

AATO VERONESE
Autorità Ambito Territoriale Veronese

RICOGNIZIONE INFRASTRUTTURE ACQUEDOTTISTICHE, FOGNARIE E DI DEPURAZIONE DEI COMUNI APPARTENENTI ALL'A.T.O. VERONESE E REDAZIONE DEL PIANO D'AMBITO.

RELAZIONE GENERALE

CAPITOLO 3
ANALISI DELL'UTILIZZO DELLA RISORSA IDRICA

Elaborazione:
SGI Studio Galli Ingegneria S.p.A.

<i>REV.</i>	<i>DESCRIZIONE</i>	<i>DATA</i>	<i>EMISSIONE</i>	<i>VERIFICA</i>	<i>APPROVAZIONE</i>
<i>0</i>	<i>Prima emissione</i>	<i>Ottobre 2010</i>	<i>M. Fant</i>	<i>A. Galli</i>	<i>P. Oliveri</i>
<i>1</i>	<i>A seguito osservazioni</i>	<i>Dicembre 2011</i>	<i>M. Fant</i>	<i>A. Galli</i>	<i>P. Oliveri</i>

Indice

1. INTRODUZIONE	5
2. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROLOGICO.....	6
2.1 <i>Inquadramento idrografico</i>	6
2.1.1 Bacini idrografici sottesi	6
2.1.2 Bacino nazionale del Fiume Po: sistema Sarca-Garda-Mincio.....	6
2.1.3 Bacino interregionale del Fissero-Tartaro-Canal Bianco-Po di Levante	7
2.1.4 Bacino nazionale del Fiume Adige.....	8
2.1.5 Bacino nazionale del Brenta-Bacchiglione: sistema Agno-Guà	9
2.2 <i>Inquadramento idrologico</i>	10
2.2.1 Il sistema Sarca-Garda-Mincio	10
2.2.2 Il Fissero-Tartaro-Canal Bianco-Po di Levante.....	13
2.2.3 Il Fiume Adige	13
2.2.4 L' Agno-Guà	14
3. ELABORAZIONE DELLO SCHEMA IDROGEOLOGICO DI RIFERIMENTO.....	15
3.1 <i>Caratteri geologici ed idrogeologici del territorio e suddivisione in unità idrogeologiche</i>	15
3.1.1 Premessa	15
3.1.2 Unità del Monte Baldo.....	15
3.1.3 Unità dei Monti Lessini Occidentali.....	16
3.1.4 Unità del bacino dell'Alpone (Lessini Orientali)	18
3.1.5 Unità morenica del Garda.....	18
3.1.6 Unità dell'alta pianura indifferenziata occidentale.....	19
3.1.7 Unità dell'alta pianura indifferenziata orientale	27
3.1.8 Unità della bassa pianura	27
4. STIMA DELLE DISPONIBILITÀ NATURALI DELLE RISORSE.....	28
4.1 <i>Metodologia di analisi</i>	28
4.2 <i>Stima dei termini del bilancio</i>	29
4.2.1 Apporto meteorico efficace	29
4.2.2 Infiltrazione, afflussi e deflussi superficiali.....	45
4.2.3 Afflusso sotterraneo da rete idrografica.....	45
4.2.4 Afflussi e deflussi sotterranei.....	46
4.3 <i>Sintesi delle disponibilità naturali di risorse idriche nell'ATO</i>	47

4.3.1	Sintesi delle risorse naturali proprie dell'ATO.....	47
4.3.2	Capacità di invaso nei bacini sottesi	56
4.3.3	Sintesi dei deflussi medi superficiali e delle capacità di invaso dei bacini sottesi	56
4.4	<i>Analisi delle criticità in relazione a scenari di crisi idrica quantitativa.....</i>	<i>57</i>
4.4.1	Acque superficiali	57
4.4.2	Acque sotterranee	57
5.	QUALITÀ DELLE ACQUE SUPERFICIALI.....	62
5.1	<i>Stato della qualità delle acque superficiali: definizione dello Stato Ecologico e dello Stato Ambientale.....</i>	<i>62</i>
5.1.1	Introduzione.....	62
5.1.2	Metodologica per la definizione dello stato ecologico dei corpi idrici.....	62
5.1.3	Risultati dei monitoraggi.....	64
5.1.4	Stato Ambientale dei corpi idrici.....	66
5.1.5	Lago di Garda.....	69
5.1.6	Caratterizzazione dei corsi d'acqua perenni di interesse ittico	70
5.1.7	Caratterizzazione dei corpi idrici ricettori di acque reflue.....	74
6.	QUALITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE	76
6.1	<i>Premessa.....</i>	<i>76</i>
6.2	<i>Il monitoraggio della qualità delle acque.....</i>	<i>76</i>
6.2.1	Qualità naturale delle acque	76
6.2.2	Qualità delle acque rilevata dall'ARPAV.....	78
7.	VULNERABILITÀ E RISCHI DI APPROVVIGIONAMENTO DALLE ACQUE SOTTERRANEE	85
7.1	<i>Vulnerabilità degli acquiferi.....</i>	<i>85</i>
7.2	<i>Rischi di approvvigionamento da acque sotterranee</i>	<i>87</i>
8.	FONTI DI APPROVVIGIONAMENTO GIÀ DEDICATE ALL'USO IDROPOTABILE E COMPATIBILITÀ CON LE RISORSE DISPONIBILI	88
8.1	<i>Sintesi sull'uso idropotabile nell'ATO.....</i>	<i>88</i>
8.2	<i>Fonti salvaguardate dal MSA.....</i>	<i>88</i>
8.2.1	Le risorse sotterranee e sorgive.....	88
8.2.2	Le risorse idriche superficiali	91
8.3	<i>Analisi del livello di utilizzo attuale e previsto e valutazione della sostenibilità del prelievo.....</i>	<i>92</i>
8.4	<i>Indirizzi per la ricarica e la protezione delle risorse idriche sotterranee dell'ATO Veronese.....</i>	<i>98</i>
8.4.1	Sviluppo delle acque sotterranee.....	98
8.4.2	Protezione delle acque sotterranee	99

9. USO IRRIGUO.....	101
9.1 <i>Uso irriguo nell'Alta pianura Veronese</i>	101
9.2 <i>Confronto tra usi irrigui in atto nell'alta pianura e le portate medie riservate dal M.S.A.</i>	101
10. PROGRAMMA GENERALE DI SFRUTTAMENTO	103
11. APPROFONDIMENTI CONOSCITIVI E STUDI DI DETTAGLIO	106

ALLEGATI

1. Schema idrogeologico dell'ATO Veronese
2. Carta delle stazioni di campionamento per la realizzazione della Carta Ittica della Prov. di Verona
3. Schede della qualità dei corpi idrici (dalla Carta Ittica provinciale)
4. Carta delle fonti dedicate dal Modello Strutturale degli Acquedotti nell'ATO Veronese (1:250.000)
5. Tabelle di confronto tra: portate salvaguardate; portate attuali derivate e fabbisogni per macroarea
6. Programma generale di sfruttamento ai fini idropotabili dell'A.T.O. veronese

1. INTRODUZIONE

Nel presente capitolo è stata effettuata una valutazione, a scala regionale, dello stato quantitativo e qualitativo delle risorse idriche attualmente utilizzate a scopo idropotabile nel territorio dell'ATO Veronese, delle risorse disponibili (superficiali e sotterranee), e delle risorse utilizzabili in futuro per il soddisfacimento dei fabbisogni dell'ATO.

