati radicali degli alberi messi a dimora lungo i filari che bordano le canalette. Nei terreni di alta pianura, a falda profonda, lo strato attivamente esplorato dalle radici è spesso molti metri (fino a dieci metri per alcune specie). In tal modo l'acqua subisce non solo un processo di filtrazione fisica ma anche un processo di "affinamento", attuato soprattutto dai microrganismi che vivono in simbiosi con gli apparati radicali (si veda ad esempio l'attività denitrificante di alcuni batteri eterotrofi).



Fig. 06 - Particolare della crescita di un'AFI (fonte: foto archivio Veneto Agricoltura)

Una considerazione molto interessante è che, quando è attivo il processo di infiltrazione, il suolo viene saturato d'acqua e pertanto anche in suoli a matrice grossolana (tendenzialmente insaturi) si creano delle condizioni di anaerobiosi che risultano favorevoli ai processi di denitrificazione, come normalmente avviene nelle aree tampone. Da questa constatazione deriva l'idea di poter utilizzare le AFI anche per smaltire una parte dei liquami in eccesso nelle aree a più alta concentrazione zootecnica o il digestato proveniente dai digestori anaerobici che producono biogas. Le AFI, a seconda della tipologia di soprassuoli messi a dimora e delle principali funzioni svolte dagli stessi, sono inoltre in grado

di fornire ulteriori esternalità, tra cui la produzione di biomassa legnosa a scopo energetico, l'incremento della biodiversità a livello ecologico-naturalistico, il servizio estetico-paesaggistico-ricreativo a vantaggio delle comunità locali che possono beneficiare della loro presenza e fruizione.

Le fasi costruttive possono essere così riassunte:

- scavo terreno vegetale e scavo delle canalette di distribuzione;
- posa in opera dei manufatti di raccordo idraulico (pozzetti e tubazioni);
- posa in opera di piantine forestali (inclusa preparazione terreno e pacciamatura).



scavo reticolo di scoline



realizzazione trappola per sedimenti



stesura del telo pacciamante



messa a dimora piantine

Fig. 07 – fasi di realizzazione di un'area forestale di infiltrazione
(cantiere AQUOR di Schiavon; partner resp.le: Consorzio di Bonifica Brenta)



4. INDICE DI VOCAZIONE DEI SITI PER LA RICARICA DELLE FALDE

4.1 CRITERI DI VOCAZIONE

Nella strategia di ricarica delle falde quello che conta è disporre di una superficie di contatto con la falda sufficiente a infiltrare i quantitativi complessivi di acqua che ci si è prefissati di trasferire dal flusso superficiale al flusso profondo. Non è pertanto indispensabile che gli impianti siano di grandi dimensioni, quanto piuttosto che siano opportunamente distribuiti sul territorio di interesse.

In questo senso la redazione di una **carta di vocazione alla ricarica artificiale degli acquiferi** costituisce uno strumento di supporto alle decisioni sia per (1) la pianificazione di una strategia di area vasta di riequilibrio delle falde che per (2) la programmazione e progettazione di interventi puntuali. Dal punto di vista della pianificazione, la carta offre una visione generale dell'attitudine del territorio per la gestione della ricarica, eventualmente circoscrivibile a aree di interesse quali ambiti idrografici (p.es. comprensori irrigui) o amministrativi (p.es. territori comunali). Dal punto di vista della programmazione e progettazione, la carta consente di effettuare uno *screening* di orientamento per l'individuazione dei siti di intervento, fornendo contestualmente un quadro logico di attributi di riferimento utili al progettista per svolgere gli approfondimenti del caso su scala più circoscritta. La definizione della carta parte dalla selezione degli strati informativi che influenzano direttamente la progettazione delle opere di ricarica. In tal senso si possono individuare 15 strati generali che descrivono 4 criteri come riportato nella tabella seguente.

Tutte le variabili di cui sopra sono di tipo *booleano*, ovvero possono assumere unicamente due valori: "0" in caso di presenza dell'oggetto relativo alla variabile (p.es. una strada o una discarica) ovvero "1" in caso di assenza dello stesso. In questo senso si assume che la presenza di un oggetto afferente ai vari strati informativi individuati determini univocamente l'idoneità del sito interessato.

A questi strati "generali" si aggiungono gli strati specifici sulle caratteristiche geologiche dell'acquifero interessato (V16) e sulle caratteristiche pedologiche del suolo (V17), queste ultime di interesse per le tecniche di ricarica che disperdono l'acqua negli strati del suolo (ricarica superficiale).

Dopo l'acquisizione dei dati e la pre-elaborazione, ogni strato viene elaborato in modo da ottenere uno *shpfile* che descriva la vocazione alla ricarica all'interno del dominio di interesse per ogni criterio menzionato.



IMPLEMENTAZIONE DI UNA STRATEGIA PARTECIPATA DI RISPARMIO IDRICO E RICARICA ARTIFICIALE PER IL RIEQUILIBRIO QUANTITATIVO DELLA FALDA DELL'ALTA PIANURA VICENTINA



CRITERIO	VARIABILE	TIPO (GIS)	STRATO INFORMATIVO
presenza di infrastrutture	V01	linea	strade
	V02	linea	ferrovie
	V03	linea	metanodotti ed elettrodotti
	V04	linea	collettori fognari
presenza di urbanizzato	V05	area	zone urbanizzate
	V06	area	cave
disponibilità idrica	V07	linea/area	idrografia e specchi lacuali
	V08	area	alvei fluviali drenanti
qualità dell'acqua	V09	area	aziende a rischio di incidente rilevante
	V10	area	discariche
	V11	area	aree degradate (per presenza storica di rifiuti)
	V12	linea	depuratori
	V13	linea	pozzi di emungimento idropotabile

Tab. 02 – criteri per la definizione della vocazione territoriale alla ricarica delle falde in condizioni controllate

4.2 SPECIFICHE TECNICHE DEI CRITERI

Nel presente capitolo si illustrano le caratteristiche principali dei criteri di cui in tabella 02.

V1 - STRADE

Il reticolo stradale viene fornito dalla Regione in formato *shape* come complesso di linee. Lo strato informativo deve essere trasformato in un'area di vocazione "zero"; in tal senso la presenza delle strade è estremamente vincolante e non permette ovviamente la realizzazione di qualsiasi intervento di ricarica. Dalla tabella attributi associata allo *shapefile* per la Regione Veneto occorre scegliere il campo "C_LARGH", che indica la classe di massima larghezza delle strade, per poter assegnare una larghezza standard ad ogni classe e quindi trasformare in poligono le diverse tipologie di strade: alle strade classificate con C_LARGH = 4 (autostrade e superstrade) si assegna una larghezza di 25m; alle strade classificate con C_LARGH = 3 si assegna una larghezza di 8m; alle strade classificate con C_LARGH = 2 si assegna una larghezza di 6m; alle strade classificate con C_LARGH = 1 si assegna una larghezza di 3,5m. Ciascuna larghezza può essere assegnata attraverso l'applicazione di un *buffer* differenziato per ogni tipologia di strada. Infine le strade



trasformate in poligoni devono essere unite (comando *merge*) e aggregate (comando *dissolve*) per formare un unico poligono “strade” a cui corrisponde la vocazione “zero”.

V2 - FERROVIE

Il tracciato delle ferrovie viene fornito dalla Regione in formato *shape* con tipologia linee. Lo strato informativo deve essere trasformato in un'area di vocazione “zero” assegnando un'area di rispetto dove non è possibile realizzare qualsiasi intervento. Deve quindi essere applicato al tracciato ferroviario un *buffer* di 10 m, trasformando poi le linee in poligoni (comando *merge*) poi aggregati (comando *dissolve*) per creare un'unica area a vocazione “zero”.

