
**LA RICARICA
ARTIFICIALE
DEGLI ACQUIFERI:
DA AZIONE STRATEGICA
PER LA CONSERVAZIONE
DELLE RISORGIVE AD
AZIONE STRUTTURALE
DI ADATTAMENTO AL
CAMBIAMENTO CLIMATICO**



Con il contributo di:



Un grazie particolare va a BCC Veneta, che ha creduto per prima a questo progetto.

L'ideazione del presente quaderno è maturata all'interno dell'Advisory Board di Fondazione Palazzo Festari – IPA Alto Vicentino
Il coordinamento del gruppo di lavoro e l'armonizzazione del testo finale è stata curata da Giustino Mezzalira

Hanno contribuito

Andrea Sottani e Francesca Campagnolo (Capitolo 1.1, 2.1, 2.2 e 2.3.3)

Giustino Mezzalira (Capitolo 1.1.2, 1.2, 2.3.2 e 2.3.4, 2.4)

Andrea Rinaldo e Giulia Passadore (2.3.1)

Lorenzo Altissimo (Capitolo 2.5)

Stefano Salviati (Capitolo 1.1.4)

Lorenzo Furlan e Davide Misturini (Capitolo 3)

Paolo Gurisatti e Renato Grotto (Capitolo 4 e Conclusioni)

© *Fondazione Palazzo Festari*

Aprile 2024

ISBN: 978-88-32263-83-1



*Impaginazione Mediafactory
Cornedo - Vicenza*



*Finito di stampare nel mese di aprile 2024
da Tipografia Danzo - Cornedo - Vicenza*

FONDAZIONE PALAZZO FESTARI

La ricarica artificiale degli acquiferi:

**da azione strategica per la conservazione
delle risorgive ad azione strutturale
di adattamento al cambiamento climatico**

a cura di
Giustino Mezzalana

2.4 - La plurisecolare interazione tra derivazioni irrigue, trasformazione del territorio e risorgive	59
2.4.1 <i>Un paesaggio agrario storico degno della designazione "Riserva della Biosfera" del programma MAB UNESCO</i>	62
2.5 - Qualità dell'acqua utilizzata negli impianti di ricarica ed effetti sulla falda	64
2.5.1 <i>Premessa</i>	64
2.5.2 <i>Infiltrazioni di acqua derivata da torrenti o rogge ed effetto sulle acque di falda</i>	65
2.5.2.1 <i>Acque di alimentazione degli impianti di ricarica</i>	65
2.5.2.2 <i>Risposta della falda a valle degli impianti di ricarica</i>	66
2.5.3 <i>Infiltrazione di acqua derivata da piccoli bacini di accumulo di acque meteoriche</i>	68
2.5.3.1 <i>Monitoraggio</i>	69
2.5.3.2 <i>Intasamento (clogging)</i>	70

3 - Una nuova agricoltura amica dell'acqua

3.1 - Aumento della capacità di trattenere acqua nel territorio rurale	71
3.2 - Aumento dell'efficienza dell'uso	72
3.2.1 <i>Riduzione del consumo</i>	73
3.2.2 <i>Aumento dell'efficienza di utilizzo a parità di scelte colturali/agronomiche</i>	73
3.2.3 <i>Suddivisione appezzamenti in aree omogenee</i>	74
3.2.4 <i>Utilizzo di sistemi di misura digitali</i>	76
3.2.4.1 <i>Misura dell'andamento meteo e della piovosità</i>	77
3.2.4.2 <i>Misura dell'andamento dell'acqua nel suolo</i>	77

3.2.5.	<i>Sistemi per irrigare in maniera sostenibile ed efficiente</i>	79
3.2.5.1	<i>Microirrigazione</i>	79
3.2.5.2	<i>Grandi macchine per l'irrigazione</i>	79
3.2.5.3	<i>Modelli previsionali per gestire l'irrigazione</i>	80
3.2.6.	<i>Conclusioni</i>	82
4 -	Gestione del sistema idrico dell'Alto Vicentino ed assetto istituzionale	83
4.1 -	Bilancio idrico per settori (non agricoli) e linee guida	84
4.2 -	Governance della risorsa acqua	85
4.3 -	Il ruolo dell'IPA	88
4.4 -	Il valore aggiunto dell'IPA Alto Vicentino	89
4.5 -	Il metodo	90
4.6 -	La partnership	92
Conclusioni		95
Acronimi e Glossario		101
Bibliografia		103

Prefazione

Nel 1976 veniva pubblicato negli USA un libro dal titolo “The Genesis Strategy. Climate and Global Survival” (scritto da Stephen Schneider e pubblicato in Italia nel 1977 da Mondadori nella collana “Biblioteca della EST”).

La comunità internazionale cominciava allora a preoccuparsi degli effetti che le nostre attività stavano avendo sul clima, rendendo sempre più imprevedibile il godimento delle sempre più scarse risorse del nostro pianeta. Schneider in sostanza proponeva, come misura di adattamento al cambiamento climatico, di adottare la strategia che nel libro della Genesi Giuseppe suggeriva al Faraone per far fronte alle ricorrenti carestie che affliggevano l'antico Egitto: mettere via negli anni di abbondanza quanto più possibile per gli anni di carestia.

Oggi, quasi cinquant'anni dopo, siamo tutti coscienti che la crisi climatica è la più grande sfida che l'Umanità dovrà affrontare e vincere. Da essa dipendono l'incertezza della disponibilità di cibo, la possibilità di continuare a vivere in vaste aree del pianeta ed i conseguenti imponenti flussi migratori che portano con sé rischi di guerre, crisi sociali, ambientali ed economiche.

Uno degli effetti più devastanti della crisi climatica è la riduzione delle risorse idriche indispensabili per le nostre attività e per il mantenimento della funzionalità degli ecosistemi. La carenza di acqua (definita siccità con diverse aggettivazioni per indicarne il livello di gravità), assieme alle tempeste ed alle ondate di calore sono i fenomeni derivati dal cambiamento climatico che percepiamo più facilmente anche nel nostro territorio.

Proprio da questa percezione ha preso origine questo Quaderno della Fondazione Festari. Nell'estate 2022 il Veneto e tutta l'Italia settentrionale si trovavano nell'occhio della “tempesta” perfetta: nell'ultimo anno era piovuto solamente il 50% del normale afflusso meteorico; durante l'inverno precedente di fatto non vi era stata copertura nevosa; i bacini idroelettrici erano sostanzialmente vuoti, le falde idriche sotterranee toccavano uno dei loro minimi storici e le temperature erano significativamente più elevate delle medie.

Un indicatore sintetico della drammaticità della situazione, che stava avendo pesantissime ripercussioni economiche soprattutto nel settore agricolo, era la portata delle risorgive: quelle che non si erano già seccate lo stavano facendo (Figura 1)

Paradossalmente le regioni dell'Italia meridionale e le Grandi Isole non se la passavano altrettanto male. A causa del clima mediterraneo, da molto tempo avevano adottato la strategia della Genesi, realizzando grandi invasi a fini primariamente irrigui in cui accumulare l'acqua che là cade soprattutto nella stagione invernale. In Veneto invece, caratterizzato da un clima più temperato-umido e beneficiato dalla vicinanza della grande catena alpina che fornisce in modo diluito nel tempo le acque delle copiose precipitazioni e dello scioglimento del manto nevoso, non si era mai sentita l'esigenza di fare tesoro dell'acqua. Anzi, la cultura locale era piuttosto stata plasmata dal doversi difendere dalla troppa acqua (difese idrauliche, idrovore, bacini di laminazione).

A fronte della catastrofe economica ed ambientale provocata dalla siccità la reazione è stata di tipo emergenziale, come di fronte ad una alluvione: nomina di un commissario per l'emergenza idrica; richiesta di risorse straordinarie per far fronte all'emergenza; individuazione di poche grandi opere che da sole avrebbero permesso di risolvere il problema.

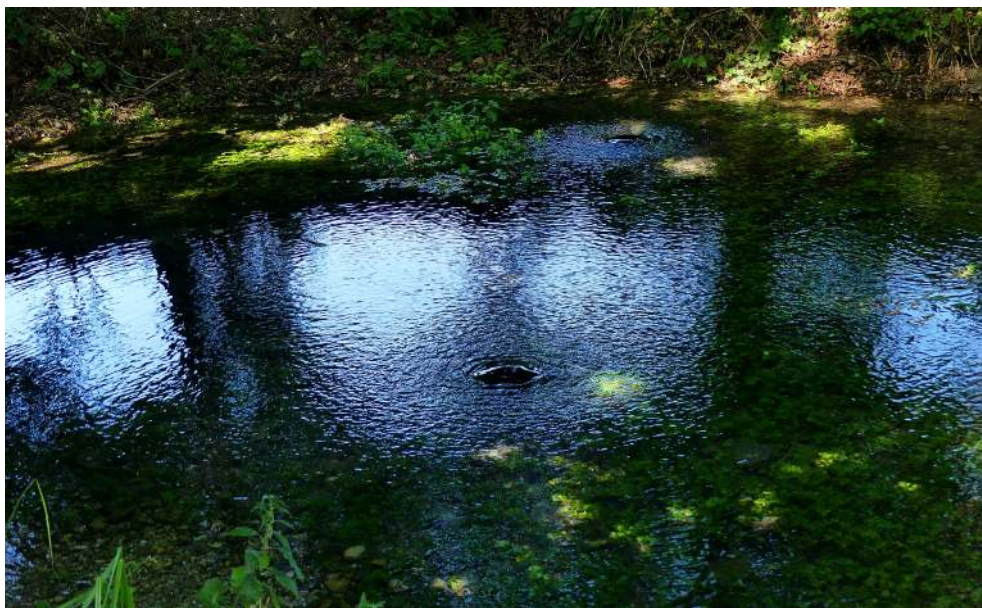


Figura 1 - Capofonte di una risorgiva

Le IPA (Intese Programmatiche d'Area) sono state volute dalla Regione del Veneto per favorire la programmazione dello sviluppo territoriale.

L'IPA Alto Vicentino, coordinata dalla Fondazione Palazzo Festari, ha inserito il tema della governance dell'acqua tra le 10 azioni (cantieri) del suo programma di attività. Ciò deriva dalla constatazione che il territorio dell'alto vicentino fa parte della "terre alte" (tratti terminali delle vallate prealpine; alta pianura), territori in cui possono essere attuate azioni fondamentali per conservare la risorsa idrica, utilizzando sia invasi superficiali che l'immenso acquifero indifferenziato dell'alta pianura (Figura 2)

Stante questa peculiare situazione l'IPA Alto Vicentino può favorire il processo partecipato di tutti i soggetti pubblici e privati che operano nel territorio al fine di conseguire un obiettivo di interesse comune, sia per i residenti nell'IPA sia per una comunità più vasta ("terre basse") che si troverebbe a beneficiare del patrimonio idrico che le terre alte possono contribuire a trattenere.

Per sua natura le soluzioni che un'IPA promuove si basano sulla partecipazione di tutti i soggetti che vi possono concorrere. In questa logica e vista la competenza ad occuparsi di risorse idriche in termini di governance che va oltre le competenze dei singoli soggetti, l'IPA ha ritenuto di dare ascolto ad alcuni suggerimenti che provenivano dal suo territorio circa una strategia ispirata al libro della Genesi.



Figura 2 - Visione panoramica di un tratto dell'Alta Pianura Vicentina

Il presente lavoro ha lo scopo di presentare un approccio non emergenziale al tema della siccità. L'idea di fondo è che di acqua nel nostro territorio continua a caderne tanta, tantissima. Secondo i dati dell'ARPA del Veneto negli ultimi trent'anni non si è notata una significativa riduzione delle precipitazioni complessive. Quello che è cambiato in modo significativo è il modo in cui avvengono le precipitazioni: esse risultano sempre più concentrate ed intense e sempre meno nevose. Entrambe le modalità hanno come conseguenza una minore capacità da parte del territorio di assorbirle, di trattenerle, di trasformarle in riserve sotterranee.

Come mostrato dal progetto Life Beware, che è stato una delle fonti di ispirazione del presente quaderno, il territorio può diventare una spugna se l'acqua che cade sulle zone urbanizzate e sulle zone agricole invece di essere allontanata quanto prima (logica attuale, derivante dall'approccio "difendersi dall'acqua") viene accumulata e/o infiltrata in modo diffuso, capillare (logica "difendere l'acqua").

L'alta pianura vicentina in epoche recenti ha ospitato, oltre al progetto Life Beware, altri importanti progetti che hanno dimostrato che si può fare molto, spesso con sforzi modesti, per infiltrare l'acqua che scorre rapidamente in superficie nei fiumi e che in pochi giorni arriva al mare (dove diviene acqua salata) ed accumularla nell'immenso bacino costituito dal sistema sotterraneo dell'alta pianura. Una peculiarità che non tutti i territori hanno ma che contraddistingue il nostro territorio e che fino ad oggi non è stata pienamente sfruttata per iniziative di ricarica intenzionale. O meglio, che è stata sfruttata in modo involontario grazie alla "perdita" di una parte molto rilevante delle portate idriche utilizzate a fini irrigui che, inevitabilmente, si infiltrano nei suoli dell'alta pianura assai porosi ed a elevata permeabilità.

Sicuramente possono essere utili alcuni grandi bacini posti nel tratto montano dei fiumi principali per invasare grandi volumi a fini irrigui ed idropotabili. Tuttavia questi interventi (ad esempio il Bacino di Meda) sono fuori della portata di un'IPA, poiché richiedono procedure complesse e tempi lunghi, oltre all'intervento di istituzioni diverse dai piccoli comuni delle terre alte.

Come IPA Alto Vicentino, possiamo invece intervenire subito e in via diretta, con iniziative di accumulo diffuso (vedi il "Piano Laghetti" di ANBI Veneto, i pozzi bevitori e le AFI - Aree Forestali di Infiltrazione - già sperimentate dalla Provincia di Vicenza con il progetto Life Aquor), dove ogni comunità/azienda

agricola può dare un piccolo contributo che però moltiplicato per centinaia o migliaia di volte equivale, o meglio supera in termini di stoccaggio, i volumi di pochi grandi bacini. Ma soprattutto possiamo adottare la logica di accumulo ed infiltrazione, preconizzata dal progetto Life Beware, realizzato in collaborazione con alcuni nostri soci, in cui ogni casa, ogni capannone, ogni piazzale, ogni terreno agricolo può dare un contributo. Tutti possono fare qualcosa per trasformare il territorio in un “territorio spugna” .

Cambiando una lampadina (da lampadina ad incandescenza a lampadina al LED) non si risolve il problema energetico. Cambiando milioni di lampadine sì!

Il presente quaderno vuole fornire ai cittadini, agli imprenditori, alle amministrazioni locali le conoscenze scientifiche e tecniche essenziali che giustificano la diffusa chiamata a una maggiore responsabilità nel risparmio e nell'accumulo dell'acqua, dando concreta dimostrazione del fatto che la vera soluzione alla crisi idrica legata alla crisi climatica può venire solo dalla conoscenza del territorio e delle sue peculiarità.

L'Alto Vicentino dispone già di un “serbatoio” di accumulo di enormi dimensioni, collocato sotto terra e filtrato da strati di ghiaia. Quello che deve imparare a fare, perché finora non era necessario, è trovare nuove modalità di riempimento e utilizzo, grazie a nuove tecniche, diffuse, di intercettazione delle precipitazioni, di ricarica artificiale e di controllo dei prelievi.

In parte serviranno nuovi invasi e nuovi sistemi di “canalizzazione”, in parte nuovi sistemi di infiltrazione e in parte nuove tecniche di gestione intelligente dei flussi a tutti gli stadi del processo, grazie all'impiego di nuove tecnologie digitali.

Il quaderno esplora questa prospettiva, alla portata dell'IPA e dei suoi soci, in quattro parti.

Nella prima si parla di risorgive. La lucetta rossa che si è accesa sul cruscotto della nostra auto ci dice che “il livello dell'acqua è basso”! E' dalla reazione alla progressiva “morte delle risorgive” che hanno preso spunto i principali progetti (Life Aquor e Beware sopra citati) che hanno messo a disposizione strumenti e indicazioni che ora potrebbero essere utilizzati a grande scala per attuare la strategia della ricarica diffusa.

Nella seconda viene illustrato come funziona il sistema idrogeologico della pianura vicentina e vengono presentate le principali voci di entrata e di uscita

del bilancio geoidrologico. Partendo da queste vengono analizzate le diverse soluzioni prospettate per riequilibrare il sistema: grandi invasi; laghetti; tecniche di ricarica artificiale delle falde, uso dell'irrigazione per la ricarica.

Nella terza parte viene analizzato come l'agricoltura, da più parti incriminata di consumare la grande maggioranza delle risorse irrigue, può ridurre in modo significativo la propria impronta idrica.

Nella quarta parte infine viene analizzato in modo approfondito il ruolo che l'IPA Alto Vicentino intende svolgere per dare un forte contributo alla governance delle risorse idriche. In essa si ipotizza anche la nascita di un mercato di scambio di quote idriche, che permetta al settore privato (imprese benefit, imprese certificate B corp, etc.) di finanziare le azioni di ricarica diffusa e ai cittadini che risparmiano di essere premiati.

Il quaderno, voluto e coordinato dall'IPA Alto Vicentino, è frutto del lavoro di un gruppo di persone che hanno dedicato la loro vita professionale ai temi dello studio e della gestione delle risorse idriche e degli ecosistemi acquatici e che hanno messo volontariamente a disposizione la loro competenza ed il loro tempo, all'interno di un gruppo di lavoro che ha permesso di confrontarsi sulle idee e sulle soluzioni.

Questo gruppo di lavoro ha dato origine ad altre iniziative, inizialmente non previste, che stanno diventando asse portante, cantiere della nostra IPA.

Il confronto sulla sostenibilità finanziaria delle idee proposte ha dato origine ad una proposta di progetto Life sulla nascita di un mercato volontario di scambio di quote idriche che è stata sottoposta alla Commissione Europea.

Questo quaderno è dunque frutto di un lavoro avviato dall'IPA, ma che si è poi diramato in nuovi imprevedibili rivoli, come sempre fa l'acqua quando scende da monte a valle.

Mi corre l'obbligo di ringraziare le tante persone che ne hanno permesso la realizzazione fornendo spunti e partecipando ai tanti incontri in cui l'IPA ha condiviso le sue proposte. In primis il Presidente e il Direttore di Viacqua (Giuseppe Castaman e Alberto Piccoli) che si sono adoperati, assieme al responsabile del Centro Rive (Paolo Ronco) per il successo del progetto Life "Svolta Blu".

Ma un ringraziamento in particolare va a Giustino Mezzalira, componente dell'Advisory Board della nostra Fondazione, che si è assunto l'onere di coordinare

il gruppo di lavoro formato da Lorenzo Altissimo (Senior Advisor dell'IPA Alto Vicentino), Renato Grotto (Componente del Comitato Esecutivo dell'IPA), Andrea Sottani e Francesca Campagnolo (Sinergo), Lorenzo Furlan (Direttore della Direzione Innovazione di Veneto Agricoltura) e Davide Misturini, Stefano Salviati (Biologo della società Aquaprogram) e Paolo Gurisatti (Direttore della Fondazione Palazzo Festari – IPA Alto Vicentino) e di curare l'edizione di questo numero dei Quaderni.

Ringrazio infine per il contributo che ci onora, sviluppato in collaborazione con Giulia Passadore, il Prof. Andrea Rinaldo, Ordinario di Costruzioni Idrauliche nell'Università di Padova, profondo conoscitore degli acquiferi del vicentino ed insignito nel 2023 dello Stockholm Water Prize, il “Premio Nobel dell'acqua”.

Franca Porto

Presidente della Fondazione Palazzo Festari

1. Introduzione

1.1. Le risorgive

1.1.1. Il significato geoidrologico ed il ruolo dei fontanili nel sistema sotterraneo

Con il termine “risorgiva” si designa la naturale emersione a giorno di acqua sotterranea in contesti territoriali di pianura: il fenomeno è riconducibile ad un particolare assetto idrogeologico, in cui fattori strutturali predisponenti e motivi determinanti concorrono a generare queste emergenze sorgive. In senso topografico, infatti, si viene a realizzare una intersezione del profilo altimetrico del piano di campagna con la cadente piezometrica locale mentre, per quel che riguarda le caratteristiche composizionali del substrato, il contatto tra sedimenti alluvionali a differenti permeabilità costituisce una vera e propria soglia di sbarramento, in grado di bloccare il flusso della falda freatica, che di conseguenza affiora.

Osservando il modello geostrutturale che descrive la zona pedemontana, dalle pendici dei rilievi verso il settore meridionale, si assiste ad un graduale passaggio composizionale in senso litostratigrafico, in base al quale a depositi granulari con permeabilità relativamente elevata si sostituiscono via via sedimenti più fini, contraddistinti da una conducibilità idraulica minore (vedi Figura 11 di pag. 36). Questa variazione geologica si esplica in un preciso settore della media pianura, che presenta una soggiacenza della tavola d’acqua della falda molto modesta, cosicché la superficie della falda risulta prossima a quella del suolo. Le circostanze citate danno luogo a vere e proprie sorgenti di pianura, che sono appunto classificate risorgive per sbarramento (Figura 3).

Il termine “risorgiva” è genericamente associato a quello di “fontanile”: mentre la “risorgiva” identifica univocamente un affioramento idrico di genesi naturale, il “fontanile” fa talora riferimento ad una risorgenza di pianura in qualche modo influenzata dall’azione antropica, ad esempio tramite l’infissione di pozzi battuti nel terreno (tipo Northon), che, sfruttando i caratteri di pressione della falda, tendono a favorire o a potenziare l’emergenza, anche per rivitalizzare le zone umide da essa sottese.

Dal punto di vista morfologico le risorgive sono costituite da una testa (polla) e da un canale di deflusso, detto asta o cavo. La testa è rappresentata da un'area topograficamente depressa con forma, dimensioni e profondità variabili: essa può contenere più polle sorgive adiacenti. Le risorgive vengono suddivise in base alla loro fisiografia in:

- circolare: quando la testa presenta una conformazione tondeggiante;
- lineare: allorché la testa non è morfologicamente distinguibile rispetto all'asta;
- irregolare: nei casi in cui la morfologia risulti più articolata e complessa, anche per la fusione di più polle, cosicché non è possibile ricondurla alle categorie precedenti.

La profondità della risorgiva può mediamente variare da alcune decine di centimetri fino a due metri circa. Solitamente la testa di forma tondeggiante o irregolare va a rastremarsi verso il canale di deflusso, il quale si unisce con l'asta di altre risorgive o fontanili, più o meno vicini, originando un reticolo di deflusso a pelo libero, di tipo perenne.

Tali corpi idrici, di portata e dimensioni variabili, paiono caratterizzati da un decorso idrografico rettilineo o variamente tortuoso, a seconda che la loro origine sia del tutto artificiale o segua tracciati naturali ed altri elementi geomorfologici del territorio.

La fascia delle risorgive costituisce lo sfioro naturale del sistema freatico, ovvero rappresenta una sorta di troppo pieno del serbatoio sotterraneo di alta pianura, ove si esplicano i più importanti processi di ricarica, che rinnovano ciclicamente la disponibilità delle riserve (Dal Prà e Antonelli, 1980).

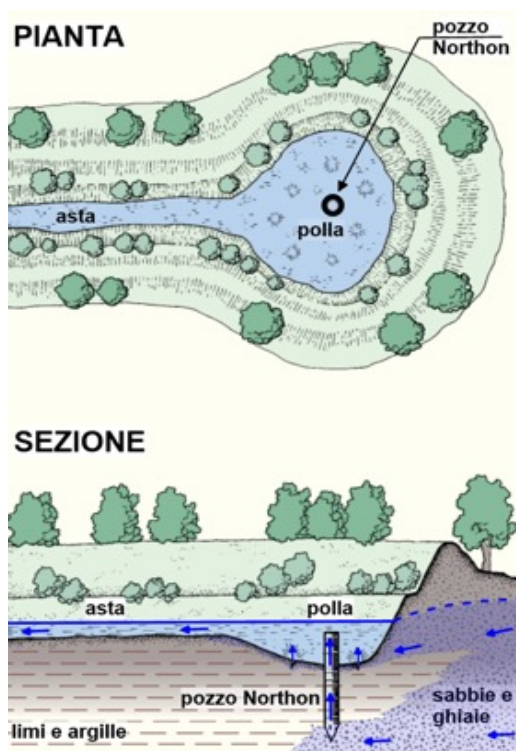


Figura 3 – Schema morfologico e strutturale di una risorgiva modificata dall'intervento umano (Minelli et al. 2002, mod.)

Il ruolo indicatore di queste emergenze è strategico e molteplice, sia alla scala locale che a livello regionalizzato: una polla consente di apprezzare “de visu” lo stato di salute della circolazione idrica sotterranea. Tramite le misure e le osservazioni alle risorgive è possibile interpretare gli andamenti quantitativi del deflusso ipogeo e valutare congiuntamente gli aspetti idrochimici delle acque in una certa località, laddove la fascia delle risorgive costituisce un fenomenale indicatore a scala estensiva delle evoluzioni geoidrologiche di un certo territorio (Altissimo et al., 1995).

La risorgiva, dunque, è una preziosa e silente sentinella, che veglia sul valore del bene acqua ed aiuta ad assicurare la rappresentatività dei controlli che sovrintendono alla salvaguardia dell’oro blu.

In aggiunta, ma non secondario per importanza, il ruolo delle risorgive entro la conservazione degli equilibri floro-faunistici naturali è esclusivo ed insostituibile. Le relazioni funzionali tra acquiferi ed ecosistemi correlati (GDEs Groundwater Dependent Ecosystem), proprio per tramite delle risorgive, sono oggetto di ampio e recente dibattito scientifico, di classificazioni e discussioni tecniche, così come di specifica regolamentazione comunitaria (Jakeman et al, 2016; Kløve et al, 2011a_b; Galassi et al, 2014). Gli habitat e la biodiversità delle aree dei fontanili di pianura dipendono intimamente dalle acque sotterranee e questa unione può essere continua, stagionale ovvero occasionale. Tutto ciò ha implicazioni concrete anche sulla vulnerabilità delle biocenosi e degli ecosistemi, poiché alcuni di essi possono essere facilmente feriti da pressioni esterne, proprio in ragione del fatto che il corpo idrico che li sorregge sia stato a sua volta soggetto a criticità qualitative.

Volendo commentare solo i trend attuali che caratterizzano i serbatoi sotterranei vicentini, serie sperimentali di dati piezometrici inediti, collezionati negli ultimi 15 anni ed elaborate con metodi statistici (Meggorin et al, 2021), consentono di rilevare oscillazioni della quota della tavola d’acqua contraddistinte da crescente ampiezza, frequenza ed intensità: nonostante la prossimità con la fascia delle risorgive, tipicamente assimilabile ad un limite idraulico a potenziale imposto, la variabilità freatica induce a considerare una recente e progressiva instabilità del sistema. Le tendenze in atto sono da ricondurre a meccanismi molteplici e di ampio respiro come il consumo del territorio (SNPA, 2021b) ma anche l’aumento dei prelievi antropici da falda da un lato (Bullo e Dal Prà, 1992; Dazzi et al. 1999; ISTAT, 2019) oltre ai manchevoli effetti della ricarica dall’altro, a loro volta riconducibili agli effetti dei nuovi assetti climatici (SNPA, 2021b). Le tendenze

di lungo periodo indicano che le quote di falda stanno seguendo un destino di generale declino (Dal Prà, 2003; Xanke e Liesch, 2022), che materializza una inclinazione generalizzata dei serbatoi al depauperamento, confermata anche da altri comportamenti a livello globale (Unesco, 2022). In ragione di quanto sopra le piezometriche inesorabilmente si abbassano: l'immediato sottosuolo progressivamente si secca e le risorgive, parimenti, si asciugano fino a morire. La fine della risorgiva innesca una serie di conseguenze negative a cascata, facendo traguardare scenari di lungo termine assai problematici e talora irreversibili.

1.1.2. Una morte annunciata

La presenza delle risorgive nella pianura vicentina era da sempre considerata qualcosa di profondamente naturale ed immutabile, una realtà attorno alla quale si erano evoluti peculiari sistemi agricoli (prati stabili e zootecnia da latte) e da cui dipendeva in modo profondo la ricchezza del territorio (abbondanza di acqua per l'irrigazione e per i sistemi acquedottistici; presenza di opifici legati alla forza idraulica delle acque dei fiumi di risorgiva; attività di pesca e di allevamento ittico).

Solo in tempi recenti alcuni osservatori particolarmente attenti avevano notato che qualcosa stava cambiando: i *gatoj* (piccole risorgive lineari scavate per drenare i terreni nelle zone di più forte risorgenza delle acque) e tante microrisorgive avevano cominciato a disseccarsi periodicamente; la portata delle risorgive maggiori aveva iniziato a ridursi e con essa quella dei tanti fiumi di risorgiva che innervano il territorio della "fascia delle risorgive" (Figura 4).

