

L'acqua dei bolognesi

Giovanni Viel¹, Samuel Sangiorgi¹ e Giacomo Zaccanti¹

(¹) Geologo - Libero Professionista

Premessa: la risorsa essenziale

"In base ai principi comuni della domanda e dell'offerta nulla può essere dato per l'uso dell'aria e dell'acqua o di quale altro dono della natura, di cui esiste una quantità illimitata" (D. Ricardo, 1817)¹.

Due secoli fa l'acqua appariva come un dono naturale illimitato. A tutti, oggi, è evidente la <limitatezza> dell'acqua, il suo valore strategico per i costi aggiuntivi necessari alla sua depurazione, per lo scadimento della qualità di fiumi, falde, laghi, per la competizione che si accende immediatamente in occasione anche di brevi periodi siccitosi, per l'alto livello di qualificazione e complessità necessario per il "governo" delle acque.

Amministrare l'acqua richiede la capacità di costruire e gestire modelli complessi, che devono rappresentare non solo la sfera dei processi fisici e biologici, ma anche quella sociale, economica, politica.

In questo senso, la recente scelta di privatizzazione della gestione idrica può condurre ad una più efficiente razionalizzazione locale del ciclo "artificiale" dell'acqua (investimenti strutturali, anche relativi alle perdite di rete ed alla depurazione, ed a nuovi approvvigionamenti), ma difficilmente potrà: avviare ed incentivare azioni di risparmio idrico (sarebbe la negazione dello scopo costitutivo delle società di gestione, che è appunto quello di vendere acqua); investire per la riutilizzo "a caduta" della stessa acqua in funzione delle sue utilizzazioni; migliorare le condizioni di tutela, se tutelare vuol dire, prelevare meno, e conservare riserve strategiche della risorsa pubblica.

Anche quest'anno si è potuto assistere, fortunatamente solo per breve tempo, all'antagonismo tra grandi categorie di consumatori provocato dalla scarsità d'acqua di superficie: rivendicazioni di priorità di prelievo e consumo tra produttori agricoli, di energia, di manufatti idroesigenti, di operatori turistici. Per il terzo anno consecutivo, la risposta alla siccità, ed al conseguente contenzioso sociale, si è limitata alla "programmazione" di im-

provvisati rilasci forzati dai grandi invasi artificiali delle Alpi. Ad oggi, l'unica politica di sistema appare la realizzazione e collaudo di nuovi invasi (1.850 milioni di mc, alla metà degli anni novanta), con una netta inversione di tendenza della loro destinazione, rispetto al passato: circa il 70% per approvvigionamento agli usi agricoli e civili, il 20% per usi multipli, e solo il 10% per il potenziamento delle disponibilità idroelettriche.

Una soluzione consapevole dei limiti fisici della risorsa, invece, dovrebbe prevedere un'attenta pianificazione degli approvvigionamenti, delle riserve e delle utilizzazioni, nella razionalizzazione delle attività idroesigenti (agricole ed industriali), nell'avvio di politiche ed incentivi per il risparmio e per la differenziazione della destinazione dell'acqua in base al rapporto qualità - tipo di consumo.

Alla scala dei singoli utilizzatori la risposta alla siccità è stata, nella pianura padana, l'aumento dei prelievi di acque sotterranee, come abbiamo potuto verificare anche dal piccolo osservatorio dello Studio scrivente, per il forte incremento estivo nel numero di richieste di indagini idrogeologiche finalizzate all'apertura di nuovi pozzi, questi almeno ufficiali ed autorizzati. Il prelievo sotterraneo diretto, incentivato anche dai bassissimi costi di concessione e dall'assenza dei controlli sul consumo (quando i pozzi sono ufficiali e autorizzati), comporta spesso utilizzazioni improprie di una risorsa di buona qualità (acqua potabile), oltre al depauperamento delle falde.

Il futuro climatico non pare offrirci scappatoie o pause di riflessione, l'attuale stagione dei Piani di Tutela delle Acque (PTA) occorre si traduca rapidamente in interventi concreti, attraverso gli strumenti ad esempio della Pianificazione di Bacino. Certo se la 183/1989 non viene nemmeno finanziata, come ha fatto l'attuale Governo nei due ultimi anni, sarà molto difficile che si possa passare da una logica dell'emergenza ad un serio governo della sicurezza idraulica e tutela delle acque fondato sulla programmazione territoriale degli interventi.

La situazione delle acque nel bolognese è molto preoccupante dal punto di vista sia della tutela della risorsa, sia della sicurezza delle opere e attività della popolazione. L'eccessivo prelievo dalle falde ha provocato un abbassamento differenziale della pianura, la necessità di

¹ David Ricardo (1772 - 1823), "Principles of political economy and taxation", economista, è stato anche appassionato geologo ed uno dei principali promotori della Società Geologica di Londra.

recuperare maggiori spazi urbani e nuove risorse litiche pregiate ha spinto ad occupare crescenti fasce di fondovalle montano e di alta pianura dei maggiori fiumi, la meccanizzazione agricola e l'industrializzazione delle produzioni alimentari hanno modificato e semplificato il reticolo di scolo rendendo l'intera pianura idraulicamente più fragile.

Acque di superficie

Il reticolo di pianura non ce la fa più

Il reticolo di drenaggio della pianura (naturale ed artificiale) rappresenta il portato di un'epoca in cui gli spazi agricoli e permeabili erano largamente preponderanti su quelli impermeabilizzati. L'agricoltura si sviluppava con scarsità di attrezzature meccaniche e secondo criteri certo non industriali. In "quella" pianura (pare di riferirsi ad un'epoca remota mentre si tratta degli anni Cinquanta) la capacità d'invaso dei piccoli fossi di drenaggio che solcavano regolarmente i campi (scoline, acquaioli), assieme al reticolo di capofossi, canali (acque alte e basse) a scolo naturale o artificiale – misto che fosse, era capace di contenere piogge prolungate, anche fino a 72 ore, senza scaricare in Reno e senza produrre allagamenti particolarmente dannosi.

Oggi la pianura bolognese vede il ripetersi continuo di allagamenti ed esondazioni, in particolare nel decennio 1990-99, crisi idrauliche dovute a varie cause, ma per lo più riconducibili alle intense modificazioni territoriali indotte dall'incremento delle impermeabilizzazioni, dei drenaggi agricoli, del prelievo di acque sotterranee, e risolvibili solamente con costosi adeguamenti o rifacimenti della rete e delle opere di drenaggio.

Le tabelle 1 e 2, ricavate dalle informazioni raccolte dalla Protezione Civile, e tratte, con leggere modifiche, dalle elaborazioni già pubblicate in Viel, 2003, e in Viel, De Nardo, Montaguti, 2003, sono esemplificative dell'evoluzione nel tempo degli allagamenti ed esondazioni avvenuti nella pianura bolognese negli ultimi 50 anni del secolo scorso, anche nel confronto con le altre Province regionali.

La tabella 1 indica un incremento molto grande delle su-

perfici allagate nell'ultimo decennio, rispetto sia all'intero arco temporale dei 50 anni considerati, sia al decennio precedente. Nel complesso le superfici allagate nell'ultimo decennio rappresentano circa il doppio della somma di tutte quelle allagate nei decenni precedenti. Anche il semplice numero delle aree allagate della Provincia di Bologna (non riportato nella tabella) documenta un incremento molto grande per il decennio 1990-99 rispetto ai decenni precedenti: 237 aree allagate rispetto alle 58 del periodo 1950 – 1989.

Il confronto tra le Province della nostra regione, offre un'ulteriore prova dell'incremento di pericolosità idraulica della pianura bolognese per gli ultimi dieci anni, rispetto al passato ed alle altre Province (Tab. 2).

In questa tabella l'ultimo decennio è incompleto (1990 – 1996), malgrado manchino i significativi eventi del 1999, la Provincia di Bologna vede un notevole incremento delle aree allagate e si colloca, per la prima volta nella sua storia, al terzo posto nella graduatoria regionale.

La traduzione planimetrica delle aree di allagamento, tratta dalle informazioni della Protezione Civile Regionale, elaborata in base alle ricorrenze degli eventi nel tempo, è proposta nella Figura 1. In questa figura sono riportati gli inviluppi di tutte le aree allagate o esondate dal 1950 al 1999, la quantificazione delle superfici allagate delle due tabelle precedenti, e le delimitazioni disegnate, risentono delle ripetizioni che si sono succedute nel tempo.

La legenda della figura esprime la scansione delle ricorrenze con un valore numerico che deriva dalla somma degli eventi registrati sulla medesima area: agli allagamenti di ogni decennio si è attribuito un medesimo peso, ma valori decrescenti nei vari decenni, da un massimo (0,2) per gli anni Novanta, ad un minimo (0,05) per gli anni Cinquanta e Sessanta. Si è così cercato di proporre una stima di pericolosità idraulica che consideri anche gli interventi di sistemazione effettuati sul reticolo nel tempo. In questo modo si è cercato di mantenere la "memoria" anche degli eventi più distanti nel tempo (anni Cinquanta e Sessanta, le cui cause, legate ai fiumi maggiori, sono già state rimosse), attribuendo però un peso 4 volte superiore agli allagamenti avvenuti negli anni novanta. Gli allagamenti successivi agli anni Settanta, in prevalenza dovuti ad affluenti minori o al reticolo di bonifica, se ripetuti nel medesimo anno sullo

Tab 1

Decennio	A	C [kmq]	D [kmq]	F [kmq]	G [kmq]	H [kmq]	L [kmq]
1950-59	3	45	45				45
1960-69	3	105	111	6,01			105
1970-79	4	22	23	0,65			22
1980-89	4	1,7	2,6	0,88			2,6
1990-99	9	293	352	47,00	5,7	0,04	299

Riferita all'intera Provincia di Bologna, chiave di lettura delle colonne: A = numero episodi climatici che hanno prodotto allagamenti; C = superfici allagate indipendentemente dalle ricorrenze; D = superfici allagate comprese le aree ripetutamente inondate nel periodo di 50 anni; F = superfici allagate due volte nel decennio; G = superfici allagate tre volte nel decennio; H = superfici allagate quattro volte nel decennio; L = superfici allagate al netto delle ricorrenze nel decennio.

Tab 2

Decennio	Superfici allagate in percentuale sul totale per decennio									Tot. [kmq]
	BO	FE	FO	MO	PC	PR	RA	RE	RN	Regione
1950-59	6,55	23,60	0,00	3,47	1,90	0,73	5,95	58,11	0,00	825
1960-69	8,95	8,17	0,22	25,67	5,14	1,03	21,55	29,27	0,00	1.176
1970-79	1,37	8,50	0,17	6,67	4,57	5,29	9,39	62,10	1,92	1.701
1980-89	1,42	1,20	0,00	18,38	10,45	65,6	0,00	2,93	0,00	107
1990-96	18,47	0,15	0,60	1,60	3,18	0,17	19,53	52,30	3,97	1.583

Confronto tra le Province della Regione Emilia-Romagna, per ogni Provincia e per ogni decennio sono riportate le superfici allagate in percentuale rispetto al totale regionale, nell'ultima colonna è riportata la superficie regionale coinvolta in chilometri quadrati. In grassetto sono evidenziate le tre più alte percentuali registrate per decennio.

stesso territorio, sono stati valutati una sola volta nel conteggio delle ricorrenze.

L'inviluppo delle aree esondate o allagate nei cinquant'anni interessa circa il 23% della superficie totale della pianura bolognese, una bella estensione territoriale! La figura 1 riporta anche la divisione della pianura in relazione alle modalità di drenaggio e scolo delle acque superficiali, secondo 7 grandi categorie. I limiti della zo-

nizzazione sono estrapolati dai micro bacini di drenaggio, risentono quindi di una certa approssimazione geografica. La semplice sovrapposizione tra le aree di ricorrenza degli allagamenti e la zonizzazione per modalità di drenaggio, propone un primo spunto per un dibattito sulle cause, sulle frequenze degli eventi, e quindi sulla pericolosità idraulica. L'esito della sovrapposizione dimostra che i bacini indicati in fig.1:

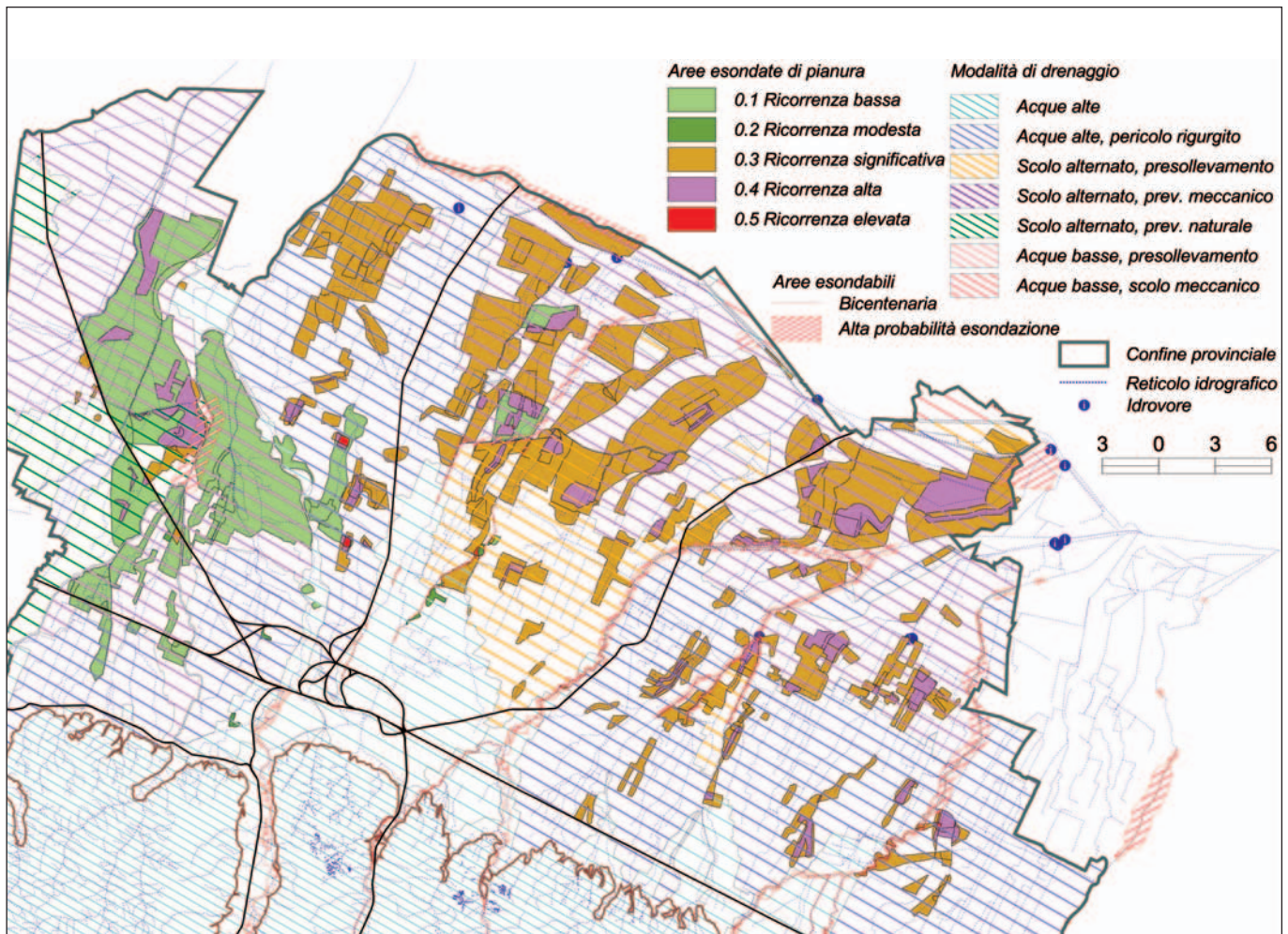


Fig 1 - Sintesi delle aree allagate/esondate della pianura bolognese dal 1950 al 1999.

–a) “Scolo alternato in prevalenza meccanico” sono i più esposti ad allagamenti, qui infatti il 43% dell’area occupata da questi bacini (639,9 kmq) ha subito esondazioni o allagamenti, anche ripetuti, negli ultimi 50 anni (indicatore: 1 kmq allagato ogni 2,32 kmq), inoltre è localizzato qui il 66 % del totale Provinciale delle aree esondate, ed infine il 46% delle superfici interessate da ricorrenze alluvionali degli anni Novanta.

– b) “Scolo alternato con pre - sollevamento meccanico” hanno una propensione alta agli allagamenti: il 29,9% della superficie interessata da questi bacini (140,8 kmq) è stata sottoposta, ad allagamenti nel corso dei 50 anni di riferimento (indicatore: 1 kmq allagato ogni 3,33 kmq), il 10,1% del totale Provinciale delle aree allagate è qui, il 16,4% delle ricorrenze alluvionali della Provincia, per gli anni Novanta, ricade in questi bacini.

– c) “Scolo alternato prevalentemente naturale” sono esposti agli allagamenti, il 21,6% della superficie interessata da queste modalità di drenaggio (80,7 kmq) è stata sottoposta, anche ripetutamente ad allagamenti nel corso dei 50 anni considerati (indicatore: 1 kmq allagato ogni 4,6 kmq), mentre solo il 4,2% del totale Provinciale delle aree allagate è rappresentato.

– d) “Acque alte con pericolo di rigurgito” hanno un’esposizione più modesta agli allagamenti, il 12% della superficie interessata da queste modalità di drenaggio (684,7 kmq) è stata sottoposta, anche ripetutamente, ad allagamenti nei 50 anni considerati (indicatore: 1 kmq allagato ogni 8,2 kmq), il 20% del totale delle aree allagate è qui. Insomma, la maggiore pericolosità idraulica della pianura, pare concentrarsi proprio nelle zone in cui il deflusso è garantito dalla gestione artificiale della rete di drenaggio. Questo risultato appare da un lato scontato: la maggiore fragilità di sistema si riscontra ove sono le maggiori difficoltà oggettive; d’altro lato consolante: le strutture artificiali possono essere migliorate fino a garantire una elevata sicurezza.

Se quella mostrata in figura è la registrazione degli effetti, le cause dell’attuale crisi idraulica della pianura bolognese sono note da molti decenni, e motivo di dibattito da almeno vent’anni: le nuove urbanizzazioni, quasi sempre realizzate con scarsa attenzione ai tempi di corrivazione, ed ai recapiti (modificazione del bacino scolante), i restringimenti d’alveo dei corsi d’acqua, i drenaggi tubolari sotterranei agricoli e la contemporanea cancellazione delle scoline, l’uniformità dei seminativi richiesta dalla meccanizzazione agricola, le reti infrastrutturali, che spesso determinano restringimenti e rigurgiti, ed infine l’eccessivo prelievo di acque sotterranee, che provoca la subsidenza di vaste porzioni di pianura.

In particolare la subsidenza si manifesta in un abbassamento differenziale del suolo, con la formazione di “conche”, a geometria per lo più ellittica di dimensioni chilometriche, ed è facile immaginare i danni provocati: contropendenze dei canali, conseguenti impossibilità di completo scolo, abbassamenti locali delle arginature ed interrimento degli alvei.

Le conche subsidenti con maggiori abbassamenti assoluti (circa tre metri) si distribuiscono equamente in sinistra ed in destra Reno, ma in particolare in sinistra Reno (Consorzio di Bonifica Reno Palata) hanno già determinato una situazione di deflusso talmente ingestibile da costringere a dismettere l’impianto idrovoro di “Bagnetto” (collocato ormai a quote troppo elevate) e ad attivare un nuovo impianto (“il Conte”), circa tre chilometri più a monte. Naturalmente questo spostamento ed abbassamento comporta anche la realizzazione di un nuovo canale, la risagomatura di buona parte della rete di scolo, il sovralzo di alcuni argini, e quindi il rifacimento di alcuni ponti e strutture. Il costo per questi interventi è di 15 milioni di euro.