La valutazione è stata articolata nelle seguenti parti:

- inquadramento idrografico ed idrologico;
- individuazione delle unità idrogeologiche;
- impostazione di un bilancio idrologico e stima delle disponibilità;
- caratterizzazione qualitativa delle risorse disponibili;
- caratterizzazione delle fonti dedicate dai piani vigenti e verifica della sostenibilità;
- criteri per la definizione di aree di salvaguardia;
- verifica degli usi irrigui;
- proposte di approfondimento.

Il primo passo nello studio del territorio veronese è stata l'individuazione di unità idrogeologiche il più possibile omogenee sulle quali impostare un bilancio del tipo afflussi - deflussi e pervenire ad una stima delle portate e dei volumi di risorsa idrica a scala annuale.

A tal proposito sono stati acquisiti i dati climatici, gli studi idrogeologici e tutta la documentazione disponibile riguardante le risorse idriche superficiali e sotterranee del territorio veronese.

Successivamente è stato effettuato il confronto tra risorse disponibili e risorse impiegate a scopo idropotabile per verificare il grado di sostenibilità di quest'uso privilegiato.

Prima di questo sono stati ripresi i vari studi effettuati che riguardano la qualità delle acque superficiali e sotterranee.

Per la selezione delle fonti strategiche da utilizzare si è fatto riferimento innanzitutto a quelle da salvaguardare previste dal Modello Strutturale degli Acquedotti del Veneto. Per tali fonti è stato effettuato un riesame della sostenibilità del loro utilizzo, sempre a scala regionale.

Infine si sono verificati anche gli usi irrigui tenendo conto dei dati disponibili per i maggiori utilizzatori del territorio dell'ATO veronese, confrontando le quantità di risorse impiegate rispetto sia all'uso idropotabile sia alle disponibilità naturali.

L'ultimo capitolo è dedicato alla formulazione delle proposte riguardo a futuri approfondimenti conoscitivi della configurazione idrogeologica e delle potenzialità delle fonti strategiche. Si ritiene infatti, che quest'ultimo aspetto rivesta particolare importanza al fine di assicurare nel tempo, la disponibilità di risorse idropotabili idonee in quantità e/o qualità nonché in affidabilità.

2. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROLOGICO

2.1 Inquadramento idrografico

2.1.1 *Bacini idrografici sottesi*

Nel territorio dell'ATO Veronese ricadono estese porzioni dei seguenti bacini idrografici di interesse nazionale ed interregionale:

- bacino **nazionale del Fiume Po** relativamente al sistema Sarca-Garda-Mincio;
- bacino **nazionale del Fiume Adige**;
- bacino **interregionale del Fissero-Tartaro-Canal Bianco-Po di Levante**;
- bacino **nazionale del Brenta-Bacchiglione** relativamente al sistema Agno-Guà.

Le caratteristiche di tali bacini sono riassunte nei paragrafi seguenti.

2.1.2 *Bacino nazionale del Fiume Po: sistema Sarca-Garda-Mincio*

Idrografia

Il bacino del Sarca-Garda-Mincio si estende su una superficie complessiva di poco più di 3000 km²; di questi 1048 km² sono di pertinenza del bacino del Sarca, 1182 km² di quello del Garda (inclusa la superficie del lago) e 775 km² del bacino del Mincio. Il bacino idrografico del lago di Garda, chiuso alla sezione di imposta dell'opera di regolazione (diga di Salionze) e più precisamente a Monzambano, pochi chilometri a valle di Peschiera, ha una superficie di km² 2350 (2230 km² a Peschiera).

Dopo il lago di Garda, a Peschiera, inizia il f. Mincio, il quale supera con un corso tortuoso l'anfiteatro morenico del Garda, segnando in parte il confine tra le province di Verona e di Mantova, e attraversa quindi la pianura mantovana, scorrendo prima a sud e poi a sud-est.

Dal punto di vista dei confini amministrativi il Sarca ricade nella Provincia autonoma di Trento, il Garda nelle provincie di Trento, Verona e Brescia e il bacino del Mincio in quella di Mantova.

Caratteristiche generali del lago di Garda

Il lago di Garda, o Benaco, chiuso alla diga di Salionze-Monzambano, ha un bacino imbrifero di 2350 km², di cui 29,5 km² occupato da ghiacciai, con altitudine media di 980 m s.m., massima di 3358 m s.m. (cima Presanella) e minima di 63,98 m s.m.

La superficie dello specchio liquido è di 366,7 km² con riferimento all'isoipsa 65 m s.m. (corrispondente a + 0,87 sullo zero idrometrico di Peschiera a Porta Verona).

La profondità massima è di 350 m (tra Gargnano e Magagnano); il punto più profondo si trova quindi a 285 m sotto il livello del medio mare. Il lago di Garda costituisce la maggiore criptodepressione italiana, formatosi nell'era neozoica occupando la depressione ultraescavata da un ramo secondario del ghiacciaio dell'Adige entro una frattura tettonica del Miocene.

La larghezza massima è di 16.000 m e la lunghezza massima di 52.000 m. La lunghezza della costa è di 165 km.

Il volume dell'acqua contenuta alla suddetta quota è di 49.030 milioni di metri cubi.

Il tempo teorico di ricambio, ottenuto dal rapporto tra il volume del lago e la portata media annua dell'emissario, è pari a 26,6 anni.

Il rapporto tra l'area del bacino imbrifero e l'area del lago è pari a 6,1 ed è il più alto rispetto all'analogo rapporto relativo agli altri bacini lacustri dell'Italia settentrionale; ciò rende ragione dell'elevato potere regolatore del lago di Garda e delle eccellenti caratteristiche di utilizzazione delle sue acque.

2.1.3 *Bacino interregionale del Fissero-Tartaro-Canal Bianco-Po di Levante*

Idrografia

Il bacino interregionale Fissero-Tartaro-Canalbianco-Po di Levante si estende nel territorio delle Regioni Lombardia e Veneto (Province di Mantova, Verona e Rovigo), sommariamente circoscritto dal corso del fiume Adige a nord e dal fiume Po a sud e ricompreso tra l'area di Mantova a ovest, ed il Mare Adriatico a est. Si tratta di un bacino in parte artificiale, in quanto interessato da cospicue opere di bonifica ed irrigazione.