Allarmato dalla progressiva perdita di portata del sistema delle risorgive da cui dipende l'irrigazione strutturata di una importante parte del suo territorio, nel 1997 il Consorzio di Bonifica Pedemontano Brenta aveva condotto una



Figura 4 - Pozzo di sollevamento (immagine a sinistra) e risorgiva in crisi per mancanza d'acqua (immagine a destra)

approfondita indagine sullo stato delle risorgive (Consorzio di Bonifica Pedemontano Brenta, 1997) ed era stato ricostruito un primo quadro che riguardava le risorgive principali. L'immagine che ne era emersa era già allora drammatica: su 66 risorgive censite, 25 erano esaurite; per le rimanenti, le portate erano passate da 13-15 m³/sec degli anni '60 a portate estive di 3-4 m³/sec.

A seguire lo stesso Consorzio aveva condotto uno studio anche sulle micro risorgive, affidato a Sergio Varini (Consorzio di Bonifica Pedemontano Brenta, 2004), ex responsabile dell'ufficio di zona di Cittadella della Coldiretti e profondo conoscitore del territorio. Utilizzando in particolare la memoria orale degli abitanti era stato disegnato un quadro ancora più di dettaglio ed ancora più drammatico della situazione delle risorgive: di gran parte di quelle di cui si aveva memoria orale non restava traccia; in molti casi con poche camionate di materiali e qualche ora di lavoro di escavatore erano state tombate, lasciando al massimo un tubo di scarico nel caso la falda fosse tornata a crescere.

1.1.3 Cenni introduttivi sulle strategie di MAR (Managed Aquifer Recharge) per la tutela della risorsa

Oltre il 90 % delle riserve di acqua dolce accessibile nel pianeta si localizza negli acquiferi sotterranei.

Il quadro ambientale attuale è in continua e rapida evoluzione: tra periodici dissesti idrogeologici ed alluvionamenti da un lato e progressivi effetti del riscaldamento globale dall'altro, la necessità di gestire queste importanti fonti di approvvigionamento idrico diviene quanto mai pressante.

Anche la più consistente riserva idrica italiana è costituita dalle acque sotterranee: esse si rinnovano annualmente per circa 50 miliardi di metri cubi e garantiscono il soddisfacimento di oltre l'85% del fabbisogno idropotabile nazionale, oltre a coprire una parte significativa delle esigenze agricole e delle necessità produttive del Paese (Ducci et al., 2017)

Le acque sotterranee, dunque, rappresentano per il territorio nazionale la risorsa più grande e preziosa di acqua dolce e pura: la disponibilità del bene determina inevitabili ripercussioni sull'ambiente, incidendo in modo diretto sul benessere della popolazione e condizionando talora i parametri dell'economia ovvero le scelte della politica (Sottani et al. 2021).

All'eccessivo sfruttamento delle acque sotterranee, derivato dai prelievi domestici e potabili, agricoli e industriali, compete un diffuso stato di degrado

delle falde, complicato anche dai fenomeni di contaminazione: la ricarica delle falde freatiche attraverso l'introduzione di acque piovane e di deflussi superficiali è da anni una pratica di crescente ed indubbio interesse (Chiesa, 1992).

La ricarica gestita degli acquiferi (MAR) è definita come la ricarica intenzionale di acqua negli acquiferi per un successivo recupero o per un beneficio ambientale (Dillon et al., 2009). Si tratta di uno strumento di gestione delle risorse idriche che comprende un'ampia varietà di fonti d'acqua, una molteplicità tecnologica di metodi per il ravvenamento e di politiche per l'amministrazione ed il controllo dello stoccaggio.

La ricarica degli acquiferi in condizioni controllate fa dunque parte integrante delle opzioni di intervento per fare fronte alla carenza idrica, alla sicurezza idrica, al declino della qualità dell'acqua, all'abbassamento delle falde acquifere e, non ultimo, al deterioramento degli ecosistemi che dipendono dalle acque sotterranee (GDEs).

La ricarica può costituire la soluzione più economica, meno impattante, più resiliente e maggiormente accettabile sotto il profilo sociale per conseguire obiettivi di conservazione quali-quantitativa delle riserve d'acqua.

Spesso le strategie di MAR non vengono attuate a causa di:

- la mancanza di consapevolezza del problema e delle effettive tendenze in atto;
- l'inadeguata conoscenza degli acquiferi;
- una percezione immatura del rischio a medio termine;
- l'indisponibilità di politiche adeguate a sostenere una gestione integrata delle acque.

A tutt'oggi la pratica correttiva in argomento viene applicata con successo in tutto il mondo per vari scopi (Pyne, 2005; Dillon et al., 2019; Unesco, Zheng et al., 2021) quali:

1. la gestione dell'approvvigionamento idrico: la MAR è comunemente utilizzata per affrontare gli squilibri tra la domanda e l'offerta dell'acqua; ciò può avvenire in risposta ad esigenze con tempo di risposta stagionale (ad esempio, ricarica durante le stagioni umide e recupero durante le stagioni secche), inter-annuale ricorrente (durante le stagioni umide e recupero durante quelle secche per la mitigazione della siccità) oppure una tantum (ad esempio per usi di emergenza come la lotta agli incendi o la perdita di approvvigionamento idrico in caso di

catastrofi naturali come uragani e terremoti oppure di inquinamenti dei serbatoi ipogei);

2. le necessità di adempimento ad obbligazioni legali e socio-economiche: le opzioni di ricarica (MAR) possono essere utilizzate per contribuire al mantenimento della fruizione in ossequio al rispetto dei diritti dell'acqua, ad esempio nell'ambito di accordi di cooperazione transfrontaliera;

3. il ripristino oppure la protezione delle falde acquifere: la ricarica in condizioni controllate può essere utilizzata per ripristinare livelli di sicurezza delle acque sotterranee (prevenendo abbassamenti dannosi dei battenti fruibili), così come per controllare l'intrusione di acqua salata nei distretti costieri ovvero per arrestare la subsidenza del terreno;

4. il mantenimento di flussi e livelli minimi: ci si può avvalere di tecniche di MAR anche per mantenere il deflusso minimo vitale nei corsi d'acqua e nei fiumi o i livelli minimi nei laghi;

5. la mitigazione delle inondazioni: la gestione di acque meteoriche per iniziative di MAR può contribuire alla sicurezza idraulica, concorrendo alla protezione dalle inondazioni e dagli alluvionamenti;

6. il miglioramento e la protezione della qualità dell'acqua: la MAR può essere adottata per gestire o migliorare la qualità delle acque sotterranee e superficiali nell'ambito del controllo e contrasto dei fenomeni di migrazione dei contaminanti disciolti negli acquiferi;

7. il riutilizzo dell'acqua: a livello internazionale la MAR è sempre più utilizzata per gestire il recupero di acque reflue trattate, spesso per l'irrigazione ma anche per altri scopi;

8. la conservazione degli ecosistemi: l'utilizzo delle tecniche di MAR è utile per il ripristino o il mantenimento delle zone umide e la protezione delle specie in pericolo e del loro habitat.

La ricarica gestita degli acquiferi è, dunque, intimamente connessa con i percorsi di sostenibilità, di uso congiunto e virtuoso delle acque, come si conviene entro la filiera della gestione integrata dell'acqua sotterranea.

La sostenibilità delle acque sotterranee può essere definita come lo sviluppo e l'uso delle risorse idriche sotterranee in modo che la risorsa possa essere mantenuta e preservata per un tempo indefinito, a favore delle generazioni

future, senza causare conseguenze ambientali o socioeconomiche inaccettabili (Alley e Leake, 2004).

In seno ad una gestione possibile di una risorsa idrica sotterranea, la domanda deve essere quindi amministrata in modo da bilanciare i meccanismi di reintegro, siano essi naturali oppure gestiti dall'uomo.

Al di là delle notevoli discrepanze esistenti nel panorama regolatorio internazionale, gli schemi di MAR possono essere interpretati come strumenti concreti ed innovativi di governance dell'acqua, per conseguire la sicurezza quantitativa di medio lungo termine e per assicurare la salvaguardia della qualità idrogeologica e delle valenze ecosistemiche.

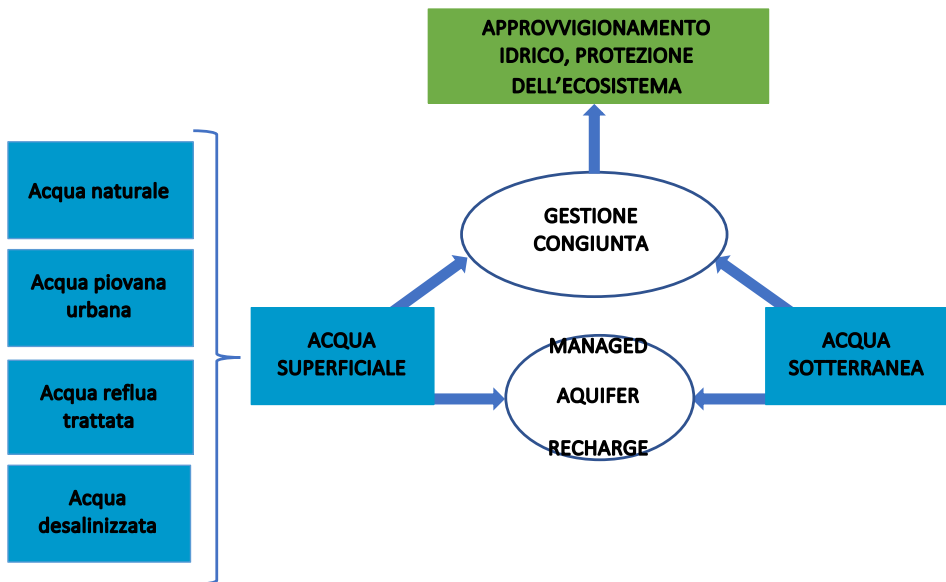


Figura 5 - Ruolo della ricarica gestita degli acquiferi per la gestione integrata delle risorse idriche (Dillon e Arshad, mod., 2016).

L'uso razionale e congiunto (Figura 5) della risorsa superficiale e sotterranea sostanzialmente comporta soluzioni tecniche artificiali ed approcci funzionali integrativi per valorizzare e tesaurizzare le acque superficiali quando sono disponibili o sovrabbondanti, come durante le annate più umide, per ricaricare i serbatoi ipogei, ed affidarsi maggiormente alle acque sotterranee negli anni più secchi e nel corso delle fasi siccitose.

1.1.4 Dal deflusso minimo vitale al deflusso ecologico: impatto sulle risorgive

Il DMV, o “Deflusso Minimo Vitale”, è la portata istantanea da determinare in ogni tratto omogeneo del corso d'acqua, che deve garantire la salvaguardia delle caratteristiche fisiche del corso d'acqua, chimico-fisiche delle acque nonché il mantenimento delle biocenosi tipiche delle condizioni naturali locali.

Per il territorio della Regione Veneto il deflusso da garantire a valle dei punti di captazione idrica è definito sulla base della superficie del bacino sotteso, applicando un contributo unitario pari a:

- 4 l/s/km² per bacini di superficie sottesa inferiore o uguale a 100 km²;
- 3 l/s/km² per bacini di superficie sottesa superiore o uguale a 1000 km²;
- il valore interpolato linearmente tra i precedenti per estensioni intermedie dei bacini sottesi.

Per le sorgenti e le risorgive la portata di rispetto è fissata pari ad almeno 1/4 della portata media su base annua.

Il DE, o “Deflusso Ecologico”, rappresenta un'evoluzione del concetto di DMV e mira a garantire non solo una portata istantanea minima, ma anche un regime idrologico che consenta di raggiungere gli obiettivi ambientali stabiliti dalla Direttiva Quadro in materia di Acque n. 2000/60/CE, come definito dalla Direttiva Deflussi Ecologici.

Il concetto di DE è stato introdotto ufficialmente nel Piano per la salvaguardia delle risorse idriche europee (Water Blueprint Strategy) elaborato dalla Commissione Europea nel 2012. Esso sottolinea l'importanza della gestione quantitativa delle risorse idriche nel raggiungimento degli obiettivi della Direttiva Quadro Acque. Il DE rappresenta il volume di acqua necessario affinché l'ecosistema acquatico possa continuare a prosperare e a fornire i servizi necessari.

La linea guida per i deflussi ecologici, nel contesto della Direttiva Quadro Acque, definisce il DE come un regime idrologico coerente con il raggiungimento degli obiettivi ambientali fissati dalla direttiva stessa per i corpi idrici superficiali

naturali. Questi obiettivi comprendono il non deterioramento dello stato esistente, il raggiungimento dello stato buono nei corpi idrici superficiali naturali e la coerenza con gli standard e gli obiettivi delle aree protette.

In sintesi, il DE va oltre il concetto di DMV e si concentra sulla gestione sostenibile delle risorse idriche al fine di proteggere e ripristinare gli ecosistemi acquatici, garantendo che essi siano in grado di svolgere le loro funzioni ecologiche e fornire i servizi ecosistemici necessari.

L'algoritmo di definizione del Deflusso Ecologico proposto dall'Autorità di Bacino delle Alpi Orientali è il seguente:

$$DE = K \times P \times M \times Q_{media} \quad K \times P \times M \times \left(\sum_{i=1}^{i=n} q_i A_i + \sum_{j=1}^{j=n} Q_j \right)$$

dove:

- K è il “fattore di protezione”, individuato in funzione della tipologia del corso d'acqua e della superficie del bacino sotteso dalla sezione di prelievo
- P è il “fattore di tutela naturalistico”
- M è il “fattore di modulazione temporale”
- Q_{media} è la portata media annua valutata corrispondentemente alla sezione di prelievo, risultante dal contributo idrologico delle aree omogenee che compongono il bacino e degli eventuali apporti puntiformi
- Q_i rappresenta il contributo specifico medio annuo di ciascuna area omogenea che concorre a formare il bacino sotteso dalla sezione di prelievo (l/s per km²)
- Q_j rappresenta gli eventuali apporti puntiformi, sempre espressi in termini di portata media annua, confluenti nel bacino sotteso dalla sezione di prelievo.

Nell'ottica del mantenimento dello stato qualitativo dei corpi idrici superficiali ci si orienta pertanto a mantenere quantitativi d'acqua maggiori, rispetto ad un tempo, a valle delle derivazioni proprio per stabilizzare gli ecosistemi acquatici fluviali.

In ambiti territoriali delicati come possono essere quelli delle risorgive, la sottrazione d'acqua dalla rete irrigua superficiale a favore del mantenimento dei corpi idrici principali può rappresentare un elemento di conflittualità perché sottrae risorsa importante alla ricarica delle falde ed al mantenimento delle

risorgive stesse. E' pertanto necessario individuare delle strategie sinergiche che ottemperino all'esigenza del mantenimento dello stato quali-quantitativo dei corpi idrici e dall'altro garantire la salvaguardia delle risorgive come elementi paesaggistici e di protezione della biodiversità nelle terre venete.

Nell'ottica condivisa della salvaguardia dei corsi d'acqua superficiali e sotterranei in termini quantitativi e qualitativi la strategia di risparmio idrico da una parte e di ricarica delle risorse sotterranee dall'altra diventano elementi di sinergia progettuale di sicura importanza nel futuro prossimo che porteranno benefici a tutto il sistema.

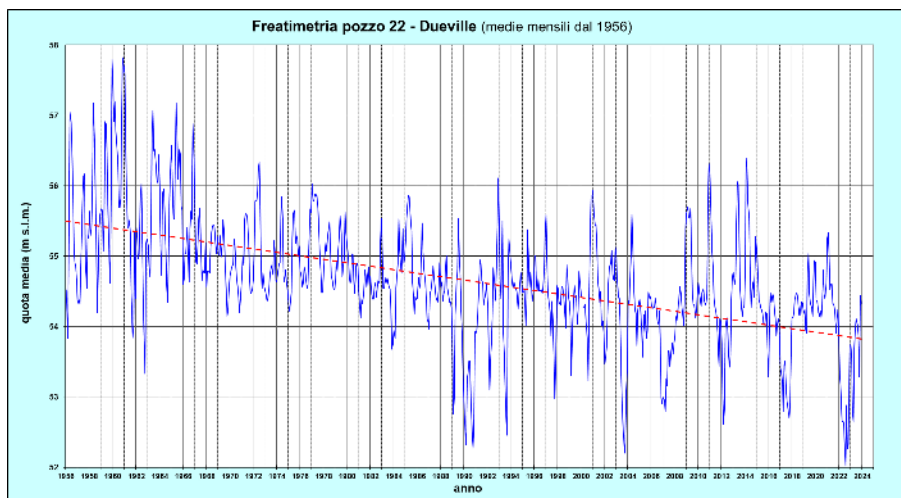


Figura 6 - Variazione della quota media raggiunta dalla falda di Dueville dal 1956 al 2024

1.2. Crisi climatica e crisi idrica

Da alcuni decenni chi si occupa di risorse idriche sta assistendo a numerosi fenomeni di preoccupante rilevanza ambientale: riduzione complessiva delle precipitazioni e del numero di giornate piovose, diminuzione progressiva della copertura nevosa e della sua persistenza in quota, calo della portata media dei fiumi; abbassamento della quota della falda freatica con perdita di portata del sistema delle risorgive e scomparsa di molti capofonti; ingressione del cuneo salino nelle aree costiere; ecc. (Figura 6).

I fenomeni regressivi sommariamente elencati sono tutti spie degli effetti del cambiamento climatico.

I modelli del CMCC¹ in base ai quali è stato elaborato il Piano Nazionale di Adattamento al Cambiamento Climatico (MASE, 2022) indicano che nell'Italia Nord Orientale per il periodo centrato sul 2050 si prevede una sostanziale costanza delle precipitazioni ma una riduzione della disponibilità delle risorse idriche rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, a causa dell'aumento della ricorrenza e della intensificazione delle fenomenologie precipitate.

Secondo ANBI Veneto² queste tendenze impatteranno in modo molto significativo sul sistema delle risorgive (ANBI Veneto, 2022), come peraltro è stato drammaticamente evidente già nel corso del siccitoso anno 2022.

Purtroppo, anche nella gestione della risorsa idrica si è portati ad adottare modelli comportamentali di tipo conservativo, basati sulla esperienza acquisita relativamente alle modalità di funzionamento della società, dell'economia, dell'ambiente.

Cambiare è sempre faticoso cosicché gli esseri umani solitamente lo fanno a fronte di catastrofi, spesso quando è ormai tardi per evitare gravi danni.

Anche se da decenni vengono lanciati allarmi sulla progressiva riduzione delle risorse idriche disponibili, nelle regioni dell'Italia settentrionale, da sempre beneficiate da una straordinaria ricchezza di acque, negli ultimi decenni si è fatto poco o nulla per tesaurizzare l'acqua. La tradizionale presenza di precipitazioni abbondanti e ben distribuite nel corso dell'anno, di grandi bacini idrografici montani in cui una parte delle precipitazioni si conserva a lungo sotto forma di manto nevoso a lento rilascio, di una pianura alluvionale in cui una parte rilevante della portata dei fiumi e delle precipitazioni naturalmente si infiltra in materassi di sedimenti organizzati in sistemi multi-falda dotati dello sfioro naturale delle risorgive, tutto questo non ha favorito una cultura dell'accumulo dell'acqua come invece è avvenuto nelle regioni dell'Italia meridionale. Gran parte dei bacini di accumulo presenti nei territori montani dell'arco alpino derivano da opere nate primariamente per fini idroelettrici nella prima metà del '900, che oggi mal si adattano a fornire acqua a fini irrigui e di mantenimento dell'equilibrio degli acquiferi nei momenti di massima criticità.

1 Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici

2 Associazione Regionale Consorzi di gestione e tutela del territorio e acque irrigue

In epoca recente, a fronte di una crescente ricorrenza delle annate siccitose, in Veneto non è stata avviata la realizzazione di nessun grande nuovo bacino artificiale finalizzato all'accumulo di risorse idriche per scopi irrigui ed idropotabili, mentre sono state incrementate alcune iniziative che riducono la capacità di accumulo delle acque nel sottosuolo. Oltre alla progressiva impermeabilizzazione del suolo, causata dall' inarrestabile urbanizzazione e dalla conseguente perdita di suoli agricoli che vede il Veneto ai primi posti in Italia per il parametro "consumo di suolo" (ISPRA, 2022), si è fortemente sostenuta la trasformazione pluvirrigua di vaste aree dell'alta pianura (Figura 7).

Le trasformazioni in parola aumentano l'efficienza³ nell'uso delle risorse idriche utilizzate a fini irrigui, permettendo di ridurre la derivazione di acque dai fiumi, come auspicato dall'Unione Europea, che ha imposto il limite del *minimo*



Figura 7 - Sistema di irrigazione con tecnica pluvirrigua

3 la dotazione passa da 1- 1.5 l/s/ha nei sistemi di irrigazione per scorrimento a 0.6 l/s/ha nei sistemi di irrigazione a pioggia a 0.3-0.4 l/s/ha nei sistemi di irrigazione a goccia (ANBI Veneto, 2022)

deflusso ecologico in attuazione della Direttiva 2000/60/CE (Direttiva quadro sulle acque). Purtroppo, eliminando i tradizionali sistemi di irrigazione a scorrimento, che involontariamente trasferiscono una parte importante dell'acqua derivata dai fiumi verso le falde, si riduce in modo significativo la percentuale delle precipitazioni che viene infiltrata (Dal Prà, 1996; Rinaldo et al., 2004; Rinaldo et al., 2006).

Le tecniche innovative di ricarica, sperimentate con successo nel vicentino (vedi paragrafo 2.3.3), sono rimaste solo dei prototipi. Emblematico è il caso delle AFI: dopo una vivace fase di sperimentazione da parte del Consorzio di Bonifica Brenta in collaborazione con la Provincia di Vicenza e con Veneto Agricoltura, avvenuta tra gli anni 2007-12, la loro realizzazione si è di fatto arrestata (realizzato un solo nuovo intervento nel 2019). Anzi: proprio nel 2022, anno in cui si è sperimentata una siccità molto severa, sono state eliminate alcune delle AFI realizzate grazie ai fondi dei progetti europei quando questi si sono esauriti⁴. La Regione del Veneto, che a compensazione dei maggiori prelievi dalla falda realizzata nell'area dei pozzi di Camazzole doveva finanziare varie opere previste dall' *Accordo di Programma per la tutela delle risorse idriche superficiali e sotterranee del Fiume Brenta (Bur n. 10 del 31 gennaio 2012)* tra cui la realizzazione di decine di ettari di AFI, negli anni successivi non ha finanziato alcuna realizzazione di nuove aree forestali di infiltrazione.

Non è quindi strano se quando, dopo ripetuti⁵ allarmi, è arrivata la terribile estate del 2022⁶, ci si è di fatto trovati impreparati, con perdite generalizzate dei raccolti ed altre gravi ripercussioni sui sistemi economico, ecologico e sociale.

Lo shock provocato dall'emergenza idrica del 2022 ha portato all'approvazione da parte del Governo del "*Decreto Siccità*" (D.L. 39/2023, GU 13 giugno 2023), recante "*disposizioni urgenti per il contrasto della scarsità idrica e per il potenziamento e l'adeguamento delle infrastrutture idriche*". Tra le azioni sono previsti lo sfangamento e sghiaimento degli invasi di raccolta delle acque, l'aumento della capacità degli invasi, la realizzazione di nuovi invasi, la gestione e utilizzo delle acque reflue, ecc.

4 vedi ad esempio quanto realizzato grazie al progetto Life TRUST in comune di Schiavon.

5 vedi estate 2003

6 definita "*una tempesta perfetta*" visto il sommarsi di temperature elevatissime, di riduzione significativa delle precipitazioni per due anni consecutivi e di scarsa copertura del manto nevoso nel corso dell'ultimo inverno

Con la DGR 178 del 28 febbraio 2023 la Regione Veneto ha approvato il *“Quadro conoscitivo sui bacini in cui invasare la risorsa idrica, ad uso irriguo ed ecosistemico”* noto anche come *“Piano Laghetti”* elaborato da ANBI Veneto, secondo il quale si dovrebbe puntare, in particolare, sulla realizzazione diffusa di medi e piccoli invasi, da realizzare prioritariamente in pianura utilizzando in particolare le cave dismesse di ghiaia presenti nell’alta pianura od invasi interaziendali, realizzati anche con i contributi del Complemento Regionale dello Sviluppo Rurale. Esempi di questo secondo approccio sono il laghetto di Giavenale (Schio) (Figura 8), realizzato con i fondi del progetto Life Beware ed il laghetto di Vallev ecchia (Caorle) realizzato da Veneto Agricoltura.

Con grande spirito innovativo ANBI Veneto nel *“Piano Laghetti”* ha proposto che oltre che sugli invasi si punti anche sulla ricarica della falda. L’obiettivo è quello di creare la cosiddetta *“fascia della ricarica”* a monte della fascia delle risorgive, una vera e propria infrastruttura di tipo diffuso, che ha lo scopo di utilizzare in modo strategico l’immenso serbatoio del sistema multi-falda della pianura veneta.



Figura 8 - Laghetto di Giavenale (Schio)

2. La ricarica come azione strutturale

2.1. Il sistema idrogeologico della pianura veneta

2.1.1. *Modello Strutturale*

La pianura veneta costituisce il risultato di dinamiche deposizionali avvenute entro un bacino di subsidenza, progressivamente riempito di sedimenti e la cui formazione è da collegare all'intensa attività orogenetica alpina. Il sottosuolo è ivi strutturato in potenti accumuli di materiali sciolti di tipo alluvionale, legati alle vicende quaternarie che hanno segnato l'evoluzione dei sistemi idrografici dei fiumi che la attraversano (e.g. Adige, Astico-Bacchiglione, Brenta, Piave). Essa si sviluppa su un'ampia fascia di territorio, situato ai piedi dei rilievi prealpini e limitato a meridione dalla costa adriatica. Gli elementi strutturali che rivestono una fondamentale importanza nell'analisi dei caratteri idrogeologici e stratigrafici sono le conoidi alluvionali ghiaiose (Figura 9). Si tratta di estese strutture a ventaglio, depositate dai corsi d'acqua in tempi diversi, quando il loro regime era differente da quello attuale e caratterizzato da portate molto più elevate, conseguenti allo scioglimento dei ghiacciai (Passadore et al., 2012).

Lungo il tratto pedemontano della pianura le successive conoidi si sono non solo sovrapposte tra loro ma anche compenstrate lateralmente con quelle degli altri corsi d'acqua, a formare un sottosuolo interamente ghiaioso per tutto lo spessore del materasso alluvionale. La larghezza di questa fascia indifferenziata di alta pianura varia da 5 a 20 km a partire dal piede dei rilievi montuosi prealpini. Le conoidi ghiaiose si sono spinte verso valle in dipendenza dei differenti caratteri idraulici di ciascun fiume: esse hanno raggiunto distanze diverse, in funzione del regime che caratterizzava il corso d'acqua in quel momento. Spesso quelle più antiche, e quindi più profonde, hanno invaso aree più lontane (Dal Prà et al. 1976).

Dalla coltre alluvionale indifferenziata della fascia pedemontana si dipartono verso valle i lembi più avanzati delle conoidi che, attraverso varie digitazioni, originano un materasso non più uniformemente ghiaioso ma costituito da alternanze di orizzonti ghiaiosi e limoso-argillosi, quest'ultimi di origine marina o dovuti ad episodi di sedimentazione lacustre o palustre. Scendendo verso valle dalla zona indifferenziata, in cui si osservano accumuli di materiali sciolti a pezzatura

grossolana fino ad alcune centinaia di metri di profondità, lo spessore complessivo delle ghiaie diminuisce progressivamente, fino a che tali livelli giungono ad esaurirsi, confinati entro gli strati dei materiali fini (Dal Prà e Bellati, 1977).