Verrebbe da domandarsi chi deve pagare questa cifra, non sarebbe forse corretto pretendere un contributo proporzionale ai consumi effettuati nei decenni precedenti dagli utilizzatori delle falde del Fiume Reno, che hanno provocato la subsidenza (Hera – quindi gran parte, ma non tutti, i residenti della Provincia –, industriali dotati di pozzo artesiano, agricoltori con irrigazioni connesse a pozzi artesiani, allevatori, gestori di laghetti e lagoni, eccetera)? Chiediamoci cosa accadrà in destra Reno quando, nei prossimi anni, anche quegli impianti idrovori e quelle reti di scolo non riusciranno più a sostenere gli abbassamenti differenziali provocati dalla subsidenza, qui indotta non solo dai prelievi dalla conoide del Reno, ma anche Savena – Idice.

Interventi e provvedimenti più generali per diminuire la vulnerabilità idraulica della pianura sono, per quanto possibile, in corso. L’Autorità di Bacino del Reno sta realizzando o ha programmato la realizzazione di casse di espansione per circa 50 milioni di metri cubi di capacità d’invaso (oltre 8,5 kmq di superficie occupata). La pianificazione sovraordinata (PSAI e PTCP) impone la realizzazione di volumi d’invaso di 100 mc/ha per i terreni agricoli con drenaggio sotterraneo, e di 500 mc ogni ettaro di superficie territoriale, per i comparti di nuova costruzione; indica le zone ad alta probabilità d’inondazione, delimita le fasce di tutela e pertinenza fluviale, così da evitare nuove costruzioni in zone direttamente o indirettamente pericolose.

Si tratta di interventi comunque passivi, che razionalizzano le esigenze e le contingenze attuali: la subsidenza è un processo che non consente recuperi. L’arresto dei prelievi sotterranei è impossibile per mancanza di alternative praticabili, ed è sconsigliabile per ragioni di possibile inquinamento della falda in risalita. La proposta di realizzare la diga di Castrola, contrastata da chi sostiene che un uso misto e più razionale del lago di Suviana potrebbe fornire quantità d’acqua sufficienti in breve tempo, richiede tempi di riprogettazione (sismicità), finanziamento e costruzione certamente superiori ai 15 – 20 anni, e intanto?

Una politica praticabile ora, la cui efficacia sarebbe misurabile entro 5 anni, dai costi relativamente contenuti, è rappresentata da quel complesso di azioni, comporta-

menti, criteri di progettazione delle nuove costruzioni, eccetera, che va sotto la denominazione di “risparmio idrico”, perché non si avvia con decisione almeno per contrastare subito la subsidenza?

E i fiumi principali come stanno?

Il punto di vista della società in cui viviamo ci ha abituati a considerare i corsi d’acqua come “ostacoli territoriali” costosi da superare, come accidenti, al meglio come risorse economiche da sfruttare, oppure, durante le piene, come agenti naturali indisciplinati e malfattori da educare, correggere, o da rinchiudere, imbrigliare. Ad ogni prolungata assenza di “calamità idrauliche” ci convinciamo che i corsi d’acqua naturali occupano “inutilmente” ampi spazi, che asportano “arbitrariamente”, sprecandoli, materiali di buon uso edilizio, che producono zanzare ed altri insetti fastidiosi, insomma, ci convinciamo che occorre imporre un poco d’ordine.

In particolare dopo un intenso sfruttamento di risorse naturali, si attuano sistemazioni finalizzate o a ripristini solo morfologici (visivi), oppure a risolvere problemi di puro deflusso. La preoccupazione, nel primo caso è di recuperare spazio utile, nel secondo, di far defluire le piene nel minor spazio e nel minor tempo possibile.

Sarebbe importante riconoscere, invece, che il corso d’acqua, inteso nel senso ampio del termine, rappresenta un sistema estremamente complesso di relazioni tra biomassa, atmosfera, suolo e sottosuolo. Dal punto di vista sistemico può essere considerato come una successione di ecosistemi: dalla sorgente alla foce variano i parametri fisici (temperatura, illuminazione, pendenza, velocità della corrente, granulometria del substrato, nutrienti, sostanza organica, gas disciolti, ecc.) e, in relazione a questi, i popolamenti biologici. Anche trasversalmente alla corrente (cioè procedendo da una sponda all’altra), il gioco delle diversità fisiche (velocità della corrente, tessitura dei sedimenti, ecc..) determina, tra l’altro, anche condizioni per l’insediamento di differenti popolamenti acquatici.

Un ambito fluviale ricco di ambienti è dotato di una maggiore capacità di “reazione”, di “resistenza” alle variazioni che possono verificarsi in alcuni parametri fisici, variazioni naturali o innaturali che siano. Al contrario un sistema fluviale “povero” di ambienti e di “relazioni” con il contesto in cui scorre ha meno elasticità, minori capacità di adattamento, di resistenza alle modificazioni.

Così ad esempio l’invalveamento e/o la perdita di ampiezza dell’alveo produce aumento della velocità di deflusso, aumento dell’energia e quindi della capacità di trasporto solido in sospensione e sul fondo, diminuzione della riserva idrica di subalveo, diminuzione o perdita dei rapporti idrogeologici con i terrazzi laterali con abbassamento della falda perialveo, diminuzione della zona vegetata ripariale, semplificazione o sparizione di gran parte della fauna e flora acquatica con diminuzione delle capacità depuranti e conseguente abbassamento

della qualità delle acque. Ogni variazione fisica che modifichi in modo rilevante la morfologia d’alveo si ripercuote sulla pianura in termini di fragilità alle esondazioni, quantità e qualità della ricarica delle falde, trasporto alla costa di sedimenti granulari, eccetera.

Per esprimere giudizi anche solamente qualitativi sul grado di “funzionalità naturale” del corso d’acqua attuale, nel contesto geografico che attraversa, occorre avere riferimenti certi per ogni asta fluviale da analizzare. In altre parole occorre rifarsi ad un tempo sufficientemente vicino all’attualità da poter considerare le condizioni climatiche in sostanza uguali, e l’entità delle modificazioni indotte dall’intervento umano ancora interno alle capacità elastiche del sistema naturale fiume.

La possibilità di valutare l’intensità delle modificazioni storiche subite dall’alveo di un fiume consente dunque di esprimere giudizi, almeno qualitativi, sull’ampio ambito fluviale fino alla pianura e nello specifico del corso d’acqua. Utilizzando opportune simulazioni numeriche, è possibile anche fornire il grado di funzionalità naturale del fiume in termini di velocità, energia dispersa, trasporto solido, infiltrazione, eccetera, anche nelle condizioni di passaggio di un’onda di piena straordinaria.

L’evoluzione morfologica recente è ricostruibile attraverso la consultazione ed il confronto della cartografia topografica storica (ben attendibile ad esempio la topografia IGMI di primo impianto, datata tra 1880 – 1890), e per gli intervalli temporali successivi agli anni Quaranta, con l’uso delle foto aeree. Il confronto naturalmente non è lineare, in particolare per le carte topografiche IGMI dell’Ottocento richiede difficili e faticosi adeguamenti cartografici ed informatici. Per la realizzazione della modellistica di simulazione possono essere assunte le informazioni quantitative storiche direttamente dai sedimenti depositati dai fiumi, e per le forme d’alveo dalle tracce geologiche registrate nel fondovalle.

Questo lavoro di ricostruzione e di adeguamento dei documenti cartografici storici è stato avviato nel 2002 per il tratto del Torrente Savena corrispondente a Pian di Macina. La credibilità dei risultati morfologici, rispetto all’esito delle simulazioni, ci ha convinti ad applicare il metodo di confronto storico alle aste dei maggiori fiumi della Provincia: ad oggi si è proceduto con l’analisi del Fiume Reno e del Torrente Idice.

I primi risultati morfologici riferiti essenzialmente al confronto tra la topografia IGMI di primo impianto e la topografia CTR, vengono presentati qui di seguito, l’elaborazione dei modelli storici di simulazione, ha invece aperto problemi di ricostruzione non ancora completamente risolti.

Nella tabella 3, il corso del Fiume Reno è stato ripartito in tre tratti, il primo compreso tra S. Vitalino (località Lirone) e lo stadio di Casalecchio; il secondo da quest’ultimo alla località “Cantagallo”; il terzo riferito a tutto il fondovalle montano fino a località Serrazanetti (tra Silla e Riola).

Per il tratto di pianura (1 in tabella) la definizione topo-

Tab 3

Tratta d'alveo F. Reno	Anno 1884	Anno 1979	Differenza	
1-Alveo piena straordinaria	5.931.244	3.325.829	2.605.415	56,0%
1-Alveo piena ordinaria	3.856.928	3.325.829	531.099	86,2%
2-Apice conoide piena ord.	946.100	536.280	409.816	56,7%
3-Fondovalle piena ordinaria	13.471.180	7.326.500	6.144.680	54,4%
Totali piena ordinaria	18.274.200	11.184.800	7.089.400	61,2%

Confronto tra l'alveo del Reno del 1884 (cartografia IGMI 1:25.000 di primo impianto), e del 1976 – 1979 (Carte Tecniche Regionali 1:10.000), le superfici sono espresse in metri quadrati.

grafica della cartografia storica consente di individuare l'alveo di piena straordinaria, delimitato dalle arginature in pianura, oltre al corso di piena ordinaria riconoscibile dalla presenza di scarpate e barre. Così, per il primo tratto, si sono potute confrontare le ampiezze dei due alvei arginati e definire, con poche possibilità di errore, che l'alveo arginato attuale corrisponde all'alveo della piena ordinaria della fine dell'Ottocento, con qualche ulteriore restringimento. Siccome le attuali arginature sono calcolate per fronteggiare eventi con tempi di ritorno secolari, certamente si può sostenere che l'alveo arginato attuale è idoneo anche per piene straordinarie. Le quote riportate nella cartografia IGMI sono troppo sporadiche per consentire la realizzazione di un modello, anche se molto approssimato, per valutare la sicurezza idraulica nella pianura della fine Ottocento. Certamente però l'altezza del tirante idraulico, la velocità e l'energia dovevano essere assai più modeste, se si considera che l'ampiezza dell'alveo era circa doppia dell'attuale. Anche in montagna una simulazione di confronto con l'attualità non è ancora stata eseguita, e quelle presentate restano valutazioni solo qualitative. L'esperienza di questi decenni insegna comunque che, per i grandi fiumi, la sicurezza idraulica della pianura è oggi assicurata assai più di quanto non avvenisse in passato, ciò che qui si vuole confrontare è però la funzionalità naturale dell'alveo, il suo rapporto con il territorio.

L'alveo di piena straordinaria del 1884, facilmente desumibile dalla posizione degli argini, aveva a disposizione oltre 2 kmq di superficie in più, rispetto all'alveo di piena ordinaria rilevato dalla topografia, cioè aveva un'ampiezza occupabile durante le piene straordinarie equivalente al 40% dell'alveo interessato dalle piene ordinarie, circa il doppio!

Nella topografia del 1976 – 79 l'alveo arginato del Reno ha

circa la medesima ampiezza del precedente alveo di piena ordinaria. La superficie di due kmq, destinati all'espansione del Fiume nel 1884, è stata assorbita dalle attività umane. Anzi la tabella 3 ci informa che l'area tolta al Fiume è di oltre 2,5 kmq. Se facessimo il calcolo del differenziale economico, tra la redditività agricola di queste aree condotte a seminativo (le golene erano coltivate comunque anche nell'Ottocento), e le possibilità di infiltrazione efficace, sia pure sporadiche, perdute, forse si comprenderebbe che il modesto guadagno di alcuni, ha provocato un danno economico per tutti, esponenziale nel tempo.

Nella seconda e terza tratta d'alveo, che rappresentano rispettivamente l'apice del conoide Reno ed il fondovalle montano, il confronto storico è avvenuto solamente tra gli alvei di piena ordinaria, perché non è percepibile dalla topografia, o da evidenze morfologiche di terreno l'estensione dell'alveo di piena straordinaria per il 1884. I numeri della tabella 3, che riporta il confronto tra le superfici fluviali occupabili, si commentano da soli: considerando "naturale" ed in equilibrio l'alveo della fine Ottocento, il Reno attuale appare irreversibilmente trasformato, la sua precedente funzionalità morfologica definitivamente compromessa.

Anche un tratto del Torrente Setta, tra la confluenza con il Reno e località Lama di Setta, è stato confrontato con il medesimo metodo, l'esito ottenuto vede un fondovalle 1884 che occupa una superficie di 2.347.000 metri quadrati, il medesimo tratto di fondovalle nella cartografia degli anni Settanta presenta una superficie inondabile pari a 1.047.000 metri quadrati. In altre parole, nel tratto terminale del Setta l'alveo del 1979 rappresenta appena il 44,6% del Setta del secolo precedente, cioè sono stati convertiti ad altro uso 1.300.000 metri quadrati del precedente corso d'acqua! Poi si invocano gli eventi eccezionali quando una piena straordinaria spazza strade e reti più o meno interrato, provocando significativi danni economici.

Tab 4

Tratta d'alveo T. Idice	Anno 1884	Anno 1979	Differenza	
1 – Arginato alta pianura	725.536	703.327	22.209	97,0%
2 – Conoide distale	854.292	261.605	592.687	30,6%
3 – Conoide	1.798.923	881.303	917.620	49,0%
4 – Fondovalle	1.311.048	757.430	553.618	57,8%
Totali	4.689.799	2.603.666	2.086.133	55,5%

Confronto tra l'alveo del T. Idice del 1884 (cartografia IGMI 1:25.000 di primo impianto), e del 1976 – 1979 (Carte Tecniche Regionali 1:10.000), le superfici sono espresse in metri quadrati.

Analoga ricerca è stata condotta per il Torrente Idice (tabella 4). Questa asta fluviale è stata studiata in pianura fino a comprendere anche parte del suo alveo artificiale settecentesco. Il tratto arginato (1 in tabella), tra Località Rabuina (Budrio) e Palazzo Montefano (Mezzolara) quasi interamente artificiale, si è mantenuto in sostanza eguale nel tempo, il minimo scarto riscontrato rientra nei margini di errore impliciti nel metodo cartografico - numerico di confronto.

Nel secondo tratto di pianura (2 in tabella), compreso tra la S.S. San Vitale e località Rabuina, la superficie allagabile dal fiume è stata drasticamente ristretta, soprattutto in corrispondenza di Castenaso, e l'alveo è stato spostato in varie zone. Nel terzo tratto, che attraversa l'alta pianura dalla strada comunale Abbadia, i restringimenti e le costrizioni sono così numerose da aver dimezzato l'alveo allagabile dalle piene ordinarie del 1884. Anche il tratto di fondovalle montano (4 in tabella) ha subito un simile trattamento, come si evince semplicemente osservando il confronto tra le superfici esposte in tabella 4. Ai dati di confronto sulle superfici disponibili per i corsi d'acqua, si sono associati anche gli esiti di alcune simulazioni eseguite, per ora, solamente su brevi tratti d'alveo in cui la topografia, i dati di campagna (forma e dimensione dei ciottoli, posizione dei terrazzi residui), le informazioni idrogeologiche (quote statiche falde libere nei terrazzi, spessore acquiferi, parametri idrodinamici locali), hanno consentito di "far girare" modelli di simulazione. Gli esiti, ancora molto parziali e preliminari, confermano che le velocità e le energie che agiscono nei brevi tratti d'alveo del Fiume Reno modellizzati, ad esempio nel territorio del Comune di Sasso Marconi, sono oggi molto più elevate, a parità di portata (massimi di velocità anche doppi) rispetto a quelle del 1884.

A riprova dell'esito di queste simulazioni, il rilevamento di terreno ha messo in luce la presenza di dinamiche di fondo molto violente in corrispondenza della superficie del terrazzo investito dalle piene ordinarie (più alto di circa 1,5 - 2 metri rispetto al livello di morbida). Qui si sono registrate, oltre ai soliti abbandoni di sabbie, caratteristici della coda di corrente, anche evidenti segnali della presenza di deflussi molto veloci e violenti: impronte di corrente di lunghezza superiore ai 15 metri, ampiezza superiore ai 2 metri, e profondità massime di alcune decine di centimetri, ed inoltre si è verificata più volte la presenza di "nidi" di ciottoli, e tra questi alcuni con asse di maggior allungamento di oltre 20 cm, e peso di alcuni chilogrammi. Un trasporto e deposito da torrente montano su terrazzi alti circa due metri sopra la quota di morbida del fiume.

Il Reno dimostra così, in occasione anche di piene appena fuori dell'ordinario, che in genere svolgono la maggiore attività morfologica fluviale, la sua necessità di spazi laterali maggiori. L'incremento di velocità, dovuto ai restringimenti ed alla mancanza di dispersione dell'energia tra le barre, attribuisce alla corrente una grande capacità erosiva e di trasporto solido sul fondo ed in sospensione. La modesta presenza di depositi ghiaiosi sui terrazzi laterali è

dovuta al fatto che, per i ciottoli, il trasporto è legato più alle fluttuazioni di velocità che al valore medio o di picco della corrente: la distribuzione di questi rinvenimenti è legata a situazioni locali in cui ad un brusco aumento della velocità, in presenza di correnti molto dense, segue un improvviso calo della spinta idrodinamica che consente il deposito e la sua conservazione nel tempo.

La possibilità di estendere a consistenti tratti d'alveo la ricostruzione di un modello geometrico del Fiume storico da confrontare in termini quantitativi con l'attuale Reno, potrebbe consentirci di verificare, anche numericamente, lo scarto, di funzionalità morfologica ed idraulica, le modificazioni nell'efficienza, almeno delle componenti fisiche del complesso sistema fiume. Successivamente sarà forse possibile anche esprimere stime e valutazioni sui parametri biologici e più complessivamente ecologici, ad esempio sull'entità del metabolismo dell'ecosistema fiume, e spiegare la modesta capacità depurante del Reno attuale.

L'assenza di registrazioni del rapporto tra livello idrometrico del fiume e livello statico della falda di perialveo (terrazzi alluvionali a quote dell'alveo di piena ordinaria), non consente di misurare l'entità del trasferimento di massa (ingresso/uscita dell'acqua nelle/dalle alluvioni di perialveo), e del transfert di pressione sulla falda laterale al Reno. Al fine di avere una stima quantitativa, si sono raccolte informazioni idrodinamiche sui terrazzi attuali, che facevano parte dell'alveo attivo nel 1884. Pochi sono ancora reperibili, che non siano già stati oggetto di estrazione di inerti. Su queste superfici residue sono stati prelevati campioni delle matrici sabbiose delle ghiaie, per ottenere valori cautelativi delle porosità efficaci (n_e): variabili tra 0,15 e 0,24 (per le falde libere n_e coincide con l'immagazzinamento "S"); e realizzate alcune semplici prove 'in situ' (trincee) che hanno consentito di valutare conducibilità idraulica e spessori dei porosi, da cui ricavare le trasmissività "T": variabili tra $6 \cdot 10^{-3}$ e $4 \cdot 10^{-4}$ m²/s.

Il Reno, in tutto il fondovalle montano ha funzioni essenzialmente drenanti, anche nei terrazzi più vicini all'alveo, solamente in occasione delle piene ordinarie e straordinarie, l'innalzamento idrometrico è tale da consentire l'inversione di questa funzione a livello locale, ed il Reno si trasforma in un fiume infiltrante.

Il calcolo teorico dimostra che il transfert principale, per quantità, è in uscita (dal terrazzo verso il Fiume) e dipende dalla ricarica operata dai terrazzi più alti, che ricevono continuo rifornimento (anche sotterraneo) dai versanti retrostanti. Nella maggioranza dei casi esaminati (tutti nel fondovalle montano) il transfert di massa in ingresso, resta compreso tra i 3 ed i 4,2 metri cubi, ogni metro di lunghezza della sponda (al più circa 8.000 mc/km), per sollevamenti idrometrici (h) di 1,5 ÷ 2 metri, per una durata (t) di 24 ore². Questo valore del transfert di massa ha validità media cautelativa, in presenza di un terrazzo alluvionale recente, ampio almeno un ventina di metri; terrazzi composti

$$^2 \text{Volume} = h_0 - h_1 \sqrt{\frac{2tST}{\Pi}}$$

da alluvioni antiche hanno parametri idrogeologici (S e T) molto diversi, in genere assai minori, che determinano proporzionali diminuzioni di volume dell'acqua infiltrata nel terrazzo. In conclusione i volumi idrici in ingresso nei terrazzi laterali del Fiume, in occasione di piene ordinarie, sono modesti rispetto alle portate complessive d'alveo.