V3 – METANODOTTI ED ELETTRDOTTI

La rete dei metanodotti viene fornita dalla Provincia in formato *shape* con tipologia linee. Lo strato informativo deve essere trasformato in un'area di vocazione “zero” assegnando una zona di rispetto di 24 metri (comando *buffer*). Il tracciato dei metanodotti, trasformato così in una serie di poligoni (comando *merge*), deve quindi essere aggregato (comando *dissolve*) per formare un unico poligono che individua l'area a vocazione “zero”. La rete dei elettrodotti viene fornita dalla Provincia di Vicenza in formato *shape* con tipologia linee. Lo strato informativo deve essere trasformato in un'area di vocazione “zero” assegnando una zona di rispetto di 20 metri (comando “*buffer*”). Il tracciato degli elettrodotti, trasformato così in una serie di poligoni (comando *merge*), deve quindi essere aggregato (comando *dissolve*) per formare un unico poligono che individua l'area a vocazione “zero”.

V4 – COLLETTORI FOGNARI

I file di input (tipologia “*line*”) sono forniti dagli Enti Gestori del Servizio Idrico Integrato e vengono aggregati e ritagliati per l'area di interesse. L'area di ingombro della rete può essere considerata pari ad un *buffer* di 6 m (3 m per lato), così da trasformare lo strato informativo in tipologia “*polygon*”.

V5 – ZONE URBANIZZATE

Le aree urbanizzate, assunte a vocazione “zero” (trascurando quindi la possibilità di realizzare SUDS⁵ per l'infiltrazione delle acque meteoriche, la cui vocazione può essere studiata con altre metodologie), possono essere desunte dal Corine Land Cover (2006) selezionando i poligoni aventi codici 1.1.1. (zone residenziali a tessuto continuo), 1.1.2. (zone residenziali a tessuto discontinuo e rado) e 1.1.3. (strutture residenziali isolate). Nel caso specifico di AQUOR altre zone

⁵ Sustainable Urban Drainage Systems



classificate come zone artificiali non sono state considerate perché o rientrano già in un altro strato della carta di vocazione o non sono presenti nell'area di interesse.

V6 – CAVE

Lo *shpfile* viene fornito dalla Regione. I poligoni individuati vengono aggregati (comando *dissolve*) creando un'unica area a vocazione "zero".

V7 – IDROGRAFIA E SPECCHI LACUALI

Le aree di alveo attivo lungo i corsi d'acqua sono ambiti in cui non è possibile intervenire per la ricarica artificiale (per ovvii motivi di dinamica idrogeomorfologica, sebbene specifiche tipologie di intervento – non considerate nel presente documento – sono idonee a favorire il carattere disperdente dei corsi d'acqua). L'idrografia viene pertanto considerata un'area a vocazione "zero". L'individuazione dell'alveo può essere fatta con semplici strumenti di editing su base ortofoto (per alvei con morfotipo pluricursale o *wandering*) o mediante definizione di un *buffer* di larghezza appropriata (da verificare sul campo). I poligoni così individuati vengono aggregati (comando *dissolve*) creando un'unica area a vocazione "zero".

Gli specchi d'acqua lacuali sono ambiti in cui non è possibile intervenire per la ricarica artificiale. Tali corpi idrici vengono pertanto considerati come aree a vocazione "zero". I poligoni individuati vengono aggregati (comando *dissolve*) creando un'unica area a vocazione "zero".

V8 – ALVEI FLUVIALI DRENANTI

Gli strati informativi degli ambiti territoriali afferenti ad alvei fluviali drenanti vengono aggregati per formare un unico poligono a vocazione "zero". La definizione dei rispettivi poligono viene eseguita tagliando un *buffer* di alcune decine di metri dalla sponda del corso d'acqua (da determinare caso per caso con parere esperto di idrogeologo) interessato sulla linea di inversione del regime da disperdente (a monte) a drenante (a valle).

V9 - AZIENDE A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE (RIR)

L'elenco delle aziende a RIR viene fornito dalla Provincia competente; partendo dalle singole pratiche ovvero da strati informativi già esistenti è possibile disporre di geometrie di tipo *polygon*. Non viene applicata una zona di rispetto (peraltro non prevista dalla normativa). I poligoni così individuati vengono aggregati (comando *dissolve*) creando un'unica area a vocazione "zero".



V10 – DISCARICHE

L'elenco delle discariche viene fornito dalla Provincia competente; partendo dalle singole pratiche ovvero da strati informativi già esistenti è possibile disporre di geometrie di tipo *polygon*. La zona di rispetto è fissata entro un raggio di 200 m. I poligoni così individuati vengono aggregati (comando *dissolve*) creando un'unica area a vocazione “zero”.

V11 – AREE DEGRADATE

L'elenco delle aree degradate (siti contaminati o depositi di rifiuti) viene fornito dalla Provincia competente; partendo dalle singole pratiche ovvero da strati informativi già esistenti è possibile disporre di geometrie di tipo *polygon*. La zona di rispetto viene fissata entro un raggio di 200 m. I poligoni così individuati vengono aggregati (comando *dissolve*) creando un'unica area a vocazione “zero”.

V12 – DEPURATORI

L'elenco dei depuratori viene fornito dalla Provincia competente; partendo dalle singole pratiche autorizzative ovvero da strati informativi già esistenti è possibile disporre di geometrie di tipo *polygon*. La zona di rispetto viene fissata entro un raggio di 200 m. I poligoni così individuati vengono aggregati (comando *dissolve*) creando un'unica area a vocazione “zero”.

V13 – POZZI DI EMUNGIMENTO IDROPOTABILE

L'elenco dei depuratori viene fornito dalla Gestore competente del Servizio Idrico Integrato ovvero dalla Provincia interessata ovvero da altri soggetti competenti (p.es. l'Agenzia Ambientale o altri Centri/Istituti); partendo dalle singole pratiche autorizzative ovvero da strati informativi già esistenti è possibile disporre di geometrie di tipo *point*. La zona di rispetto viene fissata entro un raggio di 200 m. I poligoni così individuati vengono aggregati (comando *dissolve*) creando un'unica area a vocazione “zero”.

Nel caso specifico del progetto AQUOR è stato aggiunto un nuovo strato di grande interesse le “aree di cattura”, calcolate con codice *Well Head Protection Areas*, e fornite dal Rapporto della Protezione Civile. Queste aree sono state definite mediante un modello di flusso di tipo semianalitico, ricreando alcuni scenari idrogeologici il più possibile aderenti alla realtà locale e permettono di rappresentare i flussi della falda rispetto al pozzo stesso.

V14 – POSIZIONE RISPETTO ALLA LINEA DI IMBOCCO DEGLI ACQUIFERI DIFFERENZIATI

Come si evince dallo schema idrogeologico dell'alta pianura vicentina (si veda figura 07), la falda presenta un suo piano di falda con gradiente da monte a valle. Il livello piezometrico in tale falda freatica non è costante, con oscillazioni stagionali e infra-stagionali nel corso dell'anno. Essendo infatti direttamente connesso al regime dei corsi d'acqua (di

tipo torrentizio), la falda è soggetta a due periodi di magra e due periodi di piena. L'acqua di falda si sposta verso valle con velocità variabile a seconda di alcuni fattori come per esempio la granulometria del materasso alluvionale, la quantità d'acqua meteorica infiltrata, ecc.

Dalle pendici montuose a nord fino alla prima lente di argilla il materasso alluvionale è di tipo permeabile, senza soluzione di continuità sia in senso verticale che orizzontale. Esso è costituito da ciotoli e ghiaie che, man mano che ci si sposta verso valle si sostituiscono a materiali ancora permeabili ma sempre più fini. Continuando verso valle, ad un certo punto compare o compaiono le prime lenti di argilla e quindi, il materasso alluvionale comincia a presentare delle soluzioni di continuità per quel che riguarda la sua permeabilità in senso verticale. Questo fenomeno si localizza lungo una linea che viene denominata "linea di imbocco delle falde profonde": verso monte rispetto a questa linea, non si ha soluzione di continuità alla permeabilità verticale del materasso alluvionale, verso valle si comincia invece ad avere soluzione di continuità.