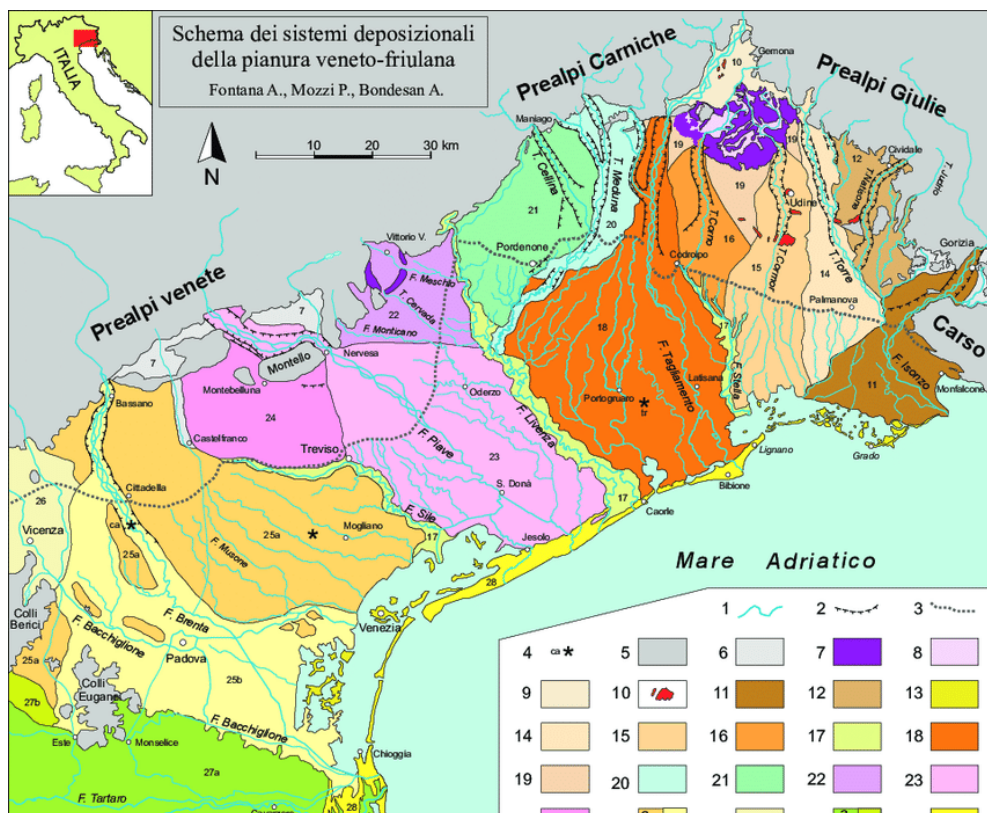


Figura 9 - Schema dei sistemi deposizionali della pianura veneto-friulana (fonte: Tosi et al, 2007)

Legenda:

1) idrografia; 2) orlo delle principali scarpate fluviali; 3) limite superiore delle risorgive; 4) ubicazione delle sezioni stratigrafiche; 5) Prealpi, Colli Euganei e Berici; 6) aree alluvionali di corsi d'acqua prealpini; 7) cordoni morenici degli anfiteatri di Piave e Tagliamento; 8) depressioni intermoreniche; 9) piana di Osoppo; 10) terrazzi tettonici dell'alta pianura friulana; 11) megafan dell'Isonzo-Torre; 12) conoide del Natisone-Judrio; 13) isole lagunari; 14) megafan del Torre; 15) megafan del Cormor; 16) megafan del Corno di San Daniele; 17) sistemi dei principali fiumi di risorgiva (Stella, Livenza e Sile), localmente incisi; 18) megafan del Tagliamento; 19) aree interposte tra megafan, appartenenti al sandur del Tagliamento; 20) megafan del Meduna; 21) conoide del Cellina; 22) conoidi dei fiumi Monticano, Cervada e Meschio, e degli scaricatori glaciali di Vittorio Veneto; 23) megafan del Piave di Nervesa; 24) megafan del Piave di Montebelluna; 25) sistema del Brenta: a) settore pleistocenico (megafan di Bassano), b) pianura olocenica del Brenta con apporti del Bacchiglione; 26) conoide dell'Astico; 27) sistema dell'Adige: a) pianura olocenica con apporti del Po; b) pianura pleistocenica; 28) sistemi costieri e deltizi

È questa la conformazione del sottosuolo della media pianura veneta, che si estende lungo una fascia di ampiezza variabile dai 5 ai 10 km a valle della linea dei fontanili.

Segue infine un'ultima zona, che si spinge fino alla costa adriatica, con sottosuolo formato in prevalenza da orizzonti limoso-argillosi alternati a livelli sabbiosi generalmente fini (bassa pianura).

La situazione idrogeologica del sottosuolo è evidentemente condizionata dalle caratteristiche granulometriche del materasso alluvionale e soprattutto dalla differente distribuzione dei materiali ad elevata permeabilità. Lungo il settore settentrionale, dove il sottosuolo è prevalentemente ghiaioso, esiste un'unica e potente falda idrica a carattere freatico. Essa è sostenuta dal substrato roccioso ed oscilla liberamente all'interno dell'acquifero indifferenziato a grande permeabilità, in relazione alle fasi di piena e di magra del proprio regime. Ai piedi dei rilievi la falda si trova tra i 100 e i 50 m di profondità (Dal Prà, 1983).



Figura 10 - Schema generale della pianura veneta: in rosso la fascia delle risorgive (fonte: Sinergeo)

Procedendo verso valle la superficie freatica si avvicina progressivamente al piano campagna, fino a venire a giorno nei punti topograficamente più depressi, lungo una fascia praticamente continua, a sviluppo circa est-ovest e di ampiezza compresa tra 2-8 km (fascia dei fontanili o delle risorgive).

A partire dalle risorgive, le condizioni idrogeologiche cambiano in conseguenza della differenziazione del materasso alluvionale ghiaioso. Il sottosuolo, infatti, è qui strutturato in fitte alternanze di livelli ghiaiosi e di letti limoso-argillosi, che determinano l'esistenza di un complesso idrogeologico multi-falदे ad acquiferi sovrapposti. Tale sistema multistrato contiene falde idriche in pressione, alloggiate entro gli orizzonti a granulometria grossolana e confinate al tetto ed al letto tra livelli praticamente impermeabili, formati appunto da limi e argille. Nella fascia meridionale, infine, la pianura risulta meno ricca di riserve idriche sotterranee, mancando ormai nel sottosuolo acquiferi ad elevata permeabilità e di spessore apprezzabile.

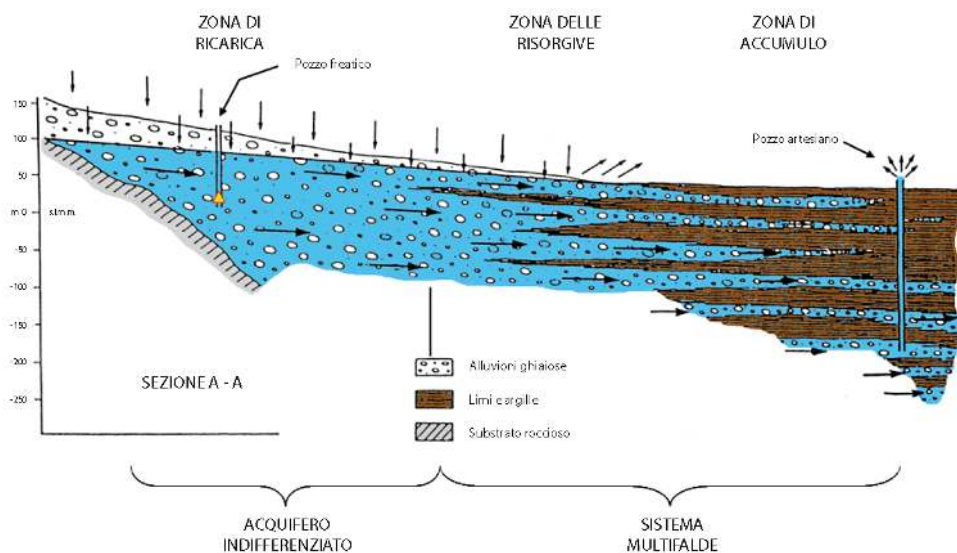


Figura 11 – Sezione schematica (con orientazione approssimativamente N-S) del modello geostrutturale di riferimento valido per il sottosuolo della pianura veneta (Dal Prà, 1971)

2.1.2. Trend di regime

L'area dell'alta pianura vicentina rappresenta un territorio particolarmente importante sotto l'aspetto idrogeologico, in quanto ospita quegli acquiferi sotterranei, da cui si preleva buona parte dell'acqua destinata a soddisfare il fabbisogno del Veneto centrale.

Il monitoraggio del livello della falda in un acquifero si attua mediante l'esecuzione di misure periodiche delle sue oscillazioni piezometriche: esso assume notevole rilevanza per la conoscenza dello stato quantitativo e quindi per la gestione della idrostruttura sotterranea (Antonelli e Dal Prà, 1980; 1986).

Una prima rete freaticometrica in Veneto è istituita dall'Ufficio Idrografico e Mareografico del Magistrato alle Acque, che, a partire dal 1925, pubblica in Annali dedicati le misure di profondità della falda freatica, rilevata manualmente ogni tre giorni nei pozzi della rete di controllo. Ciò non di meno i dati storici non sono più completamente significativi delle attuali situazioni idrologiche, cosicché, per descrivere gli andamenti attuali, occorre riferirsi ad informazioni più aggiornate, acquisite da reti istituzionali (Aurighi et al., 2006) o da società private e professionisti. Nel grafico in Figura 12 viene analizzato l'andamento delle quote di falda di 3 pozzi disposti nell'alta pianura vicentina, a distanze variabili rispetto alla linea delle risorgive, nei 50 anni compresi tra il 1956 e il 2006.

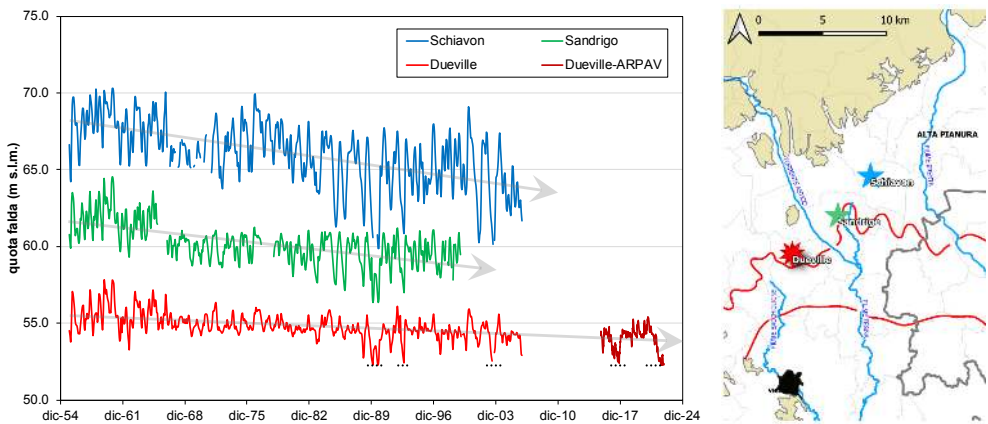


Figura 12 – Andamento piezometrico in 3 pozzi distribuiti tra l'alta e la media pianura: a freccia la linea di tendenza di lungo periodo, a tratteggio i punti di minimo della falda sul periodo (archivio Sinergeo)

I dati sottolineano una lenta ma progressiva diminuzione della consistenza delle riserve idriche entro il sistema idrogeologico della pianura alluvionale a partire dagli anni '60; negli anni '90 e '00, così come in periodi recentissimi (2017 e 2022), sono stati raggiunti i minimi di quota della falda. Si nota, in aggiunta, l'aumento negli anni dell'escursione massima annuale di falda, che in epoca recente pare alternare, anche da un anno all'altro, momenti di magra spinta a fasi opposte talora parossistiche.

Gli effetti dell'abbassamento piezometrico di lungo periodo hanno portato ad una sensibile depressurizzazione anche delle falde artesiane localizzate nella media pianura; a quanto sopra si associa una forte riduzione della disponibilità di risorse idriche (a fini irrigui, industriali e civili), oltre alla compromissione del sistema delle risorgive con la scomparsa di molti fontanili ed alla drastica diminuzione della portata totale dei fiumi nati da risorgiva con conseguente riduzione dell'habitat di specie vegetali e animali.

2.2. Bilancio idrico

Ogni sistema idrogeologico sotterraneo è caratterizzato da relazioni funzionali precise tra gli afflussi in entrata ed i deflussi in uscita (Figura 13). Le caratteristiche peculiari di ogni dominio geo-idrologico determinano differenti comportamenti nell'ambito dei complessi fenomeni che sovrintendono alla trasformazione degli afflussi in deflussi. In caso di parità tra ricarica e perdite le riserve idriche sotterranee si conservano entro l'acquifero, evidenziando una sostanziale situazione di stabilità nel tempo dei livelli e quindi di persistenza delle portate.

Ove subentrino squilibri di bilancio, per via di fattori naturali o per cause antropiche, gli andamenti manifestano dapprima scostamenti e poi derive importanti rispetto ai trend medi, ricostruibili in base ai dati pregressi e storici.

Si consideri che tra i livelli minimo e massimo della falda si colloca la cosiddetta riserva regolatrice: essa di fatto rappresenta la parte principale della risorsa sfruttabile, per via della sua rinnovabilità sul breve termine. Al di sotto, invece, si individua la riserva geologica, che costituisce un volume idrico di sicurezza: si tratta infatti di un patrimonio invisibile e profondo che, una volta intaccato, difficilmente viene ad essere reintegrato in tempi accettabili.

Nel territorio veneto, l'alimentazione delle falde idriche sotterranee è garantita soprattutto da tre fattori (Dal Prà e Veronese, 1972): la dispersione dall'alveo

dei corsi d'acqua nel tratto in cui attraversano l'alta pianura, l'infiltrazione diretta degli afflussi meteorici e quella delle irrigazioni, durante la stagione delle coltivazioni. Il primo termine è il più importante sotto il profilo quantitativo: la ricarica che si esplica a partire dalle zone di subalveo è tanto più consistente quanto maggiori sono il tirante idraulico in alveo ed il tempo di contatto tra la colonna d'acqua ed il fondo dell'asta fluviale. Anche la permeabilità del substrato disperdente gioca un ruolo rilevante nel processo di ricarica naturale, che riguarda principalmente i tratti idrografici nella fascia di alta pianura, dove i fiumi sono a diretto contatto con depositi a pezzatura grossolana, cui compete una elevata permeabilità. I corsi d'acqua di bassa pianura, al contrario, essendo in genere artificialmente arginati o addirittura pensili, incidono terreni per lo più fini, in matrice limoso-argillosa, per cui la loro influenza sull'alimentazione diretta delle falde è praticamente trascurabile.

Secondariamente l'apporto meteorico efficace riguarda solo le aree che insistono sull'acquifero indifferenziato, dove le pendenze relativamente modeste del terreno, unitamente all'elevata conducibilità idraulica verticale del sottosuolo, permettono l'infiltrazione delle acque di precipitazione. Va da sé che il contributo percentuale dell'apporto pluviometrico alla ricarica della falda cambia di anno in anno, dipendendo dall'andamento di molteplici variabili climatiche, con gli eventi piovosi più lunghi e regolari che danno luogo ad un reintegro maggiore rispetto agli eventi brevi ma intensi.

Nell'ambito della rassegna dei meccanismi di ricarica delle falde, da ultimo occorre citare il contributo riconducibile alle pratiche irrigue (Dal Prà et al., 1996).

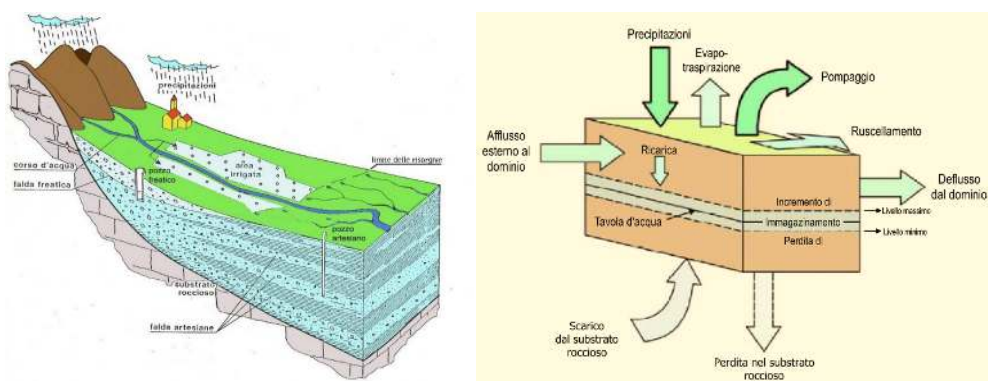


Figura 13 – Rappresentazione del sistema idrogeologico sotterraneo e schema funzionale dei principali termini del bilancio

Con i sistemi tradizionali a scorrimento, infatti, 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 della portata fluente può filtrare nel sottosuolo, andando ad alimentare la falda per tutto il periodo di riposo colturale (Mazzola et al., 1998). Con la sostituzione dei tradizionali metodi di irrigazione a scorrimento e a sommersione con i sistemi pluvirrigui (irrigazione a pioggia), la distribuzione dell'acqua attraverso reti artificiali in pressione ha permesso, da un lato un risparmio di acqua ed una ottimizzazione della dotazione irrigua ma dall'altro ha inevitabilmente ridotto una fonte di ricarica dell'acquifero.

Nelle zone pedemontane si devono annoverare portate significative in ingresso nei sistemi porosi sotterranei anche dagli ammassi rocciosi fessurati o incarsiti. Nel caso di substrati litoidi a contatto con acquiferi attivi è infatti possibile l'instaurarsi di un regime di scambio idrico dai primi verso i secondi, dipendente dalla magnitudo del gradiente piezometrico e da condizioni idrogeologiche specifiche (Pilli et al., 2012).

In accezione quantitativa, i termini del bilancio geoidrologico stimati per il sistema acquifero vicentino, così come risulta dalle rilevazioni elaborate nel periodo settembre 1979-gennaio 1981 rispettivamente per i sub-bacini dell'Astico e del Brenta, risultano i seguenti (Sottani et al., 1982):

INGRESSI Pe: apporto meteorico efficace USCITE R: Risorgive
 Q_d: contributo dei corsi d'acqua naturali U: Emungimenti

Elementi del bilancio	Sub-bacino Astico						Sub-bacino Brenta					
	Afflussi			Deflussi			Afflussi			Deflussi		
	mc x 10 ⁶	m/sec	%	mc x 10 ⁶	m/sec	%	mc x 10 ⁶	m/sec	%	mc x 10 ⁶	m/sec	%
Pe	216.64	5.3	34.1				153.19	3.7	38.6			
Qd	337.53	8.3	53.1							46.98	1.1	11.9
Id	77.03	1.9	12.1				219.38	5.4	55.4			
As	4.50	0.1	0.7				3.28	0.1	0.8			
R				461.88	11.3	74.2				296.96	7.3	74.9
U				144.04	3.5	23.2				39.85	1.0	10.0
Ds				0.00	0.0	0.0				12.54	0.3	3.2
ΔS				16.38	0.4	2.6	20.48	0.5	5.2			
Totale	635.70	15.6	100.0	622.30	15.2	100.0	396.33	9.7	100.0	396.33	9.7	100.0

Pe apporto meteorico efficace
 Qd contributo dei corsi d'acqua naturali
 Id contributo delle irrigazioni
 As afflussi sotterranei
 R risorgive
 U emungimenti
 Ds deflussi sotterranei
 ΔS immagazzinamento

Figura 14 – Stima del bilancio geo-idrogeologico per il sistema acquifero vicentino (Sottani et al., 1982)

stimano i seguenti contributi di ricarica per i fattori sopra elencati (per l'anno 2004):

- 46 % per le dispersioni di subalveo dei corsi d'acqua,
- 34 % forniti dalle infiltrazioni delle acque irrigue,
- 20% dovuti alle infiltrazioni delle precipitazioni.

La stima degli apporti effettivi ascrivibili a flussi profondi provenienti dai Monti Lessini, dalle Prealpi e dall'Altopiano di Asiago rimangono a tutt'oggi di quantificazione difficile ed indiretta.

Relativamente ai termini che descrivono le uscite dal sistema si contano ad esempio:

- le portate di sfioro dalle risorgive, che danno origine al fitto reticolo idrologico che caratterizza la zona di bassa pianura veneta (e.g. Bacchiglione, Bacchiglioncello in zona vicentina, il rio Tergola nel padovano, il Sile in provincia di Treviso, etc.),
- i prelievi da pozzi ad uso acquedottistico, irriguo, industriale o privato,
- il termine evapo-traspirativo,
- i deflussi sotterranei del sistema in pressione attraverso le frontiere profonde che si individuano sotto-gradiente nella porzione meridionale del dominio.

Le risorgive rappresentano dunque un importante elemento idrogeologico anche dal punto di vista quantitativo: esse, infatti, devono essere considerate il troppo pieno del sistema idrico sotterraneo che si sviluppa a monte rispetto alla direttrice dei deflussi sotterranei. Il regime delle loro portate sorgive è strettamente connesso con il livello e quindi con la portata fluente in seno all'acquifero freatico: per questo intimo legame esse fungono da indicatore della potenzialità geo-idrologica complessiva della circolazione idrogeologica che sottendono.

Lo studio più aggiornato del regime idraulico del sistema delle risorgive vicentine è stato condotto nel 2014 (Sinergeo, 2014) nell'ambito del Progetto Life Aquor. Le misure, articolate presso oltre 250 punti di risorgiva risultati attivi nel dominio di ricerca (Figura 16) hanno permesso di stimare un valore indicativo della portata del deflusso totale intorno a $6.7 \text{ m}^3/\text{s}$.

Se pur in primo approccio, il dato è confrontabile con le risultanze di precedenti censimenti, genericamente riferiti alla fascia di territorio che accorpa le risorgive vicentine e padovane.

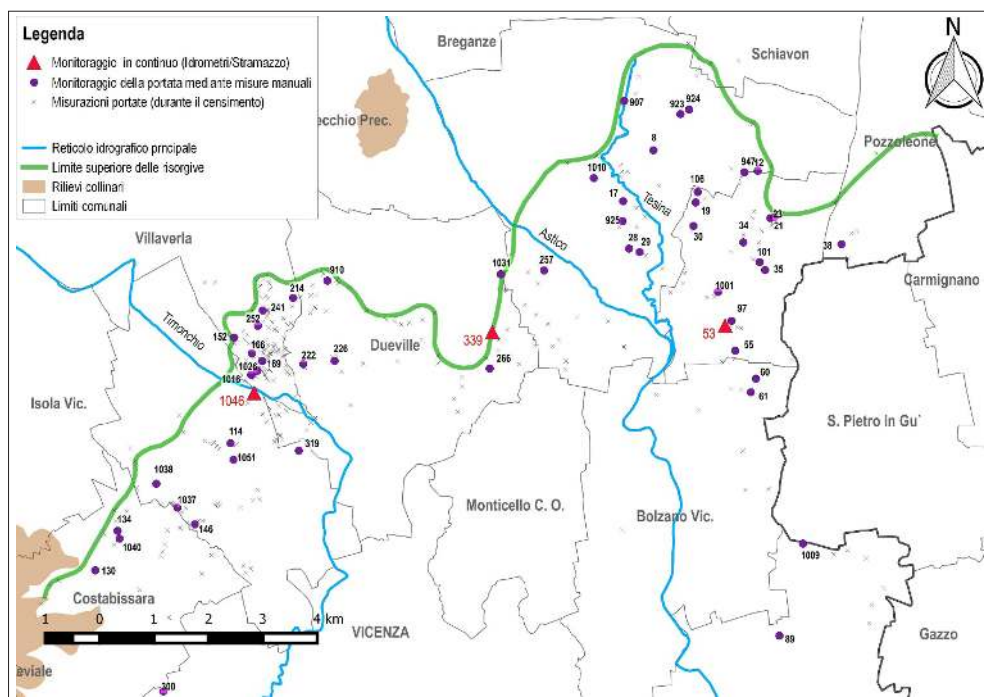


Figura 15 – Rete di controllo delle portate di deflusso del 2014 (fonte: Sinergo)

Portata (m ³ /s)	Documento di riferimento / Autore
12.7	portata estiva anni '60, misura effettuata ai capifonte (Consorzio di Bonifica Pedemontano Brenta, 1997)
6.9	portata autunno-inverno 1975, misurata in sezioni dei corsi d'acqua originati da risorgive (Dal Pra' A., Antonelli R., 1980)
5.8	portata misurata da febbraio ed aprile 1986 con misura presso i capifonte (Consorzio di Bonifica Pedemontano Brenta, 1994)
3.5	portata estiva 1997 misurata ai capifonte (Consorzio di Bonifica Pedemontano Brenta, 1997)
2.6	portata estiva 1998 misurata ai capifonte (Romanello, 1999)
9.8	settembre 2001, misura effettuata nei corsi d'acqua originati da risorgive (Perin, 2002)
6.4	marzo 2002, misura in sezioni dei corsi d'acqua originati da risorgive (Perin, 2002)
2.5	2004, correlazione con osservazioni freaticometriche su pozzo pilota (Rinaldo, 2004)
2.0	agosto 2008 misura ai capifonte (Pallaro, 1999)

Figura 16 - Esperienze di misura della portata delle risorgive vicentine e padovane

In aderenza con le tendenze attualizzate si intravede una complessiva diminuzione della portata dagli anni '60 ai giorni nostri. Tale circostanza è verosimilmente collegata al progressivo abbassamento del livello piezometrico, che, a partire dagli anni '60-'70, si registra in tutto il territorio veneto, in conseguenza anche al crescente sfruttamento della risorsa idrica sotterranea.

Il valore di $6.7 \text{ m}^3/\text{s}$ riportato nello studio del 2014 risulta relativamente più elevato di quanto registrato negli ultimi censimenti: il fatto è verosimilmente da ricondurre a differenti metodiche utilizzate (il recente calcolo considera un numero di risorgive superiore rispetto agli studi pregressi) e a dissimili regimi idrogeologici di riferimento (le misure sperimentali sono state eseguite nel periodo tardo autunnale-invernale, momento dell'anno in cui, generalmente, i livelli di falda sono più sostenuti rispetto a quelli estivi). Va infine rimarcato che le condizioni climatiche del 2014 sono risultate anomale, presentando alcuni eventi pluviometrici di forte intensità, che hanno provocato un aumento significativo della ricarica in molte zone della regione.

In tal senso la Figura 17 mostra il regime di falda registrato presso 3 stazioni di misura poste in corrispondenza (stazione di misura A e B) ed a monte (stazione C) delle risorgive di Vicenza.

Le quote di falda nell'intervallo di svolgimento delle ricerche risultano mediamente superiori ai dati registrati nello stesso periodo tra il 2007 e il 2015.

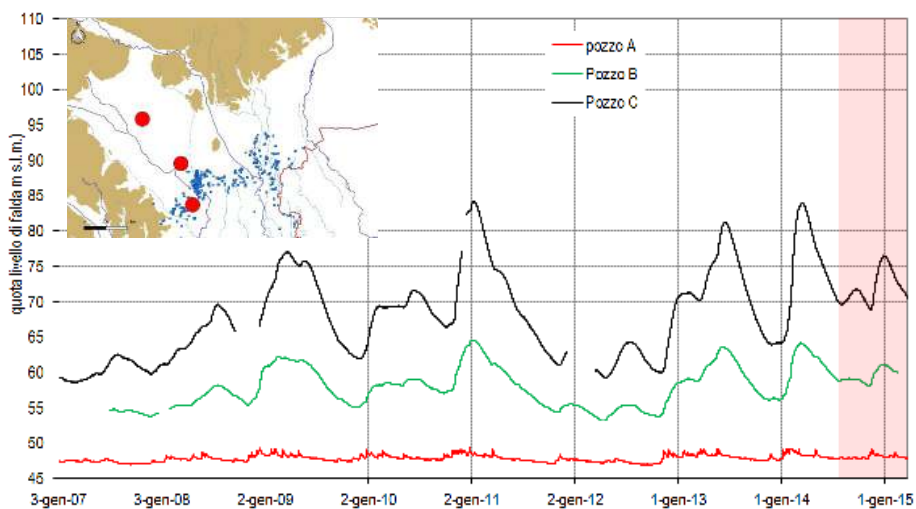


Figura 17 – Regime piezometrico della falda e finestra temporale del censimento Aquor (area colorata nel grafico) (fonte: Sinergéo)

2.3. Azioni adattative ed interventi compensativi

Come è stato illustrato nei paragrafi precedenti il sistema idrico dell'alta pianura vicentina è da tempo entrato in crisi. La spia della crisi è la portata complessiva del sistema delle risorgive. La crisi è multifattoriale ed ha come risultato pratico una diminuzione dell'acqua disponibile per le diverse attività, in primis per quelle agricole.

Le proposte presentate per reagire alla progressiva riduzione delle risorse idriche sono numerose ed alcune hanno trovato risposta nelle strategie adottate a livello regionale e nazionale dopo la grande siccità del 2022. Il presente paragrafo ha lo scopo di analizzare in modo sintetico le tre proposte principali:

- Grandi invasi (costruzione, riqualificazione)
- Laghetti
- Ricarica (diverse tecniche MAR)

La prima viene illustrata dalla voce autorevolissima del Prof. Andrea Rinaldo; la seconda è sostenuta in modo particolare dall'ANBI (vedi il Piano Laghetti presentato al Governo); la terza è la proposta su cui pensa di poter dare un contributo con la sua azione l'IPA Alto Vicentino.

Le proposte non sono antitetiche e possono tra loro interagire secondo schemi anche molto articolati. Così i grandi invasi ed i laghetti possono contribuire a trattenere la risorsa nei momenti di grande afflusso e favorirne poi una progressiva infiltrazione attraverso sistemi di MAR.

Va però notato che senza un forte intervento di ricarica artificiale i primi due sistemi di accumulo non sono in grado di invertire la progressiva morte del sistema delle risorgive, fino ad oggi fondamentale negli schemi irrigui della media pianura ed elemento essenziale del paesaggio e dell'ambiente della pianura padano-veneta.

2.3.1 Grandi invasi

In Veneto, l'esigenza di regolare le portate dei corsi d'acqua è ben chiara anche ai non addetti ai lavori: periodi ricchi d'acqua (autunno 2010 e autunno 2018) si alternano velocemente a fasi siccitose (estate 2003 e estate 2022), mentre si riducono sempre più i periodi di pace idrica. Una ideale situazione di equilibrio appare ormai sempre più precaria: fiumi, canali irrigui e riserve sotterranee (di

cui spesso ci si dimentica in quanto non immediatamente visibili) sono sempre più spesso caratterizzati da livelli idrici troppo alti o troppo bassi, entrambe condizioni di disagio e fonte di preoccupazione per la popolazione.

La necessità di mettere in sicurezza, dal punto di vista idraulico, il territorio, era nota già alla Commissione Interministeriale per la Difesa del Suolo (da tutti ricordata con il nome del coordinatore De Marchi) che, a valle dell'evento calamitoso del 1966, indicò l'esigenza di realizzare una serie di serbatoi necessari alla moderazione delle piene in Italia.