Nell'insieme del fondovalle montano, dunque, la funzione idrogeologica più importante, per quantità assoluta, svolta dalle alluvioni terrazzate è senza dubbio quella di ricarica del fiume durante tutto l'anno. In altre parole, la funzione di trattenimento e lento trasferimento al fiume dell'acqua sotterranea raccolta dalle circostanti colline, dell'acqua di ruscellamento dei versanti, dell'acqua di infiltrazione diretta durante le precipitazioni. Queste quantità non sono calcolabili, possono essere stimate solamente attraverso un complesso bilancio idrogeologico dell'intera vallata, ma si tratta certamente di alcuni milioni di metri cubi d'acqua che annualmente vengono scaricati dal fondovalle nel fiume.

Le valutazioni quantitative sul transfert di massa dal Reno verso i terrazzi laterali cambiano radicalmente nelle occasioni in cui il terrazzo prossimo all'alveo viene completamente sommerso (piena straordinaria), provocando la completa saturazione del sedimento, e quindi l'utilizzazione totale della capacità di immagazzinamento. Con la piena straordinaria, ovviamente, la porzione più superficiale del terrazzo sarà già in condizioni di saturazione a causa della precipitazione prolungata (almeno due giorni) che ha provocato l'evento stesso, la corrente inoltre asporta parte della porzione pedogenizzata assieme alla vegetazione ed aumenta ulteriormente la velocità del fronte di avanzamento dell'infiltrazione.

In questo senso l'alveo attuale, rispetto a quello del 1884, ha 6,144 kmq di superficie inondabile in meno, è quindi facile calcolare la perdita di funzionalità idraulica e idrogeologica del Reno, in occasione di piene straordinarie: considerando uno spessore medio di 2 metri delle alluvioni terrazzate, per il valore ponderato tra gli di "S" misurati = 0,21, si ottiene un volume di oltre 2.500.000 metri cubi di acqua trattenuta nei terrazzi del 1884, che oggi invece è presente in alveo.

Anche per l'Idice si possono fare considerazioni analoghe: la capacità di laminare le piene era circa doppia nel 1884 rispetto all'attuale. Anche in questo corso d'acqua oltre 2 milioni di metri quadrati di alveo attivo nel 1884 sono stati tolti all'Idice per altre destinazioni d'uso. I fon-

dovalle di Reno ed Idice assieme hanno perduto oltre 9 chilometri quadrati di superficie attiva, ed in pianura sono state realizzati oltre 16 kmq di vasche di laminazione, ed altri 8,6 kmq (per 50 milioni di mc di volume d'invaso) sono nei programmi di realizzazione: non sarà che le superfici allagabili perdute nei fondovalle montani e nei conoidi devono poi essere recuperate altrove? Il rapporto costi benefici di queste scelte è mai stato fatto?

In queste considerazioni non si è tenuto conto dell'incremento di impermeabilizzazione intervenuto nei fondovalle a causa delle urbanizzazioni, delle modificazioni e degli abbandoni colturali, degli spostamenti di acqua da altri sistemi idrografici o all'interno dello stesso bacino, causati da reti fognanti ed acquedotti, eccetera.

In particolare per il Fiume Reno, in occasione dell'elaborazione del Quadro Conoscitivo per il Piano Strutturale Comunale di Sasso Marconi, è stata approfondita la ricerca storica sulla morfologia d'alveo. Le figure 2, 3 e 4 riportano alcuni stralci del lavoro di confronto effettuato anche con l'ausilio di foto aeree per il 1954, ed il 2001, per il Quadro Conoscitivo citato.

Nel tratto d'alveo del Comune di Sasso Marconi i dati più immediati, desunti dal confronto storico (R. BEDOSTI e F. SACCHETTI, 1990), indicano che le esigenze "naturali" del Fiume Reno (assunte come quelle del 1884) sono state enormemente ridotte già nel secondo dopoguerra, ed oggi risultano più che dimezzate. La tabella 5 offre lo spaccato numerico e sintetico della situazione di confronto tra gli alvei che risultano interessati dalle piene ordinarie (per il 1884 il confronto è avvenuto con un alveo in assenza o forte carenza di vegetazione arborea stabile, e ricco di canali anastomizzati) (Tab.5).

Ciò che colpisce maggiormente è la diminuzione secca della lunghezza ed ampiezza dei canali intrecciati (braided), che separano le barre ghiaiose. Nel 1884 l'acqua del fiume scorreva in un vero labirinto di canali, e dissipava gran parte della sua energia tra le barre ghiaiose e sabbiose, ad esempio in corrispondenza dei "Laghi del Maglio" l'ampiezza del Reno e la varietà degli ambienti naturali era massima. In un simile contesto è intuitivo che il rapporto del corso montano del fiume con la pianura, l'ecosistema fluviale e perifluviale doveva essere ben diverso da quello attuali. Oggi il Reno, in particolare in corrispondenza dei Laghi del Maglio, appare sempre più come un canale artificiale, privo di rapporti con il mondo circostante, semplice collettore idraulico.

Tab 5

anno	Alveo di piena ordinaria			Sistema canali braided	
	Sup. [ha]	Sup [mq]	%	Ampiezza [m]	Lunghezza [m]
1884	692	6.920.000	100	900	54.000
1954	457	4.570.000	66	450	36.500
2001	329	3.290.000	47,5	350	21.000

Confronto dettagliato della morfologia d'alveo del F. Reno, nel Comune di Sasso Marconi, per intervalli di circa 50 anni.

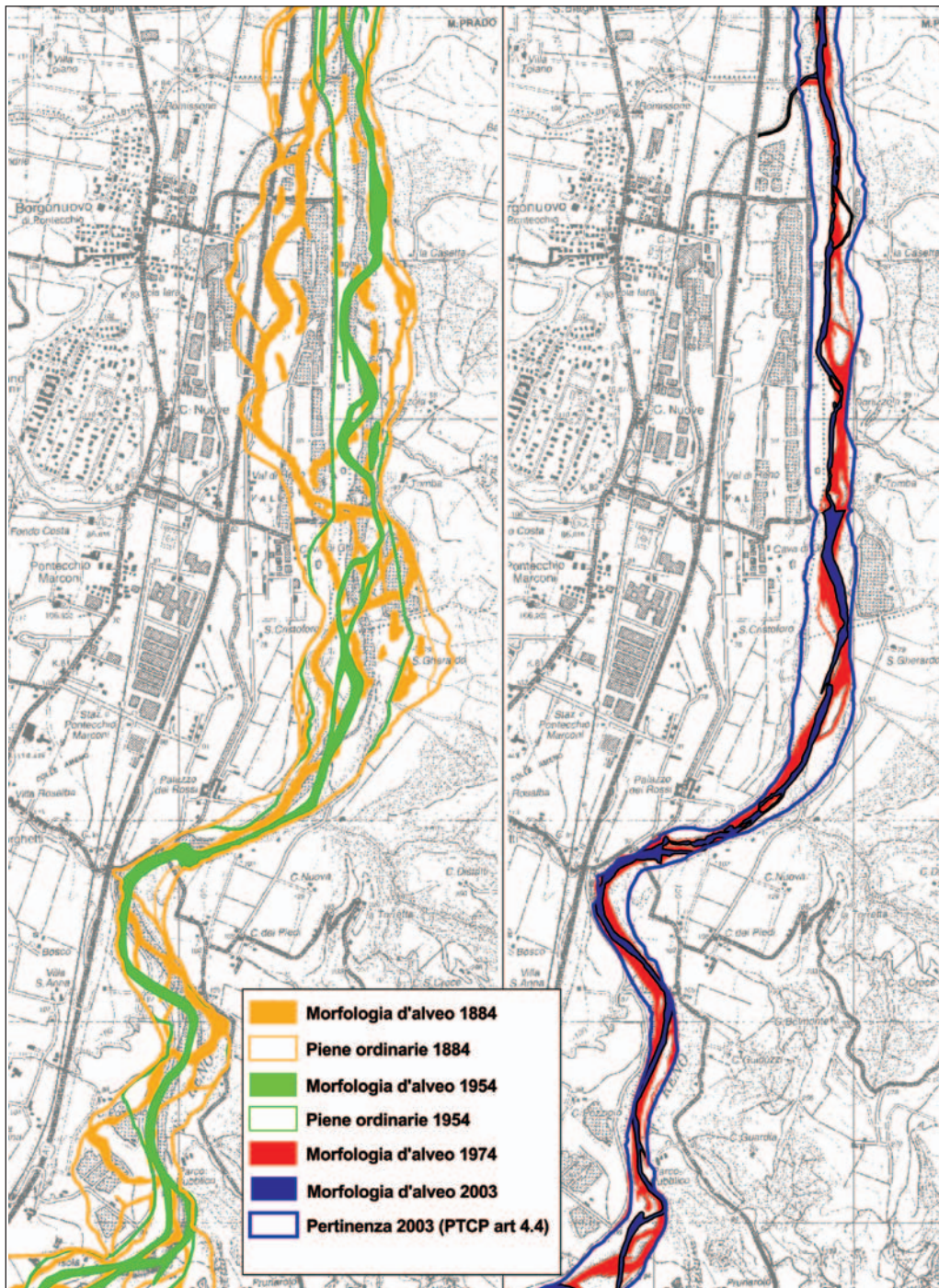


Fig. 2 - Confronto tra le morfologie d'alveo del Fiume Reno tra il 1884 ed il 2003. La ricostruzione del letto fluviale del 2003 deriva dall'interpretazione delle foto aeree del 2001 corrette con il rilevamento al suolo del 2003, la ricostruzione della morfologia del 1884 è ricavata esclusivamente dalla trasposizione topografica in scala 1:25.000, corretta con georeferenziazione dettagliata dello strato raster ed aggiustamenti per sovrapposizione alla CTR.

Il lavoro di rilevamento diretto consente anche di quantificare, per l'alveo del 2001 del Comune di Sasso Marconi, la situazione delle dinamiche morfologiche più significative che sono state, per semplicità, riassunte in tre voci: erosioni spondali dell'alveo di morbida, erosioni spondali dell'alveo di piena straordinaria, corone di frana rilevate lungo le stesse scarpate. Rispetto alla lunghezza complessiva delle scarpate considerate (42.600 metri), circa il 20% (8.900 metri) sono risultate colpite da dinamiche attive. La tabella riassume la distribuzione delle dinamiche rilevate (Tab.6).

Lo stato attuale del contesto fluviale, che vede così

costrette le esigenze di espansione del Reno, è determinato dalle necessità di spazio da destinare agli insediamenti (le infrastrutture sono grandi consumatrici di spazio), ed alle attività produttive, tra cui il settore estrattivo.

Tab. 6

Scarpate in erosione	metri	%
Corona di frana	1.000	11
Erosione piene ordinarie	1.600	18
Erosione spondale	6.300	71

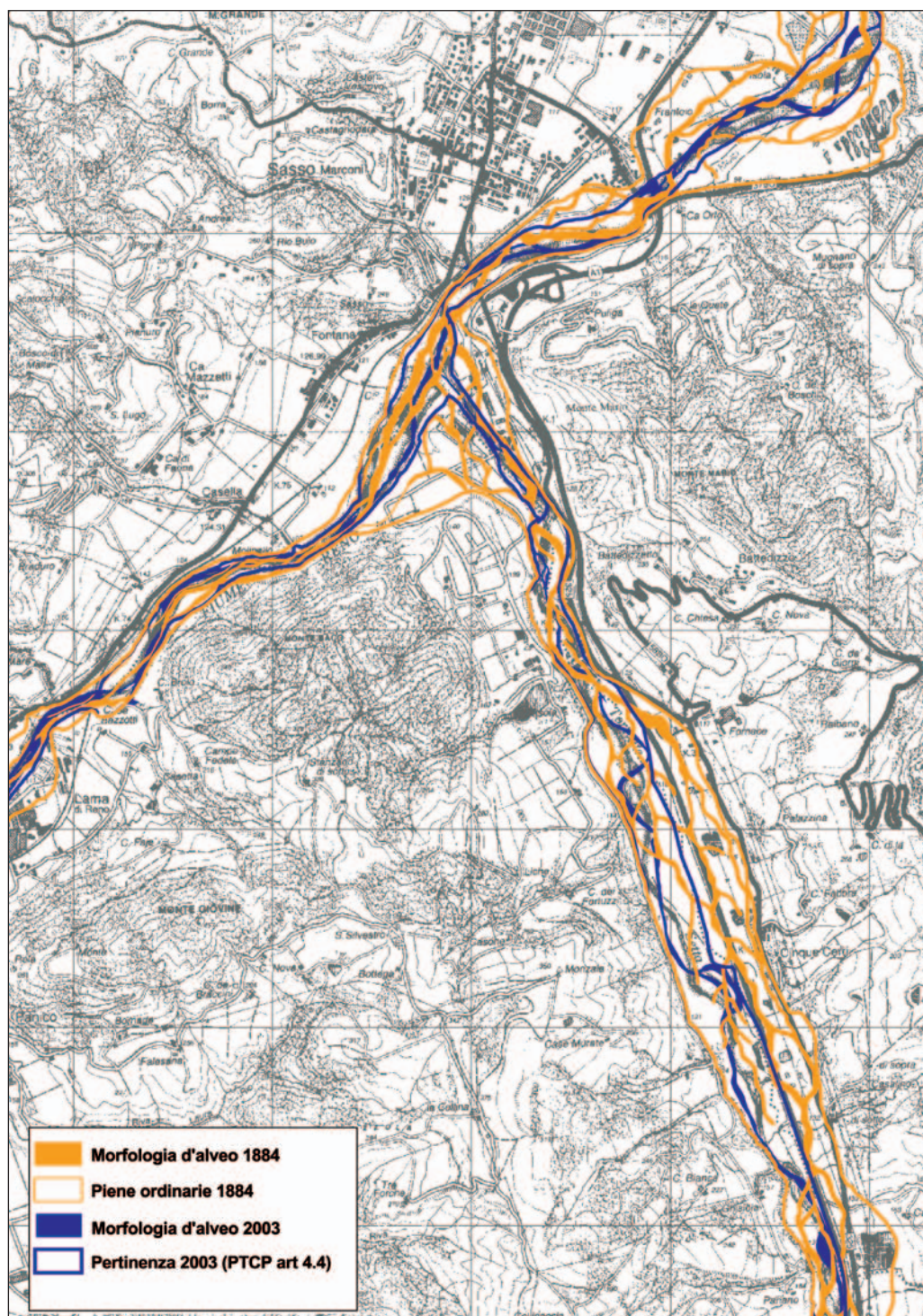


Fig. 3 – Confronto tra le morfologie d'alveo della confluenza Reno – Setta del 1884 e del 2003, ottenute rispettivamente come indicato nella didascalia di figura 2.

La figura 5 mostra i rapporti insediato / fondovalle, per il Comune di Sasso Marconi. L'individuazione delle superfici insediate è solamente topografica sia per il 1884, sia per il 1976 – 79, e quindi è certamente sovrastimata per il 1884 (dimensione degli edifici maggiore della realtà a causa della scala di restituzione cartografica 1:25.000). Le superfici edificate sono state distinte in relazione ai terrazzi alluvionali, ed inoltre alla loro posizione morfologica rispetto l'alveo fluviale. In questo modo si è cercato di confrontare spazi omogenei tra loro, e qualificati

rispetto al loro ruolo idrogeologico, che è simile per molti aspetti (infiltrazione dalla superficie e dai canali, deflusso sotterraneo, effetti filtranti e depuranti sull'acqua, eccetera), ma si differenzia per tipo ed intensità di rapporti con il Fiume.

I terrazzi alluvionali TF1 hanno trasferimento di massa idrica in uscita ed in ingresso, e quindi presentano una connessione biunivoca con il Reno; i terrazzi TF2 hanno connessione solo in quanto cedono acqua al Fiume, ma possono subire un transfert piezometrico in caso siano

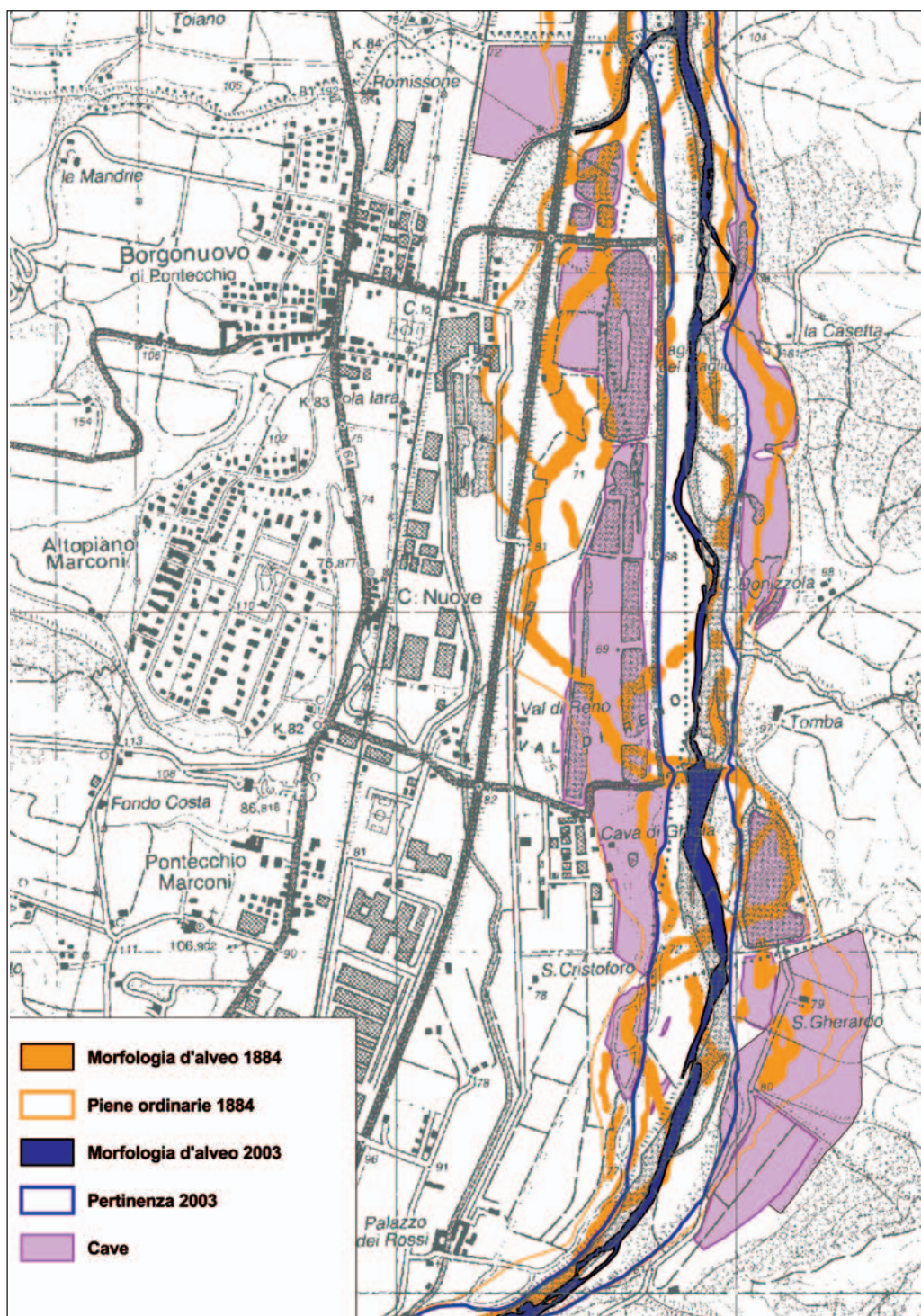


Fig. 4 – Tratto del Fiume Reno corrispondente agli abitati di Pontecchio e Borgonuovo (Comune di Sasso Marconi), evidenziata la posizione delle cave di inerti rispetto la geometria d'alveo del 1884. La base topografica riportata è la CTR in scala 1:25.000.

vicini all'alveo, per onde di piena molto prolungate; i terrazzi TF4 e TF3 hanno solamente transfert di massa rispetto alle alluvioni confinanti.