PROFILO IDROGEOLOGICO

ZONA DI RICARICA FALDA

ZONA DELLE RISORGIVE

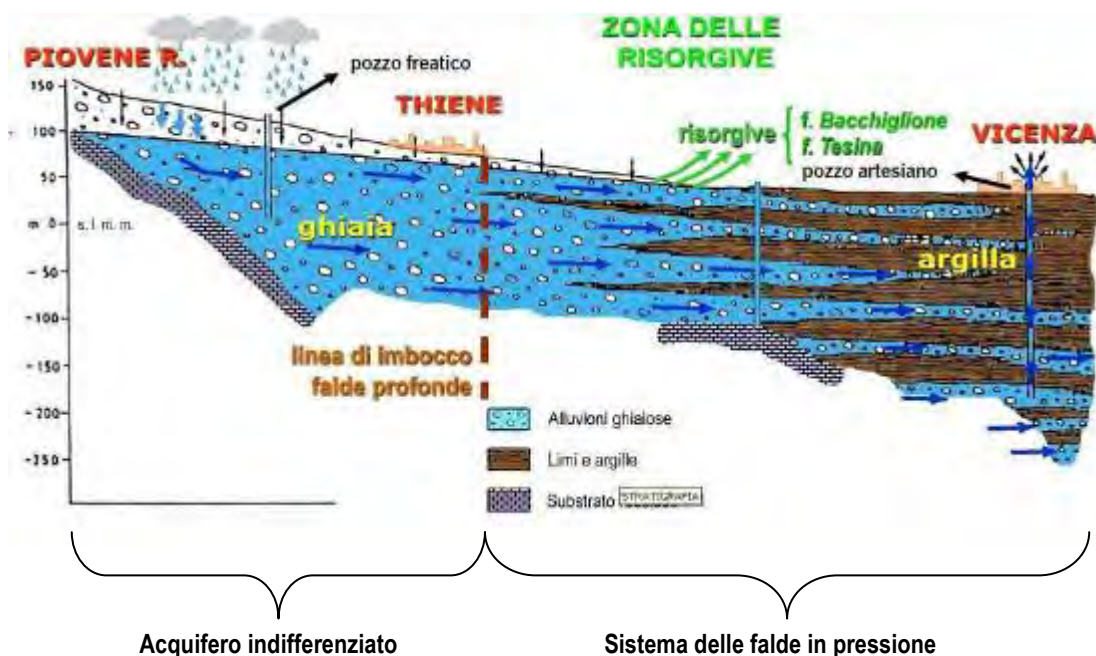


Fig. 07 - Schema idrogeologico dell'Alta e Media pianura veneta (fonte: AA.VV., 2008)

Questa linea è importantissima ai fini della determinazione della vocazione di un sito ad ospitare opere per la ricarica:



- a monte di quest'aria, se si considera soltanto il punto di vista idrogeopedologico, si possono realizzare tutte le tipologie di opere per la ricarica. Infatti non vi è soluzione di continuità tra il piano di campagna e il piano di falda; l'acqua che si infiltra nel piano di campagna non trova ostacoli e arriva direttamente alla falda profonda:
- a valle della linea di imbocco ci sarà una prima zona dove è ancora possibile, almeno con alcune tecniche, effettuare una ricarica della falda.

In questa fascia, sempre considerando soltanto il punto di vista idrogeopedologico, si possono realizzare quelle opere per la ricarica che permettono di perforare la/le lenti di argilla che ostacolerebbero il flusso verticale dell'acqua filtrata. Sono per esempio i pozzi disperdenti a varie profondità. La perforazione delle lenti impermeabili permette all'acqua di ricarica di raggiungere la falda profonda; ciò non sarebbe possibile per esempio con un sistema AFI o sistemi di ricarica di tipo superficiale. Oltre questa prima fascia, non sarà più possibile infiltrare acqua a gravità per la presenza dei vari strati argillosi con conseguente falda in pressione, a meno di un consumo energetico (ricarica attraverso pompaggio).

V15 – CARATTERISTICHE DI PERMEABILITA' DEL SUOLO

La caratterizzazione pedologica è fondamentale perché permette di rilevare la struttura del suolo con particolare riferimento al profilo verticale, in relazione a soluzioni di continuità tra piano campagna e acquifero. Ci potrebbero essere infatti formazioni di vario tipo, quali piccole lenti di argilla, ma anche di materiale roccioso o qualche altra tipologia di materiale impermeabile, che possono alterare la permeabilità del suolo. Bisogna inoltre rilevare a quale profondità si trovano tali formazioni e di quale spessore, per valutare la possibilità/convenienza ad effettuarne una loro perforazione nel caso per esempio si decida di realizzarvi un pozzo disperdente.

Altri criteri che possono essere presi in considerazione (ma che non sono stati utilizzati in AQUOR) sono la profondità della falda, le condizioni di pericolosità idraulica, la profondità dell'acquifero (e il relativo grado di oscillazione) e la presenza di manufatti di trappola per i sedimenti lungo il reticolo idrografico (nel caso di canali irrigui, le acque nei tratti a valle degli stessi presentano condizioni di minor trasporto solido e quindi di maggiore idoneità per l'alimentazione di impianti di ricarica).

4.3 INDICE AGGREGATO DI VOCAZIONE ALLA RICARICA

Gli strati informativi vengono quindi aggregati, attraverso un'elaborazione di sovrapposizione (*overlay*) e *map algebra*, in modo differenziato per determinare la vocazione alla ricarica profonda e quella superficiale.

$$\text{INDICE DI VOCAZIONE} = \begin{cases} V_1 \cdot \dots \cdot V_{13} \cdot \min(V_{14}; V_{15}) & \text{per la ricarica superficiale} \\ V_1 \cdot \dots \cdot V_{14} & \text{per la ricarica profonda} \end{cases}$$

Fig. 08 – forma esplicita dell'indice di vocazione per la ricarica delle falde

Per **ricarica profonda** si intende l'infiltrazione di acqua nel sottosuolo mediante infrastrutture che attraversano gli strati superficiali di suolo (convenzionalmente riferiti ai primi 1,5 metri di profondità dal piano campagna) andando quindi ad interagire direttamente con la matrice geologica del sottosuolo. Lo scopo della ricarica profonda è quello di andare a intercettare direttamente gli strati a maggiore permeabilità e nel progetto AQUOR viene effettuata ricorrendo alle tecniche dei pozzi e delle trincee di infiltrazione (*infiltration wells and trenches*). Nell'operazione di sovrapposizione non è stato considerato lo studio pedologico ma gli strati "generali" e lo studio geologico perché le opere di ricarica profonda attraversando interamente lo spessore di suolo per raggiungere il substrato ghiaioso sottostante, non sono influenzate dalla capacità di infiltrazione dei suoli. L'aggregazione tra i restanti strati è stata semplicemente moltiplicativa, in questo modo la presenza del valore "zero" anche solo per un aspetto "generale" rende inidonea l'area; qualora, invece, tutti gli strati generali risultino idonei alla ricarica, il valore "uno", risultato dall'aggregazione, viene moltiplicato al valore di vocazione definito dallo studio geologico che determina la vocazione finale alla ricarica profonda di falda.

Per **ricarica superficiale** si intende l'infiltrazione di acqua nel sottosuolo mediante infrastrutture che non attraversano gli strati superficiali di suolo (convenzionalmente riferiti ai primi 1,5 metri di profondità dal piano campagna) andando quindi ad interagire direttamente con questi mediante un'azione di percolazione superficiale. Lo scopo della ricarica superficiale è quello di sfruttare la capacità auto depurativa del suolo e di cogliere i benefici multi obiettivo di una ricarica estensiva di superficie (p.es. di tipo naturalistico, agronomico o forestale). Nel progetto AQUOR viene effettuata ricorrendo alle tecniche delle Aree Forestali di Infiltrazione (AFI), della riqualificazione geomorfologica *off-stream* delle rogge irrigue e dei campi attrezzati con tubi disperdenti. Nella sovrapposizione sono stati considerati, oltre agli strati "generali" sia lo studio geologico che quello pedologico. Lo strato utilizzato nello studio pedologico esclude l'orizzonte superficiale e risulta utile per valutare l'attitudine alla creazione di Aree Forestali di Infiltrazione (AFI) in cui le canalette vengono predisposte asportando almeno i primi 50 cm di suolo e che non sono quindi influenzate dalle caratteristiche del primo strato. L'aggregazione è stata moltiplicativa per gli strati "generali", il risultato (0 = inidoneo; 1 = idoneo) è stato poi moltiplicato per il minimo valore di vocazione risultato dagli studi geologico e pedologico; in questo modo si prende in considerazione il fattore più limitante correlato alla natura del substrato di infiltrazione, secondo la nota teoria della dipendenza della permeabilità di un terreno dal valore assunto da tale parametro per lo strato meno permeabile.