Il bacino ha un'estensione complessiva di circa 3246 km² (di cui 946 km², nella Regione Lombardia e 2480 km² nella regione Veneto) e una popolazione di circa 615.000 abitanti (di cui 191.500 nella Regione Lombardia e 423.500 nella Regione Veneto).

Il sistema del Fissero-Tartaro-Canalbianco-Po di Levante drena le acque di una porzione dell'area collinare tra Adige e Garda, una vasta area di pianura ed inoltre riceve consistenti apporti dalle risorgive alimentate dall'Adige. In particolare le risorgive tra Mincio ed Adige (zona della conoide pedemontana) danno origine a numerose rogge quali il Naviglio Bussé, il Tregnone, il Menago ed il Tartaro, che, attraversato l'agro veronese, scendono fino alla provincia di Rovigo, ove confluiscono nel Canalbianco. I principali corsi d'acqua naturali di tutto il bacino sono il Tione ed il Tartaro. Il Tione ha origine dagli altipiani di Pastrengo e di Castelnuovo e con un corso tortuoso incide profondamente la cerchia morenica ad Ovest di Custoza ed anche, per un certo tratto, la pianura in cui scorre incassato fin quasi a Villafranca posto in una vasta ed evidente incisione.

Il Tartaro non ha bacino montano; nasce dai fontanili di Povegliano e scorre con un corso tortuoso lungo una depressione naturale fino a Vigasio, dove riceve il Tartarello. Il Menago nasce dai fontanili di Buttapietra e di Cà di David.

Le fondamentali caratteristiche fisiche del bacino possono essere sintetizzate come di seguito:

- 1) territorio pressoché pianeggiante, con ampie zone poste a quota inferiore alle piene del fiume Po;
- 2) presenza di una fitta rete di canali di irrigazione alimentati in prevalenza dalle acque del Lago di Garda. Detta rete ha funzione di bonifica dell'area, allontanando in Fissero-Tartaro le acque di piena;
- 3) presenza nella parte occidentale del bacino dei laghi di Mantova che, secondo il progetto generale di sistemazione del nodo idraulico mantovano, scaricano le loro acque nel Fissero-Tartaro.

Geolitologia

Il bacino presenta tre aree idrologicamente e geologicamente distinte: l'Alto Agro Veronese totalmente ghiaioso; la media pianura, in gran parte sabbiosa, solcata da corsi d'acqua defluenti secondo linee quasi parallele; le Valli Grandi Veronesi ed Ostigliesi, con terreno prevalentemente torboso e di difficile scolo, attraversata dal basso corso del Tartaro.

Procedendo da monte verso valle il suolo si fa meno permeabile e più ricco di terreno vegetale: verso quota 44 m s.l.m. comincia la zona di affioramento delle risorgive, che si spinge fin verso quota 34 per una estensione di oltre 25 km dal Mincio all'Adige, passando per Roverbella, Povegliano, Buttapietra, S.Giovanni Lupatoto in Provincia di Verona.

Opere idrauliche

L'idrografia superficiale della parte più alta del bacino fra Mincio ed Adige è quasi completamente artificiale, essendo costituita essenzialmente dai canali adibiti alle irrigazioni dell'Alto Agro Veronese. Il canale principale preleva dall'Adige a Volargne una portata di 15 m³/s nella stagione irrigua, scorre in destra del fiume ed al Forte di Chievo si divide in due parti: il canale S.Giovanni che si dirige verso S.Massimo, presso Verona; ed il canale di

Sommacampagna che percorre le falde delle colline fin sotto Custoza (Verona), sovrappassa il Tione con pontecanale e va verso Valeggio dove piega a Sud, immettendo le acque sovrabbondanti nel canale raccoglitore che le riporta in Adige.

Un altro importante canale irriguo è la Fossa di Pozzolo. La derivazione si effettua a Marengo in sinistra del Canale scaricatore del Mincio, derivando una portata che varia da circa 17 m³/s d'inverno a circa 23 m³/s nella stagione irrigua.

2.1.4 Bacino nazionale del Fiume Adige

Idrografia

Il F.Adige è il secondo fiume italiano per lunghezza ed il terzo per estensione del bacino imbrifero che si chiude ad Albaredo. La superficie totale del bacino è pari a 11954 km² di cui 1230 km² in territorio della Regione Veneto.

L'Adige è costituito quasi interamente da quattro corsi d'acqua, disposti con simmetria bilaterale rispetto al fiume principale nel tratto da Bolzano a Trento. I due rami superiori sono costituiti dal tronco dell'Adige propriamente detto, che va dalle origini a Ponte d'Adige, e dall'Isarco-Rienza nel suo intero sviluppo. Gli altri due rami, il Noce, affluente di destra, e l'Avisio, affluente di sinistra, confluiscono all'Adige a monte di Trento rispettivamente nelle località Zambana e Lavis.

I principali affluenti dell'Adige in territorio Veneto scendono dai Lessini e confluiscono nel fiume lungo il suo tronco di pianura.

In particolare il Torrente Fibbio convoglia le acque di un bacino imbrifero abbastanza esteso di superficie pari a km² 365. Il Fibbio nasce dal Monte Tomba col nome di Vaio di Squaranto e scende in direzione Nord-Sud con carattere torrentizio, sino a Montorio, raccogliendo numerosi rivi, alcuni dei quali alimentati da modestissime sorgenti che si esauriscono nelle stagioni siccitose. Perenni e copiose sono invece quelle che sgorgano a Montorio e che alimentano il corso d'acqua.

In prossimità della foce nel F. Adige, il Fibbio riceve in sinistra idrografica l'apporto del Torrente Illasi, (al quale si unisce il Progno di Mezzane), il cui bacino idrografico ha una superficie territoriale pari a circa 245 km². L'Illasi è un corso torrentizio per eccellenza, in quanto anche in periodi piovosi, il tratto intermedio e quello inferiore del suo corso rimangono asciutti, perchè le acque si disperdono nel materasso alluvionale su cui scorre il corso d'acqua. Esso trova origine nei versanti meridionali del Gruppo del Monte Carega (m 2230), presenta una lunghezza di circa km 40 ed è costituito dalle due valli di Rivolto e di Frasella che si uniscono in corrispondenza all'abitato di Giazza. In tempo asciutto poco sotto all'abitato di Selva di Progno le acque fluenti scompaiono e vanno ad alimentare le falde sotterranee.

Il Torrente Alpone è costituito dal ramo che porta il suo nome e da quelli del Tramigna e del Chiampo. Il torrente principale, di lunghezza pari a km 35, trova la sua origine fra i monti eruttivi di Bolca e scorre incassato sino a S. Giovanni Ilarione ricevendo i contributi di numerosi affluenti. Il suo bacino tributario, costituito in gran parte da formazioni basaltiche, è prevalentemente impermeabile. Nei pressi di San Bonifacio si unisce all'Alpone il Tramigna, corso di acque perenni che sgorgano da sorgenti nell'abitato di Cazzano; a tali acque si accompagnano quelle del Tramignola che nasce dal monte Fayardam.