L'insediamento sui terrazzi fluviali assume diverso peso, in termini di sostenibilità ambientale, a seconda dell'influenza che le costruzioni hanno sulle funzioni idrogeologiche dei depositi alluvionali su cui sono fondate. E' intuitivo immaginare gli effetti che un incremento di occupazione di spazio può produrre, anche solamente in termini di qualità delle acque superficiali e sotterra-

nee, quando da diffuso, diviene compatto ed esteso. Il confronto quantitativo tra le superfici insediate del 1884 (IGMI) e quello del 1979 (CTR), pur con tutti i limiti della restituzione cartografica, offre una misura della trasformazione subita dallo spazio di fondovalle del Reno.

In poco meno di un secolo l'insediamento di fondovalle si è accresciuto enormemente, nell'insieme 15 volte, se si considerassero anche le infrastrutture, si raggiungerebbero i tre ordini di grandezza. Ma la stima della viabilità dell'Ottocento appare veramente molto difficile sia

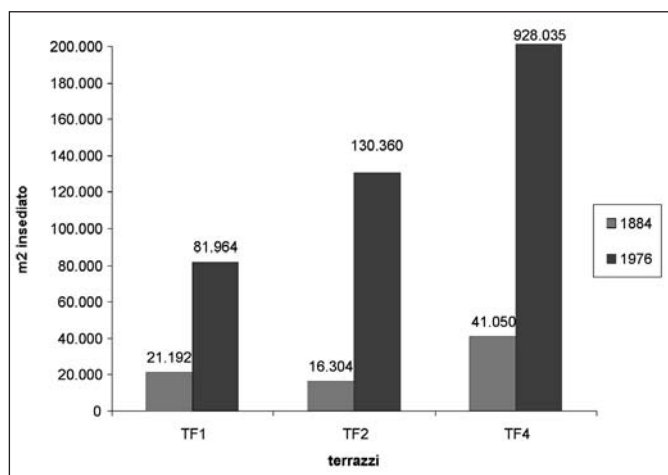


Figura 5 – Diagramma a barre che rappresenta la superficie insediata, nel computo è esclusa la viabilità, come risulta nella topografia del 1884 e nella CTR degli anni Settanta. Il confronto è stato fatto per i terrazzi alluvionali di fondovalle scomposti secondo la posizione altimetrica e morfologica: TF1 = contigui all'alveo, TF2 = circa 7 metri sopra l'alveo di morbida, TF4 = ben oltre i 12 metri sopra l'alveo di morbida.

per ricostruzione dell'ampiezza di carreggiata, sia per ruolo idrogeologico della viabilità, che non è confrontabile.

Benché la dimensione dell'incremento edilizio non faccia stupire più di tanto, tuttavia, l'effetto che un simile aumento di impermeabilizzazione può avere, se cumulato alla situazione idromorfologica fluviale descritta sopra, appare molto pesante: tempi di corrivazione praticamente ridotti a zero, per buona parte della superficie di fondovalle alluvionale del Comune di Sasso Marconi, in presenza di un restringimento d'alveo del Reno di circa la metà del letto fluviale naturale. (Fig. 5)

La situazione descritta per Sasso Marconi è osservabile, sia pure con documentazione meno dettagliata (tabella 3 e 4), anche per l'alveo più a monte (Comune di Marzabotto) e più a valle (Comune di Bologna), e per il Torrente Idice.

La semplice osservazione della carta topografica dimostra come interi tratti d'alveo del Reno siano stati oggetto di un uso veramente intensivo anche per l'estrazione di inerti pregiati. La figura 4 riproduce una delle maggiori concentrazioni di cave di perialveo dell'intera asta fluviale. Per confronto si è sovrapposto l'alveo del 1884 (assunto come rappresentante delle funzionalità naturali del Reno), a quello interpretato da foto aeree 2001 e dal rilevamento diretto del 2003.

Situazioni analoghe a quelle descritte in figura 4 sono distribuite lungo il Reno sia verso monte (ad esempio il Setta), sia verso valle (Comune di Bologna), la maggior parte delle cave di inerti sono collocate proprio in corrispondenza dell'alveo che risulta attivo almeno fino al 1884.

In conclusione, lo stato idromorfologico del Fiume Reno dimostra che la compromissione delle funzioni ecologiche e morfologiche è tale da aver ampiamente superato

i limiti di tollerabilità del sistema fluviale, ormai da molti decenni. Ciò, naturalmente non significa che <il Reno è perso>, ma invece, che bisogna intervenire con un progetto di riassetto complessivo del Fiume. Un progetto coraggioso ed innovativo che sappia profittare delle situazioni di attuale maggiore degrado (ad esempio i vuoti di cava), per trasformarle in occasioni di recupero delle funzionalità ecologiche del fiume stesso.

La maggiore necessità, che il Reno ha attualmente, è quella di ampliare lo spazio di espansione laterale, la quota di fondo non può, naturalmente, essere modificata, ma l'ampiezza dell'alveo può essere estesa, almeno per lunghi tratti, ad esempio utilizzando i vuoti di cava che ancora oggi bordano per alcuni chilometri il corso del fiume. Occorre ripensare l'intero tratto d'alveo che da monte di Marzabotto giunge al Trebbo di Reno, con modalità unitarie. Occorre un progetto di riassetto che consideri gli aspetti morfologici, idraulici, ecologici, nella prospettiva di accrescere la funzionalità fluviale, tenendo conto che il rispetto delle funzioni naturali del fiume produce effetti benefici all'intero contesto territoriale, cittadini compresi.

L'idea di realizzare un parco "lungo Reno" è senza dubbio un modo per riportare l'attenzione su questo corridoio idrico ad oggi abbandonato. Vorremmo però sottolineare che per la realizzazione di un parco fluviale, che abbia senso, è indispensabile il fiume.

Acque sotterranee

Cos'è accaduto al freatico bolognese?

Gli acquiferi della pianura alluvionale costituiscono l'acquedotto naturale per eccellenza, sono utilizzati da millenni per rifornire d'acqua le comunità umane e le città. Il bolognese non fa eccezione: fino all'inizio del 1900 molte migliaia di pozzi freatici punteggiavano la pianura agricola e si concentravano nei paesi e nella città. L'importanza attribuita alle acque sotterranee traspare dal fatto che la carta delle isofreatiche di Bologna è parte integrante del suo primo Piano Regolatore, le date di controllo delle quote statiche di circa 200 pozzi fanno riferimento al 1901 ed al 1902.

Un controllo eseguito nel 1996 dallo Studio scrivente ha dimostrato che le quote piezometriche nel centro storico di Bologna e verso nord, anche oltre l'Ippodromo, non si sono significativamente modificate, ma appena si esce dall'area urbana storica, e ci si avvia verso le conoidi del Fiume Reno (ovest) e dei Torrenti Savena - Idice (est) la situazione cambia molto.

Verso ovest, all'altezza dell'allineamento Stadio, Malvasia, Zanardi il livello freatico si abbassa precipitosamente e supera i 15 metri di profondità rispetto al piano di campagna nello spazio di poche centinaia di metri. La soggiacenza della falda aumenta da circa -4 metri, ad oltre -28 metri sotto la superficie di campagna. Tutta l'area tra Porta S. Felice e Ospedale Maggiore risente di un

graduale abbassamento della superficie freatica, e a Santa Viola la falda si ritrova tra i -26 ed i -32 metri di profondità.

Verso est, via Pelagio il livello freatico diminuisce bruscamente, più a nord (Policlinico S. Orsola, S. Donino) ricompare a quote relativamente normali, ma verso est, lungo la direttrice Mazzini le quote d'acqua sono assai disturbate e discontinue. Questi dati sono completamente difforni rispetto ai rilievi effettuati all'inizio del secolo.

L'analisi del più vasto contesto idrogeologico delle falde superficiali nella pianura bolognese, derivato dall'analisi di circa 4.000 pozzi a largo diametro, ha consentito di ricavare la carta delle isopieze di figura 6. La prima ricostruzione del campo di moto del freatico bolognese è stata ottenuta nel 1994 (G. Viel, 1995), controllata per condizioni di piena nel 1996, successivamente arricchita di nuovi dati nel 1998 (G.P. Artioli et Al, 1997; G. Viel, 1998) e nel 2002 (G. Viel, S. Sangiorgi et Al, 2003).

Il confronto tra le condizioni di piena e di magra dell'insieme delle falde superficiali è stato possibile solo nella pianura in destra Reno, fin poco oltre l'Idice, su un intervallo temporale di circa 6 anni. L'esito ottenuto mostra come le escursioni siano in genere di entità modesta (attorno o inferiori al metro), i valori negativi maggiori (fino oltre 4 metri) si distribuiscono lungo il Reno (Castel Maggiore, Calderara, Sala Bolognese), e tra Bentivoglio e Minerbio (Cà de Fabbri). Anche al confine orientale del Comune di Budrio si sono rilevate tendenze ad escursioni molto forti (anche maggiori di 2 metri), qui però la falda superficiale è confinata e questi abbassamenti sono da connettere ad eccessivi prelievi locali.

Il campo di moto della falda superficiale risulta fortemente condizionato dalla presenza di 3 ampie aree, in cui il freatico è depresso fino alla sua scomparsa, che contengono i 5 maggiori campi di sollevamento dell'acquedotto bolognese. Ai margini settentrionali di queste 3 aree di abbassamento freatico si assiste all'inversione del senso di moto naturale delle acque sotterranee: sono dirette dalla pianura verso l'Appennino!

L'area di depressione freatica con la maggiore estensione (38,7 kmq) è allungata in corrispondenza del letto del Fiume Reno, proprio ove ci dovremmo attendere i massimi piezometrici derivanti dalla ricarica subalveo del fiume. Dentro quest'area sono localizzati i tre maggiori centri di sollevamento per l'acquedotto bolognese (centrali di Borgo Panigale, Tiro a Segno, S. Vitale) che prelevano, secondo necessità, 35 ÷ 45 milioni di mc/anno (Mm³/a). Si tratta di pozzi profondi anche oltre 400 metri, attivi dall'inizio degli anni Sessanta ed entrati a pieno regime nella prima metà degli anni Settanta, impermeabilizzati fino circa alla quota di 80 - 100 metri dal p.c., quindi l'acqua sollevata proviene da falde profonde, certamente confinate contenenti acqua di ottima qualità.

Le altre due aree, assai più piccole, insistono attorno ai campi pozzi di Fossolo (circa 5 kmq) e di Mirandola (10,5 kmq) collocati nei conoidi sabbiosi dell'Idice -

Savena. Si tratta ancora di centri di sollevamento per l'acquedotto bolognese, con prelievi esclusivamente da falde salienti profonde, però di minore entità attorno ai 5 milioni di mc/anno (Mm³/a) ognuno, la cui attività inizia più tardi, tra il 1974 ed il 1980.

Stando alle interpretazioni geologiche, oggi più accreditate, non dovrebbero esserci rapporti tra falde superficiali e profonde, eppure l'anomalia della freatica, in particolare del Reno, è di una evidenza tale da non dare adito a dubbi sulla causa che la determina. Inoltre la storia recentissima di progressivo approfondimento dei pozzi a largo diametro (spesso scavati a mano), culminata nella scomparsa definitiva del freatico, ha ancora testimoni viventi e molto "irritati" tra i cittadini dei Comuni interessati. Cos'è accaduto al freatico bolognese? Il prelievo di acque sotterranee è eccessivo, la cosa è nota da molti decenni. Esiste dal 1976 la Rete Regionale di monitoraggio dei pozzi profondi, la serie dei controlli stagionali fornisce preziose informazioni sull'evoluzione dei livelli dinamici dell'insieme delle falde salienti, sulla qualità delle acque, eccetera. Questo importante strumento di conoscenza e controllo, il primo ad essere istituito nel contesto nazionale, ha consentito il controllo completo e continuo della evoluzione idrogeologica regionale.

Le isolinee della soggiacenza riportate in figura 7, derivano dalla ricostruzione ottenuta estrapolando, con il classico metodo Kriging, le quote dinamiche medie annuali dei pozzi profondi della rete di controllo regionale. La figura riporta l'esito ottenuto dalla proiezione dei dati di due anni: 1983 e 1996. La configurazione del 1996, confrontata con le ricostruzioni regionali (AA.VV., 2002; AA.VV., 2003) dimostra che la situazione del bolognese, ed in particolare del conoide del Reno, non si è sostanzialmente modificata in questi ultimi 6 anni.

La scelta di plottare le soggiacenze del 1983 è dovuta al fatto che questo è l'anno in cui gli effetti dell'eccessivo prelievo hanno costretto a rivedere le proporzioni relative degli approvvigionamenti. Sono stati significativamente aumentati i prelievi dalle acque di superficie (Setta), e diminuiti quelli da falda. Il 1983 quindi rappresenta la soggiacenza dell'insieme delle falde profonde in regime di continuo (oltre 15anni) aumento dei prelievi, come si può verificare dai diagrammi di figura 8. Le spezzate di figura 8 sintetizzano le variazioni dei prelievi dal 1969 al 1996, suddivise per fonte di approvvigionamento, e consentono di verificare l'evoluzione dei prelievi, per ogni stazione di sollevamento.

Le isolinee di figura 7 mostrano la variazione geografica della soggiacenza (espressa in metri dal p.c.) nel cruciale intervallo temporale in cui si assiste al progressivo aumento d'uso di acque di superficie e diminuzione di sollevato (fig. 8). Tra il 1983 ed il 1996: migliorano Castel Maggiore, che passa da circa -27 metri a circa -20 m, e Budrio da -20 a -15, ma peggiorano Ozzano (centro di pompaggio di Mirandola) da -25 a -35, e Fossolo da circa -30 a -40. Nell'insieme migliora la situazione occi-

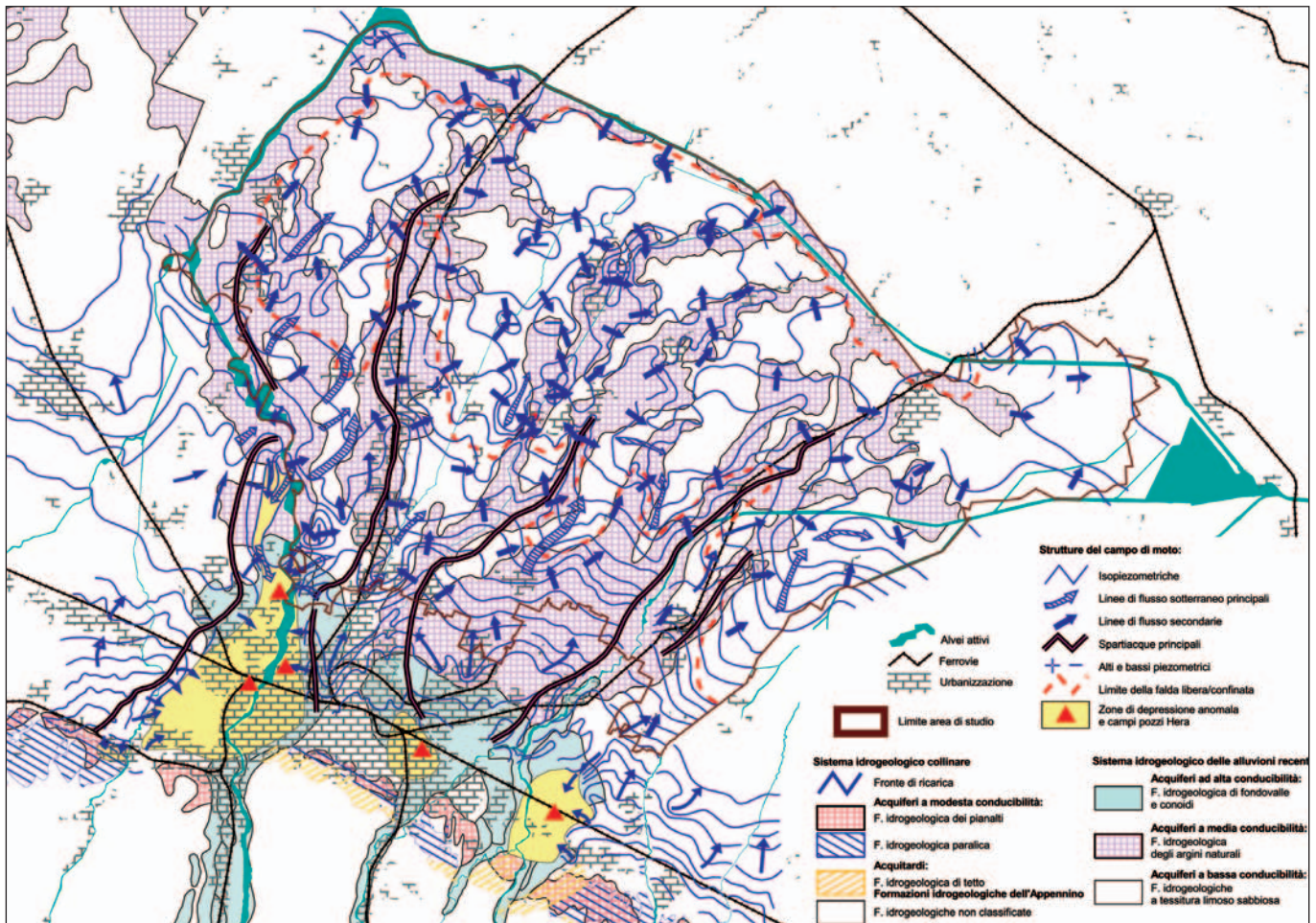


Fig. 6 – Modello idrogeologico schematico della pianura bolognese. Il campo di moto è riferito al freatico dell'alta pianura ed all'insieme delle falde più superficiali della media pianura.

dentale (Reno), ma peggiora la situazione orientale (Idice). Se si osservano i dati disaggregati di figura 8 se ne comprendono i motivi: la diminuzione di prelievo si concentra alla centrale "Tiro a Segno", ma va a regime il centro di Mirandola.

Ciò che più colpisce, nella figura 7, è la grande area di forte soggiacenza corrispondente agli apparati deposizionali del Reno, e del Lavino (oltre -70 metri). Si tratta di un immenso territorio corrispondente ai Comuni di: Bologna (pianura ovest), Zola Predosa (pianura), Anzola, Calderara, Castel Maggiore (interamente), Casalecchio (pianura), Sala Bolognese, Argelato, Bentivoglio, S. Giorgio di Piano (in parte). È il cono dinamico prodotto dal prelievo delle stazioni di pompaggio HERA.