4.4 IL CASO STUDIO DELLA SPAGNA

Nell'ambito di un progetto di ricerca spagnolo (DINA-MAR) nel 2012 è stato sviluppato e reso disponibile pubblicamente un Sistema Informativo Territoriale finalizzato a individuare le aree maggiormente vocate alla ricarica artificiale delle falde a livello di intero territorio nazionale iberico⁶. Il progetto ha considerato inizialmente 83 diversi criteri per l'identificazione dell'attitudine all'infiltrazione controllata, arrivando a selezionarne circa 20 per le elaborazioni finali, tra cui il principale è la tipologia di acquifero beneficiario (litologia, livello d'acqua, permeabilità, ecc...). La verifica di attitudine è stata prodotta per 24 tipologie diverse di tecniche di ricarica artificiale.

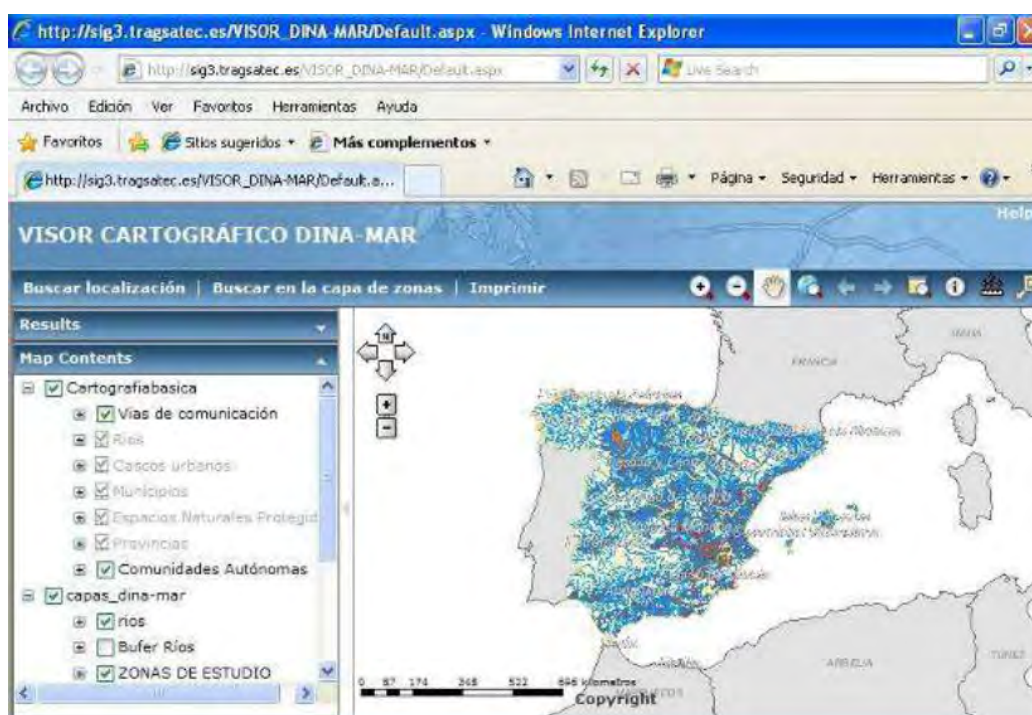


Fig. 09 – screenshot dell'idrogeoportale DINA-MAR sulla vocazione alla ricarica artificiale del territorio iberico

Il risultato, reso disponibile *online* attraverso un idrogeoportale navigabile (coerente con i disposti della Direttiva "INSPIRE" 2007/2/CE), ha stabilito che il 16% circa della superficie nazionale (penisola iberica e isole baleari), pari a circa 67.000 km², ha una buona vocazione ad accogliere interventi per la ricarica artificiale degli acquiferi. Il risultato

⁶ www.dina-mar.es/post/2012/09/18/NUEVO-NEW-e2809cHidrogeoportale2809d-DINA-MAR.aspx



deve intendersi indicativo e non esenta da opportuni approfondimenti a scala di dettaglio per verificare le caratteristiche sito/area-specifiche.

4.5 LOCALIZZAZIONE ESECUTIVA DEGLI IMPIANTI

Nell'individuazione del sito o dei siti presso cui realizzare un impianto occorre effettuare una serie di valutazioni di dettaglio sull'idoneità potenziale della stazione. A tale scopo si devono tenere in considerazione molteplici aspetti principalmente di tipo pedologico, idrogeologico, orografico, logistico. A tal fine è fondamentale la ricognizione in loco e l'esecuzione di una serie di prove e campionamenti esplorativi allo scopo di:

- misurare la collocazione in profondità del livello della falda rispetto al piano di campagna;
- valutare lo spessore della copertura di terreno vegetale posto sopra le alluvioni ghiaiose (mediante realizzazione di trincee esplorative) per individuare la profondità a cui si rileva la ghiaia⁷;
- effettuare una serie di prove di infiltrazione (in rapporto alla profondità delle ghiaie), in modo da ricavare valori attendibili della capacità disperdente del terreno e determinare la portata di infiltrazione.

Dal punto di vista della localizzazione dell'impianto un elemento che può condizionare l'eventuale scelta del sito è la vicinanza di un capofonte di risorgiva. Il posizionamento a monte di una risorgiva può contribuire al suo mantenimento o alla sua rivitalizzazione: questo si può rivelare strategico nel caso di risorgive che si sono già definitivamente disseccate (o quasi) o che negli ultimi anni stanno andando incontro a periodi sempre più lunghi di prosciugamento.

Un altro aspetto importante è quello della prossimità del sito alla locale rete irrigua. Nell'area di alta pianura esiste un sistema irriguo capillare: tali zone infatti sono quelle che storicamente hanno tratto più vantaggio dalla realizzazione dei sistemi di irrigazione, vista la forte domanda di acqua nella stagione vegetativa alla luce della presenza di terreni a matrice grossolana. Si deve pertanto valutare se la locale rete irrigua presente sul territorio è già dotata di sistemi di derivazione delle acque capillarmente diffusi o se per effettuare il collegamento all'impianto non si richiedono interventi eccessivamente onerosi e impattanti.

Si deve inoltre osservare se il sistema di irrigazione è a scorrimento (a gravità) o pluvirriguo (in pressione). Il primo caso, ancora oggi diffuso in molte aree di alta pianura, è il più favorevole perché così basta solo alimentare il sistema delle canalette disperdenti agendo sui sistemi di derivazione delle acque (a tal fine è prezioso il lavoro dei guardiani irrigui dei Consorzi di Bonifica). Il secondo caso è invece più problematico, perché impone la messa in pressione dell'intero

⁷ Le caratteristiche dello strato di terreno vegetale (consistenza, spessore, fertilità) sono determinanti per la soluzione tecnica delle Aree Forestali di Infiltrazione (si veda cap. 3.4.5), con specifico riferimento alla possibilità di favorire lo sviluppo e la crescita del soprassuolo messo a dimora negli interfilari intersecati dal sistema di scoline. La sua determinazione può in particolare contribuire a incidere sulla scelta della tipologia stessa del popolamento e sui suoi aspetti compositivo-strutturali, influenzando di conseguenza anche le funzioni ad esso richieste e le modalità gestionali.



sistema irriguo a cui è connesso l'appezzamento in oggetto. Sono allo studio soluzioni ingegneristiche che permettano di utilizzare la rete tubata del sistema pluvirriguo anche in periodo invernale.

Una volta analizzata un'area dal punto di vista idrogeopedologico e stabilito che essa è idonea alla realizzazione di un'opera di ricarica della falda, per stabilirne la fattibilità occorre analizzare il soprassuolo, cioè la sua destinazione d'uso. Da questo punto di vista possiamo distinguere alcune tipologie di destinazione d'uso: bosco; arboreto polifunzionale; terreno agricolo (varie colture); area urbana; area periurbana; area industriale/artigianale/commerciale.

Occorre inoltre considerare il quadro dei vincoli (storico-architettonici, paesaggistico-ambientali, aree sensibili dal punto di vista dell'inquinamento, ecc.). Infine risulta dirimente la superficie disponibile per la realizzazione dell'opera (ambiti demaniali o privati).