Il torrente Chiampo scende da Cima Campo d'Avanti, tocca i paesi di Crespadoro, S. Pietro Mussolino, Chiampo, Arzignano, Montebello Vicentino e si unisce all'Alpone a Monteforte, dopo un lungo percorso di 43 km. Il suo contributo idrico è pressoché nullo in magra, mentre è cospicuo durante i periodi piovosi.

Geolitologia

La zona meridionale del bacino, che interessa il territorio dell'ATO Veronese, è formata da terreni prevalentemente calcarei ora puri, ora marnosi, riferibili al Giurese, al Cretaceo e al Terziario. Questi terreni hanno vasto sviluppo nella Valle di Non, nella conca di Trento e di Rovereto e in tutti i Lessini dal Garda al Chiampo. I materiali prettamente calcarei di questa zona, quali sono specialmente quelli mesozoici degli alti Lessini, hanno com-

portamento permeabile. Gli altri, e specialmente quelli dell'Era Terziaria, a composizione variabile, più o meno marnosa, hanno un comportamento più irregolare, che nel suo insieme può definirsi semipermeabile.

A complicare il funzionamento di questi terreni sono intervenute, specialmente nei fianchi delle valli del Chiampo e dell'Alpone, numerose intercalazioni di filoni e colate basaltiche e di letti di tufi, il cui comportamento, sostanzialmente impermeabile, viene talvolta modificato, più o meno sensibilmente, da condizioni strutturali e tettoniche locali. Alla zona collinare, segue infine quella morenica del fianco sinistro del Garda e quella alluvionale della pianura veronese. Anche qui le venute a giorno della falda sono determinate dai rapporti di posizione e dalla natura più fine o più grossolana dei materiali costituenti tanto le morene, quanto le alluvioni.

In linea generale si può dire che in corrispondenza alla pianura alluvionale veronese, generalmente arida e intensamente ferrettizzata, le acque di infiltrazione si raccolgono alla base a contatto coi sottostanti letti argillosi, affiorando lungo le incisioni vallive dell'Adige, del Mincio e degli altri corsi minori.

2.1.5 Bacino nazionale del Brenta-Bacchiglione: sistema Agno-Guà

Idrografia

Il bacino scolante, chiuso a Lonigo a quota 30 sul livello medio del mare, dove la lunghezza del corso d'acqua, misurata dalle origini, è di km 48 circa, ha una superficie complessiva di km² 260. La superficie del bacino montano propriamente detto, chiuso alla confluenza del Poscola, che ricade tutto in provincia di Vicenza, è di km² 196; quella del bacino superiore, chiuso a Recoaro a quota 440, è di km² 35,5, mentre l'area del bacino montano, chiuso alla confluenza del Restena, a quota 100, dove hanno inizio le arginature di seconda categoria, è di km² 160.

La lunghezza complessiva del sistema Agno-Guà-Frassine-S.Caterina dalle origini, assunte al passo di Buse Scure, a Vescovana, è di circa km 111.

A Tezze, e precisamente alla confluenza del Restena, l'Agno perde il suo nome per assumere quello di Guà, col quale percorre, in direzione nord-sud, l'ultimo tratto di valle montana sino a Montecchio Maggiore dove riceve, in sinistra, un notevole apporto dovuto ai deflussi del Poscola che discende dal valico di Priabona. A valle si inoltra nella pianura che si apre sotto alle pendici dei colli Berici e prosegue sino a Lonigo, dove riceve in sinistra il fiumicello Brendola, corso d'acqua perenne, alimentato da sorgive e collettore di una vasta area oggetto di bonifica.

Il tronco denominato Guà, ha carattere spiccatamente torrentizio poiché, in regime di magra, le acque superiori dell'Agno si disperdono quasi completamente nel greto alluvionale, subito a valle di Valdagno, e gli scarsi deflussi dei principali affluenti vengono pure assorbiti dal letto ghiaioso che, in tutto il tronco, è pensile sul piano di campagna circostante. Ne deriva che le portate del Guà, nella sua sezione terminale, ossia alla confluenza del Brendola, durante i periodi di magre invernali ed estive, sono costituite unicamente dai deflussi di quest'ultimo affluente.

Il corso d'acqua, appoggiandosi all'ultimo contrafforte meridionale dei Colli Berici, tocca poi la città di Lonigo, entra in provincia di Verona, fra Bagnolo e Zimella, passa per Cologna Veneta, Pressana e Roveredo ed arriva all'antico confine della provincia di Padova dove, rivolto il suo corso a levante, assume il nome di Frassine.

Geolitologia

Il bacino montano dell'Agno - Guà, considerato nei riguardi dei suoi caratteri morfologici e geotettonici, può ritenersi diviso in due sezioni: la superiore, comprendente la conca di Recoaro, che si chiude a S. Quirico e la inferiore, estendentesi da quest'ultima località sino a Montecchio Maggiore, dove il fiume sbocca nella pianura compresa fra i monti Lessini ed i Colli Berici.

In dipendenza delle condizioni geolitologiche e morfologiche del bacino, nella sezione superiore prevalgono le rocce impermeabili e poco permeabili. La minore estensione delle rocce impermeabili nella sezione inferiore, la minor pendenza dei corsi secondari e l'esistenza a valle di Valdagno di un ampio letto, costituito da un profondo materasso alluvionale, determinano invece l'infiltrazione delle portate di magra, che alimentano le falde sotterranee e risorgono molto più a valle.

2.2 Inquadramento idrologico

2.2.1 *Il sistema Sarca-Garda-Mincio*

Le precipitazioni medie annue nel bacino del Sarca-Garda-Mincio sono molto difformi, variando da un minimo di 500 mm circa nelle aree poste a quote inferiori ad un massimo di 3000 mm nelle zone di alta montagna. La precipitazione media annua sull'intero bacino chiuso a Peschiera è pari a circa 1160 mm.

Dall'esame delle registrazioni pluviometriche si rileva che gli afflussi in tutte le stazioni presentano sempre due valori massimi nell'arco dell'anno: un massimo primaverile (generalmente nel mese di maggio) si manifesta nell'alto Sarca ed è generalmente inferiore al massimo autunnale che si manifesta nel mese di novembre.

Il volume medio di afflusso annuo è pari a circa 1,8 miliardi di m³, quello del periodo irriguo è di circa 0,8 miliardi di m³ e quello del periodo non irriguo di circa 1,0 miliardi di m³. Questi dati devono essere confrontati con la capacità di regolazione del lago di Garda, pari a 458,5 milioni di m³ in regime normale e di 660 milioni di m³ in regime eccezionale (circa il 25% ed il 37% dell'intero afflusso, rispettivamente).