Le geometrie della soggiacenza piezometrica dinamica del 1996, lungo il margine dell'Appennino (fig. 7) evidenziano le zone di ricarica e la loro influenza:

- in corrispondenza dell'apice del conoide del Reno un "muro convesso" sottolinea che la ricarica naturale esiste, ma è insufficiente a coprire il richiamo del cono prodotto dai campi pozzi. L'area di depressione del freatico denuncia anche le connessioni più superficiali tra le conoidi del Reno e del Lavino;

- il conoide del Lavino ha minore potenzialità di ricarica, anche se la figura non riporta correttamente il "muro" formato dalle isolinee in corrispondenza dell'apice di questo conoide;

- il minimo di soggiacenza di Zola Predosa (-75 m) è determinato anche dalla presenza di un pozzo HERA posto proprio nel pedecollina, che preleva nell'acquifero delle Sabbie Gialle;

- verso ovest (Crespellano), ed in corrispondenza del centro storico di Bologna, il margine appenninico si comporta come un limite passivo, segno di scarsa ricarica naturale. Più ad ovest il Samoggia opera una ricarica tale da compensare il richiamo, ormai marginale, del cono di depressurizzazione del Reno;

- all'apice del conoide del Savena i prelievi operati più a settentrione paiono compensati dalla ricarica naturale, almeno fino alla via Emilia, ove la soggiacenza indica un locale cono di richiamo;

- tra S. Lazzaro e Ozzano, lungo la via Emilia si evidenzia una depressione piezometrica (-45) la cui base ha forma ellittica, con asse di oltre 6 km di lunghezza;

- infine, fuori figura, le notevoli zone di ricarica del Sillaro e del Santerno, e tra queste una deformazione negativa,

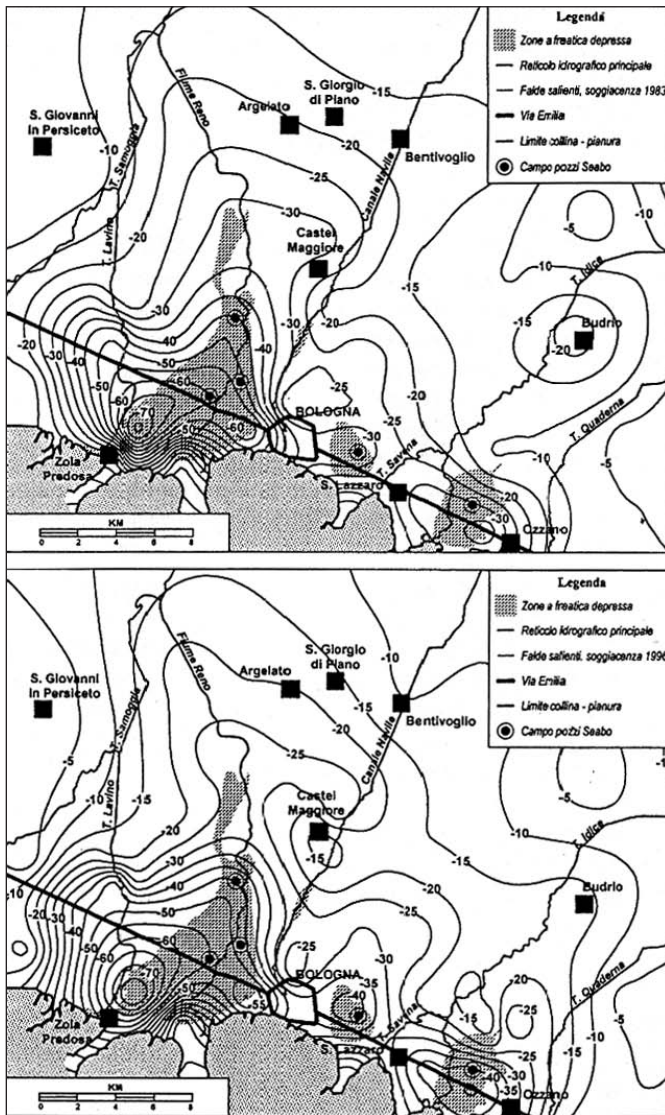


Fig. 7 - Ricostruzione della soggiacenza delle falde salienti (profonde) per il 1983 e per il 1996, tratta dalle quote dinamiche della rete di controllo Regionale.

di dimensioni ancora modeste nel 1996, in corrispondenza di Toscanella, ma si accrescerà nel tempo. Nella medesima figura 7 sono riportate, per confronto, anche le aree di anomala depressione del freatico, la coincidenza con le deformazioni piezometriche denunciate dalle soggiacenze del livello dinamico delle falde profonde è completa ed inequivocabile: altroché impermeabilizzazione e cementazione della camicia dei pozzi, altroché acquitardi continui a dividere gli acquiferi utili. L'insieme delle falde bolognesi è insediato in un acquifero monostrato, avevano pienamente ragione gli idrogeologi di un tempo, la stratigrafia di sottosuolo è bella, utile per comprendere, ma le connessioni tra gli acquiferi sovrapposti (fughe e drenanze) sono distribuite con forte incidenza nell'alta pianura, e sono presenti anche nella pianura media.

Così accade che quando la quantità d'acqua prelevata dalle falde confinate profonde è molto superiore al tasso di rinnovamento, gli acquiferi si depressurizzano violentemente, e tendono, per compensare il "deficit", ad aumentare la superficie destinata alla ricarica utilizzando anche le aree di fuga tra acquiferi sovrapposti.

temente, e tendono, per compensare il "deficit", ad aumentare la superficie destinata alla ricarica utilizzando anche le aree di fuga tra acquiferi sovrapposti.

La risposta regolatrice

In condizioni naturali gli acquiferi più profondi sono sede di falde dotate di pressione maggiore, e quindi sono impenetrabili dalle acque delle falde poste più in alto, sono cioè "invulnerabili", l'eventuale presenza di fughe per drenanza consente il riequilibrio dei potenziali presenti (transfert di energia), con eventuali passaggi d'acqua dal basso verso l'alto. Il prelievo d'acqua dalle falde profonde provoca la spontanea attivazione della "funzione regolatrice" dell'insieme idrogeologico insediato nei sedimenti porosi: l'inversione del senso di drenanza nelle zone di "fuga" tra gli acquiferi, dal superiore verso l'inferiore.

La depressurizzazione degli acquiferi più profondi è stata così forte da indurre questi processi ad interessare la falda libera di superficie, giungendo a prosciugarla completamente nelle tre zone indicate nella figura 6. Esistono anche forti sospetti di processi analoghi,

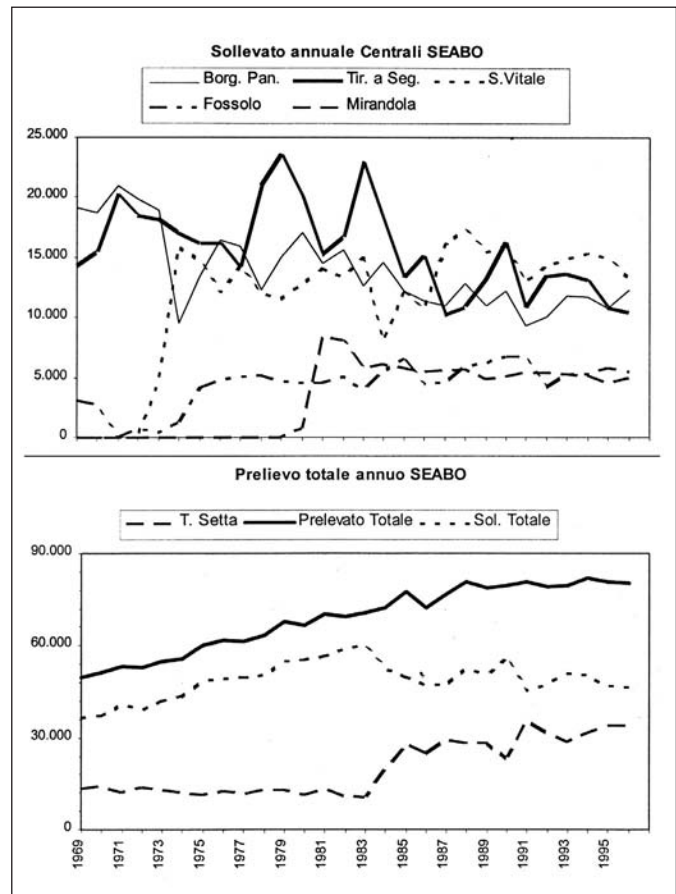


Fig. 8 - Diagrammi quantità - tempo dei prelievi d'acqua per l'acquedotto bolognese. In alto la ripartizione dei prelievi da falda (sollevato), nelle 5 centrali di pompaggio. In basso il confronto tra prelievo totale dell'acqua, derivata dalla superficie (T. Setta), emunta dalle falde, sollevato (Sol. Totale).

attualmente in evoluzione, nella pianura media, a nord di Castel Maggiore ed a Bentivoglio.

Così trovano spiegazione le <falde sospese> riscontrate a Bologna; i livelli piezometrici depressi del freatico sotto il letto del Fiume Reno, proprio in corrispondenza della sua conoide ghiaiosa, tra Casalecchio e Borgo Panigale; il continuo scadimento della qualità dell'acqua sollevata dai pozzi di prelievo idropotabile negli anni, fino ad oggi (superamento dei limiti per i nitrati e organoalogenati).

Gli effetti della depressurizzazione prolungata delle falde confinate si fanno risentire anche nel conoide Savena – Idice, con alcuni anni di ritardo sulla data di avvio del pompaggio. I dati raccolti, elaborati e pubblicati per il periodo 1976 – 1993 da IDROSER (AA.VV., 1993), e per gli anni successivi da ARPA (op. cit.), consentono di verificare l'evoluzione dei livelli dinamici dell'insieme delle falde confinate dei conidi Idice – Savena. È possibile seguire anno per anno la progressione dell'imbuto di richiamo piezometrico dinamico, ad esempio del campo pozzi di Mirandola, proprio perché è entrato a regime nel 1980, quando la Rete di monitoraggio Regionale era già attiva.

L'ampiezza del cono di depressione di Mirandola cresce un poco alla volta, con continuità, dal 1980 al 1982, poi si ha una contrazione (risposta elastica alla diminuzione dei prelievi del 1983), si mantiene fino al 1985, poi dal 1986 al 1988 aumenta ancora, nel 1990 la depressione si amplia decisamente, verso Budrio si apre un nuovo imbuto che si manterrà estendendosi gradualmente fino a superare i 2 km. Nel 1996 l'asse maggiore della depressione di Mirandola è di oltre 6 km (fig. 7). Il confronto con le cartografie pubblicate dalla Regione relative al 1999, permette di sostenere che la situazione non è migliorata.

Il sovrasfruttamento delle falde, dunque, è noto e clamoroso in tutti i suoi aspetti, il deficit idrogeologico (immagazzinamento – prelievi) stimato per la Provincia di Bologna è di - 9 Mm³/a (AA.VV., 2002), il più negativo dell'intera Regione. Temiamo che questa stima annua sia ancora ottimistica, in particolare se riferita all'arco degli ultimi 25 anni: l'acqua prelevata, oltre le possibilità di rinnovamento delle falde confinate, a noi risulterebbe di circa 270 Mm³, e non 225 Mm³. In tutti i casi, *si sono profondamente utilizzate anche le riserve non rinnovabili degli acquiferi confinati bolognesi*, dalla situazione attuale non c'è ritorno "elastico", abbiamo una sola strada: cercare di non danneggiare ancor più il sistema idrogeologico naturale della pianura.

Le prospettive per la Provincia di Bologna, come risultano dalle proiezioni al 2008 del PTA, sarebbero confortanti sia per i consumi alla fonte, praticamente tutti in calo (-19 Mm³), sia per i prelievi (-22 Mm³). Ed in particolare per i prelievi da falda (-14 Mm³), speriamo sia veramente così.

Certamente la situazione, soprattutto quella pregressa, è insostenibile, basti pensare che persino l'applicazione

del deflusso minimo vitale (DMV) per i corsi d'acqua, richiesta dall'Autorità di Bacino per garantire almeno una minima funzionalità ecologica dei fiumi nel periodo estivo (siccità), si prevede comporterà un aumento dei prelievi da falda. Insomma nessuno ritiene si possa risparmiare (o anche tagliare) qualche consumo (industriale, agro zootecnico, turistico – ludico), nessuno ritiene che esista un *limite allo sfruttamento delle risorse di un territorio*. Si tende a presupporre che l'acqua per soddisfare le nostre necessità debba esserci comunque, e se non si torva in superficie ... facile, basta fare un pozzo e tutto è risolto!

Questa malsana abitudine ha prodotto una serie di scompensi ambientali, che poi è impossibile recuperare o compensare, tra questi la subsidenza è certamente il più vistoso e conosciuto. Per le acque sotterranee si è verificato il medesimo sconsiderato assalto alle risorse naturali che abbiamo verificato per le acque di superficie nel paragrafo precedente (Reno e Idice, ma possiamo aggiungere anche il Savena).

Il sottosuolo da' voce alle acque sotterranee

Sono ormai tre decenni (Selli e Ciabatti, 1977; L. Pieri e P. Russo, 1980; C. Elmi e A. Bergonzoni, 1985; G. Borgia et Al, 1995; G. Folloni et Al, 1996; M. Bondesan et Al, 2000; G. Benedetti et Al, 2000; solo per citare alcuni dei lavori pubblicati su questo tema) che si misura l'abbassamento del suolo bolognese (ma esistono serie storiche di oltre un secolo), non c'è nemmeno discussione sulle cause del fortissimo incremento di velocità che ha avuto la subsidenza naturale, siamo tutti d'accordo: l'eccessivo prelievo di acque sotterranee.

L'abbassamento della quota piezometrica delle acque sotterranee provoca l'aumento della pressione effettiva nei sedimenti dell'intera colonna litologica precedentemente satura. Questo aumento di pressione sui livelli a tessitura fine si traduce inesorabilmente in una perdita di volume. Così la subsidenza naturale del bolognese, misurata in circa 2 millimetri/anno per gli ultimi 100.000 anni, passa agli oltre 30 millimetri/anno di Castel Maggiore ed Anzola (ARPA, 2001).

La subsidenza della pianura padana, valutata nell'intervallo 1897 – 1957 (Arca e Beretta, 1985), mostra una situazione relativamente omogenea: basculaggio della porzione orientale (abbassamento della costa e del delta del Po), abbassamento della pianura al margine appenninico centro orientale. Quindi fino agli anni Cinquanta l'area bolognese è ancora inquadrabile nel contesto regionale, con valori equiparabili alla restante pianura padana orientale.

Negli anni Sessanta, con l'attivazione dei pozzi per l'acquedotto dei bolognesi (quasi tutti noi), e con l'incremento di prelievi produttivi (agricoli ed industriali) si iniziano a verificare i forti incrementi nelle velocità dell'abbassamento del suolo. La figura 9 rappresenta il calcolo, per sovrapposizione delle varie mappe di subsidenza

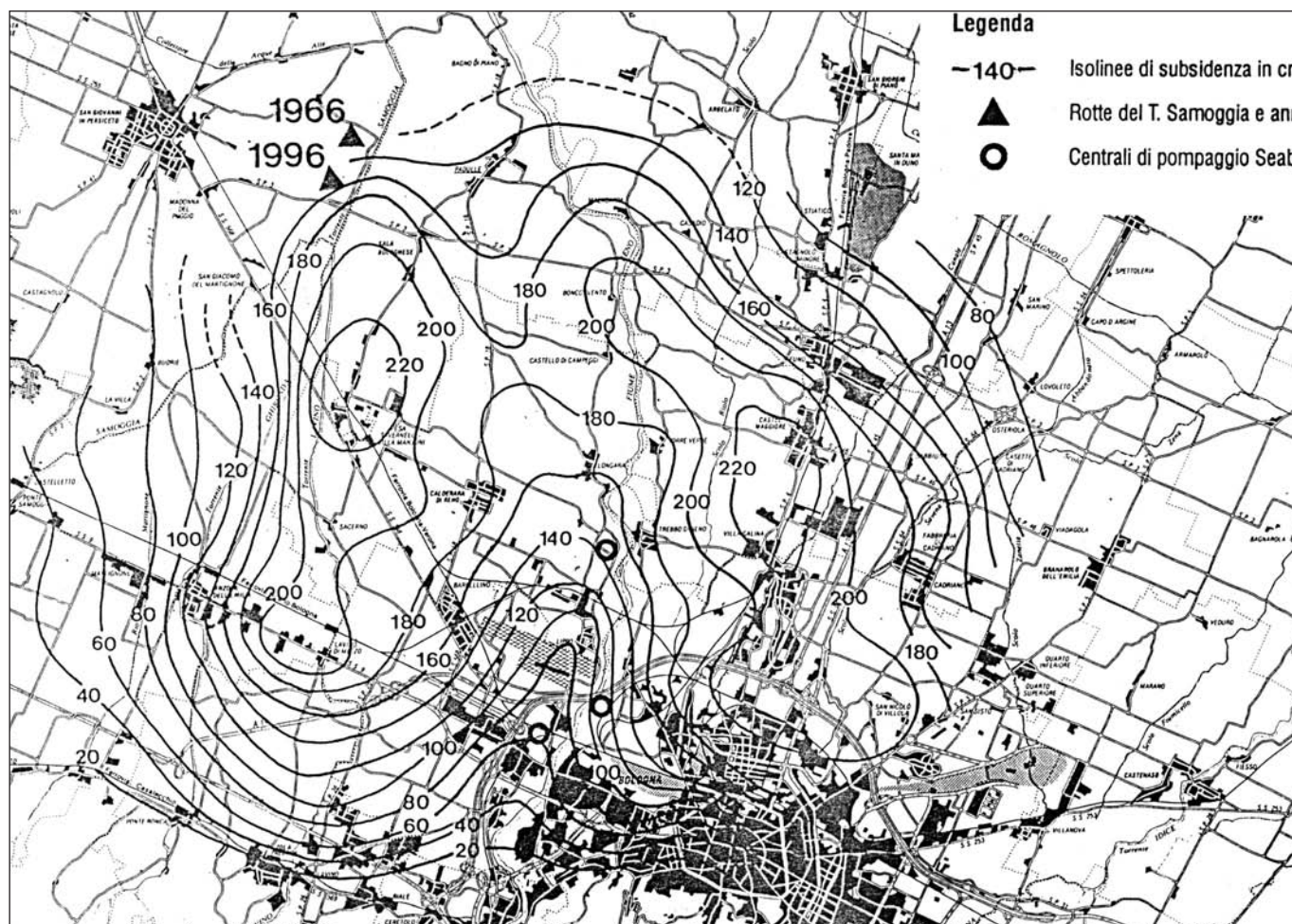


Fig. 9 - Ricostruzione calcolata dell'abbassamento del suolo nell'area bolognese per il periodo 1943 - 1993, ottenuto, con modifiche, dalle pubblicazioni esistenti.

pubblicate ad oggi, dei valori di abbassamento del suolo cumulativi dell'intervallo 1943 - 1993. Il risultato è certamente affetto da errori anche considerevoli (non si è tenuto in alcun conto il lungo e giusto dibattito attorno ai capitali, alle quote di riferimento adottate ecc.), ma l'esito sintetico ci pare giustifichi le approssimazioni.

Di certo una subsidenza di oltre 2,2 metri al 1993, rappresenta un fatto di importanza tale da far passare in secondo piano considerazioni relative alla precisione della misura: la quota esatta è qualche centimetro maggiore o minore. Abbassamenti del suolo dovuti a sovrasfruttamento delle falde preoccupano già quando sono dell'ordine di 60, 70, 100 centimetri! In letteratura è registrata (per il 1920) una subsidenza di 250 centimetri nella Valle di Santa Clara (California) a causa di emungimenti a scopo irriguo. I valori massimi indicati (220 cm) saranno certamente divenuti almeno 260 cm, nel 2005, e questa stima è certamente cautelativa per difetto.

I danni provocati dall'abbassamento del suolo sul reticolo di drenaggio della pianura sono già stati richiamati nel paragrafo delle acque superficiali, i danni prodotti alle strutture degli edifici storici di Bologna sono nelle cronache, i danni indotti sulle reti di collettamento o su specifici rami di fognatura dei comuni della media e bassa pia-

nura sfuggono ad ogni censimento (spesso le contropendenze si risolvono con un bello scolmatore). Potrebbe essere istruttivo avere una valutazione dei costi economici complessivi pagati ad oggi per i guai provocati dalla subsidenza, ma ancor più istruttivo sarebbe proiettare nei prossimi 30 anni i costi della diminuita efficienza degli impianti di sollevamento, del rifacimento di parte della rete scolante della pianura in destra Reno, dell'adeguamento di alcuni collettori e tratti di reti fognanti.

La subsidenza non si arresta neppure dopo la cessazione dei prelievi, anche ammettendo di interromperli ora, l'abbassamento del suolo proseguirebbe ancora per molti anni, attenuandosi gradualmente. Si tratta di un processo dotato di una grande inerzia, per arrestarlo occorre che si instaurino nuovamente condizioni di saturazione simili a quelle iniziali. A Venezia, Ravenna, Modena è continuata ancora per molti anni, oltre una decina, ma in tutti questi casi si trattava di fenomeni di entità molto più modesta.

Per la pianura bolognese, anche facendo l'ipotesi che la diga di Castrola possa costituire una risposta adeguata, si è già detto che occorrono almeno 15 anni: ricerca del finanziamento, rifacimento di parte della progettazione (novità sismiche), risposte amministrative, realizzazione. A quella data si potrà diminuire drasticamente il prelievo da

falda. Poi riteniamo che occorreranno altri 15 anni per giungere ad un'attenuazione significativa della subsidenza nella pianura dei bolognesi (tutti noi). Chi salderà il conto? A noi pare più credibile la tesi di chi sostiene la realizzazione su ampia scala del **"risparmio idrico subito"**, risparmio ottenuto a partire dai più elementari consumi civili (vedi l'esperienza dei riduttori di portata di Bagnacavallo), per finire ai più complessi consumi agro – produttivi (riciclo acque di depurazione, acquedotto industriale, modificazione tecniche irrigue, ecc.).

Ma è vero che la falda superficiale è perduta?