5. PROGETTAZIONE IDRAULICA DEGLI IMPIANTI

5.1 CRITERI GENERALI DI DIMENSIONAMENTO IDRAULICO

Gli impianti di ricarica della falda (o di dispersione) vengono dimensionati in modo da massimizzare la capacità infiltrante della portata disponibile (Q_{max}) in ragione degli spazi liberi nell'area di intervento. La procedura di dimensionamento deve tenere conto delle caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo. In tal senso viene eseguito un confronto tra le portate in arrivo al sistema e la capacità d'infiltrazione dell'acquifero (eventualmente considerando anche il volume immagazzinabile nel sistema); tale confronto può essere espresso con l'equazione di continuità, che rappresenta il bilancio delle portate entranti e uscenti nel mezzo filtrante:

$$(Q_{in} - Q_{inf}) \times \Delta t = \Delta W \quad (a)$$

con

Q_{in} = portata in ingresso;

Q_{inf} = portata infiltrata;

Δt = intervallo di tempo;

ΔW = variazione del volume immagazzinato nel mezzo filtrante.

La portata di infiltrazione può essere stimata in prima approssimazione attraverso la relazione di Darcy:



$$Q_{inf} = k \cdot J \cdot A \quad (b)$$

con

k = coefficiente di permeabilità del substrato [mc/s]

J = cadente piezometrica [m/m]

A = superficie netta infiltrante [mq]

Nel caso di falde profonde (condizione al contorno tipica degli impianti di ricarica) la cadente piezometrica J è posta unitaria, in quanto la superficie piezometrica della falda risulta convenientemente al di sotto del fondo disperdente ovvero con soggiacenza molto maggiore rispetto al tirante idrico nel sistema infiltrante.

Ponendo $\Delta W = 0$ (condizione di equilibrio in regime stazionario), facendo le opportune sostituzioni e, nel caso di impianti con riempimento in medium poroso del setto infiltrante (p.es. nel caso di trincee disperdenti), esplicitando l'area netta infiltrante (ovvero la superficie a contatto con il substrato infiltrante), si ricava la seguente espressione:

$$A = Q_{in} \cdot k^{-1} \quad (c)$$

Una volta ricavato il valore di A dalla formula (c) e, dove opportuno, riportato al valore dell'area lorda della superficie infiltrante con un opportuno fattore moltiplicativo dipendente dalla porosità (tipicamente pari a ca. 0,4 nel caso di riempimento in ciotoli), è possibile determinare la geometria dell'impianto in base agli spazi realmente disponibili e alle specifiche tecniche realizzative (p.es. le dimensioni commerciali degli anelli forati nel caso di pozzi di infiltrazione oppure l'interfilare e la geometria caratteristica delle macchine scolinatrici nel caso di aree forestali di infiltrazione).

Tra le ipotesi a favore di sicurezza che accompagnano la richiamata espressione di dimensionamento:

- si considera la sola filtrazione in direzione verticale (si trascurano componenti orizzontali del moto);
- si suppone che l'infiltrazione avvenga solo lungo la base dell'impianto (si trascurano effetti laterali).

Il parametro di permeabilità per il dimensionamento può essere assunto orientativamente come da tabella (in assenza di riferimenti robusti di letteratura, si suggeriscono comunque delle verifiche geognostiche in situ).



IMPLEMENTAZIONE DI UNA STRATEGIA PARTECIPATA DI RISPARMIO IDRICO E RICARICA ARTIFICIALE PER IL RIEQUILIBRIO QUANTITATIVO DELLA FALDA DELL'ALTA PIANURA VICENTINA



VALORE [m/m]	GHIAIA PULITA	SABBIA GROSS.NA	SABBIA PULITA SABBIA E GHIAIA	SABBIA FINE	SABBIA LIMOSA SABBIA E ARGILLA	LIMO ARGILLA LIMOSA LIMO SABBIOSO	ARGILLA
10 ⁰	X						
10 ⁻¹	X						
10 ⁻²	X	X	X				
10 ⁻³		X	X				
10 ⁻⁴			X	X	X		
10 ⁻⁵				X	X	X	
10 ⁻⁶				X	X	X	
10 ⁻⁷					X	X	
10 ⁻⁸						X	X
10 ⁻⁹							X

Tab. 03 – valori orientativi parametri di dimensionamento

5.2 PARTI COSTITUTIVE DEGLI IMPIANTI DI RICARICA

In termini generali è possibile le seguenti parti costitutive di un impianto per la ricarica delle falde:

- opere di adduzione (si veda cap. 5.3);
- opere di presidio (si veda cap. 5.4);
- opere di distribuzione (si veda cap. 5.5);
- manufatto di infiltrazione (si veda cap. 3.4);
- opere di scarico (si veda cap. 5.6).

La figura che segue riporta uno schema sinottico di un sistema di ricarica.

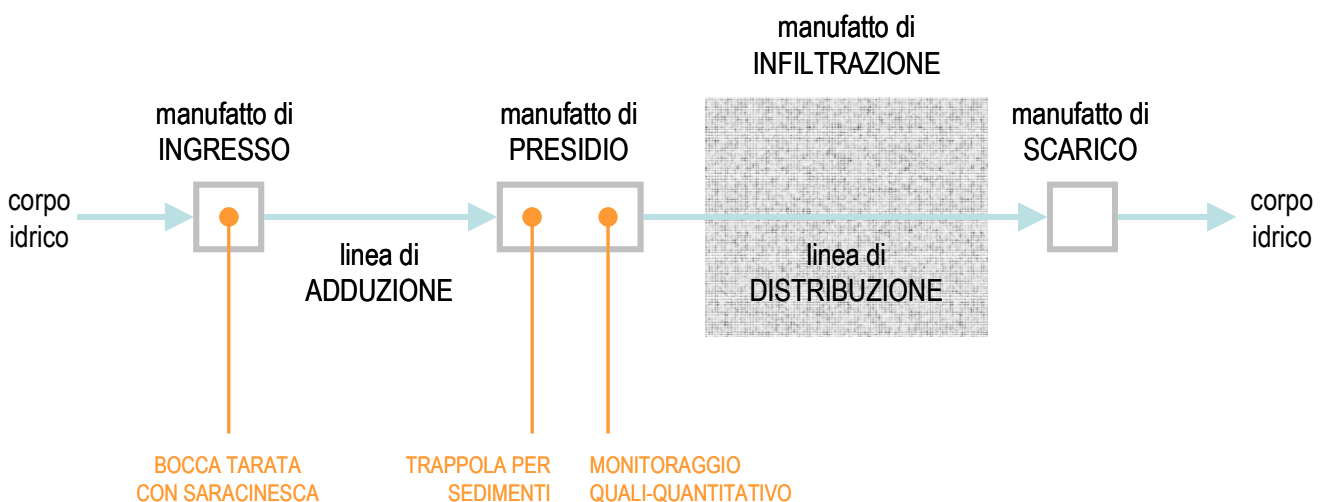


Fig. 10 – schema sinottico di un impianto di ricarica delle falde



5.3 CRITERI ESECUTIVI DELLE OPERE DI ADDUZIONE

Il manufatto di adduzione connette idraulicamente il corpo idrico donatore (tipicamente un corso d'acqua del reticolo idrografico minore o da rete di drenaggio di acque meteoriche) con l'impianto di ricarica artificiale. Dal punto di vista funzionale deve garantire una alimentazione idrica continua per tutto il periodo di ricarica. In termini generali l'opera di adduzione deve avere una estensione contenuta, per non incidere in modo significativo sui costi di realizzazione dell'impianto. In ogni caso devono essere preventivamente verificate eventuali interferenze con sottoservizi o altri elementi critici (p.es. filari alberati di interesse paesaggistico e/o naturalistico).

Il punto di inizio dell'infrastruttura di adduzione è posto in prossimità del sistema di approvvigionamento idrico ed è costituito da un'opera di presa se si tratta di un corpo idrico superficiale (tipicamente un corso d'acqua naturale o artificiale) o da un semplice pozzetto di ispezione se si tratta di una rete di drenaggio di acque meteoriche. La bocca di presa è tipicamente tarata (a stramazzo e/o a battente) in modo da regolare l'afflusso di acqua nell'infrastruttura di adduzione e deve essere provvista di organo di chiusura (saracinesca manuale o automatica) in modo da consentire la messa in asciutta dell'intero sistema per esigenze di manutenzione.