Il regime idraulico del Lago di Garda è oggetto di studio fin dal secolo scorso. La portata media annua (su di un periodo di osservazione di 80 anni) che defluisce dal Garda attraverso il Mincio è di circa 58,4 m³/s. Il valore minimo è stato registrato nel 1970 (42,1 m³/s); il valore massimo può superare i 100 m³/s (anno 1960).

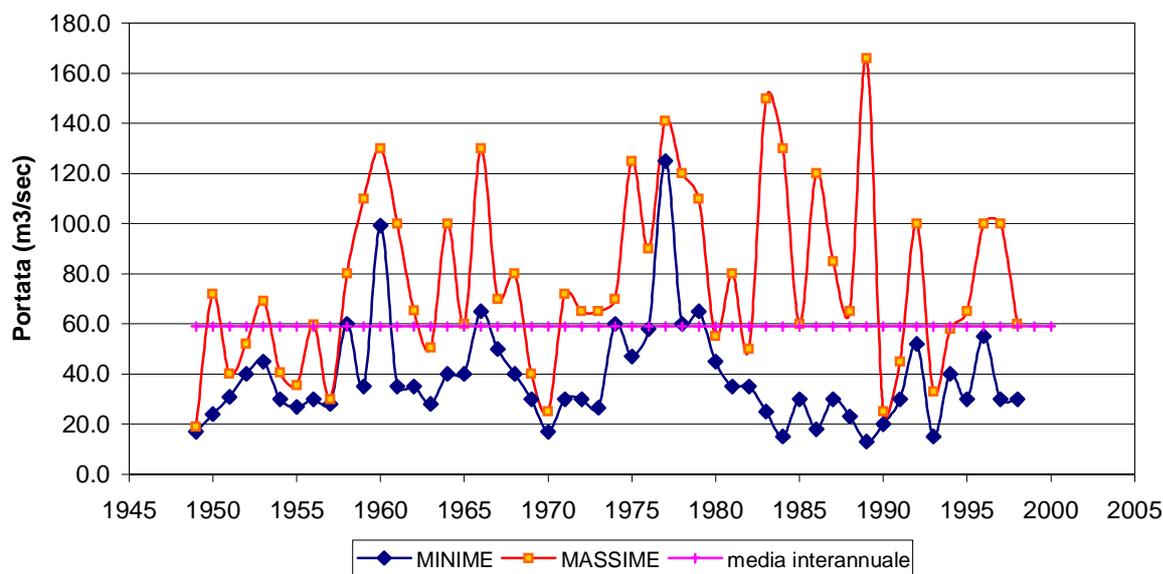
Sul tratto iniziale del fiume Mincio, a valle dello sbarramento di Salionze, le portate concesse ad uso prevalentemente irriguo riducono notevolmente quella fluente in alveo.

Le tabelle e i grafici seguenti riportano i valori di portata riferiti a vari periodi storici per le principali stazioni di misura.

Tabella 1 - Valori minimi e massimi annuali delle portate del fiume Mincio registrate presso l'edificio regolatore di Salionze.

Anno	Qmin	MESE	Qmax	MESE	Anno	Qmin	MESE	Qmax	MESE
1949	17,0	11	19,0	12	1975	47,0	10	125,0	5
1950	24,0	2	71,9	6	1976	58,0	7	90,0	10
1951	30,8	10	40,0	11	1977	125,0	10	141,0	6
1952	40,0	3	52,1	1	1978	60,0	10	120,0	6
1953	45,0	9	69,2	11	1979	65,0	9	110,0	3
1954	30,0	11	40,5	3	1980	45,0	3	55,0	9
1955	26,9	4	35,6	11	1981	35,0	10	80,0	7
1956	30,0	11	59,6	4	1982	35,0	8	50,0	12
1957	28,0	1	30,0	12	1983	25,0	12	150,0	5
1958	60,0	9	80,0	4	1984	15,0	1	130,0	6
1959	35,0	10	110,0	12	1985	30,0	12	60,0	3
1960	99,2	9	130,0	11	1986	18,0	1	120,0	5
1961	35,0	11	100,0	1	1987	30,0	1	85,0	7
1962	35,0	10	65,2	5	1988	23,0	12	65,0	4
1963	28,0	1	50,5	6	1989	13,0	2	166,0	5
1964	40,0	9	100,0	4	1990	20,0	10	25,0	4
1965	40,0	11	60,0	4	1991	30,0	5	45,0	9
1966	65,0	7	130,0	11	1992	52,0	1	100,0	12
1967	50,0	10	70,0	4	1993	15,0	3	33,0	9
1968	40,0	11	80,0	6	1994	40,0	4	58,0	8
1969	30,0	11	40,0	3	1995	30,0	12	65,0	6
1970	17,0	1	25,0	4	1996	55,0	8	100,0	12
1971	30,0	10	72,0	3	1997	30,0	10	100,0	1
1972	30,0	1	65,0	3	1998	30,0	9	60,0	9
1973	26,5	2	65,0	8	1999	55,0	9	55,0	9
1974	60,0	9	70,0	3	2000	50,0	9	190,0	9

Figura 1 – Andamento dei valori minimi e massimi annuali delle portate del fiume Mincio registrate presso l'edificio regolatore di Salionze.



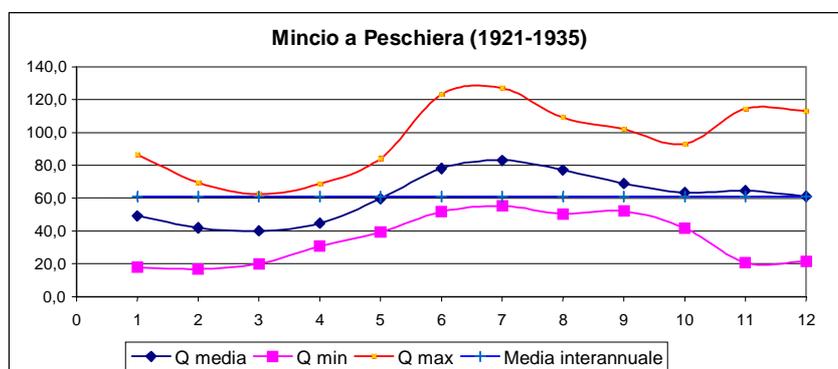
Il valore della media interannuale delle portate del Mincio a Salionze relativo al periodo 1949-2002 è pari a 59 m³/s.

Sono stati poi considerati i dati di portata medi mensili del Mincio nelle sezioni di Peschiera e di Monzambano forniti dal Servizio Idrografico Nazionale per il periodo 1921-1935, in modo da poter estrarre la tendenza stagionale. Nonostante tali valori siano molto datati, anche per tale periodo la portata media interannuale è pari a 61 m³/s per la stazione di Peschiera, e di 59,4 m³/s per quella di Monzambano.