La qualità delle acque delle falde più superficiali non è mai stata monitorata, neppure saltuariamente o localmente. Comunque il dibattito corrente attribuisce alle falde superficiali del bolognese una qualità molto scarsa, come vedremo con giusta ragione. Solo recentemente all'ammissione di scarsa qualità si associa, a volte, la rinuncia alla difesa: "tanto ... la prima falda è persa!".

Bisogna opporsi con forza alla rassegnazione, comprensibile, ma sbagliata, e, per di più, pericolosa. Abbiamo visto come le anomalie del campo di moto del freatico di alta pianura, rappresentate in figura 6, non siano che l'espressione superficiale del sovrasfruttamento delle falde confinate profonde (figure 7 e 8). Abbiamo anche già ipotizzato che il decadimento della qualità delle acque sollevate sia da imputare all'ingresso di contaminanti dalla superficie. La difesa della qualità dell'acqua sotterranea insediata nell'insieme degli acquiferi più superficiali è quindi fondamentale, in particolare in una situazione di cronica depressurizzazione degli acquiferi profondi, come quella descritta per il bolognese.

La Regione Emilia-Romagna, dal 1976, come abbiamo visto, dispone di una efficiente e capillare rete di monitoraggio quantitativo delle acque sotterranee (tuttora in continuo miglioramento) per il rilevamento dei parametri fondamentali (livello dinamico, temperatura, conducibilità elettrica specifica). Più recentemente, a partire dagli anni 1987-88, la Regione ha attivato un monitoraggio qualitativo delle acque sotterranee, con la misurazione di un ampio spettro di parametri fisico-chimici e microbiologici, che prosegue tuttora, a cura dell'ARPA regionale. Questi dati idrochimici, sono però ricavati da campioni che rappresentano la "qualità media" delle acque captate da pozzi anche molto profondi, che intercettano molteplici acquiferi sovrapposti, più o meno comunicanti tra loro. Restano comunque sempre esclusi gli acquiferi più superficiali.

La Provincia di Bologna, nell'ambito delle analisi del Quadro Conoscitivo per il Piano Strutturale in forma associata dei Comuni di Terre di Pianura e Reno Galliera³ (G. Viel e S. Sangiorgi, 2003), ha commissionato la prima indagine

³ Comuni di Argelato, Baricella, Bentivoglio, Budrio, Castel Maggiore, Castello d'Argile, Galliera, Granarolo dell'Emilia, Malalbergo, Minerbio, Molinella, Pieve di Cento, S. Giorgio di Piano e S. Pietro in Casale.

sulla qualità delle acque sotterranee del freatico e degli acquiferi utilizzati più superficiali (entro i 15 metri).

Con la finalità di suddividere le aree di indagine e campionamento secondo criteri idrogeologici, si è utilizzata la geometria risultante dalla ricostruzione del campo di moto del freatico. Gli spartiacque sotterranei sono stati utilizzati per suddividere i bacini sotterranei di appartenenza dei campioni, ed anche per effettuare le correlazioni tra gli esiti puntuali ottenuti. La figura 10 riporta la scansione utilizzata e le denominazioni attribuite alle unità idrogeologiche.

Pur nella consapevolezza che una sola campagna di campionamento non può essere considerata significativa per la ricostruzione di un quadro coerente delle variazioni di qualità delle acque del freatico, tuttavia, riteniamo che questo lavoro possa contribuire a muovere i primi passi per proporre indirizzi di tutela ed a suggerire i primi schemi di politiche di intervento.

Il prelievo di campioni d'acqua è stato effettuato nell'ottobre 2003, in 101 pozzi scelti tra quelli già rilevati nell'agosto dello stesso anno per il controllo della piezometria. La scelta dei pozzi, è stata condizionata da numerosi fattori: il contesto idrogeologico e morfologico dell'area, la localizzazione dei principali nuclei abitati e degli ambiti produttivi consolidati o con potenzialità di sviluppo strategico. La scelta ha tenuto conto anche della facile accessibilità, della presenza o meno di pompa di attingimento e della disponibilità dei proprietari, condizioni che hanno permesso di completare il più rapidamente possibile il lavoro e, pertanto, di mantenere sostanzialmente immutato il contesto idrogeologico del prelievo.

Si è inoltre scelto di avere un maggior numero di punti di controllo nella porzione più meridionale del territorio, in modo da ottenere la migliore definizione della qualità dell'acqua in corrispondenza del freatico, ed anche ove maggiore è la vulnerabilità intrinseca. L'alta pianura è, infatti, caratterizzata da una maggiore densità di insediamenti, ed ancora molto vicina alla cintura produttiva di Bologna città. Il Comune di Bologna è rimasto escluso da questa indagine, anche se certamente il suo territorio di pianura contiene alcune delle porzioni più vulnerate dei maggiori conoidi.

Le analisi su campioni, si sono svolte in parte direttamente sul luogo del prelievo, ed in parte sono state eseguite in studio, con strumenti di laboratorio, entro poche ore dal prelievo. Sono stati misurati i parametri idrochimici indicati dalla legge n. 152/99 tabella 20 come "parametri di base" (allegato 1): Conducibilità Elettrica (EC), Cloruri, Solfati, Nitrati, Ammoniaca, Ferro e Manganese.

Le analisi effettuate al momento del prelievo, sono state eseguite con misuratore portatile (T°, pH, EC), e con fotometro a batteria (utilizzabile in campagna) per l'Ammoniaca. Le misure sono state condotte secondo procedure standard, adottate per ogni prelievo, allo scopo di ottenere dati il più possibile omogenei, e di ridurre il rischio di rilevare parametri fisico chimici falsati. In particolare la temperatura, che esercita notevoli influenze

anche sul pH, sulla solubilità dei sali e sulla conducibilità elettrica, determinando la naturale “stratificazione” chimico-fisica nella colonna d’acqua del pozzo.

Le ulteriori analisi di laboratorio, sono state completate entro 12 ore dal momento del prelievo, effettuate con strumentazione fotometrica, tranne per i Cloruri, determinati invece per titolazione.

Il grado di approssimazione strumentale del misuratore portatile e dei fotometri utilizzati sul campo ed in laboratorio, è variabile per ogni elemento, e comunque il “range” è sempre ampiamente compatibile con le finalità di analisi preliminare e territoriale del lavoro.

Gli esiti relativi ad ogni singolo parametro “di base”, hanno consentito la classificazione chimica delle acque sotterranee per ogni punto di controllo (pozzo) come indicato nella legge 152/99, ovvero secondo le cinque categorie (da classe “0” a classe “4”) definite nella tabella 20. La classificazione complessiva dell’acqua è determinata dal valore di concentrazione peggiore riscontrato nelle analisi dei diversi parametri di base o degli eventuali parametri chimici “addizionali”. Per gli scopi prefissati dal presente lavoro, non sono stati analizzati ulteriori parametri supplementari.

I risultati ottenuti dalle analisi hanno consentito di interpretare la distribuzione nello spazio per ogni singolo para-

metro, attraverso l’elaborazione di curve di eguale concentrazione (isocone). Le isocone sono state costruite mediante calcolo automatico di interpolazione, utilizzando il programma estensione di Arcview “Spatial Analyst”. Per ottenere la distribuzione spaziale, non si è tentata un’analisi geostatistica di “kriging” dei dati di partenza, perché questa tecnica tende a correggere la forte variabilità locale del singolo parametro per ottenere una variabile naturale regionalizzata. Nel nostro caso, invece, è necessario un modello di interpolazione automatico che conservi la “discretizzazione” del dato, al fine di evidenziare le “anomalie”. Infatti, la variabilità idrochimica di campioni provenienti da pozzi freatici a largo diametro, non è dovuta tanto ad errori statistici di misura, ma può essere emblematica di fattori intrinseci “non naturali”, come ad esempio cause di inquinamento, più o meno puntuale, che certamente devono essere evidenziate. Punti o zone caratterizzate da tenori positivi o negativi rispetto alla situazione di contorno, infatti, non possono definirsi soltanto come incertezze puramente statistiche ma, nel nostro caso, possono risultare indicatori di contaminazione.

Successivamente, si è proceduto ad una correzione manuale, ragionata, delle isocone automatiche, per tenere conto dell’ idromorfologia (spartiacque e principali linee di

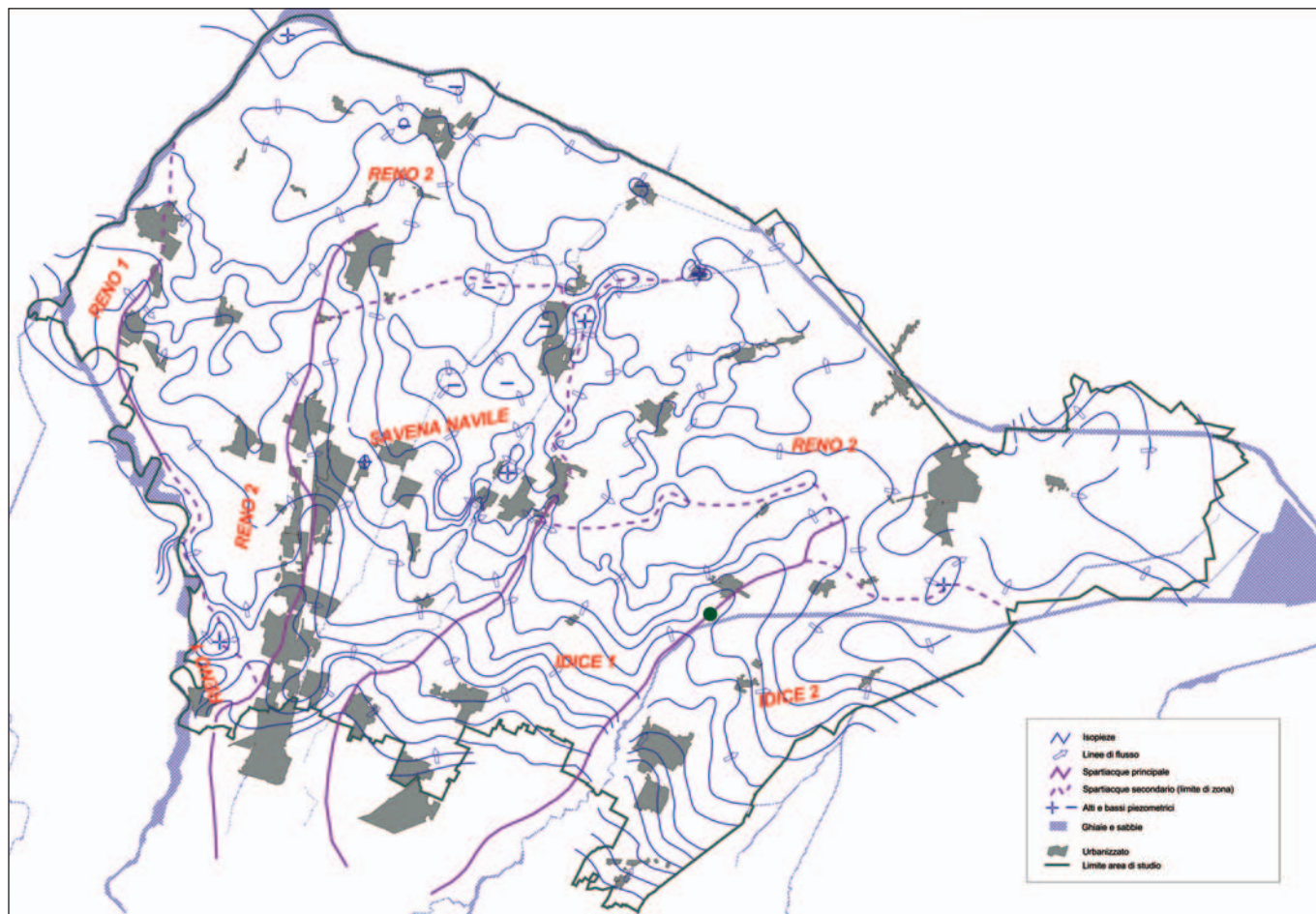


Fig. 10 – Zonizzazione idrogeologica della pianura in destra Reno.

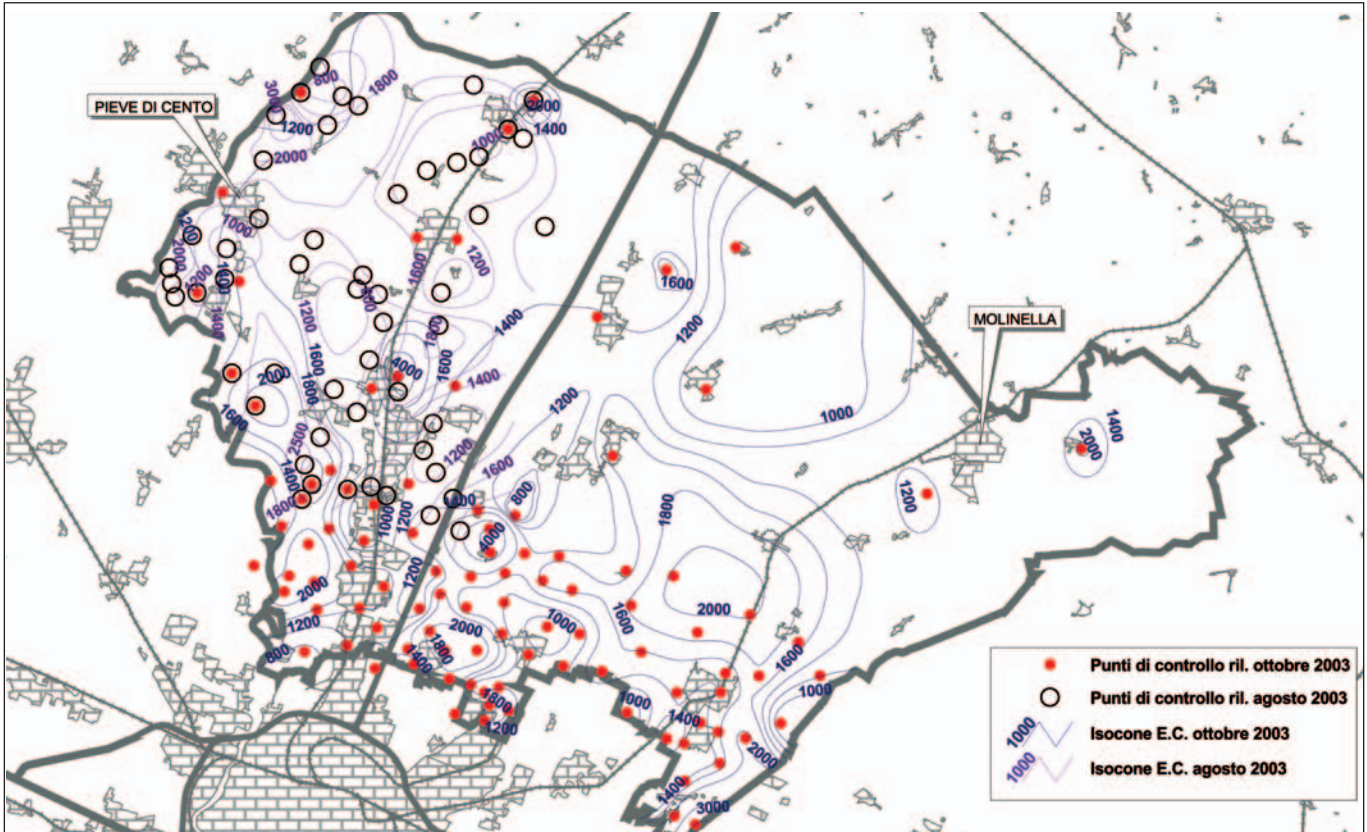


Fig. 11 – Distribuzione della conducibilità (E.C.), rilevamenti di agosto e di ottobre 2003.

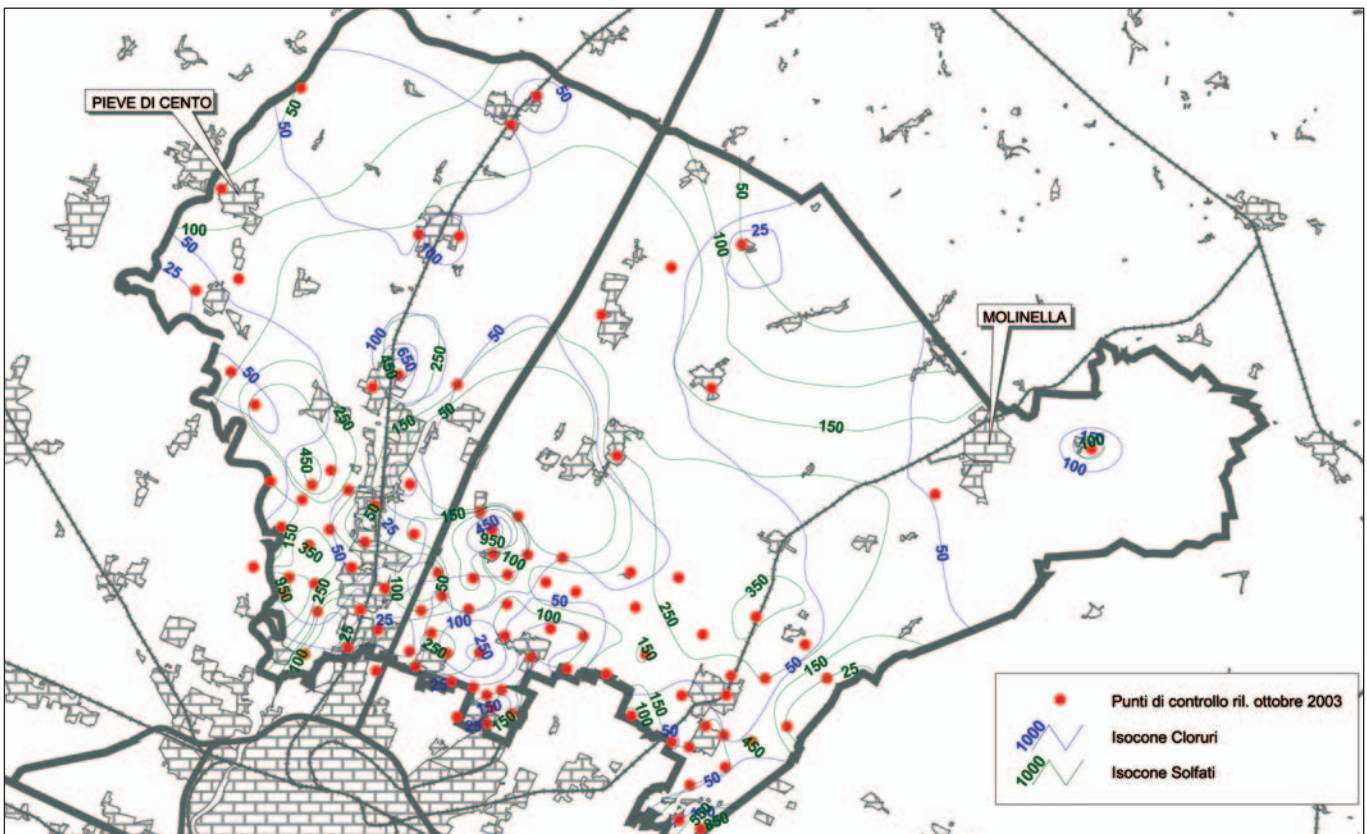


Fig. 12 – Distribuzione dei cloruri e dei solfati, rilevamento ottobre 2003.

deflusso sotterraneo), delle probabili cause di inquinamento puntuale, della differente densità di punti di controllo, etc.

Le figure 11, 12, 13, 14 proposte in questo testo, rappresentano una sintesi grafica delle concentrazioni misurate. La figura 11, riporta le distribuzioni semplificate della conducibilità EC, misurate in due diverse campagne di rilevamento, condotte la prima nell'agosto e la seconda nell'ottobre 2003. I due controlli, hanno fornito esiti molto simili, anche per la costanza delle condizioni meteorologiche nel periodo intercorso. I valori di EC misurati, ricadono sostanzialmente in classe 2 (impatto antropico sostenibile). Solo 4 campioni su 101, ricadono nella classe 4 (impatto antropico rilevante), con probabilità per la presenza di fonti inquinanti puntuali: sia in ambito agricolo, che "a valle" di zone urbane (S. Giorgio di Piano), nella direzione di deflusso della falda. In questo ultimo caso, se si associano anche gli alti valori di Ammoniacca, ottenuti sempre a valle degli insediamenti, si compone un quadro di possibile contaminazione locale dovuta a dispersioni della rete fognante.