In particolare, per il bacino del Brenta, in aggiunta agli invasi già allora esistenti del Corlo e del Senaiga, ritenuti insufficienti, si diede massima priorità alla realizzazione del serbatoio del Vanoi, con un volume di 33 milioni di m³, sul torrente omonimo, affluente del Cismon a sua volta principale affluente del Brenta. Per il bacino del sistema Astico – Bacchiglione, furono proposti due invasi, uno a Velo d'Astico in località Meda, con volume di circa 13 milioni di m³ e uno a Torri di Quartesolo in località Marola, di volume pari a 3 milioni di m³.

A seguito dell'alluvione del 2010 che ha interessato ampi territori del vicentino e del padovano, il volume di progetto dell'invaso della diga di Meda, ritenuto ancora necessario per la sicurezza idraulica del sistema Astico – Tesina – Bacchiglione, è stato ridotto a 7 milioni di m³, per evitare l'allagamento della zona industriale di Velo d'Astico, creata negli anni 70. A oggi, i due invasi più importanti in termini di volumi, previsti dalla Commissione citata, non sono ancora stati realizzati: per il serbatoio del Vanoi è stata recentemente finanziata dal Ministero dell'agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste la stesura del progetto definitivo, mentre per l'invaso di Meda è stato redatto per conto della Regione del Veneto un progetto di fattibilità tecnico-economica datato maggio 2021.

Queste grandi opere, che ormai si possono definire storiche, sono indubbiamente opere complesse da realizzare, controverse e coraggiose al tempo stesso. D'altra parte, esse mostrano essere proporzionalmente più economiche (avendo un minor costo per ogni m³ di acqua invasato) rispetto a opere minori, che impulsivamente vengono preferite in quanto meno impattanti sul territorio e meno dispendiose ma per le quali i costi fissi (accessi, casa di guardia, opere di scarico, ecc..) incidono in maniera proporzionalmente più rilevante (Da Deppo e Datei, 2003). Per i grandi invasi, inoltre, l'uso multiplo della risorsa idrica invasata consente di aumentare la redditività dell'investimento. Infatti, accanto

agli usi irrigui, produzione di energia idroelettrica e creazione di parchi naturali o oasi naturalistiche, motore per turismo e attività sportive, incrementano notevolmente il valore dell'opera e la sua attrattività. Va forse osservato che oggi due utilizzi (irriguo e produzione di energia) non sono più in conflitto tra loro in quanto la massima richiesta (di acqua e di energia) si verifica nel periodo estivo per entrambi gli usi, diversamente dal passato.

Le grandi opere sono evidentemente impattanti (secondo un termine di moda ma raramente definito in modo quantitativo). Lo sono certamente anche in senso positivo: perché aumentano la sicurezza idraulica del territorio, permettendo di laminare colmi di piena con l'invaso di importanti volumi delle sempre più frequenti piene del corso d'acqua che sottendono, riducendo i livelli idrici a valle e la probabilità di allagamento dei territori adiacenti all'asta fluviale. Ma non solo: il volume d'acqua accumulato durante i periodi piovosi è acqua tesorizzata, ossia parcheggiata provvisoriamente fino al momento in cui questa riserva d'acqua si rende necessaria e vitale per l'irrigazione, ma anche per il rispetto del minimo deflusso necessario al mantenimento degli ecosistemi fluviali di valle, o per la preservazione di specifici servizi degli ecosistemi. E ancora: l'acqua rilasciata, grazie alla capacità dispersiva del fondo dell'alveo ad alta permeabilità dei fiumi di alta pianura e dei canali irrigui alimentati dai fiumi, concorre alla ricarica delle falde, sempre più intensamente sfruttate e depauperate, e alla conseguente rivitalizzazione delle risorgive, sempre più in sofferenza e sempre meno numerose. Nello specifico, la portata media annua del periodo 2000 – 2018 dispersa dal fiume Astico nel tratto Piovene – Caltrano (appena a valle dell'ubicazione dell'invaso di Meda) è stata stimata in $0.6 \text{ m}^3/\text{s}$, pari a $0.15 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$; la portata media annua dispersa dal fiume Brenta nel tratto Bassano – Friola è stata stimata in $12 \text{ m}^3/\text{s}$, pari a $1 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$. Analogamente, la dispersione dei canali irrigui non rivestiti nell'alta pianura veneta compresa tra i monti Lessini e il fiume Brenta è stata stimata in $6 \text{ l}/\text{s}/\text{km}$: tale contributo unitario, moltiplicato per l'intero sviluppo della rete irrigua non rivestita (600 km), fornisce un flusso d'acqua di circa $3.6 \text{ m}^3/\text{s}$ alla falda nel periodo irriguo. Tale contributo rimane pressoché invariato anche durante il periodo non irriguo, in quanto la quasi totalità della rete di distribuzione irrigua rimane attiva, ovvero con acqua fluente, anche nei mesi invernali.

Pur se un'analisi di costi e benefici, che ricomprenda anche moderni principi di valutazione del capitale naturale, spetta a chi sia in grado di realizzarla in modo rigoroso, è certamente utile realizzare i grandi invasi a monte dell'area di alta pianura: in questo modo l'acqua svasata dai serbatoi ed utilizzata per l'uso

idroelettrico permette infatti di alimentare fiumi e canali a fondo disperdente, tipici dell'alta pianura, e quindi di contribuire in maniera significativa al trasferimento di acqua nelle falde acquifere. L'acqua così utilizzata nei periodi di magra torna in parte al corso d'acqua, migliorando le condizioni di deflusso verso la foce e riducendo quindi la risalita del cuneo salino. Si tratta, beninteso, di acqua che, se non fosse invasata durante gli eventi di piena e rilasciata nei periodi di magra, fluirebbe velocemente verso il mare, a volte anche causando danni ed inondazioni, andando sostanzialmente persa per molti possibili utilizzi. Opere analoghe, posizionate in zone di medio-bassa pianura, non sono ugualmente efficaci per la ricarica degli acquiferi, non interessando terreni permeabili, o essendo collocate a valle dell'imbocco degli acquiferi profondi differenziati (almeno nel caso del Veneto centrale e dei suoi complessi sistemi acquiferi stratificati) o trovandosi già parzialmente allagate dalla falda affiorante. Si pensi, ad esempio, agli invasi di Breganze e Sandrigo (10 milioni di m³) e Marola (2 milioni di m³), il cui contributo alla ricarica della falda può ritenersi trascurabile (Passadore et. al., 2014). Va comunque osservato, a questo proposito, che è imprescindibile ripristinare periodicamente l'efficienza della capacità disperdente del fondo ghiaioso dei corsi d'acqua deputati alla ricarica, pianificando adeguate manutenzioni e pulizie.

Due considerazioni finali:

a) Una corretta gestione delle risorse idriche durante i periodi di emergenza, siano essi caratterizzati da scarsità o da eccesso d'acqua, deve necessariamente essere connessa a una pianificazione basata su sani principi tecnici. Una tale pianificazione è da realizzarsi anche con scelte coraggiose ma comunque condivise (scienza e politica devono essere tempestivamente partecipate), che tengano conto delle esigenze di tutti ma che siano in grado di decidere quale uso sia da privilegiarsi in caso di conflitti non mediabili.

b) Non è possibile prevedere con certezza la prossima emergenza: il tempo di ritorno di un evento raro (piene o siccità) è un concetto probabilistico che esprime la probabilità di un accadimento, non una scadenza del suo verificarsi. È dunque auspicabile non farsi trovare (nuovamente) impreparati e scegliere per tempo quali servizi siano da ritenersi gerarchicamente essenziali.

Bisogna dunque prepararsi: le guerre dell'acqua (quelle benevole delle nostre latitudini, non quelle cruente di altri contesti geografici e ambientali) sono destinate a essere sempre più frequenti.

2.3.2 Laghetti ed invasi aziendali

L'ANBI, l'associazione che raggruppa i Consorzi di Bonifica, in occasione della sua assemblea nazionale del 6 luglio 2022 aveva rilanciato il "Piano Laghetti" (già presentato assieme a Coldiretti nel 2021 in occasione delle prime avvisaglie della critica siccità del 2022).

Esso parte dalla constatazione che in Italia ogni anno cadono 300 miliardi di m³ di pioggia e che solo l'11% viene trattenuto attraverso opere di accumulo.

Il piano prevede che entro il 2030 vengano realizzati 10.000 nuovi laghetti sia a livello aziendale agricolo (6.000) sia consortili (4.000), con il contributo progettuale e realizzativo dei Consorzi di Bonifica italiani; 223 di essi sono immediatamente cantierabili.

In tal modo sarebbe possibile incrementare del 60% la capacità di invaso dei 114 serbatoi attualmente esistenti (presenti soprattutto nelle regioni meridionali e nelle isole).

Il costo complessivo degli interventi cantierabili è stato stimato in circa 3.2 miliardi di Euro.

I laghetti secondo la proposta di ANBI e Coldiretti avrebbero altre funzioni oltre a quella irrigua: potrebbero contribuire a produrre energia fotovoltaica attraverso sistemi di pannelli flottanti, potrebbero essere utilizzati a scopo turistico, di pesca sportiva, integrandosi con le attività agrituristiche e potrebbero infine avere delle funzioni di tipo naturalistico.

Rispetto ai grandi invasi, i laghetti presentano in modo molto contenuto i problemi denunciati dal CIRF e da numerose altre organizzazioni (CIRF, 2023) ed hanno il grande pregio di inserirsi in modo armonioso a scala territoriale, senza comportare la perdita di interi ecosistemi (fondovalle e pendici delle vallate che vengono sommerse), offrendo nel contempo molte opportunità per le aziende agricole; sono inoltre facilmente svuotabili e pertanto possono essere periodicamente ripuliti dai sedimenti, mantenendo nel tempo la loro capacità di invaso. Più facilmente dei grandi invasi possono poi essere utilizzati per laminare a scala locale gli eventi di piena ed i conseguenti rischi idrogeologici che, va ricordato, non riguardano solo le grandi città ma, in un territorio ad urbanizzazione diffusa com'è il Veneto, riguardano anche la miriade di piccoli centri abitati.

A scala regionale veneta il "Piano Laghetti" è stato approfondito grazie ad uno specifico incarico affidato dalla Giunta Regionale del Veneto ad ANBI Veneto (vedi DGR n. 1004 del 9 agosto 2022) e definitivamente approvato con la DGR

178 del 28 febbraio 2023. Il “Quadro conoscitivo sui bacini in cui invasare la risorsa idrica, ad uso irriguo ed ecosistemico” punta su vari tipi di opera tra cui sul riuso delle cave di ghiaia presenti nelle aree dell’alta pianura e sui bacini irrigui interaziendali ed aziendali.

In anni recenti in Veneto sono stati realizzati alcuni esempi significativi di laghetti multifunzionali a livello aziendale. Il già citato progetto Life Beware ha mostrato un esempio semplice e molto virtuoso (laghetto di Giavenale). La realizzazione del laghetto (di piccole dimensioni, 2.000 m³, facilmente replicabile in contesti molto diversi) è stata curata dal locale Consorzio di Bonifica (Alta Pianura Veneta) in accordo con tre aziende agricole; una ha messo a disposizione il terreno e valorizza il laghetto a fini agrituristici; le altre due hanno potuto trasformare i loro sistemi irrigui in sistemi a goccia per irrigare colture specializzate (orticole, frutticole); Veneto Agricoltura ha curato gli aspetti naturalistici del laghetto, creando delle fasce di vegetazione igrofila che ospitano una ricca biocenosi.

Un altro progetto pilota di laghetto aziendale è stato realizzato da Veneto Agricoltura nell’azienda pilota e dimostrativa Vallevecchia (Caorle) (Figura 18). L’azienda si trova lungo la costa adriatica e soggia di 1-2 m al medio mare. Ha pertanto grandi problemi di salinizzazione della falda superficiale che non è utilizzabile a scopi irrigui. In questo caso il volume invasabile è di 160.000 m³.



Figura 18 - Immagine del laghetto (bacino di stoccaggio) di acqua dolce a Vallevecchia (Caorle)

L'acqua di pioggia viene raccolta attraverso il sistema di scolo (scoline, capifosso, canali aziendali) e, attraverso il software che governa il sistema idraulico dell'azienda, invasata nel bacino di stoccaggio se i sensori di conducibilità elettrica indicano valori compatibili con l'utilizzo a fini irrigui. Quando l'acqua non viene utilizzata per fini irrigui può essere utilizzata per infiltrare acqua dolce e contrastare così la risalita di acqua ad alto contenuto di sale.

I laghetti aziendali ed interaziendali sono un'opera che può essere finanziata anche con le risorse del Piano di Sviluppo Rurale Nazionale; la misura relativa è stata inserita nel Complemento di Sviluppo Rurale (CSR) della Regione Veneto.

2.3.3 Strategie di Managed Aquifer Recharge (MAR)

Le strutture acquifere rimangono, per loro intrinseca definizione e precipua funzione, le migliori destinazioni possibili per stoccare grandi quantitativi di acqua nel sottosuolo, preservandone le caratteristiche in ordine ad una fruizione successiva anche di pregio.

Le strategie di Managed Aquifer Recharge (MAR) definiscono i sistemi di ricarica degli acquiferi in condizioni controllate: esse ricomprendono un'ampia gamma di tecniche e di impianti, applicabili a diversa scala, per immagazzinare l'acqua nel sottosuolo (Figura 19). Le opzioni disponibili vengono selezionate

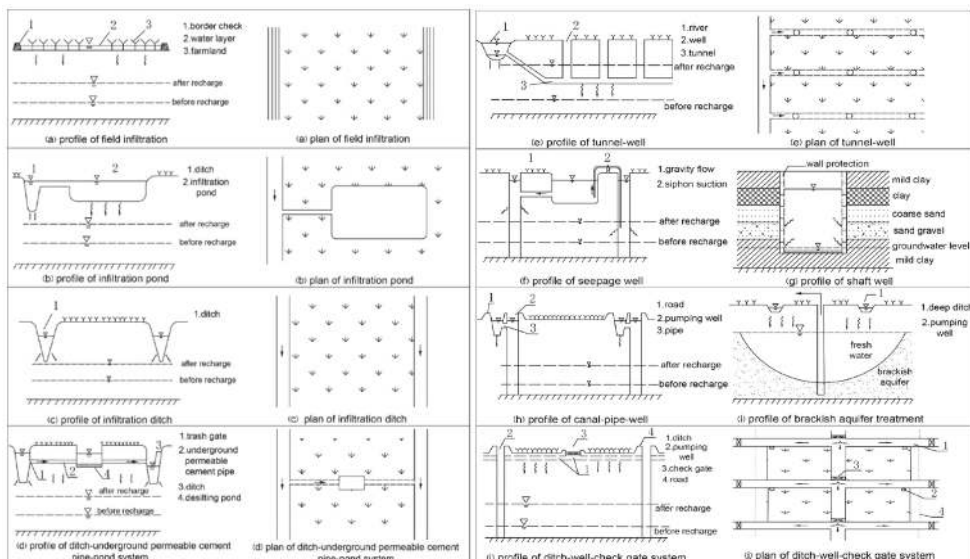


Figura 19 – Schematizzazione tipologica di varie tecniche di MAR (Dillon et al, 2021)

in funzione della situazione locale, solitamente regolamentata dalle condizioni idrogeologiche dei serbatoi così come dalla topografia e dall'uso del suolo, oltre che dagli impieghi previsti per l'acqua stoccata nel sottosuolo.

A seconda delle necessità i sistemi di ricarica artificiale possono concorrere a risolvere oppure a mitigare vari problemi, tra cui la scarsità d'acqua, la sicurezza idrica, il degrado della qualità dell'acqua, la subsidenza del terreno, l'abbassamento delle falde acquifere, l'intrusione di acqua marina, l'esaurimento del flusso dei corsi d'acqua e la minaccia di estinzione di ecosistemi dipendenti dalle acque sotterranee (Dillon et al., 2022).

Gli impianti in parola presentano numerosi vantaggi rispetto ad altre tecniche alternative (e.g. grandi invasi). Tra questi ci sono i minori costi di investimento iniziale e di gestione (Arshad et al., 2013), la richiesta di ridotti areali per l'installazione, la minimizzazione delle perdite per evaporazione dalle superfici liquide, la prevenzione dei problemi legati allo sviluppo di alghe, zanzare e microorganismi, l'ubicazione in prossimità di aree con un elevato fabbisogno idrico ed il dimensionamento dedicato alle singole fattispecie (Dillon et al., 2022). Una prerogativa chiave è che i progetti di MAR sono implementabili gradualmente ed anche in forma modulare: iniziano come piccoli progetti, oppure come iniziative pilota dimostrative, per poi eventualmente ampliarsi in impianti più sofisticati, anche combinati tra loro.

La fattibilità tecnica dei progetti di MAR deriva ad ogni buon conto da una approfondita comprensione dell'idrogeologia locale: talora la mancanza di adeguata esperienza durante la progettazione o una gestione dell'impianto svincolata dalla conoscenza strutturale del sottosuolo possono comportare danni collaterali, che non di rado superano i potenziali benefici. A titolo di esempio, l'assenza di controllo qualitativo dell'acqua immessa può causare un inquinamento delle falde acquifere e di conseguenza indurre a sforzi costosi, anche in termini di tempo, per riparare il danno; nelle aree con falde acquifere poco profonde inoltre, tecniche di MAR non correttamente progettate possono indurre a ristagni idrici in superficie ossia a danni alle colture o ad allagamenti di edifici pubblici o residenziali; infine, una stima inappropriata del potenziale sviluppo di intasamento (clogging) nei sistemi di ricarica potrebbe ridurre significativamente la loro efficienza e la durata prevista.

In questo contesto, implementare un progetto di MAR in completa sicurezza è fondamentale per evitare danni alla salute umana e all'ambiente, per ridurre ripercussioni socio-economiche e, in definitiva, per garantire il corretto

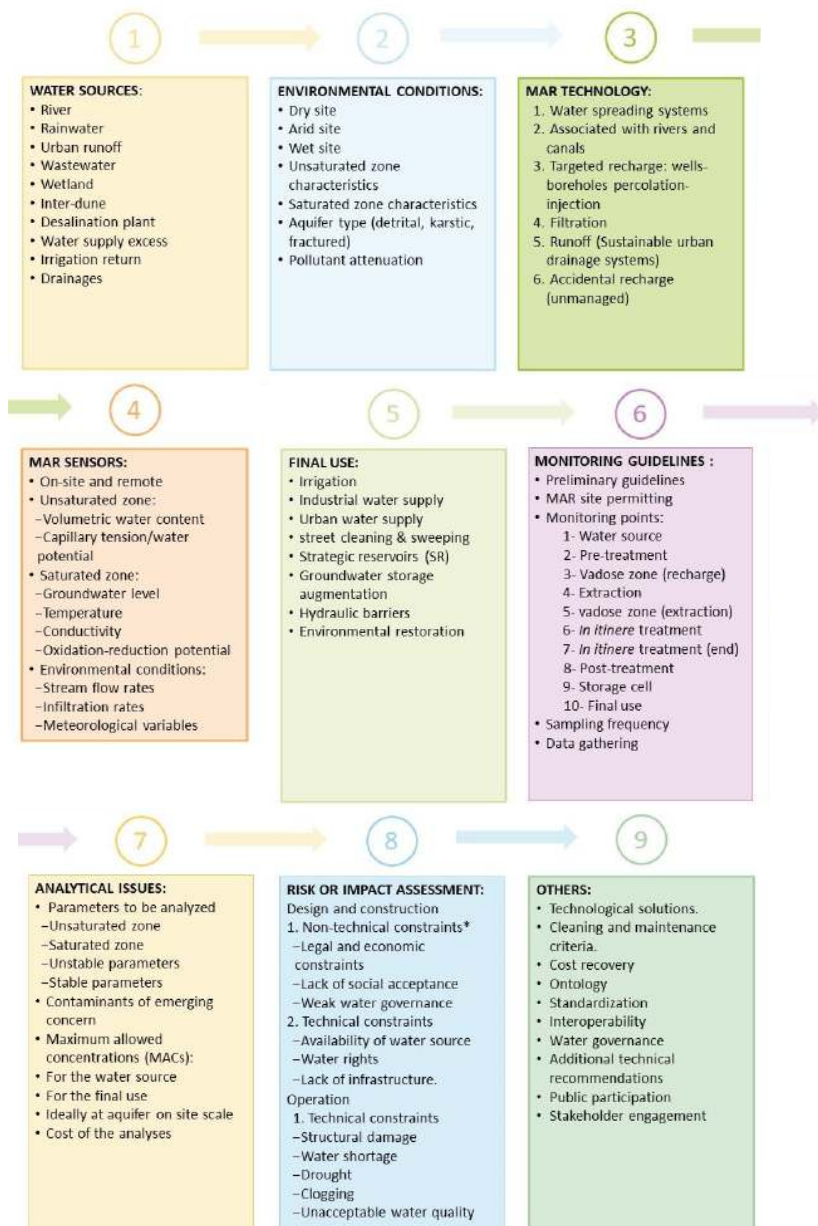


Figura 20 – Fattori del modello concettuale di ricarica monitorata e intenzionale (MIR) (Fernandez Escalante et al, 2022)

funzionamento del sistema di ricarica. Sotto il profilo metodologico i fattori proposti per guidare l'attivazione di progetti di MAR sono raggruppati sotto il cappello del cosiddetto “modello concettuale di ricarica monitorata e intenzionale” (MIR) (Figura 20). Il protocollo che ne deriva suggerisce la necessità di una approfondita cooperazione tra il proponente e le diverse agenzie ed istituzioni governative titolate nella gestione della risorsa.

Gli interventi per rimpinguare artificialmente le falde acquifere hanno maturato una lunga storia operativa: si ha nozione di prime forme di ricarica già nell'antichità, che venivano attuate correggendo la pendenza del terreno o modellando l'alveo dei fiumi.

In Europa applicazioni di un certo rilievo risalgono al XIX secolo: si ha infatti memoria di bacini di ricarica asserviti alla città di Gotheborg in Svezia già alla volta del 1897 (Frycklund, 1992). Cenni teorici sui moti di filtrazione ed elementi esperienziali inerenti varie configurazioni di ravvenamento vengono altresì approfonditi da Canavari (1928) quasi un secolo addietro.

Si rinvergono numerosi esempi di approfondimenti teorici (Dillon et al, 2021) e di programmi sperimentali (Unesco, Zheng et al, 2021), gestiti con successo, prevalentemente sviluppati in paesi aridi e semi-aridi o comunque a rischio di scarsità idrica sia in Europa (Henaou Casas et. al., 2022) che a livello internazionale, soprattutto in Australia, Israele, Stati Uniti sudoccidentali e Sud Africa (Braune and Sumaya, 2021).

Il portale MAR messo a punto da IGRAC, International Groundwater Resources Assessment Centre è liberamente fruibile in web (<https://www.unigrac.org/ggis/mar-portal>): esso contiene informazioni dettagliate sui siti in esercizio in tutto il mondo, nonché mappe regionali di idoneità per implementare tali strategie. Facilitando l'accesso e promuovendo la condivisione internazionale di informazioni e conoscenze, si incoraggiano le parti interessate a considerare le tecniche di MAR come una soluzione praticabile per lo sviluppo e la gestione sostenibili delle risorse idriche sotterranee.

Anche a livello nazionale sussistono ricerche sul tema della ricarica (Rossi et al, 2022) ed esperienze utili per inquadrare la prefattibilità delle azioni e valutarne i risultati applicativi.

Più in particolare nel distretto veneto-friulano sono state implementate varie iniziative pilota, sintetizzabili nell'elenco a seguire.

Progetto europeo Life Trust

Cofinanziato dalla Comunità Europea, attraverso il programma LIFE+2007 e dallo Stato italiano attraverso il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare; è iniziato nel gennaio 2009 per concludersi nel dicembre 2011, con la regia dell'Autorità di Bacino dei fiumi dell'Alto Adriatico insieme al Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici (Baruffi e Niceforo, 2011). L'obiettivo principale di TRUST è stato quello di quantificare nell'area di studio le possibili conseguenze sugli acquiferi in esito ai cambiamenti climatici e, quindi, di identificare azioni possibili di mitigazione; con queste finalità sono state attivate tre sperimentazioni specifiche sulla ricarica artificiale della falda su altrettante aree dotate di differenti caratteristiche idrogeologiche, colturali e di dotazione irrigua, rispettivamente in collaborazione con il Consorzio di Bonifica Brenta (tecnica AFI) e con i Consorzio di Bonifica Piave e Ledra-Tagliamento (che scelsero adacquamenti prolungati nel tempo).

Progetto Life Warbo

Coordinato dall'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS); obiettivo principale di Warbo è stato dimostrare come la ricarica artificiale degli acquiferi sia la migliore azione per compensare le perdite quantitative e qualitative delle risorse idriche, sviluppando interventi in due specifiche aree test ad elevato impatto antropico e/o sensibilità climatica: la pianura friulana (destra Tagliamento) e la bassa pianura ferrarese; i metodi di ricarica applicati nelle aree test hanno riguardato essenzialmente la metodologia di ricarica diretta di superficie della falda attraverso il suolo previo bacini d'infiltrazione (Sito test di Copparo - FE e sito test di Mereto di Tomba - UD).

Progetto Life Aquor

Inizia nel settembre 2011 con un programma di lavoro articolato e si estende per quasi quattro anni; è concepito come azione dimostrativa atta a favorire l'inversione dell'attuale trend di sovra-sfruttamento delle risorse idriche sotterranee dell'alta pianura vicentina ed a incrementare il tasso di ricarica idrogeologica degli acquiferi (Gusmaroli e Muraro, 2014); il progetto Aquor ha scelto di implementare diverse tecniche impiantistiche (Figura 21), alcune delle quali già precedentemente sperimentate a livello pilota nell'area di studio, quali i pozzi a grande diametro di infiltrazione e le aree forestali di infiltrazione (AFI), altre del tutto innovative entro il dominio, quali la riqualificazione morfologica di rogge irrigue, le trincee di infiltrazione e i campi di sub-infiltrazione; i vari sistemi di ricarica sono alimentati da opere di derivazione poste in fregio a collettori di competenza consortile, significativi per la quantità e la qualità delle acque fluenti.



Figura 21 – Realizzazione di alcuni impianti di MAR nell'ambito del Progetto Life Aquor: pozzo di ricarica (alto), trincee di infiltrazione (centrale sinistra), roggia di infiltrazione (basso)

A seguito delle varie sperimentazioni citate si è dedotto che:

- soprattutto per i pozzi disperdenti (Bertoldo et al., 2013) si conferma una esigenza di spazi operativi quanto mai ridotta, che ne consiglia l'impiego ed il posizionamento anche in ambiti ristretti (possibilmente di pertinenza pubblica);
- tutti i sistemi testati mettono in luce una favorevole facilità realizzativa, oltre a ottime caratteristiche di economicità dei lavori e delle forniture e limitate esigenze di gestione post-operam;
- in aggiunta, i pozzi a largo diametro ma anche le trincee di infiltrazione ed i campi di subirrigazione dimostrano una sostanziale assenza di impatti paesaggistici oltre alla minimizzazione del rischio per quel che concerne le questioni di sicurezza, dal momento in cui le opere sono completate in assetto interrato e risultano protette da adeguati presidi e sistemi di controllo;
- in base alla posizione geografica degli impianti e all'andamento delle quote geodetiche del piano di campagna, molte delle iniziative di ricarica sono altresì compatibili con fruizioni suppletive della risorsa idrica superficiale, come ad esempio l'uso per produzione energetica;
- l'effettiva capacità disperdente delle opzioni verificate in campo va da 50-100 l/s per le installazioni puntuali (Campagnolo et al., 2014) a circa 50 – 70 l/s per ettaro per quelli a sviluppo estensivo (Mezzalana et al., 2014);
- indistintamente per tutti i siti indagati si evidenzia la facilità dei controlli quantitativi e qualitativi, rispettivamente a supporto delle stime di bilancio e dei più rigorosi criteri di igiene e di salute pubblica nell'ambito della salvaguardia delle risorse idropotabili.

Ulteriori benefici connessi ai diversi interventi di ricarica della falda adottati nel progetto Aquor sono elencati in Figura 22.

2.3.4 Integrazione delle diverse soluzioni

Ribaltando la prospettiva della sola logica dei grandi bacini, che costituisce la più conflittuale delle opzioni in termini sociali ed ambientali e passando a quella che integra bacini di grandi e medie dimensioni, piccoli bacini (interaziendali) e ricarica artificiale degli acquiferi sotterranei, si entra in un contesto di conservazione “integrata” dell'acqua e dell'ambiente, del paesaggio e dell'offerta di numerosi altri servizi ecosistemici.