Figura 2 – Valori delle portate medie mensili del Mincio nelle sezioni di Peschiera e Monzambano per il periodo 1921-1935.

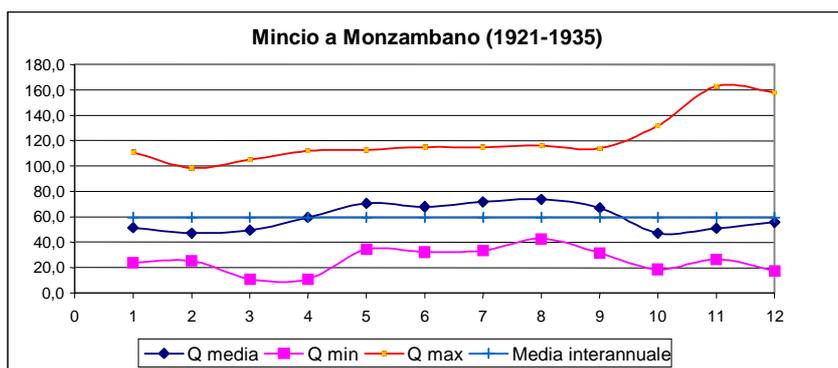
Mincio a Peschiera
Portate medie mensili (m³/s)

MESE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	
Qmax	127,0	86,6	69,5	62,4	68,6	84,1	123,0	127,0	109,0	102,0	92,9	114,5	113,0
Qmedia	61,0	49,1	41,8	40,0	44,7	59,7	78,1	83,1	77,1	68,9	63,4	64,4	61,1
Qmin	16,8	17,8	16,8	20,1	30,7	39,4	51,7	55,4	50,5	52,2	41,7	20,7	21,6



Mincio a Monzambano
Portate medie mensili (m³/s)

MESE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	
Qmax	163,0	111,0	98,6	105,0	112,0	113,0	115,0	115,0	116,0	114,0	132,0	163,0	158,0
Qmedia	59,4	51,4	47,2	49,4	59,4	70,7	68,0	71,8	73,8	67,0	47,4	50,9	55,7
Qmin	11,1	23,7	25,3	11,1	11,1	34,5	32,2	33,5	42,7	31,6	18,7	26,7	17,6



Bisogna tener conto che il Fiume Mincio è emissario del Lago di Garda e risulta regolato a Salionze, pertanto le portate defluenti in alveo sono vincolate alla regolazione del Lago.

Dai grafici è evidente che la sezione di Monzambano, seppur localizzata a valle di Peschiera, mediamente ed in condizioni di magra, presenta portate più basse di quelle di monte, ciò a causa delle derivazioni a scopo irriguo localizzate nel tratto intermedio.

2.2.2 *Il Fissero-Tartaro-Canal Bianco-Po di Levante*

La zona a Sud della fascia delle risorgive rientra nel bacino del sistema Fissero Tartaro Canal Bianco.

Pertanto questi corsi d'acqua sono alimentati in condizioni di assenza di apporto pluviometrico essenzialmente dalle acque di risorgiva che rappresentano l'emersione della falda dall'acquifero dell'Alta Pianura.

In genere le risorgive si collocano dove la superficie freatica dell'acquifero indifferenziato incontra la superficie topografica. L'intervento umano ne ha parzialmente modificato l'aspetto creando numerosi punti di emergenza, detti fontanili. Il fenomeno delle risorgive si colloca lungo una fascia detta fascia che separa le unità di alta e di bassa pianura. Tale fascia si sviluppa ad andamento sinuoso a valle dei materassi alluvionali dell'alta pianura, per una lunghezza di 6÷8 Km ed una estensione di circa 30 km, dalle colline moreniche del Garda, fino a giungere con manifestazioni ormai in via di prosciugamento, alla destra Adige. I deflussi di questi corsi d'acqua di risorgiva misurati in varie sezioni hanno permesso di stimare una portata totale dell'intero sistema di circa 12 m³/s (si veda a tal proposito la Tabella 7).

2.2.3 *Il Fiume Adige*

Dal punto di vista della distribuzione dell'altezza della pioggia annua, esiste un'ampia variabilità nell'ambito del bacino dell'Adige, passando da un minimo di 400-500 mm all'anno in Val Venosta, fino ad un massimo di oltre 1600 mm nella parte alta del bacino dell'Avisio. La distribuzione stagionale è di tipo continentale (massimo estivo e minimo invernale) nella parte alta del bacino mentre passa, nel medio e basso bacino, verso una distribuzione di tipo sub-litoraneo (massimo autunnale superiore a quello primaverile). L'analisi della distribuzione delinea un'area di massima piovosità nei monti Lessini.

Nel bacino dell'Adige sono presenti un buon numero di aree glaciali permanenti, circa 185 con una superficie complessiva di circa 212 km², ben rappresentate in Val Venosta, nelle Alpi Breonie, nelle Alpi Aurine, in quelle Pusteresi e nel gruppo dell'Ortles-Cevedale. Esse hanno una apprezzabile influenza nel regime idrologico del sistema idrografico. Il ramo superiore dell'Adige propriamente detto, che va dalle origini a Ponte d'Adige, ed il sistema Isarco-Rienza ricevono i contributi della parte settentrionale del bacino tributario e sono alimentati da imponenti massicci montuosi ricchi di ghiacciai, vedrette e nevai ed hanno quindi un regime glaciale alpino che imprimono anche al corso inferiore del fiume.

Gli altri due rami principali, ovvero il Noce e l'Avisio possiedono un regime idrologico intermedio fra l'alpino ed il prealpino.

Per quanto riguarda i deflussi si riportano i dati caratteristici dell'Adige alla stazione di Trento, che sottende un area di bacino pari a 9,763 km² :

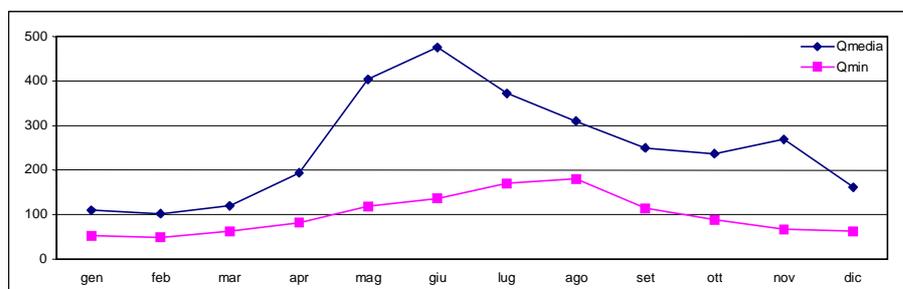
- afflusso meteorico medio annuo: 870 mm;
- aree glaciali: 2,2%;
- deflusso medio annuo: 710 mm;
- portata media periodo 1921-1943: 220 m³/s.