La figura 12, riporta invece le distribuzioni dei Cloruri e dei Solfati. Le concentrazioni dei Cloruri, ricadono prevalentemente in classe 2 (88 campioni) ed in minor misura (10 campioni) anche in classe 1 (con impatto antropico nullo o trascurabile). Solo quattro campioni ricadono in classe 4, due prelevati in aperta campagna e due in ambito urbano, a cui sono anche associate alte concentrazioni di Ammoniacca, Ferro e Manganese. Un altro dato significativo è il fatto che tra le prime 10 più alte concentrazioni di Cloruri, sette risultano in campioni prelevati da pozzi entro zone urbanizzate o subito a valle di esse: Prunaro, Quarto Inferiore, Cadriano, Lovoleto, S. Giorgio di Piano a Sud, San Venanzio, Marmorta più a Nord. In altri nuclei abitati (S. Pietro in Casale, Castello d'Argile, Budrio, Funo Z.I.), pur con valori contenuti in classe 2, sono state rilevate concentrazioni più che doppie di Cloruri nei campioni prelevati a valle, naturalmente rispetto al flusso di falda: anche questo risultato, avvala che la probabile contaminazione locale è legata a possibili perdite di liquami fognari. Le minori concentrazioni di Cloruri, sono state misurate prevalentemente nella porzione meridionale dell'area, più densamente abitata, ma anche caratterizzata da falde dotate di maggior ricambio e velocità di deflusso.

La distribuzione dei Solfati ricavata è comparabile alle aspettative teoriche attese, con valori più alti misurati nelle falde freatiche a maggiore ricambio (più ossidate), rispetto agli acquiferi confinati. Gli esiti statistici dimostrano che le saltuarie concentrazioni puntuali possono essere imputate più alle attività agricole che agli insediamenti. Soltanto in due campioni prelevati a valle di Cadriano e S. Giorgio di Piano il contenuto aumenta tanto da rientrare in classe 4.

La figura 13 restituisce le distribuzioni di azoto Ammoniacale e dei Nitrati. Dove esistono condizioni di falda freatica, l'azoto Ammoniacale deve risultare naturalmente

assente. La sua presenza nelle acque sotterranee meno profonde è connessa a fenomeni di inquinamento organico-biologico in atto e ne costituisce un preciso indicatore. L'Ammoniacca presenta dunque il vantaggio di essere un "marker" di contaminazione relativamente puntuale e locale. La presenza di valori alti di Ammoniacca nei pozzi poco profondi, se puntuale, indica contaminazione prossimale, se diffusa, denuncia invece contaminazione distribuita ma sempre molto vicina ai luoghi di campionamento, spesso causata da fuoriuscite di liquami fognari, come dimostrano anche gli alti tenori degli altri parametri associati.

La ricerca ha infatti riscontrato alti valori di azoto Ammoniacale nella parte meridionale dell'area studiata, caratterizzato dalla maggiore densità di urbanizzazione, con ben 14 campioni (su 16 complessivi) attribuibili alla classe 4. Le maggiori concentrazioni sono misurate nei campioni prelevati entro le zone insediate (Granarolo, Z. I. Sud di Castel Maggiore) o subito a valle, con un aumento di Ammoniacca nella direzione di flusso della falda (abitato di Castel Maggiore e Budrio). Altri significativi contenuti di Ammoniacca (ma compresi in classe 2), sono stati misurati nei campioni prelevati entro gli insediati di Cadriano, Quarto, e Cento. Nei campioni d'acqua prelevati più a Nord, le maggiori quantità di Ammoniacca sono state misurate ancora nei pozzi situati entro gli abitati di San Giorgio di Piano e Marmorta (in classe 4) e San Venanzio (classe 2).

La distribuzione dei Nitrati, riportata nella figura 13, dimostra che la maggior concentrazione di questo parametro è rilevata nelle acque della parte Sud del territorio studiato: qui sono misurati tutti i valori compresi in classe 4 (12 campioni). In particolare, i più alti tenori di Nitrati sono stati misurati nei campioni prelevati prevalentemente da pozzi in aperta campagna. Questo risultato, è interpretabile come un significativo segnale di contaminazione connessa alle attività agricole e zootecniche.

Nelle aree insediate, sono stati misurati valori medi più contenuti di Nitrati, comunque presenti: a valle della Z. I. di Castel Maggiore (l'unica concentrazione attribuibile alla classe 4), a Quarto e Cadriano (classe 3, con impatto antropico significativo). Nell'abitato di Funo, la concentrazione di Nitrati aumenta significativamente a valle dell'abitato, pur con valori ancora compresi in classe 2.

Le distribuzioni dei valori di Ferro e Manganese solubili sono riportate nella figura 14. Le concentrazioni di questi due parametri sono risultate molto elevate, in disaccordo con la previsione teorica che indica bassi tenori nelle acque di falde freatiche, più ossidate. Alti tenori di Ferro sono misurati prevalentemente nel territorio meridionale, con 50 pozzi (su 55) attribuiti alla classe 4, mentre le maggiori concentrazioni di Manganese (ben 81 campioni sono classificati in classe 4) sono distribuite in tutta l'area studiata. Interpretare le cause di queste elevate concentrazioni nelle falde sotterranee meno profonde, è difficile e complesso: modeste variazioni nel potenziale di ossido-

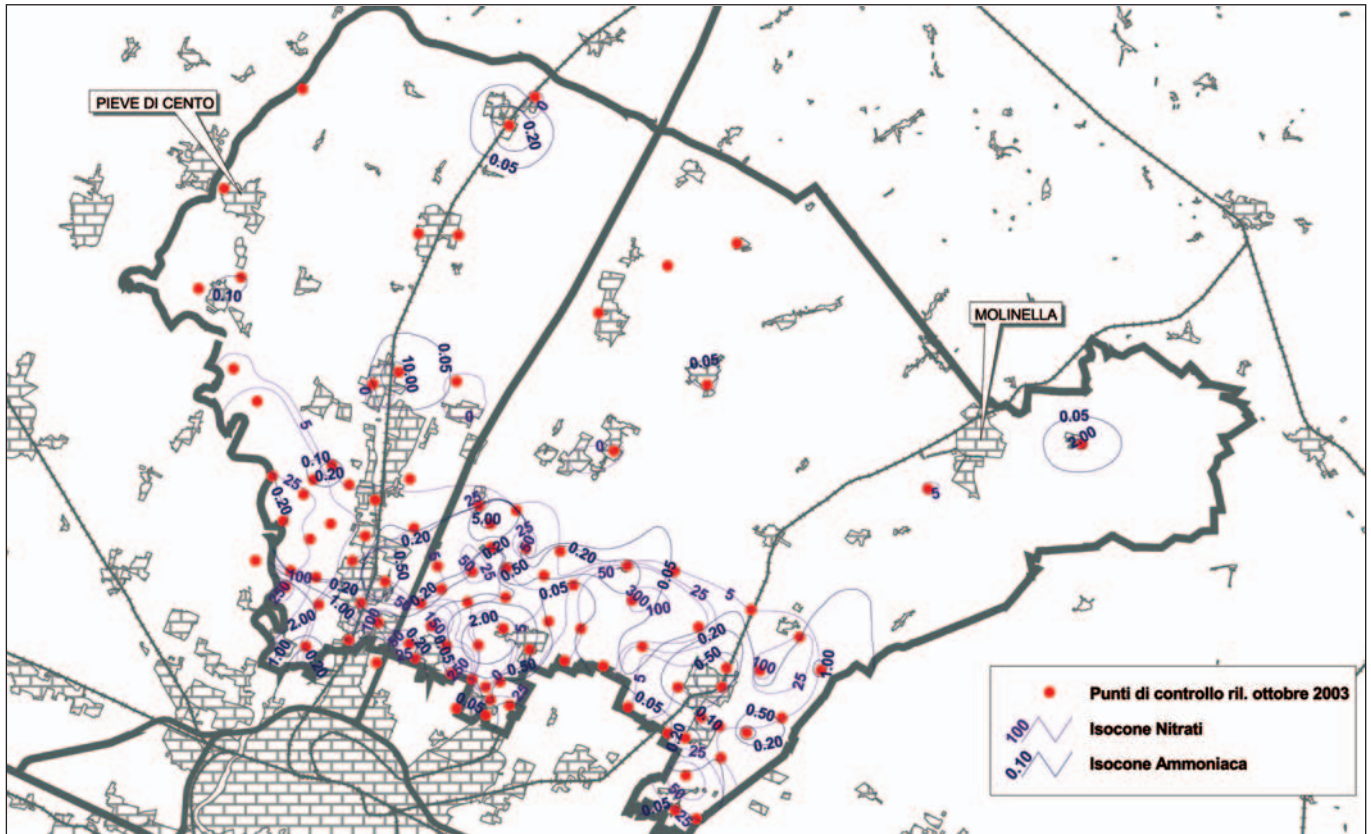


Fig. 13 - Distribuzione dell'ammoniaca, dei nitrati, rilevamento ottobre 2003.

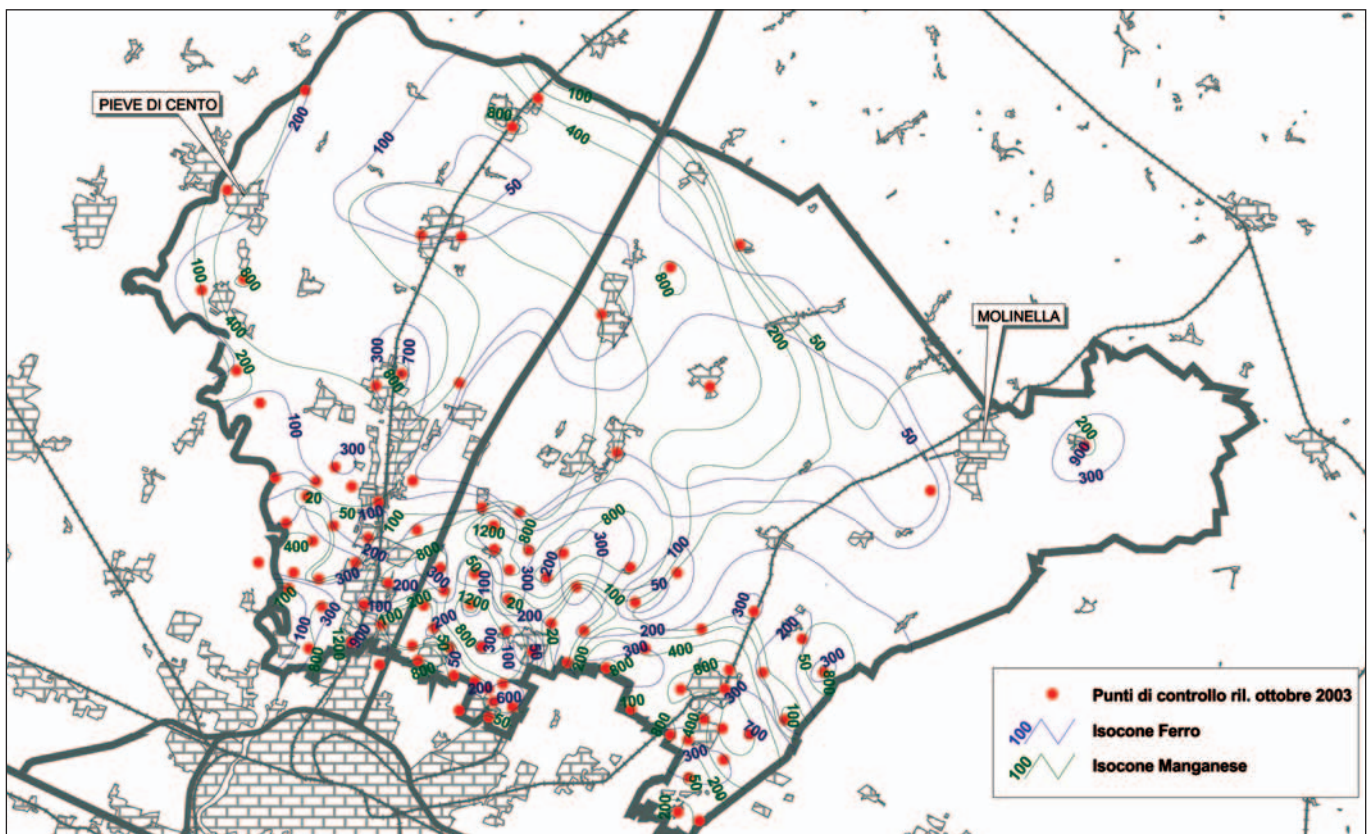


Fig. 14 - Distribuzione del ferro, del manganese, rilevamento ottobre 2003.

riduzione (che non sempre rappresentano il segnale sicuro di eventuali contaminazioni), o di acidità dell'acqua, aumentano sensibilmente la solubilizzazione di questi due elementi.

I risultati delle analisi regionali sulle falde profonde indicano per il bolognese un costante alto tenore di questi due elementi. La loro così frequente presenza anche nelle falde più superficiali, sia libere, sia confinate può rappresentare un parametro naturale connesso a particolari condizioni locali. Per questi casi la 152/99 istituisce la classe zero a rappresentare situazioni contestuali non equiparabili a contaminazioni antropiche.

La conclusione del lavoro di caratterizzazione idrochimica è riassunta nella figura 15, che sintetizza gli elementi analizzati secondo le quattro classi richieste dalla 152/99 e la zonizzazione idrogeologica utilizzata.

La classe 4 (con impatto antropico rilevante) è distribuita in modo compatto nella porzione meridionale, tende a concentrarsi a ridosso di Bologna, ed attorno ai nuclei industriali di tutte le zone idrogeologiche. La classe 4 si rinviene anche nella porzione settentrionale della zona "Reno 2" in prevalenza connessa ai centri abitati e produttivi, in un contesto idrogeologico caratterizzato dalla presenza di acquiferi confinati, anche se superficiali, ed in genere dotati di trasmissività molto modeste. Solamente lungo la destra Reno, dove abbiamo ancora falda libera in acquiferi sabbiosi dotati di conducibilità relativamente alta, la presenza di classe 4, in questi casi, può rappresentare un indice di scarsa qualità delle acque del Fiume Reno.

Nelle due zone Idice, definite da una discreta densità di campioni analizzati, l'estensione delle aree contaminate appare consistente e significativa.

La classe 3 (con impatto antropico significativo) è rappresentata solamente in due zone Reno 2 ed Idice 1, si tratta di campioni, in genere, di transizione tra la classe 4 e la classe 2. È probabile che l'estensione di questa classe sia statisticamente determinata dalla densità di campioni prelevati.

Nell'insieme, oltre la metà dei campioni analizzati sono compresi nelle classi 4 e 3, un esito preoccupante ma non sconcertante se si pensa che in molti casi l'attribuzione alla classe più scadente è determinata da un solo parametro: ad esempio, 21 campioni sono stati classificati in classe 4 soltanto per l'elevato tenore di Ferro o di Manganese. Come abbiamo visto sopra la presenza di questi due metalli è di dubbia attribuzione: potrebbe avere origine naturale. In figura 15 non si è tenuto conto di questa possibilità, poiché manca una chiara dimostrazione delle motivazioni che porterebbero ad una diffusa presenza naturale di Fe ed Mn. I risultati mostrati dalla figura 15 devono pertanto essere assunti con "beneficio d'inventario": la situazione della contaminazione dell'insieme di falde superficiali potrebbe in realtà essere assai meno preoccupante di come risulta.

La possibilità di disporre di una serie di analisi distribuita su più stagioni e su più anni, consentirebbe certamente di avere un quadro più coerente e vicino alla realtà.

L'ampiezza delle aree di classe 2 (impatto antropico ridotto o sostenibile sul lungo periodo e con buone caratteristiche idrochimiche) costituisce, in definitiva, la maggiore estensione del Sistema Idrogeologico delle Alluvioni recenti. Le aree incerte, sono anch'esse, con probabilità, attribuibili alla classe 2.

Da questo quadro, emerge come la falda superficiale abbia ancora ampie possibilità recupero, se si avvieranno al più presto serie politiche di tutela e riqualificazione delle acque sotterranee, ad iniziare dalla zona urbana storica di Bologna e dalla sua cintura produttiva.

Ma è possibile fare qualche cosa?

Abbiamo tentato di restituire, per tasselli incompleti di conoscenza, la situazione del sistema acqua nella Provincia di Bologna, nella consapevolezza di essere ancora lontani dal poter comporre il "puzzle" completo. Lo scopo è quello di provare a "dare voce" all'acqua, ci piacerebbe se alle conferenze di pianificazione, o alle conferenze dei servizi, ci fosse sempre uno scranno vuoto con un grande cartello di prenotazione per l'acqua, un cartello che rammenti a tutti i convenuti, che le acque non possono essere presenti, ma che "ci sono", esistono, hanno le loro esigenze, "i loro diritti", svolgono funzioni essenziali, offrono i loro servizi non solo, ma anche, alla società umana ... insomma che l'acqua siamo anche noi!

Il quadro d'uso dell'acqua che emerge da questa indagine è caratteristico di una società che ha pensato molto le possibilità di sfruttamento della risorsa, e delle sue funzioni, ma assai poco alle conseguenze delle proprie azioni. Benché i comportamenti tenuti nei confronti delle acque non siano certo edificanti, e, per molti versi, l'attuale situazione sia irrecuperabile (assetto Reno, subsidenza, degrado della qualità delle acque profonde), bisogna considerare che il sistema è dinamico, contiene in se la possibilità di rigenerarsi, ed anche di "rifondarsi".

Possiamo quindi pensare, progettare con un discreto grado di consapevolezza, se esiste la volontà di intervenire sul sistema, per recuperare o amplificare le funzioni naturali fino a riportarle ad un grado di efficienza tale da essere accettabili. In questa prospettiva il problema ha le solite due "corni": finanziamenti e tempi o priorità.

Ma esiste la volontà? esiste la consapevolezza dell'importanza di questi interventi, di queste necessità?