Come efficacemente sostiene ANBI Veneto, si tratta quindi di costruire, come adattamento al cambiamento climatico, una “*fascia della ricarica*”, realizzando a monte della “*fascia delle risorgive*” centinaia di pozzi bevitori e di piccole

Intervento	Benefici		
	Area dell'intervento	Locali	Diffusi
Pozzi di infiltrazione Trincee drenanti Campo di sub infiltrazione	Riqualificazione ambientale (nel caso di utilizzo area brown-field) Se AFI area produttiva: da terreno seminativo a bosco (SRF)	Maggiore disponibilità acqua per utenti SII o altri utilizzatori che prelevano acqua dal sottosuolo	Maggiore disponibilità acqua per Utenti SII (o altri utilizzatori che prelevano acqua dal sottosuolo)
Aree Forestali di Infiltrazione (AFI)	Incremento/tutela della biodiversità (piante e animali) Stoccaggio CO₂ Riduzione apporto nutrienti Acqua infiltrata minore dell'acqua prelevata per irrigazione	Diluizione di inquinanti presenti in falda	Utenti irrigui delle risorgive Benefici per uso ricreativo dovuti alle risorgive attive
Riqualificazione morfologica di rogge	Uso ricreativo Incremento/tutela della biodiversità		Tutela della biodiversità per il ripristino delle rogge

Figura 22 – Potenziali benefici connessi ai diversi interventi di ricarica artificiale (De Carli et al., 2015)

AFI (0.5-1 ha) con il fine di fare tesoro della preziosa risorsa idrica che cade sui monti e sull'alta pianura per trasferirla verso l'immenso ed invisibile invaso dell'acquifero indifferenziato di alta pianura.

Per catturare le sempre più imprevedibili precipitazioni è bene che contestualmente vengano realizzati centinaia di laghetti ed invasi aziendali, utilizzando in primis cave dismesse ed altri siti già compromessi; in periodi non irrigui l'acqua catturata potrà essere inviata alla rete dei punti di ricarica.

Laddove esistono già grandi bacini a fini idroelettrici è bene che questi vengano ripuliti per aumentare la loro capacità di invasare grandi volumi nei periodi più favorevoli. Solo eccezionalmente e dove ciò sia accettato da tutte le componenti sociali potranno esser realizzati nuovi invasi, soprattutto dove attualmente manca una capacità di invaso (vedi bacino idrografico dell'Astico ed il caso specifico del bacino di Meda).

Per favorire a scala adeguata il trasferimento dell'acqua dai deflussi superficiali verso le falde il sistema delle aree di ricarica (AFI e pozzi bevitori) va progettato per tutta l'alta pianura veneta, utilizzando almeno 3-400 ha di terreno per infiltrare

ogni anno centinaia di milioni di metri cubi di acqua, rivitalizzando così tutte le risorgive del Veneto e creando una straordinaria “banca dell’acqua”. Prelevando l’acqua dai fiumi principali nei periodi non irrigui (da settembre ad aprile) questa operazione può essere realizzata senza sottrarre acqua in modo non sostenibile ai grandi fiumi, rispettando così quanto previsto in termini di deflusso ecologico dalla Direttiva 2.000/60/CE ma rendendolo efficace non solo per i grandi fiumi (come avviene oggi) ma anche per la miriade dei piccoli fiumi di risorgiva, che grazie all’opera strutturale di ricarica potrebbero tornare ad essere vitali.

La distribuzione dell’acqua prelevata dai fiumi principali per essere infiltrata nei sistemi di pozzi bevitori e di AFI potrà avvalersi delle preesistenti reti irrigue gestite dai consorzi di bonifica. Come ipotizzato nel “Progetto Democrito” (vedi Dgr n. 2407 del 29 dicembre 2011), anche i sistemi pluvirrigui potrebbero essere di supporto all’alimentazione dei punti di ricarica a patto che si tenga conto dei volumi infiltrabili per unità di superficie, ricalibrando in senso maggiorativo le condotte di adduzione.

Agli agricoltori proprietari dai terreni da destinare ad aree di ricarica andrebbe proposto di “coltivare acqua” e questa coltivazione dovrebbe convenire come “*coltivare Prosecco*”: invece che coltivare viti o mais sui terreni più ghiaiosi dell’alta pianura ai nostri agricoltori va proposto di coltivare acqua e biomasse legnose, dando la giusta remunerazione al servizio da loro svolto.

A tutti gli altri (cittadini, industriali, amministratori locali) andrebbe invece proposto di ribaltare la secolare logica di allontanare l’acqua il prima possibile (“*difendersi dall’acqua*”), sostituendola con quella di fare tesoro dell’acqua (“*difendere l’acqua*”), accumulandola (per usarla quando scarseggia) od infiltrandola (realizzando ovunque i sistemi sperimentati con i progetti Life Aquor e Life Beware).

La strategia della ricarica diffusa prevede la collaborazione diretta dei cittadini e delle imprese e la mediazione tecnica dei gestori delle reti irrigue e di scolo (Consorzi di Bonifica), con un approccio altamente democratico, partecipativo, dal basso, che si contrappone in modo evidente all’approccio dirigitico che è contemplato nella realizzazione dei soli grandi bacini di accumulo.

Per favorire la partecipazione diretta di amministrazioni locali, imprese, cittadini l’IPA Alto Vicentino ha pensato ad un innovativo sistema di scambio di quote idriche che attiri gli investimenti privati nella realizzazione di opere diffuse di ricarica. La proposta è stata sottoposta alla Commissione Europea all’interno del bando 2023 del Programma LIFE.

2.4. La plurisecolare interazione tra derivazioni irrigue, trasformazioni del territorio e risorgive

Tutti i principali fiumi alpini negli ultimi secoli sono stati interessati da imponenti opere di derivazione delle acque. Il sistema prevede sostanzialmente quattro elementi infrastrutturali: traverse fluviali; canali principali di derivazione delle acque; rogge, fossi, canalette irrigue; sistemazioni fondiari legate all'irrigazione a scorrimento.

Gli attori primi delle profonde trasformazioni idrauliche in Veneto sono stati i proprietari dei grandi fondi rurali ornati dalle ville venete ed i monasteri. Successivamente i sistemi sono stati ampliati e modernizzati dai consorzi tra proprietari che usavano le acque derivate: dapprima i consorzi di roggia, poi i piccoli consorzi di bonifica ed alla fine i grandi consorzi di bonifica.

Il paesaggio (sia in senso estetico che in senso ecologico) dell'alta pianura veneta nei secoli è stato così radicalmente plasmato dal connubio tra risorse idriche, sistemi irrigui, sistemi produttivi, ville.

Coloro che in passato hanno progettato e realizzato le derivazioni idrauliche avevano ben presenti tre obiettivi: irrigazione, produzione di energia, abbellimento del paesaggio (Figura 23).

Involontariamente le derivazioni idrauliche portavano con sé numerose altre funzionalità (economicamente definibili come “esternalità positive” o “servizi ecosistemici”): depurazione delle acque, creazione di habitat, ricarica delle falde e potenziamento del sistema delle risorgive.

A queste esternalità si sta dando un'importanza crescente, anche come conseguenza delle politiche europee di salvaguardia delle acque, conservazione della biodiversità e contrasto al cambiamento climatico. Proprio in applicazione



Figura 23 - Traversa fluviale sul fiume Brenta a sud del ponte nuovo di Bassano del Grappa (a sinistra). Antico mulino alimentato dalle acque di una roggia di risorgiva (a destra)



Figura 24 - Parco di Villa Contarini (Piazzola sul Brenta) abbellito dalle derivazioni idrauliche della roggia Contarina



Figura 25 - Campagna semplificata dopo la trasformazione irrigua

della Direttiva acque e delle politiche per il clima, come ampiamente descritto nei paragrafi precedenti, in tutta l'alta pianura veneta si è dato un grande impulso alla realizzazione di estesi sistemi pluvirrigui, eliminando da decine di migliaia di ettari i tradizionali sistemi irrigui a scorrimento alimentati dalle storiche derivazioni idrauliche. In ogni progetto di trasformazione irrigua oggi si sottolinea il valore del volume di acqua che viene “risparmiato” e che pertanto potrà:

- essere lasciato al fiume per contribuire al suo minimo deflusso ecologico (rispetto della Direttiva Acque);
- essere utilizzato per poter meglio irrigare le colture già irrigue (divenute più idroesigenti a causa del cambiamento climatico);
- irrigare nuovi terreni in modo strutturato (eliminando pozzi e riducendo i costi di funzionamento dei sistemi di pompaggio non centralizzati).

A questi indubbi effetti positivi si contrappongono degli effetti collaterali di cui si deve tener conto con altrettanta attenzione:

- annullamento degli apporti efficaci al fine della ricarica delle falde legati ai tradizionali ed “inefficienti” sistemi di irrigazione a scorrimento (che però di fatto hanno la duplice funzione di irrigare e ricaricare l'acquifero), con conseguente aggravamento del fenomeno della “morte delle risorgive”;
- eliminazione di elementi tradizionali del paesaggio agrario, costituiti dal sistema fosso/siepe campestre;
- distruzione dei prati stabili (Figura 25) (visto che le aziende agricole non riescono a gestirli in modo efficiente con i sistemi di irrigazione a pioggia).

Siamo quindi davanti ad un vero e proprio paradosso: utilizzando risorse messe a disposizione per contrastare gli effetti del cambiamento climatico e garantire la qualità ecologica dei grandi fiumi si compromette la qualità ecologica del fittissimo reticolo dei corsi d'acqua di risorgiva, diminuendo nel contempo le risorse idriche a disposizione per l'irrigazione dei territori che stanno a valle dell'alta pianura.

Il dilemma tra efficienza nell'uso irriguo della sempre più preziosa risorsa idrica e mantenimento del paesaggio e della biodiversità può essere risolto se si agisce alla scala della programmazione strategica.

A questo livello possono essere adottate due azioni principali:

- creazione di un sistema duale di distribuzione dell'acqua;
- diffusione delle tecniche MAR

Il soggetto che attua la trasformazione irrigua (normalmente un Consorzio di Bonifica) dovrebbe, in accordo con gli agricoltori e con gli enti locali e regionali, impegnarsi al mantenimento della portata delle risorgive ed alla conservazione degli elementi caratteristici del paesaggio rurale (fossi, siepi, prati stabili, ecc.).

Creando sistemi duali, nei momenti in cui scarseggia l'acqua l'irrigazione potrà essere garantita dai sistemi pluvirrigui, intesi come “sistemi di soccorso” da utilizzare nei periodi di emergenza. Il concetto è simile a quello di un sistema antincendio: è presente, può essere utilizzato in ogni momento ma va attivato solo in caso di incendio perché i suoi effetti collaterali sono negativi.

Nei momenti in cui non scarseggia l'acqua, l'irrigazione potrà essere attuata secondo le pratiche irrigue tradizionali (irrigazione a scorrimento) che contribuiscono in modo significativo alla ricarica delle falde, immagazzinando una parte rilevante dell'acqua derivata dai fiumi principali per scopi irrigui.

In ogni caso i moderni sistemi pluvirrigui dovrebbero essere progettati tenendo conto della possibilità di utilizzarli, nei momenti favorevoli, per le azioni di ricarica attraverso le tecniche MAR.

Adottando questo approccio l'irrigazione potrà continuare ad essere considerata un'azione utile alla ricarica delle falde ed alla creazione di paesaggi armoniosi e tipici alla cui qualità potrà essere associata quella delle locali produzioni agricole.

2.4.1 Un paesaggio agrario storico degno della designazione “Riserva della Biosfera” del programma MAB UNESCO

Il Ministero delle politiche agricole e forestali (oggi MASAF), con Decreto n. 17070 del 19 novembre 2012 ha istituito il “Registro nazionale dei paesaggi rurali di interesse storico, delle pratiche agricole e delle conoscenze tradizionali”. Il concetto di “Paesaggio rurale tradizionale e di interesse storico” indica porzioni di territorio classificato come rurale e/o elementi lineari o puntuali, che pur continuando il loro processo evolutivo conservano evidenti testimonianze della loro origine e della loro storia, mantenendo un ruolo nella società e nell'economia. Essi comprendono ordinamenti colturali, manufatti ed insediamenti, di uso agricolo, forestale e pastorale, che mostrano caratteristiche di tradizionalità o interesse storico (D.M. n. 17070/2012, art. 2).

Il paesaggio rurale caratterizzato dalla diffusa presenza di risorgive, corsi d'acqua di risorgiva bordati da alberature campestri e prati stabili irrigati con le tradizionali pratiche dell'irrigazione a scorrimento risponde a quanto sopra descritto (Figura 26).

Da più parti (amministrazioni locali, associazioni) si è dunque cominciato a ragionare di candidare le risorgive ed i prati irrigui del Destra Brenta all'iscrizione al Registro nazionale dei paesaggi rurali di interesse storico.

Come illustrato nel paragrafo precedente tra risorgive e tradizionali sistemi irrigui vi è una strettissima correlazione e pertanto va da sé che se si vuole conservare il paesaggio storico delle risorgive e dei prati stabili si devono conservare le forme tradizionali di irrigazione che, come visto, hanno una grande rilevanza nelle azioni di ricarica delle falde.

Oltre all'aspetto paesaggistico va considerato anche quello della conservazione della biodiversità, rappresentato soprattutto dagli "hotspot" delle risorgive. In questo senso il sistema risorgive-tradizionali sistemi irrigui-prati stabili potrebbe essere candidato anche alla designazione di "Riserva della Biosfera" del programma MAB dell'UNESCO. Le Riserve della Biosfera promuovono attività di cooperazione scientifica, ricerca interdisciplinare e sostenibilità ambientale nel pieno coinvolgimento delle comunità locali, pertanto rappresentano esempi di *best practices* nell'ottica dello sviluppo sostenibile e della interazione tra sistema sociale e sistema ecologico.



Figura 26 - Paesaggio rurale tipico dell'area delle risorgive

2.5. Qualità dell'acqua utilizzata negli impianti di ricarica ed effetti sulla falda

2.5.1. Premessa

La ricarica forzata della falda riproduce in modo “artificiale” e in un contesto più puntuale, gli stessi processi di infiltrazione che, in modo del tutto naturale e su area più vasta, hanno luogo sul territorio dell’Alta Pianura vicentina.

Con riferimento a quanto già avviene in condizioni normali e relativamente alla qualità dell’acqua utilizzata per l’infiltrazione negli impianti di ricarica forzata, in linea teorica non dovrebbero esserci sostanziali differenze, trattandosi pur sempre di acqua piovana o di acqua che defluisce su corsi d’acqua naturali e/o artificiali.

Esperienze effettuate una decina di anni fa con il *Progetto Life+ Aquor* hanno mostrato che l’acqua immessa negli impianti di ricarica aveva praticamente le stesse caratteristiche chimico-fisiche rilevate nel fiume o torrente dal quale era stata derivata attraverso i canali e le rogge della rete irrigua.

I periodici rapporti di ARPAV sulla qualità delle acque superficiali del Veneto, confermano che da alcuni anni i corsi d’acqua dell’Alto Vicentino utilizzati per l’alimentazione delle rogge irrigue, in corrispondenza dei punti di derivazione (torrente Agno a Cornedo, torrente Leogra a Pievebelvicino, torrente Timonchio a Santorso, torrente Astico a Molini di Zugliano, fiume Brenta a Bassano) possiedono uno stato ecologico compreso tra buono ed elevato.

Inoltre, le analisi effettuate sui piezometri di monitoraggio realizzati qualche decina di metri a valle dell’impianto e controllati, sia ex-ante con impianto fermo, sia con l’impianto in esercizio, avevano evidenziato un generale miglioramento delle caratteristiche chimiche della falda acquifera a valle del sito di ricarica, nelle sue immediate vicinanze.

Tuttavia, al fine di garantire che il processo di infiltrazione forzata non vada a modificare in senso peggiorativo la qualità delle acque sotterranee a valle dell’impianto, appare comunque opportuno che i soggetti che hanno in gestione i siti di ricarica effettuino un controllo periodico dei principali parametri chimico-fisici e microbiologici sia delle acque in ingresso agli impianti, sia in punti di monitoraggio della falda, a valle degli impianti stessi.

2.5.2. Infiltrazione di acqua derivata da torrenti o rogge ed effetto sulle acque di falda

Il monitoraggio effettuato tra il 2014-2015 sugli impianti di ricarica nell'ambito del *Progetto Life Aquor* ha mostrato che, rispetto al contenuto salino naturale misurato nell'acqua che defluisce nella falda sottostante (c.d. residuo fisso), un impianto di ricarica alimentato con acqua derivata da una roggia irrigua immette nel sottosuolo acqua che in genere possiede una concentrazione più bassa di sali disciolti.

Di conseguenza l'infiltrazione forzata svolge sempre un effetto di diluizione delle specie chimiche presenti nell'acqua di falda e la circostanza vale sia per gli impianti di ricarica che utilizzano pozzi "bevitori", sia che l'infiltrazione avvenga mediante le Aree Forestali di Infiltrazione (c.d. AFI).

2.5.2.1. Acque di alimentazione degli impianti di ricarica

I dati acquisiti nel quadriennio 2012-2015 nell'ambito del *Progetto Life Aquor*, mostrano che le acque in ingresso agli impianti di ricarica forzata possiedono ottime caratteristiche chimiche e caratteristiche microbiologiche più che accettabili.

Come riportato nella tabella seguente, dove sono messi a confronto i valori medi misurati sulle acque delle rogge derivate dal torrente Astico con quelle delle rogge derivate dal fiume Brenta, sotto il **profilo chimico** tutte le acque presentano un basso contenuto salino, con le acque del Brenta che possiedono residuo fisso e durezza totale leggermente inferiore rispetto a quelle dell'Astico. In tutte sono risultati assenti gli ioni ammonio e nitrito, nonché i metalli pesanti.

Per cause del tutto naturali, nelle acque derivate dal fiume Brenta la concentrazione dello ione solfato è doppia rispetto a quella misurata nelle acque delle rogge derivate dal torrente Astico, come pure la presenza di tracce minime di arsenico.

Provenienza dell'acqua	Cond. spec. $\mu\text{S}/\text{cm}$	Torb. NTU	pH	Durezza totale $^{\circ}\text{Fr}$	Residuo mg/l	Kubel mg/l	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	As $\mu\text{g}/\text{l}$	Cd $\mu\text{g}/\text{l}$	Cr $\mu\text{g}/\text{l}$	Ni $\mu\text{g}/\text{l}$	Pb $\mu\text{g}/\text{l}$	Cu mg/l
Astico	286	6,1	8,1	17,0	190	1,4	3	5	6	< 1	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 0,1
Brenta	260	11,9	8,0	14,6	170	1,9	3	4	15	1,5	< 0,1	< 1	< 1	< 1	< 0,1

Sotto il **profilo microbiologico** si conferma una presenza di Escherichia coli ed Enterococchi nell'ordine di 10^2 - 10^3 UFC/100 ml, mentre i Coliformi totali sono presenti nell'ordine di 10^3 - 10^4 UFC/100 ml, ma la circostanza è da ritenere del tutto normale in acque superficiali.

Provenienza dell'acqua	Escherichia Coli UFC in 100 ml	Enterococchi UFC in 100 ml	Coliformi totali UFC in 100 ml
Astico	750	390	4.600
Brenta	580	240	3.600

2.5.2.2. Risposta della falda a valle degli impianti di ricarica

Come appare dai dati esposti nelle tabelle seguenti (cfr. Life Aquor), nel caso di ricarica mediante pozzi e trincee di infiltrazione (impianti di Montecchio Prec. no, Sarcedo e Breganze), nel piezometro di controllo con impianto in funzione (ON) si è osservata una diminuzione del residuo fisso compresa tra il 10 e il 45%; del 15-70% per lo ione nitrato e, anche se in misura minore, un'analogha diminuzione per gli ioni cloruro e solfato.

Nel secondo caso, ovvero ricarica mediante le AFI (sito di Schiavon), nel piezometro di controllo a valle dell'impianto la diminuzione del residuo fisso con impianto in funzione (ON) è risultata del 12% circa, quella della concentrazione dello ione nitrato del 45%. Più contenuta la diminuzione per gli ioni cloruro e solfato.

Montecchio Precalcino

tipo di impianto: pozzi di infiltrazione; alimentazione: Roggia Monza (acqua del t. Astico)

N° impianto	impianto	Cond. spec. $\mu\text{S}/\text{cm}$	Torb. NTU	pH pH	Durezza totale °Fr	Residuo mg/l	Kubel mg/l	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	As $\mu\text{g}/\text{l}$	Cd $\mu\text{g}/\text{l}$	Cr $\mu\text{g}/\text{l}$	Ni $\mu\text{g}/\text{l}$	Pb $\mu\text{g}/\text{l}$
1 Montecchio	OFF	404	2,6	7,5	23,2	272	0,68	3	10	8	< 1	< 0,1	1	1	< 1
	ON	289	1,5	7,8	16,7	191	0,72	3	5	6	< 1	< 0,1	1	1	< 1

N° impianto	impianto	Cu mg/l	MC $\mu\text{g}/\text{l}$	TCE $\mu\text{g}/\text{l}$	PCE $\mu\text{g}/\text{l}$	VOCs $\mu\text{g}/\text{l}$	Escherichia coli UFC % mL	Entero-cocchi UFC % mL	Coliformi totali UFC % mL
1 Montecchio	OFF	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 1	1	0	14
	ON	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 1	147	70	894

Sarcedo

tipo di impianto: trincea di infiltrazione; alimentazione: Canale Mordini (acqua del t. Astico)

N° impianto	impianto	Cond. spec. $\mu\text{S}/\text{cm}$	Torb. NTU	pH	Durezza totale * Fr	Residuo mg/l	Kubel mg/l	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	As $\mu\text{g}/\text{l}$	Cd $\mu\text{g}/\text{l}$	Cr $\mu\text{g}/\text{l}$	Ni $\mu\text{g}/\text{l}$	Pb $\mu\text{g}/\text{l}$
2 Sarcedo	OFF	491	7,4	7,4	27,6	334	0,99	7	28	12	<1	<0,1	1	1	<1
	ON	288	2,0	7,8	16,6	190	0,66	2	5	6	<1	<0,1	<1	<1	<1

N° impianto	impianto	Cu mg/l	MC $\mu\text{g}/\text{l}$	TCE $\mu\text{g}/\text{l}$	PCE $\mu\text{g}/\text{l}$	VOCs $\mu\text{g}/\text{l}$	Escherichia coli UFC % mL	Enterococchi UFC % mL	Coliformi totali UFC % mL
2 Sarcedo	OFF	<0,1	<0,1	<0,1	1	1	0	1	19
	ON	<0,1	<0,1	<0,1	<1	<1	93	32	628

Breganze

tipo di impianto: 4 pozzi di infiltrazione; alimentazione: Roggia Seriola (acqua del t. Astico)

N° impianto	impianto	Cond. spec. $\mu\text{S}/\text{cm}$	Torb. NTU	pH	Durezza totale * Fr	Residuo mg/l	Kubel mg/l	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	As $\mu\text{g}/\text{l}$	Cd $\mu\text{g}/\text{l}$	Cr $\mu\text{g}/\text{l}$	Ni $\mu\text{g}/\text{l}$	Pb $\mu\text{g}/\text{l}$
3 Breganze	OFF	345	1,9	7,4	19,5	230	0,50	5	7	8	<1	<0,1	5	2	<1
	ON	322	0,7	7,6	18,2	215	0,51	3	6	7	<1	<0,1	1	1	<1

N° impianto	impianto	Cu mg/l	MC $\mu\text{g}/\text{l}$	TCE $\mu\text{g}/\text{l}$	PCE $\mu\text{g}/\text{l}$	VOCs $\mu\text{g}/\text{l}$	Escherichia coli UFC % mL	Enterococchi UFC % mL	Coliformi totali UFC % mL
3 Breganze	OFF	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<1	0	0	70
	ON	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<1	16	9	134

Schiavon

tipo di impianto: Area Forestale Infiltrazione (AFI); alimentazione: Roggia Comuna (acqua del f. Brenta)

N° impianto	impianto	Cond. spec. $\mu\text{S}/\text{cm}$	Torb. NTU	pH	Durezza totale * Fr	Residuo mg/l	Kubel mg/l	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	As $\mu\text{g}/\text{l}$	Cd $\mu\text{g}/\text{l}$	Cr $\mu\text{g}/\text{l}$	Ni $\mu\text{g}/\text{l}$	Pb $\mu\text{g}/\text{l}$
4 Schiavon	OFF	472	3,2	7,3	27,2	320	0,52	5	18	18	1	<0,1	1	<1	<1
	ON	418	5,8	7,4	23,3	282	0,65	4	10	17	1	<0,1	1	<1	<1

N° impianto	impianto	Cu mg/l	MC $\mu\text{g}/\text{l}$	TCE $\mu\text{g}/\text{l}$	PCE $\mu\text{g}/\text{l}$	VOCs $\mu\text{g}/\text{l}$	Escherichia coli UFC % mL	Enterococchi UFC % mL	Coliformi totali UFC % mL
4 Schiavon	OFF	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<1	0	0	1
	ON	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<1	0	0	181

Il diverso effetto di diluizione dipende, oltre che dalle caratteristiche delle acque utilizzate negli impianti di ricarica (come visto, Astico e Brenta sono già in origine diversi tra loro sotto il profilo chimico), anche dalle caratteristiche

chimiche acquisite dall'acqua di falda durante il suo deflusso sotterraneo prima di arrivare all'altezza del sito di ricarica forzata, dai litotipi con cui è venuta in contatto, dalle caratteristiche dell'impianto di ricarica e dalla portata infiltrata dall'impianto stesso.

Com'era prevedibile, sotto il profilo microbiologico si osserva invece un aumento del contenuto microbico a valle dell'impianto di ricarica, con valori tra loro diversi in funzione della tipologia dell'impianto.

Con riferimento ai parametri microbiologici, nei siti dove si utilizza la tecnica dei "pozzi bevitori", con l'impianto in funzione si osserva un significativo aumento di microrganismi (*Escherichia coli*, *Enterococchi*, *Coliformi totali*). La circostanza è dovuta al fatto che, nei pozzi di infiltrazione, l'acqua viene immessa a qualche metro di profondità e viene quindi a mancare l'azione di intercettazione della componente microbica da parte del primo strato di terreno vegetale. Il fenomeno si riduce comunque già a qualche decina di metri più a valle del punto di infiltrazione, fino ad azzerarsi completamente.

Laddove invece si utilizzano le AFI, l'acqua rilasciata dal fondo delle scoline attraversa uno strato filtrante maggiore prima di arrivare alla falda e l'aumento del contenuto microbico è più contenuto.

La ricarica forzata della falda potrebbe inoltre essere utilizzata non solo per il suo ravvenamento, ma anche per ottenere un ulteriore beneficio con riferimento alla sua qualità. In particolare, per quelle situazioni dove, in presenza di una contaminazione della falda e una volta ultimata la bonifica del sito, si ritenesse opportuno accelerare il processo di lavaggio ed allontanamento delle tracce residuali dell'inquinante, è possibile infiltrare acqua nel sottosuolo in modo mirato e controllato. L'immissione di acqua pulita nella porzione insatura dell'acquifero potrà accorciare i tempi di recupero qualitativo della falda. In caso contrario, se si lasciasse tale azione alla naturale infiltrazione delle acque meteoriche, potrebbe essere necessario qualche decennio per ottenere un completo "lavaggio" dell'acquifero nelle vicinanze del *focal point* e a valle dello stesso.

2.5.3. Infiltrazione di acqua derivata da piccoli bacini di accumulo di acque meteoriche

L'acqua piovana proveniente dal dilavamento di tetti o coperture di capannoni di aree urbanizzate è, in prima ipotesi, praticamente esente da possibili contaminazioni di tipo chimico, essendo a tutti gli effetti acqua piovana *tout court*.

Ciò vale in particolare per quelle zone dove la presenza di camini per l'espulsione di polveri, fumi, residui di solventi provenienti da attività produttive non è particolarmente elevata. In caso contrario sarà necessario procedere, in via preliminare, ad un'analisi delle acque di prima pioggia raccolte dai pluviali, verificando in particolare la presenza di metalli pesanti, residui di combustione, idrocarburi, solventi, etc...

Diversa è invece la situazione qualora venissero inviate all'impianto di infiltrazione acque di dilavamento di piazzali, parcheggi o vie di transito di automezzi. In questo caso sarà opportuno installare, a monte dell'impianto di ricarica, un sistema adeguatamente dimensionato di disoleatura-dissabbiatura e/o di biofiltrazione, in funzione delle precipitazioni medie della zona, con lo scopo di rimuovere idrocarburi o altre sostanze rilasciate sulle superfici impermeabilizzate (vedi *Life Beware*).

Un differente approccio dovrà infine essere studiato nel caso di dilavamento di superfici di pertinenza di aziende agro-zootecniche, dove non è da escludere l'eventuale trasporto verso le scoline e da quest'ultime verso il bacino di raccolta e/o di infiltrazione, di residui di prodotti fitosanitari o sostanze azotate.

2.5.3.1. Monitoraggio

All'attività di controllo compete la verifica, con adeguata frequenza, della buona funzionalità di tutto il sistema di ricarica forzata, in funzione: della provenienza dell'acqua (piccoli o grandi bacini di accumulo, ovvero derivazione da corsi d'acqua naturali o artificiali), della eventuale presenza di potenziali punti di rilascio di sostanze inquinanti, e infine delle modalità di trasferimento dell'acqua verso gli impianti di ricarica.

La presenza di possibili sorgenti di contaminazione o di percorsi dell'acqua verso il sito di ricarica che non offrono le dovute garanzie sotto il profilo della sicurezza qualitativa, potrà richiedere un'attività di controllo con strumentazione "in-linea".

Il monitoraggio riguarderà sia l'acqua al punto di ingresso nell'impianto di ricarica, sia quella dell'acquifero sotterraneo nel piezometro di controllo a valle, valutandone le eventuali differenze dal punto di vista chimico e microbiologico con l'impianto in funzione, rispetto alla situazione con impianto non in esercizio.