Per quanto riguarda i dati di portata disponibili di seguito si riporta un riepilogo delle portate mensili interannuali con i relativi grafici in due sezioni rappresentative a monte del territorio veronese (Trento) ed a Pescantina (VR).

Figura 3 – Valori delle portate medie mensili dell'Adige nelle sezioni di Trento e di Pescantina il periodo 1921-1935 e per il periodo 1951-1960.

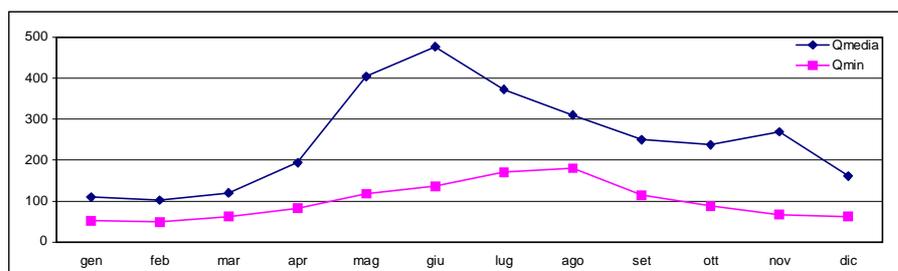
Portate medie mensili dell'Adige a Pescantina nel periodo di riferimento 1921-1935

Qmedia	Qmin	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
250	49	110	102	120	194	404	476	372	310	250	237	269	161
		52	49	62	82	118	136	170	180	114	88	67	62



Portate medie mensili dell'Adige a Trento nel periodo di riferimento 1921-1935

Qmedia	Qmin	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
225	41	92	86	95	157	352	450	357	297	234	216	229	132
		44	41	51	64	90	126	164	164	126	84	59	50



L'andamento delle portate evidenzia la presenza di massimi relativi in autunno ed in tarda primavera, ad indicare l'influenza di periodi piovosi e dell'apporto derivante dallo scioglimento dei ghiacciai.

2.2.4 L' Agno-Guà

Solo una piccola porzione dell'area di studio ricade in tale bacino; essa è localizzata all'estremo orientale della provincia di Verona al confine con la provincia vicentina. La distribuzione delle piogge durante tutto l'anno è del tipo sub-litoraneo con due massimi, uno primaverile ed uno autunnale, e due minimi uno estivo ed uno invernale.

Il bacino montano dell'Agno-Guà ricade nella zona con precipitazione media annua di 1300 - 1400 mm con massimi che raggiungono e superano i 3000 mm di pioggia, soprattutto nella zona di Recoaro. La quantità di precipitazione decresce rapidamente al diminuire della quota, diminuendo notevolmente dalle pendici verso valle. Tale porzione di bacino recapita le proprie portate nel bacino dell'ATO Brenta – Bacchiglione.

3. ELABORAZIONE DELLO SCHEMA IDROGEOLOGICO DI RIFERIMENTO

3.1 Caratteri geologici ed idrogeologici del territorio e suddivisione in unità idrogeologiche

3.1.1 *Premessa*

Il territorio della provincia di Verona è stato suddiviso in unità aventi caratteristiche geologiche e proprietà idrogeologiche il più possibile omogenee considerando la scala di studio.

In particolare per l'individuazione di queste unità si è fatto riferimento in primo luogo alla natura geologica del territorio veronese poi alle modalità di circolazione delle acque nell'ambito delle unità omogenee e non ultima al grado di permeabilità delle stesse.

Si sono pertanto individuate le seguenti Unità Idrogeologiche:

1. unità del Monte Baldo;
2. unità dei Monti Lessini Occidentali;
3. unità del bacino dell'Alpone (Lessini Orientali);
4. unità morenica del Garda;
5. unità dell'alta pianura indifferenziata occidentale;
6. unità dell'alta pianura indifferenziata orientale;
7. unità della bassa pianura.

Lo schema idrogeologico riportato in allegato evidenzia i limiti di tali unità mettendo in risalto i rapporti idrogeologici tra unità adiacenti, sono inoltre ubicate in esso le principali sorgenti e le stazioni meteorologiche utilizzate per il presente studio.

3.1.2 *Unità del Monte Baldo*

Comprende essenzialmente il massiccio del Monte Baldo e si estende tra la valle dell'Adige ad Est, il Lago di Garda ad Ovest e l'Unità Morenica a Sud.

Il territorio compreso è per la gran parte montuoso con una percentuale maggioritaria superiore ai 1000 m di quota.

Essa è costituita da rocce carbonatiche prevalentemente calcaree mesozoiche e terziarie e alla base da rocce calcaree dolomitiche triassiche.

Intercalati nella serie calcarea Cretaceo-Eocenica si trovano i calcari marnosi e le marne del Cretaceo Superiore Eocene afferenti alla formazione della Scaglia Rossa oltre che vari livelli calcarei selciferi del Giurassico Superiore. Tali livelli individuano una serie di falde sospese con recapito in quota che si estrinseca in sorgenti di portate in genere non superiore a qualche litro al secondo e rare volte dell'ordine di decine di litri al secondo (Sorgenti Val Coali [circa 55 l/s], Sorgente Bergola a Caprino Veronese [circa 12.5 l/s] e Ferrara di Monte Baldo).

Invece il recapito principale di questa unità è localizzato sul versante occidentale verso il Lago di Garda in comune di Malcesine in particolare si tratta della Sorgente Aril che anche se non è stata mai oggetto di misure di portata dovrebbe avere mediamente una portata di qualche metro cubo al secondo. Analogamente vari recapiti noti attraverso sorgenti subacquee sono localizzati direttamente nel lago.

Uno studio idrogeologico di dettaglio sull'intera unità potrebbe consentire di individuare le uscite sia subacquee che a giorno e indagare sui rapporti tra Adige e massiccio carbonatico del Baldo nella valle tra Borghetto all'Adige e Bussolengo.

3.1.3 Unità dei Monti Lessini Occidentali

I Monti Lessini veronesi presentano nelle porzioni meridionali e centrali ampie dorsali dolcemente arrotondate, separate da valli larghe allo sbocco nella pianura, che poi rapidamente si restringono a formare valli profonde con sezione a V. Ancora più a monte verso Nord le valli diventano meno profonde, fino a che le dorsali si uniscono nell'altopiano sommitale compreso tra quota 1300 ed i 1865 metri s.l.m., allungato in senso Est-Ovest e delimitato a Nord dalla profonda incisione della Val dei Ronchi.

Da un punto di vista strutturale i Monti Lessini si presentano come un blocco di forma planimetrica triangolare debolmente inclinato verso Sud ed interessato da una serie di faglie ad andamento NNE-SSW e NW-SE.

I Lessini sono costituiti prevalentemente da rocce carbonatiche mesozoiche e terziarie che poggiano su un basamento di dolomia triassica; le rocce eruttive affiorano su limitate porzioni di territorio e sono di tipo basaltico (bacino dell'Alpone che costituisce una unità idrogeologica distinta).