La funzione tempo è essenziale, direbbe un tecnico, un esperto idromorfologo, o un ecologo, pensando al tempo in termini di riattivazione delle funzioni del sistema terra-acqua. Ad esempio, tempi relativamente brevi per il recupero di alcune funzioni fisiche delle acque correnti (15 - 20 anni), tempi più lunghi per recuperare la qualità delle acque sotterranee più superficiali, tempi quasi geologici per recuperare la qualità delle acque sotterranee profonde (cioè non più recuperabile). Ma in questa sede si fa riferimento al tempo necessario per attivare le eventuali progettazioni, oppure, meglio, per stabilire le priorità tra le cose da fare. Le azioni da compiere ed i progetti da attivare sono molti,

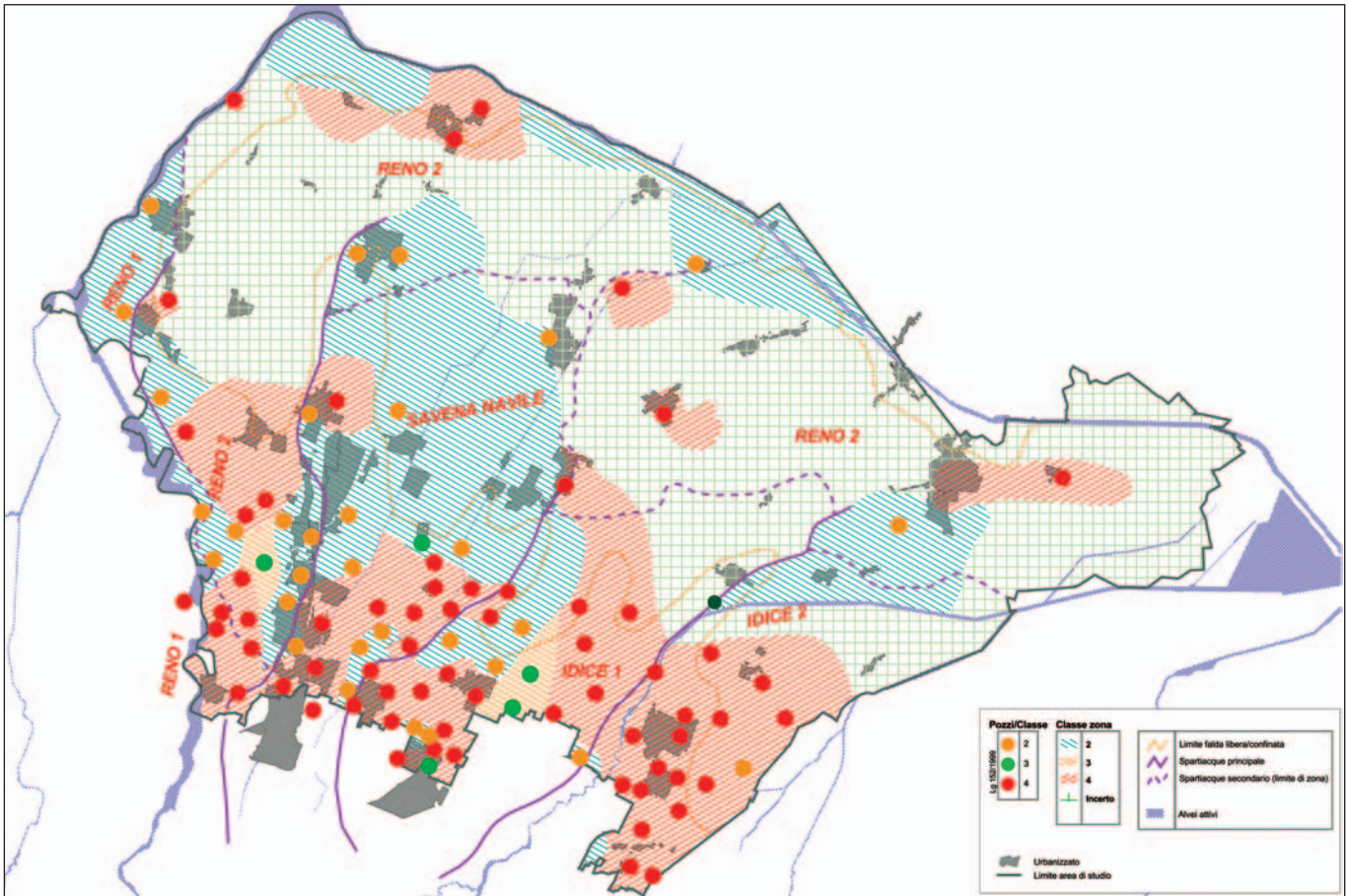


Fig. 15 – Zonizzazione in classi idrochimiche (legge 152/99) delle falde più superficiali della pianura tra il Reno e l’Idice.

a tutte le scale, dall’intero bacino del Reno, al singolo acquaiolo del campo vicino a casa, ciò che occorre in primo luogo stabilire è l’ottica con cui si guarda il problema: bisogna cominciare a considerare gli interventi dal punto di vista del “bene” dell’acqua. Ebbene, una priorità emerge con chiarezza su tutte le altre: **il risparmio idrico**.

Potrebbe essere questo il “titolo” di una politica certamente complessa ed articolata in vari settori, che dovrebbe avere lo scopo di razionalizzare, consumi civili e produttivi, e fonti di approvvigionamento. Una politica che mentre agisce subito ove possibile, ad esempio sui consumi civili (riduttori di flusso e frangigetto ai rubinetti), sappia guardare in prospettiva a diversi piani ed azioni di attuare:

- usi differenziati dell’acqua secondo la qualità idrochimica, quindi soprattutto reimpiego delle acque già utilizzate ad esempio nei cicli produttivi;
- imposizione di reti duali nelle nuove costruzioni, incentivi per gli edifici esistenti con funzioni idroesigenti importanti;
- sostegno delle colture meno idroesigenti, razionalizzazione dei consumi irrigui, come già la Regione sta facendo con discreto successo, magari premiando i comportamenti corretti, anche creando specifici marchi di qualità da immettere sul mercato;
- incentivazioni alla razionalizzazione dei cicli produttivi idroesigenti, progettazione di acquedotti industriali che prelevino acque di riciclo o non pregiate;

- miglioramenti nell’efficienza e gestione degli acquedotti;
- ricostruzione del legame tra popolazione ed acqua: sotterranea (incentivi all’uso del pozzo freatico come risorsa aggiuntiva per usi non potabili), o superficiale (fiume sotto casa), sia culturalmente, sia attuando percorsi partecipativi, anche attraverso la sistemazione di parchi fluviali.

La politica di risparmio idrico ha molte caratteristiche positive:

- si può avviare con costi modesti (riduttori di flusso e frangigetto ai rubinetti) e, incredibile ma vero! ottenere risultati non trascurabili sui consumi civili e potabili, già dal primo anno (10% medio, vedi esperienza di Bagnacavallo, RA). Per la Provincia di Bologna, che ha consumi solo civili pari a 82 Mm³/a, vorrebbe dire almeno 8 Mm³/a. Avremmo quasi coperto il deficit del prelievo da falda, almeno quello dichiarato, senza alcun sacrificio e senza dighe.
- può costituire l’oggetto di una campagna intelligente di sensibilizzazione pubblica e di incentivi alle famiglie, e quindi può avere anche riscontri, culturali e politico amministrativi rilevanti;
- i suoi esiti parziali possono essere monitorati, anche annualmente, con una certa facilità;
- per le azioni più complesse può essere strutturato in fasi successive e realizzato con i tempi di due o più mandati (piani specifici), senza per questo perdere di efficacia anche temporanea nelle sue varie fasi di realizzazione;

La volontà potrebbe esserci, la Regione Emilia-Romagna ha sponsorizzato l'esperienza pilota di Bagnacavallo, e, visti gli esiti molto positivi, ha espresso l'intenzione di diffonderla. Viene da chiedersi dove la Regione dovrebbe effettuare ed incentivare una simile esperienza, se non nella Provincia di Bologna, che ha la situazione più disperata, con le riserve sotterranee ormai già da molti anni al collasso?

La politica di risparmio idrico potrebbe vedere il suo avvio con un accordo istituzionale, i cui soggetti dovrebbero essere Provincia di Bologna, Comune di Bologna, Conferenza Metropolitana, Circondario Imolese, ATO, fondato su tempi di attuazione differenziati secondo gli obiettivi. Ne abbiamo l'intelligenza amministrativa, le capacità tecniche, la cultura popolare (si pensi 20 anni fa alla risposta strabiliante data alla prima raccolta differenziata): cosa aspettiamo?

Al risparmio idrico, o più in particolare, contestualmente alla realizzazione delle strutture di distribuzione idonee per le industrie, agli incentivi per più efficienti sistemi irrigui, occorre associare il **censimento e chiusura dei pozzi artesiani abusivi**. Tutti senza eccezioni. Ed occorre anche rivedere le tariffe di concessione dello sfruttamento delle acque sotterranee, l'Italia ha le più differenziate e basse del mondo: pochi euro per prelievi da falda illimitati.

Il **ravvenamento degli acquiferi** attraverso le zone di ricarica naturali ad esempio lungo gli apici e la parte alta dei conoidi dei corsi d'acqua minori e poco inquinati, può costituire un progetto a parte. Sulla fattibilità e opportunità di realizzazione di questi progetti occorre ancora riflettere ed investigare. Infatti una parte dei sedimenti superficiali insaturi, che ad esempio nelle zone di scomparsa del freatico possono raggiungere spessori di oltre 30 metri, sono o possono essere intrappolati vari contaminanti infiltrati dalla superficie, accumulatisi nel sottosuolo in questi ultimi 20 o 30 anni. Il ritorno alla funzione di ricarica dei corsi d'acqua alimentanti potrebbe mobilitare queste sostanze e trasportarle verso gli acquiferi e le falde sottostanti. Occorre quindi molta attenzione ed un'attenta indagine di fattibilità prima di procedere all'eventuale esecuzione delle opere necessarie per riattivare la ricarica.

L'evoluzione idromorfologica degli ultimi anni ha visto l'approfondimento degli alvei di quasi tutti i corsi d'acqua appenninici. Così i canali si sono isolati dal loro contesto alluvionale di subalveo. Si tratterebbe di attuare piccoli interventi di riassetto artificiale delle quote del livello idrico normale in modo da consentire la riattivazione delle antiche vie di ricarica naturale, oggi per lo più abbandonate. Un approssimativo calcolo, eseguito per alcuni corsi d'acqua provinciali (Lavino, Zena) porta a capacità di ricarica del freatico pedecollinare, assai modeste $2 \div 3 \text{ Mm}^3/\text{a}$, ma i costi da sopportare sarebbero molto modesti: si tratterebbe di qualche soglia di modesta altezza, ed in questi casi la funzione tempo agirebbe a nostro completo vantaggio.

Operazioni di infiltrazione delle acque del Reno nelle sue alluvioni di conoide richiedono un preventivo controllo dello stato della contaminazione delle acque superficiali, e soprattutto dell'insaturo che l'acqua dovrebbe saturare ed attraversare.

Altro progetto specifico può essere il **riassetto idromorfologico del Reno**. Trasformare le condizioni di difficoltà e di costrizione fluviale in opportunità di un nuovo assetto dinamico, ancora ricco di variabilità e di opportunità ecologiche. Questo è il miracolo che ogni corso d'acqua naturale compie dopo piene catastrofiche che determinano modificazioni molto intense del suo letto, delle sponde e dei versanti vallivi. Molti esempi geologici di eventi alluvionali con tempi di ritorno ultra secolari (pre e post wurmiani), sono registrati nei fondovalle e sui versanti alpini, quanti ne abbiamo studiati e visti! Si tratta di una grande lezione che la natura ci offre.

In tutti questi casi il fiume si è preso lo spazio necessario e lo ha modellato secondo le sue necessità. Il Reno non può avere un simile grado di libertà, non glielo permetteremo mai, tanto più in pianura. Oggi però abbiamo visto che l'alveo è molto costretto, abbiamo constatato che le dinamiche hanno una violenza molto grande anche per portate di poco superiori a quelle di piena ordinaria. La proposta, in particolare rivolta ai Comuni rivieraschi, da Castel Maggiore (Trebbio di Reno) e Bologna verso monte fino a Vergato per il Reno e fino a Vado per il Setta, è di avviare un progetto di riassetto dell'asta fluviale che riveda i vuoti di cava anche in termini di completa apertura alle dinamiche fluviali, le possibilità di modificazione o eliminazione delle esistenti opere idrauliche longitudinali obsolete, di ampliamento laterale di quelle trasversali, di modellamento senza asportazione dei terrazzi più bassi e prossimi all'alveo, eccetera.

Un progetto anche solo preliminare, ma unitario, cioè pensato unitariamente per l'intero percorso, senza imposizioni di confini comunali o amministrativi, che valuti l'opportunità di realizzare una o più fattibilità su tratti consistenti d'alveo. Nel medesimo progetto potrebbero avere posto anche considerazioni di attenuazione e compensazione delle tante opere (soprattutto infrastrutture) realizzate in fregio all'alveo, spesso occupandone inutilmente gli spazi ancora attivi. Contestualmente sarà importante prospettare varie soluzioni di realizzazione di un parco fluviale, ma questa volta nella consapevolezza che il fiume, almeno dopo qualche decennio, sarà tra gli invitati alle ricorrenze del parco.

Bibliografia

- AA.VV., 1993 - "La rete Regionale di Controllo delle Acque Sotterranee". Regione Emilia-Romagna, IDROSER, Bologna, dicembre 1993.
- AA.VV., 1999 - "Supporto per il Bilancio del Territorio della Provincia di Bologna", Regione Emilia-Romagna, ARPA, Bologna, revisione II, luglio 1999.
- AA.VV., 2000 - "Relazione Stato dell'Ambiente '99", Regione Emilia-Romagna, Golinelli Industrie Grafiche, Formigine (MO), 2000.
- AA.VV., 2001, - "Misura della Rete Regionale di controllo della subsidenza, misura di linee della rete costiera non comprese nella rete regioanle, rilievi batimetrici", Regione Emilia-Romagna, ARPA, settembre 2001.
- AA.VV., 2002 - "Predisposizione di una analisi di sintesi a livello regionale, sui bilanci idrici, con disaggregazione per gli areali appartenenti alle diverse autorità di bacino", Regione Emilia-Romagna, ARPA, giugno 2003.
- AA.VV., 2003 - "Piano di Tutela delle Acque - documento preliminare", Regione Emilia-Romagna, ARPA, settembre 2003.

- AA.VV., 2005 – “*Relazione Stato dell’Ambiente 2004*”, Regione Emilia-Romagna, Sito Regionale
- S. Arca e G.P. Beretta, 1985, - “*Prima sintesi geodetico-geologica sui movimenti verticali del suolo nell’Italia settentrionale*”. Boll. Di Geodesia e Scienze Affini, V. 44, 2.
- G.P. Artioli, U. Baldini, M.T. De Nardo, M. Farina, A. Palumbo, R. Pignone, C. Tomassetti, G. Viel, 1997 – “*Geologia delle Grandi Aree Urbane*”. Atti del Convegno, C.N.R. e Regione Emilia-Romagna, Bologna, 4/5 novembre 1997.
- G. Benedetti, G. Bitelli, F. Bonsignore, T. Draghetti, M. Uguendoli, A. Zavatti, 2000 – “*Land subsidence in the Emilia-Romagna Region, Northern Italy*”. Land in Subsidence, v. I, pp. 61 – 76, C.N.R., GNDCl, Ravenna 24 – 29 settembre 2000.
- R. Bedosti e F. Sacchetti, 1990 - “*P.R.G. di Sasso Marconi*” -, inedito, depositato presso il Comune di Sasso Marconi.
- M. Bondesan, M. Gatti e P. Russo, 2000 – “*Subsidence in the Eastern Po Plain (Italy)*”. Land in Subsidence, v. II, pp. 193 – 204, C.N.R., GNDCl, Ravenna 24 – 29 settembre 2000.
- G. Borgia, G. Brighenti, E. Mesini, 1995, “*Subsidenza della pianura padano-veneta da produzione di fluidi dal sottosuolo*”, Acque sotterranee.
- G.B. Castiglioni e G.B. Pellegrini, 1980, - “*L’alveo del Fiume Brenta nella pianura tra Bassano e Padova, interpretazione geomorfologica in base alle riprese aerofotogrammetriche degli anni 1966, 1973 e 1979*”, C.N.R., P.F. conservazione del suolo, sottoprogetto Dinamica Fluviale, unità operativa 12, Amministrazione Provinciale di Padova, Istituto di Geografia Università di Padova, SELCA, 1980.
- C. Elmi, A. Bergonzoni, 1985, - “*La geologia dell’area bolognese in relazione al fenomeno della subsidenza*”, INARCOS n. 456, Bologna, 1985.
- M. Farina, G. Viel, M. Peressoni, M. Simoni, G. Gallerani, 1997, - “*Paragrafo 3.4 -La falda superficiale di Bologna-*”, in Viel et al., 1997 (op. cit.).
- G. Folloni, F. Radicioni, P. Russo, 1996, - “*La subsidenza del territorio bolognese dal 1983 al 1993*”, INARCOS n. 571, Bologna, 1996.
- P. F. Ghetti, 1993, - “*Manuale per la Difesa dei Fiumi*”, Fondazione Giovanni Agnelli, Torino.
- M. Greppi, 1999, - “*Idrologia*”, Ulrico Hoepli, Milano
- M. Pellegrini, 1985 – “*Interazioni tra corsi d’acqua e falde idriche: responso idrodinamico e idrochimico dell’acquifero*”, in AA.VV. “*Ecologia dell’ambiente fluviale*”, a cura di P. Manzini e R. Spaggiari, Centro Studi di Biologia Ambientale, Reggio Emilia, 31 maggio – 1 giugno 1985.
- L. Pieri e P. Russo, 1980, - “*Abbassamento del suolo nella zona di Bologna; considerazioni sulle probabili cause e sulla metodologia per lo studio del fenomeno*”, collana di orientamenti geomorfologici ed agronomico forestali, Regione E-R, Università di Bologna, editore Pitagora, Bologna.
- Regione Emilia-Romagna, ARPA, 2000, Carta delle velocità di subsidenza, subsidenza, inedita.
- Regione Emilia-Romagna, 1998, dati della rete regionale di controllo delle acque sotterranee 1976- 1996, (dati ex IDROSER).
- Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, AA.VV., 1997 – geologia di pianura, dati inediti.
- SEABO, 1998, dati relativi ai prelievi dalle centrali di pompaggio e dal Setta.
- S. Sangiorgi, G. Viel, collaborazione G. Zaccanti, 2002 – “*Relazione idromorfologica*”, in <Relazione geologica al Piano di Riqualficazione Industriale di Pian di Macina, Pianoro (BO)>, inedito, Comune di Pianoro, 2002.
- S. Stefanini, G. Catani, 1977 – “*La falda freatica nella pianura di Osoppo e Gemona (Provincia di Udine): idrogeologia e geochemica*” Quad. Ist. Ric. Sulle Acque C.N.R., 34 – I, pp 155-196
- R. Selli e M. Ciabatti, 1977 - “*L’abbassamento del suolo nella zona litoranea ravennate*”, Giornale di Geologia, Annali del Museo Geologico di Bologna, serie II, vol. LXII, fascicolo 1, Bologna.
- N. Sottani, L. Pretto, B. Marcolongo, 1982 – “*Gli acquiferi nella pianura a nord di Vicenza*”, Aziende Municipalizzate di Vicenza e C.N.R., AQ/2/18
- G. Suppino, 1965 – “*Le Reti Idrauliche*”, Patron, Bologna
- K. Terzaghi, R. B. Peck, 1967, “*Soil Mechanics in Engigneering Practice*” (ristampa del 1987), UTET.
- R. Tolle – Kastenbein, 1990, - “*Archeologia dell’Acqua*”, Longanesi & C., Milano
- G. Venturelli, 2003, - “*Acque, minerali e ambiente, fondamenti di geochemica dei processi di bassa tenperatura*”, Pitagora, Bologna.
- G.Viel, collaborazione M. Farina, 1990, “*Depositi Alluvionali Intravallivi*”, in AA.VV. <Piano Territoriale Infraregionale>, Provincia di Bologna, 1990.
- G.Viel, 1990, “*Componenti fisiografiche del paesaggio*”, in <La Tutela dell’Ambiente>, Provincia di Bologna, Edizioni l’Inchiostroblu, Bologna 1990.
- G. Viel, 1995, “*Idrogeologia e morfologia dell’area intercomunale bolognese. Terza approssimazione.*”, relazione e cartografia inedita, Provincia di Bologna, 1995.
- G. Viel, C. Tommasetti, M. Montaguti, G. Frassinetti, 1997, “*Pianificazione ambientale delle aree metropolitane: il bolognese, primi risultati.*”, Nel volume unico <Geologia delle Grandi Aree Urbane>, progetto strategico CNR, CNR - Regione Emilia Romagna, Bologna 4/5 novembre 1977.
- G. Viel, 1998 – “*Acque sotterranee ... terra, e ..., quant’altro*”, *Metronomie*, V. 12, pp. 65 – 89, CLUEB, 1998.
- G. Viel, G. Zaccanti, S. Sangiorgi, collaborazione S. Pignone, 2002 – “*Relazione geologica*”, in <Quadro Conoscitivo del Piano Strutturale Comunale di Sasso Marconi> , inedito, Comune di Sasso Marconi, 2003.
- G. Viel, S. Sangiorgi, collaborazione di L. Bonzi, A. Parisi, 2003 – “*Relazione Geologica*”, in <Quadro Conoscitivo del Piano Strutturale Comunale in forma associata di Terre di Pianura e Reno Galliera>, inedito, Provincia di Bologna.
- G. Viel, 2003 – “*Acque Superficiali*”, in AA.VV “*Riorganizzazione del Sistema Autostradale – Tangenziale del Nodo di Bologna*”. Studio di Fattibilità, inedito, depositato in Provincia di Bologna, 14 aprile 2003.
- G. Viel, M. T. De Nardo, M. Montaguti et Al., 2003 - “*Schema Direttore della Pericolosità Geo-Ambientale*”, Servizio Geologico d’Italia e Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna, 4th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems, Bologna, 17-20 giugno 2003.