Nella scelta dei siti ove realizzare gli impianti di ricarica, saranno perciò da preferire quelle aree dove sono già disponibili uno o più pozzi di controllo ubicati ad opportuna distanza a valle dell'impianto, "sotto gradiente idraulico".

Sarà anche necessario acquisire una serie adeguata di dati che descrivano compiutamente le caratteristiche chimiche e microbiologiche medie dell'acqua utilizzata per alimentare gli impianti di ricarica.

Il monitoraggio dovrà iniziare ex-ante, cioè prima dell'avvio dell'impianto stesso, per caratterizzare una tantum l'acquifero sotterraneo sotto il profilo chimico e microbiologico.

Con frequenze, modalità di prelievo e set di parametri da definire, dovrà essere infine organizzato un Piano di Monitoraggio e Controllo per verificare, a valle dell'impianto, eventuali variazioni delle caratteristiche di base dell'acqua di falda.

2.5.3.2. Intasamento (clogging)

Un ulteriore aspetto da considerare, specie in presenza di ripetuti eventi piovosi che possono dare origine a trasporto solido, è l'immissione nel bacino di accumulo/infiltrazione di acque con torbidità elevata. Per evitare il progressivo intasamento del fondo del bacino o dei pozzi di infiltrazione (nel caso si utilizzi questa tecnica), con conseguente perdita di efficienza dell'impianto di ricarica, potrà risultare opportuno suddividere il bacino di raccolta delle acque in due settori: uno da utilizzare per l'accumulo dell'acqua e la decantazione delle particelle solide, l'altro per l'infiltrazione.

3. Una nuova agricoltura amica dell'acqua

L'agricoltura può avere un ruolo decisivo per mitigare/contrastare la ridotta disponibilità di acqua dovuta al cambiamento climatico ed altre cause. Ciò può essere ottenuto per mezzo di due principali strategie:

- aumento della capacità di trattenere acqua nel territorio rurale;
- aumento dell'efficienza dell'uso.

3.1. Aumento della capacità di trattenere acqua nel territorio rurale

La gran parte dei terreni agricoli ricadenti nel territorio regionale veneto hanno avuto negli ultimi decenni una drastica riduzione del contenuto di sostanza organica (Morari et al., 2019) dovuta principalmente alle pratiche agricole convenzionali che, per quanto utili a raggiungere importanti obiettivi socio-economici grazie alle buone produzioni di cibo, hanno evidenziato, su larghissima scala (milioni di ettari coltivati), l'effetto di progressiva riduzione del contenuto di sostanza organica dei terreni, accelerato ove il ciclo della sostanza organica è stato interrotto (mancata restituzione della sostanza organica dal settore civile e/o zootecnico). Ciò ha conseguenze negative sia per la sostenibilità dell'agricoltura in generale, sia per la quantità di acqua che i terreni riescono a trattenere.

Vi sono tuttavia pratiche agronomiche e tecniche innovative che possono consentire l'inversione della tendenza (Camarotto et al., 2018; 2020); in particolare un approccio che renda applicabili pacchetti olistici costituiti da diverse pratiche che in sinergia riducono le emissioni di anidride carbonica, riducono le perdite di carbonio dal terreno e/o attivamente lo accumulano possono invertire completamente il trend dei bilanci di carbonio (AA.VV. 2019). Tali pacchetti si basano principalmente sulla contemporanea applicazione di rotazioni efficaci e adatte alle specifiche condizioni pedo-climatiche (l'efficacia sarà da valutare considerando nel complesso la rotazione, non le singole colture inserite, in termini di costi, di consumo d'acqua, di bilancio energetico, di impatto ambientale, in generale di riduzione di fitofarmaci), copertura continua con colture di copertura e residui, riduzione delle lavorazioni, evitando in ogni caso l'inversione degli strati, utilizzo frequente del decompattatore; semina su

sodo quando possibile (sempre e con tempestività per le cover, preferibilmente su frumento); scelte agronomiche, a partire dal ciclo delle colture, tali da ridurre i rischi di danneggiamento del terreno (ad es. scelta di ibridi di mais precoce per evitare le raccolte su terreno bagnato, mietitrebbie con cingoli, traffico controllato); agricoltura di precisione (guida semi-automatica, dosaggio variabile, Cillis et al., 2017), difesa integrata avanzata con applicazione di modelli previsionali coltura-avversità.

Da ricerche specifiche (Minasny & McBratney, 2017) si è visto come un aumento del contenuto di sostanza organica dell'1% in un terreno di medio impasto si traduca nella capacità del suolo di aumentare dell'1.03% il contenuto volumetrico di acqua disponibile per le piante. Dai calcoli proposti dalla ricerca specializzata si evidenzia come questo aumento medio si attesti su circa 30 m³/ha di acqua disponibile nei primi 30 centimetri di suolo. Questo, in proporzione all'effettivo aumento della sostanza organica, del volume di terreno effettivamente interessato e della piovosità effettiva, si può tradurre in una maggiore capacità del suolo di stoccare acqua e renderla disponibile successivamente alle piante in periodi siccitosi dove la risorsa idrica risulta scarsa.

La capacità di trattenuta dell'acqua nel territorio rurale può essere inoltre perseguita non solo, come già evidenziato, con la costruzione di invasi aziendali o comuni a più fondi, più o meno automatizzati come realizzato nel progetto Life+ WStore2 (Furlan et al., 2015; 2020) ma anche utilizzando la rete di scolo e i relativi manufatti (in particolare le chiaviche ai confini aziendali) per trattenere nei momenti opportuni parte dell'acqua in eccesso. A tal fine è necessaria una evoluzione tecnico – culturale di supporto alle aziende agricole.

3.2. Aumento dell'efficienza dell'uso

L'altro grande contributo dell'agricoltura per aumentare la disponibilità dell'acqua e il suo potenziale di trasformarsi in prodotti agricoli utili consiste nell'applicare soluzioni agronomiche e tecnologiche per aumentarne l'efficienza di utilizzo.

Gli interventi in tal senso si possono suddividere in:

- riduzione del consumo
- aumento dell'efficienza di utilizzo a parità di scelte colturali/agronomiche

3.2.1. Riduzione del consumo

In una logica di adattamento al cambiamento climatico una azione molto efficace è quella della sostituzione delle colture più idroesigenti (grandi consumatrici di acqua) con colture meno esigenti (e più tolleranti alla siccità). Un classico esempio è quello della sostituzione del mais con avvicendamenti basati su colture autunno-vernine seguite da sorgo, specie che riesce ad adattarsi maggiormente a basse disponibilità d'acqua. Prove pluriennali mostrano che la coltivazione di erbaio più sorgo può fornire altrettanto abbondanti produzioni di biomassa ad uso foraggero del mais in prima semina, permettendo però una maggiore flessibilità in termini agronomici (nonché una minore presenza di micotossine che causano anche effetti negativi sulla produttività degli animali).

In generale, pertanto, è azione di adattamento quella di puntare maggiormente sulle colture autunno-vernine invece che su quelle primaverili-estive.

È possibile pianificare nelle diverse aree regionali, in base alle potenziali disponibilità d'acqua e di reti di distribuzione, le rotazioni più adatte in modo flessibile a seconda delle effettive condizioni e delle più probabili previsioni meteorologiche.

3.2.2. Aumento dell'efficienza di utilizzo a parità di scelte colturali/agronomiche

Le moderne tecniche irrigue possono permettere di risparmiare enormi quantitativi d'acqua migliorando allo stesso tempo la produttività e la qualità delle colture.

La realizzazione di un concreto risparmio dell'acqua dovrà partire ovviamente da una ristrutturazione della rete di distribuzione irrigua e dalle tecniche impiegate nonché di pratiche aziendali che trattengano il più possibile l'acqua piovana.

Studi nei territori di bonifica hanno già evidenziato come la perdita di acqua distribuita al sistema irriguo specializzato e promiscuo (con la rete di scolo) possa portare a perdite molto significative, attorno al 50% del volume distribuito (Pasti et al., 1995).

Il risparmio a livello di campo coltivato non può che partire dalla base tecnica dell'agricoltura di precisione che, per mezzo dell'applicazione delle innovazioni tecnologiche e meccaniche, consente di distribuire i fattori produttivi (fertilizzanti, seme, acqua, fitofarmaci) con precisione e in modo variabile

a seconda dell'effettiva necessità delle diverse zone omogenee (al cui interno le caratteristiche agronomiche sono simili e diverse da altre zone omogenee contigue).

3.2.3. Suddivisione appezzamenti in aree omogenee

Per conoscere come suddividere in aree omogenee ben caratterizzate le superfici coltivate, sono disponibili oggi dei sensori in grado di misurare la variabilità presente. Questi sensori sono chiamati georesistivimetri o sensori geoelettrici. Sono costituiti da sistemi elettronici in grado di misurare la conducibilità elettrica apparente del suolo e grazie ad un ricevitore satellitare correlare il dato misurato con la posizione sulla crosta terrestre. Al termine del rilievo si ottengono zone omogenee all'interno delle quali eseguire dei campionamenti del suolo per definire il tipo di suolo e le diverse caratteristiche di fertilità. Il risultato finale è una mappa digitale fondamentale per conoscere le tipologie di suolo presenti. Queste non influenzano solo la dotazione di elementi nutritivi ma anche la disponibilità d'acqua per la pianta. La conoscenza spaziale consentirà la razionalizzazione di tutti i fattori di produzione inclusa l'acqua. Ciascuna zona avrà specifiche capacità di trattenuta dell'acqua e di rendere disponibile quest'ultima, per poter così differenziare i momenti e i volumi di intervento.



Figura 27 - Georesistivimetro trainato (Fonte AgriSoing)



*Figura 28 - Sensore geoelettrico installato su trattore senza contatto con il suolo
(Fonte Agrinnovazione)*



Figura 29 - Sensore geoelettrico con contatto del suolo (Fonte Arvatec)

Queste informazioni, unite a quelle delle mappe di produzione che, oggi, a basso costo, si possono ottenere ad ogni raccolta dalle mietitrebbie, consentono di definire bene le zone omogenee, nonché di interpretarle per decidere come operare in ciascuna di esse.

L'utilizzo di modelli previsionali (algoritmi complessi) che tengono conto, a partire dalle caratteristiche di base della zona omogenea, di molti parametri contemporaneamente, tra cui i dati statistici del luogo e le previsioni meteo, aiuta a distribuire i fattori produttivi, tra cui l'acqua, in quantità - modalità sempre più vicine all'effettiva necessità dell'insieme pianta-terreno, settimana per settimana.

3.2.4. Utilizzo di sistemi di misura digitali

In parallelo con quanto visto per la definizione delle aree omogenee è importante ricorrere a sistemi tecnologicamente avanzati per misurare in continuo l'andamento dell'acqua durante le fasi di crescita della pianta. Spesso la distribuzione dell'acqua viene eseguita a calendario o sull'esperienza degli anni precedenti senza tenere in considerazione l'effettiva richiesta della coltura e dello stato idrico del terreno. Questo modo di operare porta spesso a non mantenere nel terreno il giusto grado di umidità. I sensori di misura oggi sono molteplici e consentono di monitorare la quantità d'acqua disponibile, il potenziale idrico del terreno, la temperatura, l'intensità del vento e la piovosità.



Figura 30 - Stazione di misura dei principali parametri meteorologici

3.2.4.1. Misura dell'andamento meteo e della piovosità

In un'ottica di razionalizzazione della risorsa idrica e utilizzando equazioni di bilancio idrico è importante registrare dati relativi all'andamento delle temperature giornaliere per conoscere correttamente l'evapotraspirazione giornaliera. Questo dato è molto importante per capire il volume di acqua perso dal sistema pianta terreno al fine di conoscere il giusto volume di acqua da restituire alla pianta per mantenerla sempre al giusto grado di idratazione. Per conoscere questo dato sono disponibili stazioni meteo dedicate per registrare le temperature orarie, la percentuale di umidità relativa e la pioggia caduta in un determinato periodo.

3.2.4.2. Misura dell'andamento dell'acqua nel suolo

Le sonde per il rilievo dell'acqua disponibile per le piante nel terreno possono essere principalmente di due tipologie (Misturini D., 2020):

Volumetrici: se il dato che forniscono all'utente si riferisce al volume di acqua disponibile per le piante. Sono denominati TDR (Time Domain Reflectometers) o FDR (Frequency Domain Reflectometers). Per misurare il valore si basano sulla permittività dielettrica relativa del suolo. Per conoscere la quantità di acqua disponibile alla pianta è necessario conoscere il tipo di suolo per identificare correttamente a quale percentuale fa riferimento la capacità di campo. Sono necessarie quindi valutazioni, o proprio tarature, specifiche per le diverse zone omogenee.

Potenziale idrico: se il dato fornito è relativo al potenziale del terreno, definito come la forza che le radici devono esercitare per riuscire a introdurre l'acqua disponibile nel suolo all'interno della pianta. I sensori utilizzati si chiamano tensiometri e possono essere analogici oppure digitali denominati Watermark®; i valori sono riportati in KPascal e normalmente variano da 0 (terreno bagnato) a 200 Kpa (terreno molto secco).

I sensori sopra elencati sono connessi attraverso apposite SIM-Card oppure reti Internet al server centrale. I dati registrati sono poi resi disponibili all'utente finale attraverso appositi portali web o applicazioni. Si ha così una visione d'insieme delle informazioni raccolte dai diversi sensori meteo e del suolo. È possibile, inoltre, impostare delle soglie con appositi avvisi per essere avvertiti quando il livello dell'acqua è al di sotto di un determinato valore. Questo permette di intervenire con l'irrigazione solo nel momento in cui è necessario risparmiando sia la risorsa idrica che energetica per far funzionare l'impianto irriguo.



Figura 31 - Sonda multilivello per il monitoraggio del contenuto idrico del suolo

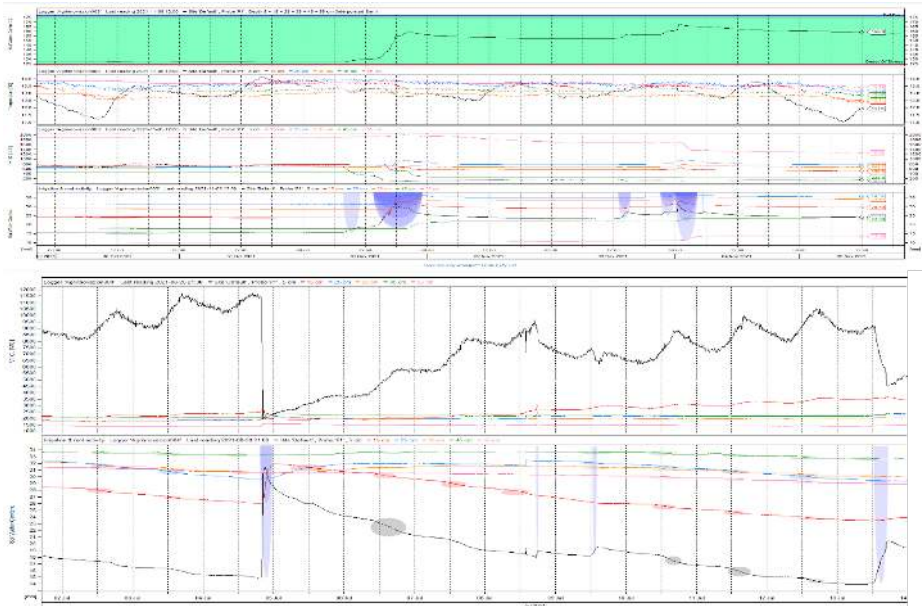


Figura 32 - Grafici dei dati registrati dai sensori installati nel suolo

3.2.5. Sistemi per irrigare in maniera sostenibile ed efficiente

I sistemi di distribuzione dell'acqua, quando l'intervento è necessario per mantenere il potenziale produttivo della coltura, possono poi contribuire ancora molto nel rendere più efficiente il consumo (più sostanza secca vegetale prodotta per unità d'acqua disponibile/fornita).

3.2.5.1. Microirrigazione

Si basano sull'utilizzo di ali gocciolanti per la distribuzione dell'acqua alle colture. Esse sono composte da una linea principale sulla quale si diramano le diverse linee per portare l'acqua nell'interfila di colture come il mais o la soia. Esse possono essere normalmente superficiali oppure interrate con apposite macchine. Quest'ultime da studi eseguiti in progetti in terreni sabbiosi del bacino scolante della laguna di Venezia hanno evidenziato un'efficienza molto elevata (che si avvicina al 100%).

3.2.5.2. Grandi macchine per l'irrigazione

Si stanno diffondendo anche in Veneto come già lo è stato per altre regioni vicine, sistemi di irrigazione ad ali articolate di grandi dimensioni. Sono macchine semoventi che possono essere di due tipologie:



Figura 33 - Microirrigazione con ali gocciolanti superficiali su mais

Pivot: sono macchine che possono raggiungere anche lunghezze notevoli. La caratteristica principale è che il sistema di irrigazione ha un fulcro centrale da dove viene erogata l'acqua e durante l'irrigazione esso ruota attorno ad esso a velocità utili ad erogare i mm di acqua definiti dall'utente.

Lineari: sono costituiti con le strutture che compongono i pivot ma la differenza è data dal percorso che seguono durante l'irrigazione. Essi si muovono in maniera parallela al canale di adduzione dell'acqua. Sono dotati di appositi ugelli in grado di erogare l'acqua simulando la pioggia. Questo conferisce alla pianta l'acqua che serve e con un'efficienza irrigua vicina al 95%.

I due sistemi sopra citati possono inoltre essere comandati attraverso mappe di prescrizione. All'interno delle quali possono essere programmati livelli di irrigazione variabile a seconda della tipologia di coltura e delle zone omogenee di suolo. Questo per efficientare al massimo l'utilizzo della risorsa idrica.

3.2.5.3. Modelli previsionali per gestire l'irrigazione

La sempre maggiore disponibilità di dati e serie storiche meteorologiche ha permesso lo sviluppo di modelli previsionali dedicati alla gestione della risorsa idrica. I modelli prendono in considerazione oltre all'andamento del meteo e le



Figura 34 - Pivot con tecnologia di gestione delle zone irrigue a rateo variabile

piogge cadute, l'epoca di semina della coltura, lo stadio fenologico di sviluppo e la quantità di acqua che evapora in un determinato periodo. Queste soluzioni offrono all'operatore finale la possibilità di simulare l'andamento dell'acqua nel suolo e identificare il momento ottimale per eseguire l'intervento irriguo e in quale quantità per ridurre al minimo lo spreco e massimizzare l'efficacia dell'irrigazione.

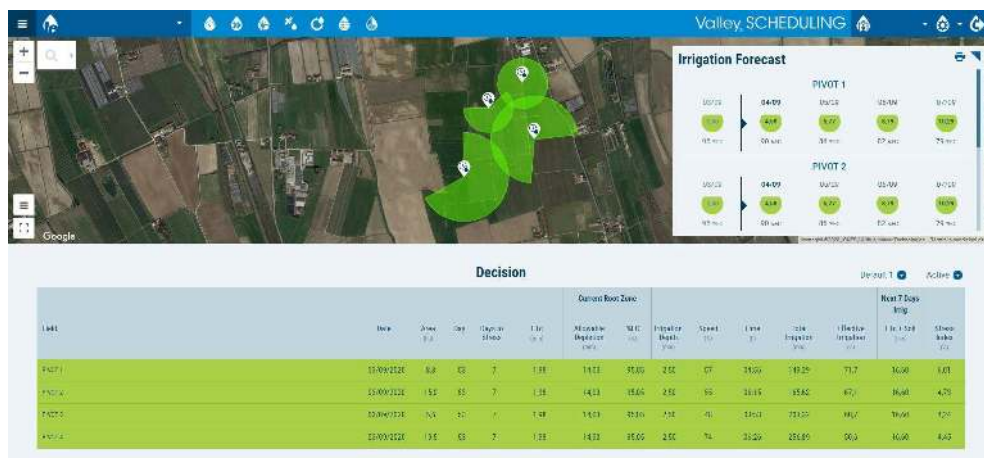


Figura 35 - Schermata principale DSS (Decision Support System) (Fonte Valley Scheduling)

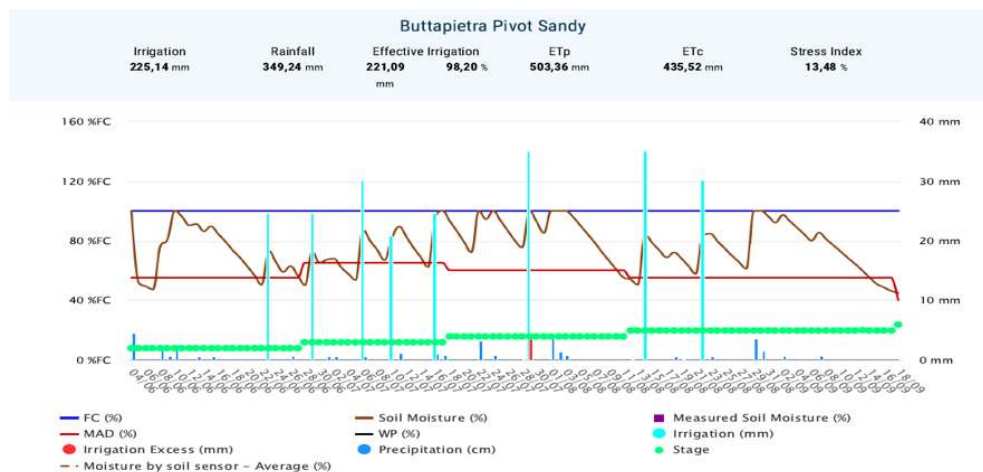


Figura 36 - Grafico andamento meteo e simulazione acqua disponibile per la coltura (Fonte Valley Scheduling)

Un' utile panoramica di quanto oggi la tecnologia possa contribuire a razionalizzare l'uso dell'acqua irrigua si può avere visitando il link

https://www.youtube.com/playlist?list=PL6OhujJ_UtsXIiL_yx52Ajyt5u1QItHWXd

relativo alle Giornate dell'irrigazione di precisione – Vallevecchia e Sasse-Rami organizzate da Veneto Agricoltura nel 2021. Le più moderne tecniche di irrigazione di precisione a supporto dei metodi di distribuzione efficienti come microirrigazione e grandi macchine semoventi che producono pioggia lenta simile alla pioggia (ad es. pivot e sistemi di irrigazione lineari) sono presentate anche con il contributo dei principali produttori di tecnologia irrigua a livello mondiale.

3.2.6. Conclusioni

In definitiva, accumulando ed infiltrando acqua nei terreni agricoli e applicando sistemi di distribuzione più efficienti sulla base delle innovazioni tecnologiche oggi disponibili (meno acqua consumata per unità di prodotto agricolo), l'agricoltura potrebbe cambiare il paradigma di fondo che regola il suo rapporto con le risorse idriche: dalla logica dell' "acqua per l'agricoltura", che porta il settore primario sul banco degli imputati, accusato di consumare oltre il 60% delle risorse idriche, si potrebbe passare alla logica dell' "agricoltura per l'acqua", che vede il settore primario in prima linea nel rivoluzionario lavoro di fare tesoro delle risorse idriche, arrivando ad ipotizzare la nuova redditizia attività della "coltivazione dell'acqua".

4. Gestione del sistema idrico dell'Alto Vicentino ed assetto istituzionale

La ricerca di un nuovo equilibrio tra “entrate e uscite” dell’ecosistema idrico vicentino è, come abbiamo visto nel capitolo precedente, un obiettivo centrale nei processi produttivi dell’agricoltura (e dei consorzi di bonifica che a questo obiettivo sono impegnati dai soci, in prevalenza appartenenti al sistema agricolo).

Non può non diventare centrale anche negli altri settori dell’economia e nel sistema delle famiglie. La diffusione di nuove tecniche di raccolta, consumo e riuso della risorsa non può che passare attraverso azioni specifiche in ogni settore del territorio, che tengano conto dei vincoli e delle risorse di processo.

L’Intesa Programmatica d’Area Alto Vicentino, che si coordina con le altre IPA che concorrono al risultato finale, poiché attingono allo stesso “serbatoio” ha deciso di avviare specifici approfondimenti su due questioni finora trascurate:

- Il bilancio idrico delle attività “non agricole” del territorio e delle famiglie (comuni)
- La governance dell’ecosistema delle risorgive, come sistema integrato (non solo idrico)

Le due questioni non sono state affatto trascurate negli anni passati, ma assumono oggi una valenza nuova, proprio a causa dei cambiamenti climatici e al fatto che il riscaldamento globale, nelle specifiche forme che sta assumendo nell’area padana e nella pedemontana veneta in particolare, impone un’attenta revisione delle policy adottate finora, sia da parte delle imprese pubbliche e delle istituzioni preposte (gestori come Viacqua, ETRA, AcegasAps, Consorzi di bacino, ARPAV, Genio Civile), sia da parte delle imprese private, delle associazioni di categoria e delle associazioni di consumatori.

L’IPA Alto Vicentino già nel 2022 ha approvato un complesso di iniziative che si propongono di colmare il gap di conoscenze e investimenti necessari per cambiare, in tempo utile, non solo i comportamenti dei soggetti istituzionali e dei singoli cittadini, ma anche e soprattutto i meccanismi di governance del sistema (Cantiere Acqua – 29 luglio 2022)

È infatti compito specifico delle IPA, come strumento di programmazione dello sviluppo locale (vedi L.R. 2/2020 e Piano di Riordino Territoriale della

Regione Veneto), avviare politiche di integrazione e coordinamento tra i vari enti che intervengono sulla risorsa idrica e che restano prigionieri di una divisione del lavoro poco efficace in termini di risultati concreti per il territorio.

Nel corso del 2023 l'IPA Alto Vicentino ha costruito un'intesa con i propri soci (soprattutto enti locali responsabili dei "Piani delle Acque" che intervengono a livello comunale) e con alcuni soggetti chiave nel territorio vicentino (Viacqua e Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta), per elaborare un progetto (sottoposto a un bando Life Governance nel settembre 2023) che, nell'arco di qualche mese, possa diventare riferimento condiviso da tutti gli operatori che a vario titolo intervengono nel sistema idrico vicentino, sia per i prelievi, che per le azioni di ricarica.

4.1. Bilancio idrico per settori (non agricoli) e linee guida

Utilizzando i dati disponibili nel modello elaborato dall'Università di Padova (Dipartimento di Ingegneria Idraulica, ICEA e TESAF) sarà presto possibile definire una tabella indicativa dei consumi e degli interventi che garantiscono l'equilibrio del sistema, sia nella componente input (ricarica), che nella componente output (risparmio e riuso).

Nei diversi settori dell'economia locale, ma anche nel segmento dei consumi delle famiglie, saranno presto disponibili parametri e indicatori di riferimento, soluzioni tecnologiche e politiche di "pricing" condivise.

CSQA (ad esempio), agenzia thienese della galassia Veneto Agricoltura, sta già applicando criteri definiti dalle normative ISO, mentre strutture di certificazione settoriale applicano già strumenti di misura della "water footprint" all'interno di comparti organizzati del sistema.

Sulla base di questi parametri sarà presto possibile aggiornare le stesse "bollette" distribuite alle famiglie e alle imprese, allo scopo di rendere trasparente il rapporto tra consumi individuali effettivi (m^3 g/pro-capite) e consumi "desiderabili" per il mantenimento del patrimonio idrico comune costituito dalle falde profonde.

Non è questa la sede per entrare nel dettaglio di cosa possano fare i singoli utilizzatori, ma, a titolo di esempio, è possibile enunciare problemi e obiettivi di contenimento dell'impronta idrica in settori a elevato consumo di acqua.

Ciascun settore produttivo, non solo l'agricoltura, potrà presto calcolare la propria impronta idrica e attivare specifici investimenti innovativi. Gli organismi

di governance del sistema saranno in grado di accompagnare gli operatori, le famiglie, i comuni, non solo a conoscere i vincoli del bilancio idrico territoriale, ma anche ad adottare nuove tecniche di costruzione degli edifici o dei processi produttivi, nuove modalità di gestione dei flussi in relazione alla configurazione dei terreni (consumo di suolo e impermeabilizzazione delle superfici).

4.2. Governance della risorsa acqua

Il tema della governance della risorsa idrica, per la sua intrinseca complessità e per la molteplicità delle implicazioni connesse con il ciclo idrico, coinvolge numerosi attori istituzionali (Boccaletti G., 2022). L'importanza e il carattere strategico della risorsa, sia per quanto concerne gli aspetti programmatori e amministrativi, che per quelli di carattere gestionale e dei servizi, chiamano in causa numerosi enti e operatori responsabilizzati ad agire in modo complementare. Il caso del territorio Alto Vicentino è per altro emblematico ed esemplificativo della complessità dell'azione di coordinamento e del quadro istituzionale italiano, che rendono la governance del "bene comune acqua" (Ostrom E., 2006), nel nuovo contesto dei cambiamenti climatici, una sfida oltremodo ambiziosa.

Il sistema attuale soffre due elementi di debolezza: da un lato la frammentazione dei livelli decisionali e la mancanza di coordinamento, dall'altra l'orientamento a modelli di governance tradizionali, che puntano tutto sul ruolo delle istituzioni pubbliche e delle azioni "obbligatorie", lasciando in secondo piano il ruolo "volontario" delle imprese e dei consumatori.