Le tubazioni di adduzione per il conferimento idrico all'impianto vengono realizzate in cls (coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler pari a 60, per tenere conto anche di eventuali depositi e incrostazioni), con pendenza non inferiore a 0,003 m/m in modo da evitare accumuli indesiderati di sedimenti. Tali tubazioni vengono poste in opera ad una quota tale da avere un grado di riempimento massimo ($0,50 - 0,75 D^8$) pari alla portata di progetto (da calcolare, per esempio, con relazione di Gauckler-Strickler, di Darcy-Weissback o di Chezy). La scelta dei materiali non è relazionata alla finalità specifica di ricarica, ma ovviamente la classe di resistenza dovrà essere adeguata ai carichi specifici che dovranno essere sostenuti nel sito di intervento.

L'infrastruttura di adduzione può essere realizzata anche con canalette superficiali (a pelo libero). Questa soluzione risulta necessaria quando non è possibile perdere quota di scorrimento in alimentazione all'impianto di ricarica (p.es. per sistemi di ricarica superficiali). Un canale a sezione costante, privo di ostacoli di variazioni locali di sezione, di direzione e di inclinazione, tende ad assumere un regime di moto uniforme, regolato da relazioni analoghe a quelle del moto uniforme nelle tubazioni (legge di Darcy-Weissback, di Chezy o di Gauckler-Strickler).

Il trasporto idrico a superficie libera funzionale all'alimentazione di impianti di ricarica presenta, rispetto a quello in pressione, il vantaggio che l'acqua è ovunque a pressione molto bassa. E' possibile quindi impiegare materiali meno costosi per la realizzazione delle opere (canali di terra), aspetto non trascurabile in caso di necessità di realizzazione di sistemi di adduzione di non breve estensione; di controparte presentano lo svantaggio di dover essere soggetti a

⁸ D = Diametro interno della tubazione



manutenzione (dissesti localizzati e gestione vegetazione) e di presentare perdite naturali per infiltrazione⁹ che, in caso di basse portate di adduzione, possono influenzare l'effettiva funzionalità dell'impianto di ricarica rispetto ai parametri di progetto.

5.4 CRITERI ESECUTIVI DELLE OPERE DI PRESIDIO

Per opere di presidio si intendono i manufatti posti in testa agli impianti di ricarica volti a contenere l'ingresso di sedimenti nella zona di infiltrazione, nonché regolare e monitorare (quali-quantitativamente) i flussi idrici. Tali manufatti possono essere disposti in diversi punti tra il corpo idrico donatore e la zona di infiltrazione, in base alle caratteristiche sito specifiche da valutare in fase di progettazione.

In termini generali la configurazione più opportuna vede il posizionamento di un setto di regolazione idrica in prossimità dell'opera di presa dal corpo idrico donatore, in modo da poter mettere in asciutta l'intero impianto (incluso il manufatto di adduzione e le eventuali ulteriori opere di presidio ivi posizionate) per gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria.

Un importante presidio che è opportuno posizionare presso l'opera di presa è una sistema di grigliatura grossolana e/o fine (da individuare in base a valutazioni sul trasporto solido atteso) finalizzato a limitare l'ingresso di solidi flottanti o sospesi all'interno dell'impianto (i corpi idrici donatori possono attraversare estesi ambiti territoriale e pertanto veicolare diverse tipologie di detriti quali materiale organico o piccoli rifiuti). Il posizionamento, la scelta tipologica e il dimensionamento di tale presidio deve essere attentamente valutato caso per caso, in quanto l'intercettazione del materiale flottante o sospeso può causare fenomeni di intasamento in testa all'impianto (p.es. in autunno durante la caduta delle foglie in presenza importante di vegetazione caducifoglie sul bacino sotteso) con conseguente aumento degli oneri di manutenzione per garantire l'alimentazione idrica di progetto. In termini generali è possibile prendere in considerazione l'adozione di sistemi sifonati di presa oppure dei deflettori di protezione della bocca di presa.

⁹ Le perdite d'acqua da un canale di terra dipendono sia dalla permeabilità del terreno, sia dalla differenza di livello tra il filo idrico nel canale e la quota piezometrica della falda. Le quote relative dell'acqua nel canale e nella falda possono essere variabili con le vicende meteorologiche e con la stagione, nonché con la portata nel canale. Per accertare la situazione sono necessarie indagini in loco, ripetute nelle diverse condizioni. In mancanza d'informazioni di dettaglio, per valutazioni di larga massima possono essere impiegate sia raccolte di dati di natura empirica.

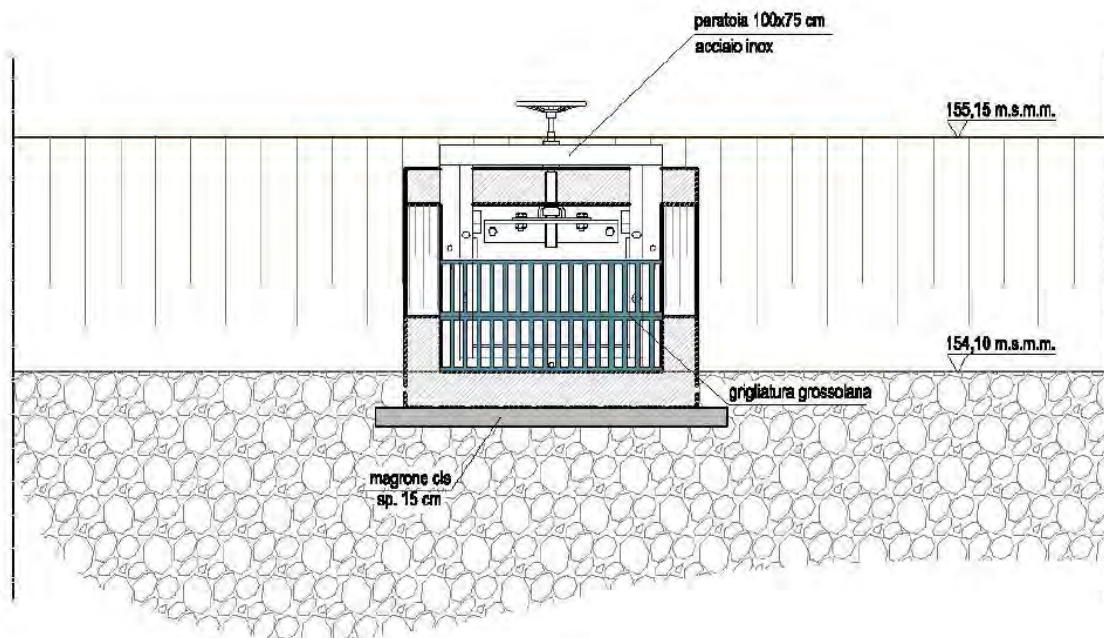


Fig. 10 – soluzione esemplificativa per presidio idraulico c/o impianto AQUOR presso Breganze (VI), prospetto frontale (fonte: AVS)