I cambiamenti ecosistemici in corso e la necessità di attuare forme diffuse e in parte "volontarie" di riduzione dell'impronta idrica e di salvaguardia del "serbatoio comune" falde, impongono un cambio di prospettiva.

In rapida sintesi ecco la lista degli agenti incaricati, a livello istituzionale, della governance del sistema idrico territoriale

Soggetto	Ruolo
Unione Europea	Direttive su qualità e quantità, pro-capite e % di utilizzo delle riserve profonde
Stato	Principi per la tutela dei corpi idrici (fiumi, i laghi, falde acquifere e strutture artificialmente create dall'uomo) e sancisce il principio del deflusso minimo ecologico per gli ecosistemi acquatici e il principio del risparmio idrico; interventi di investimento tramite i ministeri competenti.
Autorità di Bacino Distrettuale	Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, Piano di Assetto Idrogeologico, Piano di Gestione delle Acque.
Regione Veneto	Piano di Tutela delle Acque (PTA) previsto dall'art. 121 del Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, "Norme in materia ambientale", Piano delle azioni e degli interventi di mitigazione del rischio idraulico e geologico (Piano D'Alpaos)
ARPAV	Monitoraggio dello stato di salute dei corpi idrici superficiali e sotterranei.
Genio Civile	Autorizzazioni e concessioni per l'utilizzo di aree del demanio fluviale e lacuale; concessioni di derivazione d'acqua superficiale e sotterranea e di licenze annuali di attingimento; vigilanza sui corsi d'acqua
Consiglio di Bacino Bacchiglione	Controlla che i Gestori realizzino gli investimenti programmati, mantengano standard tecnici ed organizzativi adeguati ed applichino correttamente le tariffe. I gestori che attualmente vi operano sono AcegasApsAmga S.p.A., Acquevenete S.p.A. e Viacqua S.p.A.

Enti gestori del ciclo idrico Integrato

ViAcqua, AcegasAPS Amga
Hera, Acque Venete, ETRA

Manutenzione del sistema idrico integrato, definiscono interventi e investimenti in accordo con ARERA, affrontano problematiche sempre più ampie di gestione dell’ecosistema loro affidato, anche oltre la gestione dei “tubi”

Consorzi di Bonifica (ANBI)

Consorzio Alta Pianura Veneta
Consorzio di Bonifica Brenta

Piani Generali di Bonifica che vengono periodicamente aggiornati e contengono indicazioni in ordine alle priorità di intervento e alle opere da realizzare.

Bacini Imbriferi Montani

Bacino Imbrifero Montano
Bacchiglione

Opere di derivazione idroelettrica o fenomeni di dissesto idrogeologico, che non siano di competenza di altri Enti¹

Unioni Montane

Unione Montana Pasubio Piccole Dolomiti

Unione Montana Alto Astico

Unione Montana Astico

Manutenzione del territorio, con incentivi agli sfalci dei prati e alla pulizia della rete idrografica minore, finalizzati anche al miglioramento della regimazione idrica).

Comuni

GAL Montagna Vicentina

PAES, PAESC, Piani Comunali delle Acque
Piano di Sviluppo Rurale

¹ A proposito del ruolo di programmazione affidato a questa specifica istituzione montana, si vedano gli atti del convegno dedicato alla legge 959 del 1953, tenutosi a Roma il 14 dicembre 2023, su iniziativa di FederBIM

La divisione dei compiti tra questi soggetti istituzionali si materializza in “piani”, programmi e interventi normativi che restano spesso sulla carta, poiché la normativa vigente ipotizza una elevata stabilità del sistema nel lungo termine e strumenti di finanziamento certi. Non è adatta a promuovere azioni di innovazione a rischio. Per questo, a fronte degli effetti prodotti dai cambiamenti climatici, deve essere integrata da azioni volontarie di coordinamento tra gli enti preposti.

Nell’elenco delle azioni “ordinarie” la “funzione di riequilibrio del ciclo idrico” non è compresa, perché legata a logiche di intervento eccezionale, una tantum, e non di adattamento in continuo (vedi criteri di finanziamento di ARERA).

L’ipotesi che emerge, a conclusione dell’analisi sviluppata finora, è che occorra disegnare una specifica “*funzione di adattamento*” (diversa dall’intervento emergenziale temporaneo) che, pur tenendo conto degli obblighi e delle responsabilità degli enti competenti, costruisca uno spazio istituzionale adatto all’innovazione, nel quale tutti gli “appropriatori” (pubblici e privati) possano concorrere (alla pari) alla soluzione dei problemi strutturali dell’ecosistema idrico pedemontano, attraverso patti di investimento “sorvegliati” da mediatori super partes accreditati (eletti secondo regole simili a quelle delle Spettabili Reggenze dell’Altopiano o delle Magnifiche Comunità Trentine o Regole Ampezzane).

4.3. Il ruolo dell’IPA

L’IPA Alto Vicentino si inserisce nel quadro sin qui descritto con i seguenti obiettivi:

- svolgere un’ampia ricognizione iniziale dello stato dell’arte, intesa come monitoraggio e mappatura delle iniziative avviate e dei progetti in corso, sia in ambito pubblico che privato, al fine di ottimizzare l’uso delle risorse finanziarie e indirizzare in modo efficace gli interventi; in una prima fase di attività intende raccogliere e “mettere in rete” le informazioni e gli strumenti di pianificazione comunale e sovracomunale in materia di risorse idriche (piani delle acque in primo luogo);
- ottimizzare ed estendere gli esiti positivi di progetti in essere e le buone pratiche acquisite in tema di gestione delle risorse idriche, prevedendo azioni per replicare su base territoriale i risultati positivi già acquisiti; in tale prospettiva, ad esempio, i progetti Life Beware realizzato dai Comuni di Santorso e Marano Vicentino, in

partnership con Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta, Università di Padova TESAF, Veneto Agricoltura e ALDA, sul tema della gestione sostenibile delle acque meteoriche, il progetto Life+ Aquor, promosso dall'Amministrazione Provinciale di Vicenza, per la ricarica artificiale e il riequilibrio quantitativo della falda dell'alta pianura vicentina, verranno ripresi e replicati in ambito territoriale IPA;

- dialogare con gli enti preposti alla tutela della risorsa idrica, concordando ruoli e funzioni integrative da parte dei propri soci (comuni, associazioni di categoria e unioni montane), rispetto ai piani e ai programmi di azione degli enti sovraordinati;
- supportare la Regione Veneto nelle funzioni di implementazione dei programmi di sviluppo regionale (FESR, FSE, ecc.) concordati con l'Unione Europea nel periodo 2021-2027, in linea con la Strategia di Sostenibilità al 2030.

4.4. Il valore aggiunto dell'IPA Alto Vicentino

Nell'ambito della gestione delle risorse idriche, forse più che in altri campi di azione dell'IPA Alto Vicentino, appare evidente il valore di una programmazione di area vasta, sovra-comunale. Gli investimenti sulla gestione integrata delle acque possono dare al sistema pedemontano dell'Alto Vicentino un ruolo chiave nell'assetto regionale, come “riserva d'acqua” (spugna) e fattore di sicurezza idraulica per altri territori.

Gli effetti degli interventi previsti nel Documento Programmatico (consegnato alla Regione Veneto nella primavera del 2022) si ripercuotono, infatti, nell'intero bacino del Tesina/Bacchiglione, a vantaggio di altri territori, a valle delle risorgive, che hanno bisogno di acqua potabile, servizi di prevenzione delle piene (vedi progetti infrastrutturali nell'area di Torri di Quartesolo) e gestione intelligente delle acque destinate a usi irrigui, civili e industriali.

L'integrazione delle funzioni comunali (Piani delle Acque) all'interno di un unico piano territoriale, sinergico alle azioni previste a livello regionale e nei territori contigui, offre opportunità di razionalizzazione istituzionale, oltre che tecnica, che prelude ad accordi di lungo termine tra “terre alte” e “terre basse” nella corretta gestione degli investimenti su una risorsa fondamentale, nell'era dei cambiamenti climatici.

Senza trascurare gli effetti sinergici che tale piano può avere, all'interno dell'IPA stessa, ad esempio sullo sviluppo turistico, sulla costituzione di comunità energetiche rinnovabili, sull'innovazione digitale nella PPA.

Un aspetto importante già emerso nei primi mesi di vita dell'IPA è l'utilità di una "mappatura" (di grana fine) del territorio dell'Alto Vicentino, senza la quale gli interventi degli enti sovra-ordinati rischiano di non essere sufficientemente efficaci rispetto all'obiettivo della sostenibilità dello sviluppo locale.

4.5. Il metodo

Un paio di esempi rendono più chiaro, a questo punto, il ruolo e le funzioni dell'IPA come ente di coordinamento a valore aggiunto nell'Alto Vicentino.

Di fronte ai problemi del sistema idrico territoriale, ben evidenziati in altri capitoli di questo Quaderno, che dovranno essere affrontati nel periodo 2021-27, l'IPA Alto Vicentino propone i seguenti obiettivi:

- 1- Verificare lo stato di attuazione dei programmi di prevenzione delle piene, definiti a vari livelli dopo la crisi del 2010
- 2 - Verificare le linee di investimento già definite dagli enti sovraordinati per prevenire fenomeni di siccità, che il cambiamento climatico propone oggi con sempre maggiore frequenza
- 3 - Definire strumenti di interazione tra gli enti locali e le associazioni aderenti con gli enti sovraordinati (progetti di ricerca - tipo LIFE, protocolli di intesa, tavoli di concertazione)
- 4 - Definire compiti e programmi di investimento che riguardino gli enti locali e le associazioni aderenti nella propria autonomia.

In materia di investimenti sulla prevenzione delle alluvioni l'IPA ha già individuato alcuni punti critici del territorio di propria competenza, all'interno dei quali non sono ancora stati realizzati gli interventi previsti dal Piano D'Alpaos (in particolare l'invaso di Meda e alcuni interventi di prevenzione nei comuni di Piovene, Breganze/Sandrigo, l'integrazione dei piani delle acque comunali, ecc.).

In materia di investimenti di prevenzione degli eventi siccitosi l'IPA ha iniziato un lavoro di ricognizione non solo dei piani avviati dagli enti regionali come ANBI (attiva nel territorio specifico attraverso il Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta) e dai gestori del servizio idrico integrato (Viacqua in particolare), ma anche delle iniziative comunali (piani di raccolta e regimentazione delle acque

superficiali) e associative (piani di ri-permeabilizzazione dei suoli urbanizzati e raccolta selettiva delle acque piovane) che possono contribuire alla riduzione degli sprechi e soprattutto alla preservazione degli acquiferi.

L'IPA ha fatto proprio il quadro interpretativo illustrato all'inizio di questo Quaderno. Essa si impegna dunque a dialogare con le autorità competenti, da un lato, affinché adattino le linee di investimento alla specificità del territorio, e, dall'altro, si impegna a individuare linee di comportamento dei propri associati, affinché la cura dei corpi idrici diventi fonte di identità e sviluppo dell'intera comunità.

In accordo con Viacqua, Università di Padova e CSQA, a conclusione del progetto Life Svolta Blu si propone di avviare la costituzione di una "Water Serving Company" che diventi la sede istituzionale di concertazione delle politiche di "adattamento" sopra menzionate.

Facendo proprio il pensiero della Premio Nobel 2009 Elinor Ostrom, l'IPA Alto Vicentino ispira la propria azione a quella formula intermedia rappresentata dall'intesa tra "appropriatori" della risorsa comune, che lascia in secondo piano l'intervento esclusivamente pubblico o l'azione esclusivamente privata come ottimi sistemi di amministrazione.

L'esempio dell'"Agricoltura per l'Acqua" (vedi Furlan in questo Quaderno) può essere utile a specificare ruolo e modalità di azione dell'IPA.

La possibilità di accumulare acqua piovana nel serbatoio naturale delle falde (in un periodo storico caratterizzato da fenomeni estremi, come le bombe d'acqua e la prolungata carenza di precipitazioni) dipende non solo dagli interventi specializzati dei consorzi di bonifica e dei gestori del ciclo idrico integrato, ma anche dall'azione concertata delle amministrazioni locali, delle imprese e dei cittadini.

Gli enti sovraordinati non dispongono di mappe aggiornate sulla situazione del territorio, per quanto riguarda i corpi idrici secondari, le aree agricole, quelle destinate all'attività di cava, i suoli urbanizzati e i sottoservizi.

Enti locali e associazioni possono colmare questa lacuna predisponendo mappe e documenti (a grana fine) che, adeguatamente concordati con gli enti sovraordinati, possono rendere capillare e più intelligente la struttura degli interventi.

I punti di infiltrazione della falda devono ancora essere identificati sulle mappe comunali (sia quelle rivolte a ricostruire il profilo delle aree demaniali, sia quelle

dedicate alla conformazione dei terreni di proprietà). Allo stesso modo non è ancora stato individuato un sistema di incentivi che promuova la nascita di un vero e proprio “sistema di mercato” che consenta la raccolta e l’infiltrazione dell’acqua (a monte della linea di ricarica) con piena soddisfazione di tutti coloro che provvederanno agli investimenti necessari.

Proprio in questo ambito l’IPA intende svolgere la propria funzione di agenzia di sviluppo del territorio, proponendo soluzioni adatte a coinvolgere i cittadini e le imprese negli investimenti e nelle attività che loro competono, in coerenza con quanto previsto dagli enti preposti (pubblici).

A proposito della realizzazione di AFI (Aree Forestali di Infiltrazione) o di “pozzi bevitori” (nei suoli urbanizzati e nelle cave) l’IPA intende studiare sistemi di remunerazione degli investimenti che consentano ai propri soci pubblici e privati di attuare un patto virtuoso, non solo dal punto di vista ambientale e della preservazione dell’eco-sistema, ma anche dal punto di vista della sostenibilità economico-finanziaria delle iniziative.

Dal punto di vista del “metodo” l’azione dell’IPA intende dunque promuovere, d’intesa con la Regione Veneto e la Provincia di Vicenza, quelle partnership pubblico private che molti osservatori, ma anche e soprattutto l’Unione Europea, suggeriscono di mettere in campo per la governance dei beni collettivi e per una moderna concezione dell’amministrazione locale.

4.6. La partnership

L’attuazione delle misure previste nell’ambito del Cantiere “Acqua” del Documento Programmatico già citato in precedenza, per la complessità degli aspetti che implicano e per l’ampiezza delle ricadute, presuppone la costituzione di un partenariato esteso, sia tra soggetti pubblici che privati di comprovata competenza sul piano tecnico-professionale.

Nella fase di avvio del “Cantiere Acqua” sono state quindi intrattenute relazioni e istituiti tavoli di confronto con

- ViAcqua. Concertazione sui contenuti delle misure potenzialmente impattanti sul ciclo idrico, consulenza e supporto sugli aspetti tecnico-progettuali.
- Consorzi di Bonifica e altri enti deputati a intervenire sulle sorgenti e sulle risorse idriche di superficie (es. BIM, Servizi Forestali regionali, Protezione

Civile). Contenuti delle misure afferenti all'irreggimentazione delle acque superficiali e interventi in aree forestali e/o rurali;

- Veneto Agricoltura, per la valutazione ed elaborazione di contenuti ambientali sui singoli interventi.
- Unioni Montane dell'IPA, come riferimento per gli interventi di prevenzione del dissesto idrogeologico, coordinamento e gestione di azioni di sfalcio dei prati e manutenzione di aree incolte, nonché interventi nel settore del mini idroelettrico.
- Pasubio Tecnologia, per la predisposizione di un sistema di monitoraggio e mappatura delle infrastrutture idriche esistenti e in progetto;
- ASVESS, per la valutazione di sostenibilità, rispetto ai parametri di Agenda 2030, e agli obiettivi regionali definiti nella Strategia di Sostenibilità;
- Sinergeo srl, come partner scientifico (con esperienza idrogeologica del territorio), per la gestione di dati e informazioni sul ciclo idrico;
- Centro Italiano per la Riqualificazione Fluviale (CIRF), come referente scientifico in materia di rinaturalizzazione dei corsi d'acqua e tecnologie innovative di governo del ciclo dell'acqua.

Conclusioni

In base alle riflessioni compiute fino ad ora è opportuno provare a sintetizzare le indicazioni che emergono dagli esperti coinvolti nell'analisi dell'Alto Vicentino, a proposito dei rischi che il cambiamento climatico tende a produrre sull'equilibrio idrico del territorio e sulla preservazione dell'acquifero come risorsa fondamentale. È inoltre possibile ricavare alcune raccomandazioni per i soci dell'IPA e per i dirigenti delle istituzioni pubbliche e private, che sono chiamate a gestire i rischi in funzione dello sviluppo futuro. L'acqua necessaria per i diversi usi della nostra comunità c'è, ma deve essere "coltivata".

La prima indicazione degli esperti è quasi diventata un luogo comune: il primo effetto del cambiamento climatico nel nostro territorio (cambiamento inteso come aumento medio delle temperature) è la maggiore erraticità delle precipitazioni. Nell'Alto Vicentino piove tanto e continuerà a farlo, ma in modo diverso dai decenni passati. I temporali si fanno più intensi e le piogge si concentrano in alcuni periodi dell'anno, mentre le fasi di siccità tendono ad allungarsi, proprio nelle stagioni in cui la domanda d'acqua (ad esempio per l'irrigazione) è più alta.

Questo significa che la ricarica delle falde non è più garantita dai meccanismi "naturali" e deve essere organizzata.

Il sistema delle risorgive è una caratteristica peculiare del territorio Alto Vicentino e deve essere attentamente considerata, proprio perché l'erraticità delle precipitazioni, accompagnata da un sempre più elevato livello di impermeabilizzazione del suolo, tende a generare flussi idrici imponenti, nelle fasi di pioggia (le famose bombe d'acqua, che inesorabilmente corrono verso il mare, prima di essere catturate e accumulate nel serbatoio sotterraneo che è la nostra riserva storica, la nostra ricchezza).

Negli anni passati, quelli successivi all'alluvione del 2010, le istituzioni del territorio hanno fatto molto per prevenire le piene, attraverso nuovi bacini di laminazione, nei punti critici del sistema territoriale. Tuttavia, gli attuali bacini non sono disegnati per svolgere funzioni di accumulo e infiltrazione, quelle che nei prossimi anni (dovessero ripetersi situazioni come quelle del 2022) potrebbero essere fondamentali per garantire non solo l'equilibrio delle risorgive, ma anche la disponibilità di acqua per tutti gli usi richiesti, a costi contenuti.

La seconda indicazione degli esperti è dunque importante dal punto di vista operativo: i rischi indotti dal cambiamento climatico ci costringono a cambiare prospettiva; non dobbiamo solo difenderci dalla troppa acqua, dobbiamo anche imparare a coltivare la falda, per essere in grado di affrontare periodi di siccità che tendono ad essere sempre più lunghi. L'invaso, il serbatoio migliore di cui già disponiamo, è sotto i nostri piedi.

Questo comporta non solo l'organizzazione di una serie di meccanismi di ricarica "artificiale" e controllata dell'acquifero, ma anche l'avvio di una fase nella quale tutti gli utilizzatori della risorsa comune devono fare i conti con l'impronta idrica. Che la risorsa acqua dolce inizi a scarseggiare, anche in territori fortunati come l'Alto Vicentino, è un dato di fatto. La progressiva scomparsa dei nevai e del tradizionale sistema di rilascio dei flussi accumulati in quota, così come la riduzione della portata delle risorgive in pianura, costituiscono una spia di cambiamento che non possiamo più trascurare.

Negli ultimi vent'anni il territorio vicentino è stato un laboratorio unico di innovazione, non soltanto in Italia, ma anche in Europa. Numerosi sono stati i progetti (molti dei quali finanziati da bandi Life) finalizzati a sperimentare forme di coltivazione dell'acqua, sia nei terreni demaniali e montani, sia nelle aree agricole del pedemonte (nelle quali sono stati sperimentati diversi tipi di sistemi di infiltrazione, tra i quali le AFI), sia nelle zone pianeggianti un tempo utilizzate come cava di ghiaia o di argilla, sia nelle aree urbanizzate, all'interno delle quali sono stati sperimentati dispositivi di accumulo, riuso e infiltrazione dell'acqua piovana con effetti importanti dal punto di vista dell'impronta idrica "umana".

Esistono inoltre margini di intervento non solo nei torrenti e nelle zone alluvionali collocate al di sopra della linea di imbocco delle falde profonde, per rigenerare sistemi di trasferimento e di accumulo della risorsa idrica quando è abbondante, ma anche ulteriori investimenti per invasi piccoli e medi che possono costituire una risorsa superficiale complementare alle falde.

ANBI e le autorità regionali del Veneto stanno considerando un progetto di investimento su questi invasi, primo tra tutti quello di Meda, sul torrente Astico, che potrebbe rappresentare un'opportunità di sviluppo per nuove tecnologie "ibride", di regolazione dei flussi e di accumulo.

Le possibili crisi da siccità, collegate all'innalzamento delle temperature e al cambiamento dei regimi di precipitazione, possono essere affrontate nel territorio dell'Alto Vicentino con un cambio di paradigma, condiviso, e a costi contenuti, se si esce dalla logica dell'emergenza.

La terza indicazione che emerge dall'analisi degli esperti che hanno partecipato alla stesura di questo quaderno è dunque la seguente: non esiste antagonismo tra le tecnologie di accumulo superficiale (invasi) e le tecniche di ricarica artificiale delle falde profonde.

I diversi tipi di tecnologia vanno integrati, così come il ruolo e le funzioni dei tanti enti che, nel corso del tempo, sono stati costituiti per gestire singoli aspetti del ciclo idrico territoriale. Flussi e stock sono due facce della stessa medaglia e il cambiamento climatico impone di osservarle con distacco e competenza, superando antagonismi che fanno parte del passato.

Questo tipo di indicazione è fatto proprio dagli agenti territoriali che hanno deciso di collaborare, nell'ultimo (in ordine di tempo) progetto Life Svolta Blu, che si predispone a costruire nuovi sistemi di governance della risorsa comune.

Tale progetto prevede non solo un più elevato livello di coordinamento tra consorzi di bonifica, gestori del ciclo idrico, autorità d'ambito, università, centri di ricerca e certificazione, comuni e associazioni di categoria, ma anche un più elevato coinvolgimento dei cittadini, delle famiglie e delle imprese. La gestione intelligente dell'acqua nel prossimo futuro passa infatti attraverso la conoscenza e il controllo dell'impronta idrica di ciascun operatore/consumatore e una serie di interventi diffusi a basso costo e basso impatto.

La soluzione dei problemi ambientali indotti dal cambiamento climatico e la preservazione dell'ecosistema delle risorgive, passa attraverso un più elevato livello di cooperazione.

L'Intesa Programmatica d'Area Alto Vicentino, che comprende molti comuni collocati al di sopra della linea di imbocco delle falde profonde, tre unioni montane impegnate ad affrontare problemi inediti di gestione del patrimonio idrico e forestale in quota, numerose imprese agricole, industriali e artigianali interessate a raggiungere più elevati livelli di sostenibilità, intende giocare un ruolo di primo piano nello scenario futuro.

Come ente di programmazione, proprio sulla base delle indicazioni fornite dal presente Quaderno, la nostra IPA intende perseguire strategie di innovazione e investimento, come deliberato nel luglio 2022, in piena emergenza idrica, con un "cantiere acqua" che si propone di raggiungere l'equilibrio del sistema alla fine del 2027.

Può sembrare paradossale, ma un territorio riconosciuto nel mondo per la propria competenza manifatturiera, dedica il primo “cantiere” del proprio sviluppo futuro (verso il 2030) all’acqua e alle attività innovative di una nuova agricoltura. È un chiaro segno dei tempi. La sostenibilità del territorio, in larga misura assicurata in passato dalle innovazioni industriali, dipende oggi in misura crescente dalle innovazioni ambientali e sociali.

Lo spopolamento delle contrade montane e collinari, non contrastato da adeguate politiche per la montagna, tende a entrare in “coppia negativa” con le trasformazioni che investono l’ambiente urbanizzato, proprio a causa del cambiamento climatico. Per questa ragione il contesto della pianura, che è ancora oggi oggetto di importanti interventi (SPV, Superstrada Pedemontana Veneta, e Autorità Urbana Pedemontana, solo per citare i più recenti), deve dare sostegno al contesto collinare e montano, che è condizione della propria sopravvivenza.

Per assicurare il ripopolamento delle aree interne e la cura dell’ambiente è oggi indispensabile avviare nuovi processi di investimento. La siccità del 2022, l’abbassamento delle falde, i rischi di inondazione del 2024, dimostrano che è interesse delle comunità urbane della bassa pianura (terre basse) investire con determinazione e intelligenza nelle infrastrutture ambientali della montagna e della collina (terre alte).

Fin dagli anni del boom economico (quelli del miracolo italiano) i legislatori, attenti agli squilibri provocati dall’industrializzazione, hanno introdotto meccanismi automatici di aggiustamento, come i consorzi BIM (Bacini Imbriferi Montani), che intervengono a sostenere le comunità montane e gli investimenti sulle risorse idriche e forestali, grazie alla solidarietà delle “terre basse”.

Ripensare le infrastrutture ambientali e sociali è ancora oggi prioritario, e va premiato con trasferimenti automatici, soprattutto nei territori delle Prealpi della nostra regione. Nell’interesse stesso delle comunità industriali, logistiche e commerciali della pianura.

Ripartire dagli investimenti sull’acqua, dalle risorse forestali, dalla rete di mobilità e dai servizi alla residenza (banda larga inclusa) è condizione indispensabile per trovare un nuovo equilibrio tra le due componenti fondamentali del territorio pedemontano, che si compone di due eco-sistemi: l’eco-sistema “naturale” (quello della montagna e delle risorgive) e l’eco-sistema “artificiale” (quello delle città-impresa).

Il territorio dell'Alto Vicentino è in transizione verso un nuovo modello di sviluppo, che impatta sulla configurazione delle comunità locali e delle famiglie.

Un'ipotesi di adattamento possibile, consiste, e questa è la prima raccomandazione ai soci dell'IPA, nel trasformare le "terre alte" in luogo di residenza, non solo per "ospiti" esterni attirati dal paesaggio o dall'offerta turistica, ma anche e soprattutto per "tecnici e imprenditori" competenti nelle attività di "adattamento" delle colture e del bosco, "esperti" nella cura delle persone che vivono nelle contrade isolate, "pendolari" interessati a stabilirsi nelle contrade collinari per godere di uno stile di vita attivo, diverso da quello urbano, ma anche per svolgere funzioni produttive dell'acqua futura.

La presenza della SPV ha modificato sostanzialmente la gamma delle opportunità offerte a questi potenziali abitanti, così come agli eredi delle comunità storiche delle "terre alte".

Tuttavia il successo dell'adattamento dipende molto dal nuovo assetto istituzionale del territorio. E questa è la seconda raccomandazione ai soci dell'IPA e ai coordinatori delle istituzioni regionali e provinciali.

Il Piano di Riordino Territoriale fornisce gli strumenti per organizzare (programmare) nuovi investimenti e funzioni. Le IPA sono uno di questi.

Lo stimolo alla ricerca di nuove forme di aggregazione può tramutarsi in nuove forme di coordinamento tra gli enti territoriali e i rappresentanti delle amministrazioni locali.

Il "cantiere" acqua traccia la strada, così come gli altri "cantieri" in fase di allestimento sulla mobilità, l'ospitalità, la formazione e i servizi sociali. Tutti questi cantieri si muovono verso un "processo" di lungo termine, che passa attraverso nuove forme di governance del territorio e dei beni comuni.

L'attivazione di tavoli di coordinamento a livello provinciale (quello della Montagna e quello della Mobilità Attiva ad esempio) è propedeutica alla costruzione di una rete di istituzioni capaci non solo di dividersi meglio il lavoro, riducendo gli sprechi e aumentando la produttività delle imprese e delle stesse famiglie, ma anche di rafforzare l'identità del territorio, come regione competitiva del mercato comune europeo.

Con il progetto Life Svolta Blu, per la prima volta tutti gli agenti che hanno un ruolo nella gestione del sistema idrico si impegnano a costituire un sistema di

“governance” evoluto della risorsa comune, l’acquifero. Ma il loro impegno non si ferma all’azione specialistica e professionale. Continua sul fronte dell’informazione e dell’educazione civica delle imprese e delle famiglie, in direzione di un modello di sviluppo e di residenza più sostenibile.

Questo quaderno, così come le tante iniziative promosse dai gestori del sistema idrico provinciale, nell’area delle risorgive del Bacchiglione, costituiscono un contributo al cambiamento culturale e delle abitudini dei singoli cittadini, senza i quali un modello di sviluppo sostenibile non è neppure immaginabile, in democrazia.

Acronimi e Glossario

Acronimi

AFI	Area Forestale di Infiltrazione
ANBI	Associazione Nazionale Bonifiche Irrigazioni Miglioramenti Fondiari
ARERA	Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente
ASR	Aquifer Storage and Recovery
ASTR	Aquifer Storage Transfer and Recovery
ASVSS	Associazione Veneta per lo Sviluppo Sostenibile, aderente ad ASVIS (Alleanza Italiana per lo Sviluppo Sostenibile)
CIRF	Centro Italiano per la Riqualificazione Fluviale
CMCC	Centro euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici
DE	Deflusso Ecologico
DMV	Deflusso Minimo Vitale
FDR	Frequency Domain Reflectometers
GDE	Groundwater Dependent Ecosystem
IGRAC	International Groundwater Resources Centre
IPA	Intesa Programmatica d'Area
LIFE	L'Instrument Financier pour l'Environnement
MAB	Man and the Biosphere (Uomo e biosfera)
MAR	Managed Aquifer Recharge
MIR	Monitored and Intentional Recharge
SPV	Superstrada Pedemontana Veneta
TESAF	Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali (Università di Padova)
TRD	Time Domain Reflectometers

Glossario

Acquifero: una formazione geologica capace di contenere nella sua porosità quantità apprezzabili d'acqua e di permetterne la circolazione sotterranea.

Agricoltura di precisione: tecniche di coltivazione basate sull'utilizzo di moderne tecnologie per ottimizzare l'apporto di fattori produttivi variandolo secondo le necessità (fare la cosa giusta, nel posto giusto nel momento giusto).

Area forestale di infiltrazione: superficie boscata messa a dimora e coltivata per favorire l'immissione di acqua superficiale nel sottosuolo per la ricarica delle falde

Certificazione B corp: standard riconosciuto da una terza parte che richiede alle aziende di rispettare elevate performance di sostenibilità sociale e ambientale.

Clogging: ostruzione delle porosità nei suoli attraverso cui avviene la percolazione delle acque, dovuta al deposito/accumulo di sedimenti e residui organici.

Crisi climatica: crisi ecologica, politica e sociale legata al surriscaldamento globale causato dall'attività umana.

Deflusso ecologico: rappresenta un'evoluzione del Deflusso Minimo Vitale (DMV): con esso si passa dal garantire una portata istantanea minima al garantire un regime idrologico per il raggiungimento degli obiettivi ambientali indicati dalla Direttiva Comunitaria Quadro in materia di Acque n. 2000/60/CE così come definito dalla Direttiva Deflussi Ecologici.

DSS (Decision Support System): Sistema di supporto alle decisioni, costituito da una specifica applicazione o portale web in grado di guidare l'agricoltore o il tecnico aziendale nella scelta delle più appropriate pratiche agronomiche (in termini quantitativi, qualitativi e di tempistica): ad esempio quantità, tipo e momento di applicazione di fertilizzanti, fitofarmaci o acqua irrigua.

Fontanile: risorgenza di pianura influenzata dall'azione antropica, ad esempio tramite infissione di pozzi battuti nel terreno, che sfruttano i caratteri di pressione della falda per favorire o potenziare una emergenza naturale.

Georesistivimetri o sensori geoelettrici: moderni sensori che misurano la resistività o la conducibilità elettrica apparente del terreno; sono utilizzati per mappare la variabilità dei terreni.

Impresa benefit: società che integra nel proprio oggetto sociale, oltre agli obiettivi di profitto, lo scopo di avere un impatto positivo sulla società e sulla biosfera.

Impronta idrica: indicatore ambientale che misura il volume di acqua dolce consumata (in maniera diretta e indiretta) per produrre i beni e i servizi utilizzati da un individuo, una comunità, un'organizzazione, un'impresa.

Mappe di produzione: mappe digitali ottenute con moderne mietitrebbie o trinciacaricatrici in grado di rappresentare spazialmente la variabilità produttiva di un appezzamento.

Ondata di calore: in meteorologia, è un periodo di tempo atmosferico durante il quale la temperatura è insolitamente elevata rispetto alle temperature medie usualmente sperimentate in una data regione, in quel periodo e con caratteristiche di persistenza.

Pozzo bevitore: pozzo con fondo e pareti permeabili in cui viene immessa artificialmente dell'acqua al fine di ricaricare un acquifero profondo

Progetto Life: progetto finanziato dal Programma europeo Life, creato nel 1992 per proteggere l'ambiente

Risorgiva: emersione in superficie di acqua sotterranea, di genesi naturale, legata ad una variazione composizionale del sottosuolo, che determina il contatto tra sedimenti alluvionali a differenti permeabilità

Siccità: evento di carenza prolungata dell'approvvigionamento idrico, che sia atmosferico (precipitazioni sotto la media), di acque superficiali o sotterranee.

Tecniche MAR: vasta gamma di tecniche a supporto della gestione attiva delle risorse idriche basate sulla ricarica artificiale delle falde acquifere.

Trasformazione pluvirrigua: modifica delle tecniche di irrigazione su vaste aree finalizzata ad aumentare l'efficienza nell'uso delle risorse idriche.

Bibliografia

AA.VV. (2019) Conservation Agriculture: eight years of experiences in Veneto Region. Veneto Agricoltura, Legnaro, Pag. 104, <https://www.venetoagricoltura.org/2020/04/editoria/conservation-agriculture-8-years-of-experiences-in-veneto-region/>, ISBN code 978-88-6337-209-0

ALLEY, W.M. AND S.A. LEAKE (2004) - The journey from safe yield to sustainability. Ground Water, volume 42, issue 1, pages 12-16, doi: 10.1111/j.1745-6584.2004.tb02446.x

ALTISSIMO L., ARCA F., DAL PRÀ A., FERRONATO A., FUMAGALLI F., MARANGONI L., MUSSATO A., ZANGHERI P. (1995) – Processi di inquinamento chimico-industriale delle acque sotterranee nella media ed alta pianura veneta”. Mem. Sc. Geol., 47, pp. 7-29

ANTONELLI R., DAL PRA' A. (1980) – Carta dei deflussi freatici dell'alta pianura veneta con note illustrative. Quad. Ist. Ric. sulle acque, LI (7), pp. 185-197, 2 figg., 3 tabb., 2 carte idrogeol., Roma.

ANTONELLI R., DAL PRA' A. (1986) – Alcune analisi e correlazioni sul regime della falda freatica nell'alta pianura veneta. Studi idrogeologici sulla Pianura Padana, 2, 22 pp. CLEUP Milano.

APRAV (2008) – Le acque sotterranee della pianura veneta. I risultati del progetto SAMPAS

ARPAV (2021) – Stato delle Acque Superficiali del Veneto

ARSHAD M., QURESHI M.E., JAKEMAN A.J. (2013) – Cost-benefit analysis of farm water storage: Surface Storage versus Managed Aquifer Storage. 20th International Congress on Modelling and Simulation, Adelaide, Australia, 1-6 December 2013 (disponibile in: www.mssanz.org.au/modsim2013).

AURIGHI M., VITTURI A., ZANGHERI P. (2006) – Le reti di monitoraggio delle acque sotterranee della Regione Veneto. Convegno nazionale “Le risorse idriche sotterranee: conoscerle per proteggerle, Quarta sessione “Le reti di monitoraggio”, pp. 200-208.

BARUFFI F., NICEFORO U. (2011) – Acqua in cassaforte. Una sperimentazione sulla ricarica artificiale della falda nel bacino del Brenta. Trust Life Plus. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione

BERTOLDO S., BUSONI S., PEDRON R., SOTTANI A. (2013) – Large diameter shallow wells in unconfined aquifer recharge: a new MAR integrated project in the province of Treviso (Northern Italy). 8th International Symposium on Managed Aquifer Recharge (ISMAR8) Beijing, P.R. China, October 15-19, 2013

BOCCALETTI G. (2022) Acqua. Una biografia, Mondadori

BULLO P., DAL PRÀ A. (1992) – Lo sfruttamento ad uso acquedottistico delle acque sotterranee dell'alta pianura alluvionale veneta. Geologica Romana, vol. XXX, pp. 403-410, “Atti II Conv. Naz. Giovani Ricercatori in Geol. Appl”. Viterbo 28-31 ottobre 1992.

C.N.R - DAZZI R., GATTO G., MOZZI G., ZAMBON G., GOVI M. RUSCONI A., CONCHETTO E., MATTICCHIO B., DE GIROLAMO R., BALDIN G (2000) – Salvaguardia del patrimonio idrico sotterraneo del Veneto: cause del depauperamento in atto e provvedimenti urgenti da adottare. CNR, Pubbl. 2063. 2000, Venezia

CAMAROTTO C., DAL FERRO N., PICCOLI I., POLESE R., FURLAN L., CHIARINI F., MORARI F., (2018) Conservation agriculture and cover crop practices to regulate water, carbon and nitrogen cycles in the low-lying Venetian plain.

CAMAROTTO C., DAL FERRO N., PICCOLI I., POLESE R., FURLAN L., CHIARINI F., MORARI F., (2020) Have we reached the turning point? Looking for evidence of SOC increase under conservation agriculture and cover crop practices. *Eur J Soil Sci.* 2020; 1– 14, <https://doi.org/10.1111/ejss.12953>

CAMPAGNOLO F., ALTISSIMO L., BERTOLDO S., GUSMAROLI G., MURARO T., SOTTANI A. (2014) – Esperienze di MAR con sistemi disperdenti a largo diametro: primo bilancio di attività sperimentali nell’alta pianura vicentina (Italia Settentrionale). *Acque Sotterranee - Italian Journal of Groundwater* (2014) - AS10042: 031 – 039

CANAVARI P. (1928) – Manuale di Geologia Tecnica con speciale riguardo alle applicazioni per l’ingegneria. Arti Grafiche Nistra, Pisa.

CHIESA G. (1992) – La ricarica artificiale delle falde. Geo Graph Ed., Segrate (MI)

CILLIS D., PEZZUOLO A., MARINELLO F., BASSO B., COLONNA N., FURLAN L., SARTORI L., (2017) Conservative Precision Agriculture: an assessment of technical feasibility and energy efficiency within the LIFE+ AGRICARE project. *Adv. Anim. Biosci.* 8, 439–443. <https://www.cambridge.org/core/journals/advances-in-animal-biosciences/article/conservative-precision-agriculture-an-assessment-of-technical-feasibility-and-energy-efficiency-within-the-life-agricare-project/2D978145699414CC1DDBC0D122E30E45>

CONSORZIO DI BONIFICA PEDEMONTANO BRENTA (1994) – Studi per la salvaguardia del patrimonio idrico sotterraneo del Bacino del Brenta: la ricarica artificiale della falda nel territorio consortile. Inedito.

CONSORZIO DI BONIFICA SINISTRA MEDIO BRENTA (1997) – Censimento delle risorgive.

CONSORZIO DI BONIFICA SINISTRA MEDIO BRENTA (1997) – Domanda di concessione per l’utilizzo a scopo irriguo di acque di falda nei comuni di Cittadella, Galliera Veneta, Tombolo, San Martino di Lupari e Castelfranco Veneto. Inedito.

CONSORZIO DI BONIFICA PEDEMONTANO BRENTA (2004) – Le risorgive: un patrimonio da salvare... se siamo ancora in tempo.

DA DEPPO L., DATEI C. (2003) – Una nota sul rapporto tra costi e invasi in materia di dighe, rivista L’acqua, n° 3, 2003

DA DEPPO L., DATEI C., SALANDIN P. (2022) – Sistemazione dei corsi d’acqua, X edizione, 2022

DAL PRÀ A. (2003) – Le acque sotterranee della pianura veneta e la progressiva diminuzione delle risorse idriche. Atti del Convegno – Bassano 18 Giugno 2003

DAL PRA' A. (1983) – Carta idrogeologica dell'alta pianura veneta. Ist. Geol. Univ. Padova.

DAL PRA' A., ANTONELLI R., (1980) – Restituzione freatica ai fontanili nell'alta pianura veneta tra il fiume Piave e i monti Lessini. Quad. Ist. Ric. sulle acque, LI (1), Roma.

DAL PRÀ A., BELLATI R., (1977) – Distribuzione dei materiali limoso-argillosi nel sottosuolo della pianura veneta, Quaderni dell'Istituto di Ricerca sulle Acque, 34/4.

DAL PRÀ A., BELLATI R., COSTACURTA R., SBETTEGA G., (1976) – Distribuzione delle ghiaie nel sottosuolo della pianura veneta, Quaderni dell'Istituto di Ricerca sulle Acque, 28/12.

DAL PRÀ A., MARTIGNANO G., NICEFORO U., TAMARO M., VIELMO A., ZANNIN A. (1996) – Il contributo delle acque irrigue alla ricarica delle falde nella pianura alluvionale tra Brenta e Piave. L'acqua n. 4/1996, pp.43-48.

DAL PRÀ A., MEZZALIRA G., NICEFORO U. (2010). Esperienze di ricarica della falda con aree forestali di infiltrazione, Riv. L'acqua, n° 2.

DAL PRÀ A., VERONESE F. (1972) – Caratteristiche degli acquiferi nell'alta pianura alluvionale del Brenta e loro rapporti con il corso d'acqua. Ist. Ven. Ss. Ll. Aa. Rapporti Comitato. Studi difesa Venezia. Vol 5.

DAL PRÀ A., VERONESE F. (1974) – Considerazioni sulle possibilità di alimentazione artificiale della falda freatica nelle conoidi alluvionali del Brenta. Atti "SEP/Pollution 74", pp. 1-13. Padova.

DAZZI R., GATTO G., MOZZI G., ZAMBON G., CONCHETTO E., FUMAGALLI F., BIZZOTTO A., FERRARO C., ARGOLINI A., FERRONATO A., SIVIERO G., TIEPPO P., VAZZOLER P. (1962) – Qualità delle acque sotterranee nella conoide alluvionale del Brenta (Media e Alta Pianura Veneta). Tendenze evolutive. CNR Pubbl. 1962. 1999, Venezia.

DE CARLI A., MURACHELLI A., GUSMAROLI G., ZAMPIERI G. (2015) – Ricarica degli acquiferi in condizioni controllate. Valutazioni economiche. Energie&Ambiente Oggi.

DILLON, P., P. PAVELIC, D. PAGE, H. BERINGEN, AND J. WARD, (2009) - Managed aquifer recharge: An introduction. Waterlines Report Series number 13, February 2009, National Water Commission, Canberra, Australia, https://recharge.iah.org/files/2016/11/MAR_Intro-Waterlines-2009.pdf

DILLON, P., M. ARSHAD (2016) - Managed aquifer recharge in integrated water resource management in Integrated Groundwater Management: Concepts, Approaches and Challenges, editors A.J. Jakeman, Barreteau, Hunt, Rinaudo, and Ross, Springer, Switzerland, pages 435-452, doi: 10.1007/978-3-319-23576-9_17

DILLON, P., P. STUYFZAND, T. GRISCHEK, M. LLURIA, R.D.G. PYNE, R.C. JAIN, J. BEAR, ET AL., (2019) - Sixty years of global progress in managed aquifer recharge. Hydrogeology Journal, volume 27, issue 1, pages 1-30, doi: 10.1007/s10040-018-1841-z

- DILLON P., FERNANDEZ ESCALANTE E., MEGDAL S. B., MASSMANN G. (2021) – Managed Aquifer Recharge for Water Resilience. *Water* (ISSN 2073-4441) (disponibile in: www.mdpi.com/journal/water).
- DILLON, P., W. ALLEY, Y. ZHENG, AND J. VANDERZALM (editors) (2022) – Managed Aquifer Recharge: Overview and Governance. IAH Special Publication. <https://recharge.iah.org/> ISBN 978-1-3999-2814-4
- DUCCI D., RUSI S., ALBERTI L., CERUTTI P., FABBRI P., GARGINI A., LA VIGNA F., MASETTI M., PETITTA M., PISCOPO V., POLEMIO M., SOTTANI A., RE V., VALIGI D. (2017) – Aquifers: the natural response to the water supply emergency. *Acque Sotterranee - Italian Journal of Groundwater*, 6(4). <https://doi.org/10.7343/as-2017-285>
- FERNÁNDEZ ESCALANTE E., HENAO CASAS J. D., VIDAL MEDEIROS A. M., SAN SEBASTIÁN SAUTO J. (2020) – Regulations and guidelines on water quality requirements for Managed Aquifer Recharge. International comparison. *Acque Sotterranee - Italian Journal of Groundwater*, 9(2). <https://doi.org/10.7343/as-2020-462>
- FERNÁNDEZ ESCALANTE E., HENAO CASAS J.D., SAN SEBASTIÁN SAUTO J., CALERO GIL R. (2022) – Monitored and Intentional Recharge (MIR): A Model for Managed Aquifer Recharge (MAR) Guideline and Regulation Formulation. *Water* 2022, 14, 3405. <https://doi.org/10.3390/w14213405>
- FRYCKLUND C. (1992) – Artificial Groundwater Recharge: state of the art. VAFORSK, report 1992-04.
- GALASSI DIANA M.P., STOCH F., FIASCA B., PIERMAROCCHI A., DI LORENZO T. (2014) – Ecosistemi dipendenti dalle acque sotterranee: biodiversità, funzioni ecosistemiche ed effetto dei cambiamenti climatici. *Biologia Ambientale*, 28 (2): 93-100, 2014.
- FURLAN L et al., (2015) The life+ project WSTORE2 (Life11 env/it/035): reconciling agriculture with environment through a new water governance in coastal and saline areas, Technical Document. Veneto Agricoltura, Legnaro doi: http://www.wstore2.eu/uploads/1/9/7/0/19705667/il_progetto_wstore2_-_documentazione_tecnica.pdf
- FURLAN L., CONTE M., MISTURINI D., DANUSO F., (2020) The three year-after life of the project LIFE WSTORE2. Proceeding of the Final Conference of LIFE AGROWETLANDS II, 18 June 2020, 30-37, ISBN 9788854970274 - DOI 10.6092/unibo/amsacta/6448 - CC BY-NC 4.0
- FURLAN L., SPOLON S., CHIARINI F., BARBIERI S., MORARI F., PICCOLI I., CAMAROTTO C., LAZZARO B., MARTINI I., SARTORI L., LODDO D., (2021). Agricoltura conservativa, vantaggi agronomici e criticità, *L'Informatore Agrario*, 19, 34-38
- GUSMAROLI G., MURARO T. (2014) – Gestione della risorsa idrica: il progetto Life Aquor verso una strategia di riequilibrio quantitativo delle acque sotterranee dell'alta pianura vicentina attraverso la ricarica delle falde e il risparmio idrico. *Acque Sotterranee* 3/137, settembre 2014
- HENAO CASAS J.D., FERNÁNDEZ ESCALANTE E., CALERO GIL R., AYUGA F. (2022)

– Managed Aquifer Recharge as a Low-Regret Measure for Climate Change Adaptation: Insights from Los Arenales, Spain. *Water* 2022, 14, 3703. <https://doi.org/10.3390/w14223703>

ISTAT (2019) – Utilizzo e qualità della risorsa idrica in Italia. Ed. Istituto nazionale di statistica, pp. 104, Roma.

JAKEMAN A.J., BARRETEAU O., HUNT RANDALL J., RINAUDO J.D., ROSS A. (2016) – Integrated Groundwater Management Concepts, Approaches and Challenges, <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-23576-9.pdf>

KLØVE BJØRN, ALA-AHO PERTTI, BERTRAND GUILLAUME, BOUKALOVA ZUZANA, ERTÜRK ALI, GOLDSCHIEDER NICO, ILMONEN JARI, KARAKAYA NUSRET, KUPFERSBERGER HANS, KVÆRNER JENS, LUNDBERG ANGELA, MILEUSNIĆ MARTA, MOSZCZYNSKA AGNIESZKA, MUOTKA TIMO, PEDA ELENA, ROSSI PEKKA, SIERGIEIEV DMYTRO, ŠIMEK JOSEF, WACHNIEW PRZEMYSŁAW, ANGHE-LUTA VADINEANU, WIDERLUND ANDERS (2011) – Groundwater dependent ecosystems. Part I: Hydroecological status and trends, *Environmental Science & Policy*, Volume 14, Issue 7, 2011, Pages 770-781, ISSN 1462-9011, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2011.04.002>.

KLØVE BJØRN, ALLAN ANDREW, BERTRAND GUILLAUME, DRUZYNSKA ELZBIETA, ERTÜRK ALI, GOLDSCHIEDER NICO, HENRY SARAH, KARAKAYA NUSRET, P. KARJALAINEN TIMO, KOUNDOURI PHOEBE, KUPFERSBERGER HANS, KVÆRNER JENS, LUNDBERG ANGELA, MUOTKA TIMO, PEDA ELENA, PULIDO-VELAZQUEZ MANUEL, SCHIPPER PETER (2011) – Groundwater dependent ecosystems. Part II. Ecosystem services and management in Europe under risk of climate change and land use intensification, *Environmental Science & Policy*, Volume 14, Issue 7, 2011, Pages 782-793, ISSN 1462-9011, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2011.04.005>.

LIFE+ AQUOR: Implementazione di una strategia partecipata di risparmio idrico e ricarica artificiale per il riequilibrio quantitativo della falda dell'alta pianura vicentina. Provincia di Vicenza, 2011-2015. LIFE 2010 ENV/IT/380

LIFE BEWARE: Verso una migliore gestione delle acque per promuovere le comunità resilienti in Europa. Comune di Santorso, 2018-2022. LIFE17 GIC / IT / 000091

MARTINEZ L. (2012), Il governo delle risorse idriche tra competenze statali e territoriali, in *Rassegna Avvocatura dello Stato*, Anno LXIV, n. 3 luglio – settembre 2012, p. 258 e ss.

(http://www.avvocaturastato.it/files//file/rassegna-stampa/2012/rassegna_avvocatura_2012_luglio_settembre.pdf)

MAZZOLA M., DAL PRA' A., NICEFORO U. (1998) – Misure sperimentali sulla dispersione delle acque irrigue alle falde nell'alta pianura del Brenta. *Riv. Di Irr. E Dren.* n 45,3 pp. 13-18.

MEGGIORIN M., PASSADORE G., BERTOLDO S., SOTTANI A., RINALDO A. (2021) – Assessing the long-term sustainability of the groundwater resources in the Bacchiglione basin (Veneto, Italy) with the Mann–Kendall test: suggestions for higher reliability. *Italian Journal of Groundwater – AS36* – 499: 35 – 48, DOI: 10.7343/as-2021-499.

MEZZALIRA G. (2007). Alberi ed infiltrazione dell'acqua, il progetto "Democrito". *Alberi e Territorio*, n. 10/11

MEZZALIRA G., NICEFORO U., GUSMAROLI G. (2014) Forested infiltration areas (FIA); principles, experiences, perspectives. *Acque Sotterranee - Italian Journal of Groundwater* (2014) - AS10049: 055 – 060.

MINASNY B., MCBRATNEY A.B., (2017), Limited effect of organic matter on soil available water capacity:<https://water.unl.edu/article/animal-manure-management/connection-between-soil-organic-matter-and-soil-water#:~:text=One%20benefit%20of%20increasing%20soil,depend%20on%20soil%20texture%2C%20though;https://doi.org/10.1111/ejss.12475>

MINELLI A., BRACCO F., LAPINI L., MUSCIO G., PARADISI S., SBURLINO G., SOLARI M., STOCH F. (2002) – Risorgive e fontanili. *Acque sorgenti di pianura dell'Italia Settentrionale. Quaderni Habitat. Ministero dell'ambiente e della tutela del Territorio, Museo Friulano di Storia Naturale, Udine.*

MISTURINI D., (2020), Precision farming. Strumenti e tecnologie per un'agricoltura evoluta, Edagricole.

MORARI F., DAL FERRO N., CAMAROTTO C., PICCOLI I., BERTI A., BIANCHI S., BIN O., BOLDRIN M., BORTOLI E., FANTINATO L., FURLAN L., CHIARINI F., GIANDON P., LAZZARO B., SCARABELLO A., TRETENERO A., (2019) Come contrastare nei suoli la perdita di sostanza organica. *L'Informatore Agrario*, 6, 60-62

NICEFORO U. – Le risorgive e l'acqua del Fiume Brenta. Padova città tra pietre e acque, pp. 412-414

NICEFORO U., RIONDINO A. (2009) – Dopo il Vajont un'ipotesi di nuova diga? Il serbatoio del Vanoi, rivista "X Savii sopra le X", n° 10, 2009

OSTROM E. (2006), *Governare i beni comuni*, Marsilio

PASSADORE G., A. SOTTANI, L. ALTISSIMO, M. PUTTI & A. RINALDO (2014). Casse di espansione nei territori della pianura Veneta: impatti sugli assetti piezometrici. XXXIV Convegno nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Bari, 8-10 settembre 2014

PASSADORE G., MONEGO M., ALTISSIMO L., SOTTANI A., PUTTI M., RINALDO A. (2012) - Alternative conceptual models and the robustness of groundwater management scenarios in the multi-aquifer system of the Central Veneto Basin, Italy, *Hydrogeology Journal*, DOI 10.1007/s10040-011-0818-y

PASTI C., MONTAGNER O., FURLAN L., (1995) Giudizio positivo sulle acque di scolo agricole. *L' Informatore Agrario*, 19, 37-46

PILLI A., SAPIGNI M., ZUPPI G.M. (2012) – Karstic and alluvial aquifers: a conceptual model for the plain – Prealps system (northeastern Italy). *Journal of Hydrology* 464–465 (2012) 94–106

PROVINCIA DI VICENZA. AQUOR LIFE+10/ENV/IT/000380. Implementazione di una

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

PYNE, R.D.G. (2005) - *Aquifer Storage Recovery: A Guide to Groundwater Recharge Through Wells*, second edition, ASR Systems LLC, Gainesville, Florida.

RAUNE EBERHARD, SUMAYA ISRAEL (2021) – *Managed Aquifer Recharge: Southern Africa. The Groundwater Project*, Guelph, Ontario, Canada.

REGIONE DEL VENETO, AREA TUTELA E SICUREZZA DEL TERRITORIO – DIREZIONE DIFESA DEL SUOLO (2001) – *Realizzazione di un bacino di invaso sul torrente Astico (bacino di Meda) nel Comune di Velo d'Astico - Progetto di fattibilità tecnico – economica*, 2021

RINALDO A., ALTISSIMO L., MARANI M., MONEGO M., PASSADORE G., SARTORI M., SOTTANI A. (2004-2007) – *Bacino del Bacchiglione: studi e ricerche idrogeologiche finalizzati alla messa a punto di modelli matematici per la tutela e la gestione delle risorse idriche sotterranee. PROGETTO «FALDE» AATO Bacchiglione, Provincia di Vicenza, Centro Internazionale di Idrologia Dino Tonini – Università degli Studi di Padova*

RINALDO A., ALTISSIMO L., PUTTI M., PASSADORE G., MONEGO M., SOTTANI A. (2010) – *Modello matematico di flusso nei sistemi acquiferi dei territori dell'Autorità d'Ambito Territoriale Ottimale A.T.O. Brenta – Relazione Finale. Centro Internazionale di Idrologia Dino Tonini – Università degli Studi di Padova*

RINALDO A., PASSADORE G. (2021) – *Modelli matematici per la tutela e la gestione delle risorse idriche sotterranee nell'ambito del territorio del Consiglio di Bacino Bacchiglione*

ROSSI M., DONNINI M., BEDDINI G. (2022). *Nationwide groundwater recharge evaluation for a sustainable water withdrawal over Italy. Journal of Hydrology: Regional Studies* 43 (2022) 101172

SCHNEIDER S.C. (1976) *The Genesis Strategy. Climate and Global Survival*, Plenum Press – Tradotto e pubblicato in italiano con il titolo “*La strategia della Genesi*”, Mondadori, 1977

SINERCEO (2014) - *Censimento delle risorgive in Provincia di Vicenza, aggiornamento 2014. Azione di monitoraggio D4 del progetto LIFE AQUOR (LIFE10/ENV/IT/000380). Acque Vicentine, Provincia di Vicenza. Interim report.*

SNPA, 2021a (2021) – *Rapporto sugli indicatori di impatto dei cambiamenti climatici*, 21/2021.

SNPA, 2021b (2021) – *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*, report 22/2021.

SOTTANI, A., MERLIN, A., CERUTTI, P. (2022) – *The renewability of the groundwater resource in clean-up interventions: legal assumptions and technical implications of environmental sustainability. Acque Sotterranee - Italian Journal of Groundwater*, 10(4), 47–54. <https://doi.org/10.7343/as-2021-540>

SOTTANI, N., PRETTO L., VIERO C., MARCOLOGNO B. (1982) – Gli acquiferi nella pianura a nord di Vicenza. AIM, CNR, Vicenza – Roma.

TOSI L., RIZZETTO F., BONARDI M., DONNICI S., SERANDREI-BARBERO R., TOFFOLETTO F. (2007) – Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000: Foglio 128 Venezia

UNESCO - ZHENG Y., ROSS A., VILLHOLTH K.G., DILLON P. (editors) (2021). Managing Aquifer Recharge: A Showcase for Resilience and Sustainability. Paris, UNESCO.

UNESCO (2022) – Groundwater: Making the invisible visible. The United Nations World Water Development Report 2022. Paris.

VENETO AGRICOLTURA (2012). Le aree forestali di infiltrazione.

VENETO AGRICOLTURA, PROVINCIA DI VICENZA (2013) – Tecniche dimostrative di ricarica artificiale di ricarica artificiale per il riequilibrio quantitativo della falda dell'alta pianura vicentina

XANKE, J., LIESCH, T. (2022). Quantification and possible causes of declining groundwater resources in the Euro-Mediterranean region from 2003 to 2020. Hydrogeology Journal 30, 379–400 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10040-021-02448-3>

ZANGHERI P., MODENA P., BASSO B. (2005) – Tutela e valorizzazione delle risorgive della Provincia di Vicenza.

€ 10,00



9 788832 263831



FONDAZIONE PALAZZO FESTARI