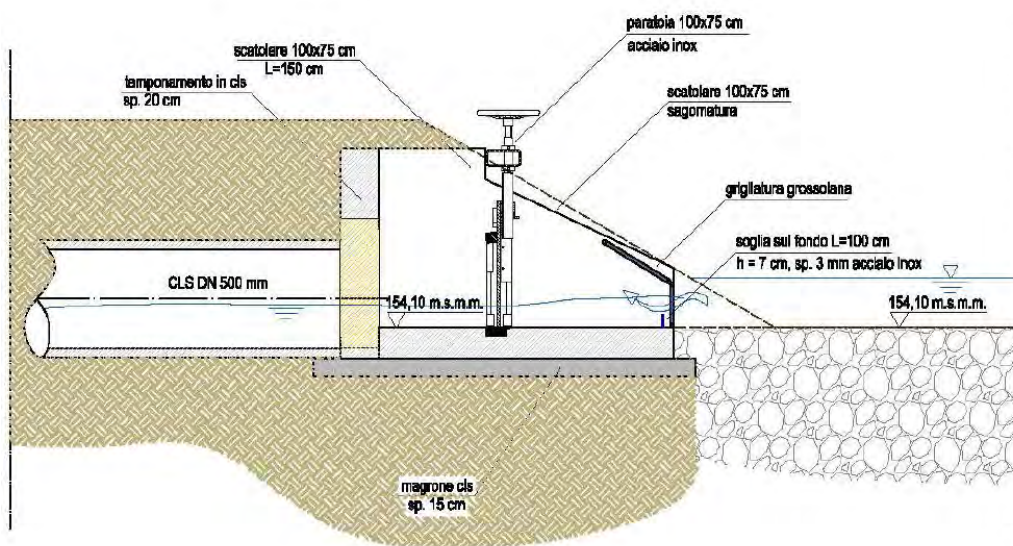


Fig. 11 – soluzione esemplificativa per presidio idraulico c/o impianto AQUOR presso Breganze (VI), sezione long.le (fonte: AVS)



IMPLEMENTAZIONE DI UNA STRATEGIA PARTECIPATA DI RISPARMIO IDRICO E RICARICA ARTIFICIALE PER IL RIEQUILIBRIO QUANTITATIVO DELLA FALDA DELL'ALTA PIANURA VICENTINA



Azienda Regionale per i settori Agricolo, Forestale e Agro-Alimentare

A valle dell'opera di presa è comunque opportuno prevedere un vero e proprio sistema di sedimentazione, opportunamente dimensionato¹⁰ in modo da trattenere anche la componente più fine del trasporto solido in ingresso all'impianto.



Fig. 12 – immagine del sistema di sedimentazione presso impianto AQUOR di Schiavon (VI), vista generale (fonte: CB_BRE)



Fig. 13 – immagine del sistema di sedimentazione presso impianto AQUOR di Schiavon (VI), particolare inlet (fonte: CB_BRE)

Un ulteriore elemento da posizionare a monte dell'area di ricarica a presidio dell'impianto è la stazione di monitoraggio e controllo in remoto dei parametri idraulici e chimico-fisici del flusso in ingresso. A tal fine si dovranno individuare dei pozzetti (o analoghi segmenti della rete di adduzione) dove installare le sonde parametriche (per il progetto AQUOR

¹⁰ Si veda: Veneto Agricoltura, 2010. Manuale per la gestione ambientale dei corsi d'acqua.



sono state adottate sonde per la misura in continuo dei seguenti parametri: ossigeno disciolto, pH, conducibilità, torbidità, potenziale redox e temperatura), nonché dove predisporre un adeguato sistema di misura delle portate (di tipo idrometrico o correntimetrico). Tali sonde dovranno essere collegate ad una cabina dotata di centraline di raccolta ed elaborazione dei segnali, opportunamente alimentare elettricamente (con sistema fotovoltaico o in rete BT), connesse via rete ad un *server* di elaborazione dati. Il sistema può essere dotato di una installazione di regolazione idrica dell'impianto gestita in telecontrollo, qualora l'eventuale procedura per la regolazione manuale richieda tempistiche non coerenti con le esigenze di tutela degli acquiferi interessati.

5.5 CRITERI ESECUTIVI DELLE OPERE DI DISTRIBUZIONE

In funzione dell'assetto planimetrico dell'impianto è possibile che si rilevi la necessità di realizzare una rete di conferimento delle portate in ingresso all'area di ricarica verso le superfici di infiltrazione. In alcune tipologie di impianto può rendersi necessaria anche una rete di distribuzione interna al sistema disperdente. Per esempio nel caso di aree forestali di infiltrazione deve essere realizzato un sistema di scoline superficiali, mentre nel caso delle trincee di infiltrazione e dei campi di sub infiltrazione è utile prevedere una rete in tubi forati per la omogenea distribuzione dei flussi sull'intero materasso disperdente. La tabella che segue riporta sinotticamente la tipologia di sistema di distribuzione caratteristica di ogni tipologia impiantistica, poi approfondita nei paragrafi successivi.

SOLUZIONE IMPIANTISTICA	TECNICA DI DISTRIBUZIONE IDRAULICA
AREA FORESTALE DI INFILTRAZIONE	rete di scoline superficiali (si veda par. 3.4.5)
CAMPO DI SUB-INFILTRAZIONE	rete di tubi forati (si veda par. 3.4.3)
POZZO DI INFILTRAZIONE	non necessaria
ROGGIA DI INFILTRAZIONE	non necessaria
TRINCEA DI INFILTRAZIONE	rete di tubi forati (si veda par. 3.4.2)

Tab. 04 – sistemi di distribuzione idraulica per tipologia di soluzione impiantistica



5.5.1 scoline superficiali

La tecnica di infiltrazione mediante scoline adacquatrici si richiama alla tecnica di irrigazione per infiltrazione laterale da solchi (*furrow* o *sillon*), uno dei metodi irrigui attualmente più utilizzati in Italia. L'irrigazione da solchi è eseguita facendo scorrere l'acqua all'interno di solchi costruiti lungo la pendenza del campo o trasversalmente ad essa, scorrendo a fianco di lembi di terreno coltivato (cosiddette "porche"). L'acqua viene immessa nei solchi da canali adacquatori di testata e arriva alle radici delle piante sia con movimento verticale di penetrazione nel terreno che con moto laterale di infiltrazione attraverso le pareti dei solchi stessi.

Il dimensionamento idraulico delle scoline disperdenti all'interno di un'AFI può essere eseguito considerando che la portata di alimentazione dell'impianto viene distribuita in parti uguali dal canale ripartitore di testata. In questo modo risulta nota la portata di picco che viene immessa in ciascuna scolina, pari alla frazione $1/n$ della portata di alimentazione (con n pari al numero di scoline disperdenti alimentate dal canale ripartitore di testata). La sezione di progetto viene verificata idraulicamente in testa alla scolina, in quanto si assume che le sezioni di valle – realizzate con la medesima macchina scolinatrice – abbiano sezione costante (viceversa, qualora il terreno abbia pendenza disomogenea, occorre verificare opportunamente anche le sezioni di valle). Sotto l'ipotesi di moto uniforme, la verifica idraulica può quindi essere condotta con la nota formula di Gauckler-Strickler, in cui l'unica incognita, ipotizzata la geometria della scolina e stimato il coefficiente di scabrezza, è l'altezza del tirante idrico che quindi dovrà risultare di dimensione inferiore rispetto all'altezza della scolina (al netto di un franco idraulico di circa 20 cm). L'equazione può essere risolta con metodo iterativo, assumendo geometrie della scolina coerenti con le dimensioni caratteristiche delle scolinatrici presenti in commercio (si veda **appendice B**). In ragione della natura non omogenea del terreno e delle condizioni dinamiche di superficie del moto di filtrazione, è ragionevole assumere che in assenza di uno scarico di fondo nelle scoline adacquatrici e con pendenze delle stesse di qualche decimo di punto percentuale, la condizione di regime stazionario venga raggiunta dopo un certo intervallo di tempo, con conseguente accumulo di acqua all'interno delle scoline; in tal senso la predisposizione di un manufatto di sfioro regolabile in coda alle scoline può consentire una ottimale gestione dell'impianto (si veda par. 5.6).

5.5.2 tubazioni forate

Le tecniche di infiltrazione che fanno ricorso alla posa in opera di tubazioni forate sono i campi di sub-infiltrazione e le trincee di infiltrazione (si veda par. 3.4). Tali tipologie impiantistiche necessitano di una distribuzione capillare del flusso idrico in ingresso mediante una rete di tubazioni appositamente dedicata, la cui caratteristica principale è la presenza di fori sul fondo tali da consentire una adeguata distribuzione della portata di infiltrazione lungo il letto disperdente. Tale letto, tipicamente realizzato in materiale lapideo lavato (ciottoli o pietrisco lavati), funge anche da piano di posa per le tubazioni. Sulla sommità e sulla parte laterale superiore del letto disperdente è opportuno prevedere uno strato di tessuto non tessuto (fibre sintetiche agugliate, di opportuno materiale e grigliatura in funzione della profondità di posa e



della tipologia di suolo in sovraccarico) al fine di favorire la ritenzione delle particelle solide fini del suolo soprastante il letto stesso.

Il diametro delle tubazioni deve essere scelto in funzione della portata in ingresso. E' possibile prevedere un restringimento del diametro tra i tronchi di testa e quelli di coda dell'impianto in considerazione della dispersione crescente lungo la tubazione (con conseguente riduzione della portata in transito), al fine di ridurre gli oneri di investimento. Tuttavia questa tipologia impiantistica non consente una facile manutenibilità dei tubi forati e pertanto, assumendo un progressivo fenomeno di intasamento dei fori disperdenti, è consigliabile scegliere un diametro costante (eventualmente in leggero sovradimensionamento) per evitare indesiderati funzionamenti in pressione.

Per quanto riguarda i materiali, è possibile scegliere tra calcestruzzo e materiali plastici (tipicamente PVC) in funzione del carico statico che la tubazione dovrà sopportare in opera. In funzione del materiale prescelto, in commercio esistono diverse misure standard di tubazioni (lunghezza, diametro interno, spessore) alle quali è opportuno riferirsi durante il dimensionamento idraulico. Si raccomanda di prevedere tubazioni con fori di ampiezza non inferiore al centimetro, in modo da minimizzare eventuali problemi di intasamento degli stessi.

5.6 CRITERI ESECUTIVI DELLE OPERE DI SCARICO

In un impianto di ricarica la portata nominale di adduzione può superare quella di infiltrazione in ragione di fenomeni di piena ovvero per la cronica riduzione della capacità infiltrante dovuta a fenomeni di *clogging*. In tal senso risulta opportuno dimensionare opportunamente le opere di adduzione (si veda par. 5.3) e prevedere comunque un sistema di troppo pieno al fine di scaricare in maniera controllata eventuali sovraccarichi idraulici. In base alla soluzione impiantistica adottata è possibile identificare la modalità più idonea per la realizzazione del sistema di troppo pieno.

SOLUZIONE IMPIANTISTICA	TECNICA DI SCARICO IDRAULICO
CAMPO DI SUB-INFILTRAZIONE	La rete di distribuzione interna all'impianto è tipicamente collocata ad una quota non superiore all'interfaccia tra il suolo (bassa permeabilità) e il sottosuolo (alta permeabilità). In tale situazione la quota di scorrimento dell'eventuale corpo idrico recettore è tipicamente più alta rispetto al fondo tubo del sistema di distribuzione e pertanto non è possibile predisporre un sistema di troppo pieno funzionante a gravità. Una soluzione possibile è quella di prevedere un pozzetto disperdente alla fine del sistema di distribuzione. Viceversa, nell'ipotesi in cui le quote lo consentano, è possibile prolungare la rete di distribuzione con una tubazione (non disperdente, qualora si esca dell'ambito dell'impianto di ricarica) e raggiungere il corpo idrico ricettore con uno scarico a gravità (eventualmente dotato di valvola a <i>clapet</i> o analoga se occorre evitare l'ingresso di acque indesiderate dal corpo idrico ricettore).



IMPLEMENTAZIONE DI UNA STRATEGIA PARTECIPATA DI RISPARMIO IDRICO E RICARICA ARTIFICIALE PER IL RIEQUILIBRIO QUANTITATIVO DELLA FALDA DELL'ALTA PIANURA VICENTINA



AREA FORESTALE DI INFILTRAZIONE	In coda al sistema di infiltrazione viene realizzato un collettore di gronda che raccorda i tratti terminali delle scoline e viene dotato di un raccordo idraulico (a pelo libero o in pressione) con recapito al più prossimo corpo idrico recettore. Tale recapito può essere dotato di un manufatto di sfioro a quota tale da garantire un adeguato franco di sicurezza idraulica all'interno dell'impianto (almeno pari a 15% h, con h = altezza scolina).
POZZO DI INFILTRAZIONE	Per questa soluzione impiantistica può essere prevista uno sfioro di troppo pieno posizionato ad una quota di controllo opportunamente individuata tra il fondo tubo dell'adduzione e la quota di scorrimento del corpo idrico ricettore. Si evidenzia come l'eventualità di una attivazione del sistema di troppo pieno è alquanto remota per tale soluzione impiantistica, in ragione della notevole capacità disperdente della stessa.
ROGGIA DI INFILTRAZIONE	Qualora la roggia di infiltrazione venga realizzata <i>off-stream</i> (come nel caso dell'impianto pilota del progetto AQUOR), occorre prevedere un presidio di troppo pieno che tipicamente è costituito da un manufatto di restituzione dell'eventuale portata in eccesso allo stesso corpo idrico donatore. Nel caso di AQUOR la roggia di infiltrazione è presidiata da un manufatto di <i>outlet</i> e funziona di fatto come bacino di infiltrazione: tale manufatto funge pertanto anche da troppo pieno. In un eventuale caso diverso, con funzionamento della roggia senza presidi idraulici, è sufficiente realizzare una confluenza con la roggia donatrice.
TRINCEA DI INFILTRAZIONE	Valgono le stesse considerazioni addotte per il campo di sub-infiltrazione.

Tab. 05 – sistemi di scarico idraulico per tipologia di soluzione impiantistica

Per tutte le tipologie impiantistiche sopra indicate è possibile prevedere un *bypass* idraulico a monte dell'impianto, in grado di smaltire eventuali rigurgiti idraulici o dis-funzionamenti del sistema di adduzione. Tale opzione è opportuno che venga opportunamente valutata in termini di costi-benefici tra investimento necessario e rischio gestito.

5.7 CRITERI DI DISMISSIONE

La dismissione di un impianto di infiltrazione può essere determinata da diversi fattori (anche concomitanti), tra cui (1) il deterioramento stabile della qualità delle acque di approvvigionamento (da qualsiasi fonte utile entro un raggio conveniente dall'impianto), (2) l'intasamento (*clogging*) sostanziale ed irreversibile del sistema di infiltrazione, il deterioramento sostanziale ed irreversibile delle infrastrutture idrauliche, il raggiungimento di un equilibrio dinamico del corpo idrico sotterraneo interessato (in assenza di ricarica indotta), la mancanza di risorse economiche per una adeguata gestione dell'impianto. A prescindere dalla causa, è possibile dismettere l'impianto secondo diverse modalità in funzione della tipologia specifica, come riportato nella seguente tabella.



IMPLEMENTAZIONE DI UNA STRATEGIA PARTECIPATA DI RISPARMIO IDRICO E RICARICA ARTIFICIALE PER IL RIEQUILIBRIO QUANTITATIVO DELLA FALDA DELL'ALTA PIANURA VICENTINA

SOLUZIONE IMPIANTISTICA	TECNICA DI DIMISSIONE
AREA FORESTALE DI INFILTRAZIONE	L'impianto è costituito di fatto da un bosco planiziale che pertanto può essere portato a maturità (finalità naturalistica) o continuato a coltivare (finalità produttiva) previa demolizione/rimozione e smaltimento/riuso delle varie componenti infrastrutturali, con eventuale riporto di terreno a riempimento delle scoline adacquatrici (di difficile attuazione in ragione della maturità del soprassuolo forestale).
CAMPO DI SUB-INFILTRAZIONE POZZO DI INFILTRAZIONE TRINCEA DI INFILTRAZIONE	E' possibile dismettere l'impianto mediante demolizione/rimozione e smaltimento/riuso delle varie componenti infrastrutturali, con riporto di terreno di riempimento nei vari spazi lasciati aperti.
ROGGIA DI INFILTRAZIONE	L'impianto è costituito di fatto da un biotopo umido (lentico o lotico, a seconda della tipologia adottata) che può essere lasciato ad evoluzione naturale previa demolizione/rimozione e smaltimento/riuso delle varie componenti infrastrutturali. Un eventuale ripristino del terreno per finalità agronomica deve prevedere un opportuno rinterro con adeguato materiale di riempimento.

Tab. 06 – criteri di dismissione per tipologia di soluzione impiantistica

Per l'eventuale smaltimento e/o riuso dei materiali di risulta dalla dismissione dell'impianto, si rimanda alla normativa specifica di settore.