Le rocce che compongono l'ossatura di questo massiccio per l'intensa tettonizzazione generale e l'assetto litostratigrafico-strutturale presentano un ben sviluppato fenomeno carsico.

I caratteri geomorfologici dei Monti Lessini però sono tipicamente quelli di un altopiano carsico, risultando essi infatti, dissecati da un fitto reticolo di valli e vallate che ne rendono oltremodo articolato il rilievo. Tuttavia non può sfuggire la pressoché totale assenza di un'idrografia superficiale attiva, e la circolazione idrica superficiale è presente, nella pur sviluppata rete idrografica superficiale, solo in occasione di eventi meteorici particolarmente intensi. In genere mancano pertanto sul fondo dei principali canyon corsi d'acqua significativi, che si individuano come manifestazioni effimere solo in occasione di precipitazioni particolarmente intense.

L'apparente contrasto fra una morfologia non carsica ed un'idrologia carsica si spiega con la frequenza delle linee di faglia generalmente con direzione Nord Sud come le vallate, e di superfici di discontinuità e frattura, allargate da fenomeni di dissoluzione carsica, che sono perciò in grado di drenare l'acqua verso il basso.

Ne deriva che il fenomeno carsico dei Lessini è sia come di tipo "fluviocarso", per l'evidente predominio delle forme fluviali, sia di tipo "tectocarso" per il forte condizionamento delle diverse litologie e della tettonica, ed in particolare dei sistemi di frattura e di faglia.

Dal punto di vista climatico i Monti Lessini sono compresi fra le isoterme annue di 4 e di 14 °C, la temperatura media del mese più freddo è di -6 °C, e quella del mese più caldo di 25 °C. Le precipitazioni presentano un forte incremento con l'altitudine (fra 800 e 2000 m), e sono ben distribuite in tutto l'anno, ma con lievi massimi primaverili ed autunnali. La copertura nevosa ha una durata media compresa fra pochi giorni alle quote più basse, e 3-5 mesi alle quote più elevate.

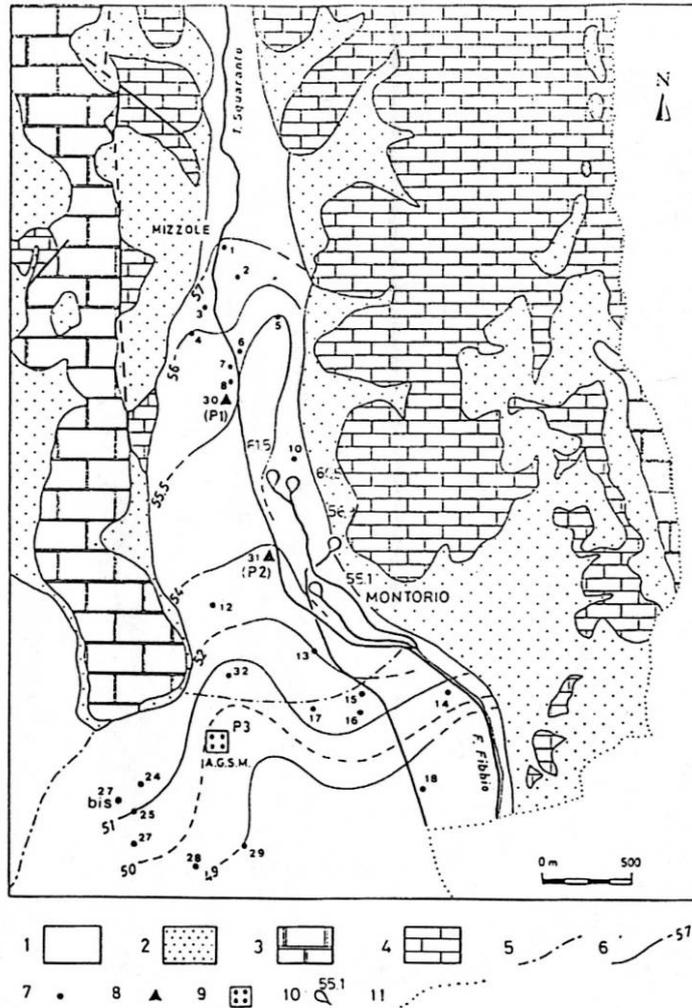
Una delle principali valli dei Monti Lessini è il Vajo Squaranto, esteso tra gli Alti Lessini e la pianura a Nord Est di Verona. Nella parte terminale di questa valle, a circa 3 km dalla periferia nord-orientale di Verona, si trova il gruppo di sorgenti carsiche di Montorio: Squarà, Tondello, Madonnina, Fontanon.

Esse sono costituite da una serie di laghetti sorgivi di fondovalle (polle sorgive) distribuiti in un pianoro alluvionale, tra quota 56 m e quota 62 m.

Da queste si origina il fiume Fibbio con regime perenne e percorso di solo una decina di chilometri fino alla confluenza in Adige.

Figura 4 – Schema idrogeologico dell'area delle sorgenti di Montorio (da L.Sorbini ed altri, 1993)

Didascalie: 1) Alluvioni 2) Detrito 3) Calcari nummulitici (Eocene) 4) Biancone, Scaglia Rossa, Rosso ammonitico, Calcari grigi 5) Limite tra alluvioni lessinee e conioide dell'Adige 6) Linea isopiezica 7) Pozzo idrico 8) Pozzo geognostico 9) Centrale di acquedotto AGSM 10) Sorgente con relativa quota idrometrica 11) Confine comunale.



Trattandosi di sorgenti carsiche il bacino delle sorgenti non coincide necessariamente con il bacino idrografico superficiale a monte e quindi con quello del Vajo di Squaranto. Nell'ambito del bacino idrografico sono ben distinguibili, due parti:

- il Vajo di Squaranto in senso stretto;
- gli altopiani circostanti dissecati da sistemi di valli laterali più o meno sospese o da tavolati a doline.

Da uno studio a cura di L.Sorbini ed altri (Geologia, Idrogeologia qualità dei principali acquiferi veronesi, 1993) venne stimata sulla base di una serie di osservazioni e di misure empiriche la portata media annua del gruppo sorgivo di Montorio in 4,5 m³/s. In tale pubblicazione si avanza l'ipotesi che il bacino debba avere una estensione di almeno 175 km².

Invece altri recapiti sorgivi importanti di questa unità sono le sorgenti localizzate al contorno del massiccio quali ad esempio: la sorgente di Cazzano di Tramigna (500-600 l/s) e la sorgente di Mezzane (250 l/s) che sono ubicate nello schema idrogeologico allegato alla presente relazione.

Anche per questa unità, la roccia calcarea presenta intercalazioni di altre rocce a minore permeabilità, calcari marnosi e marne o calcari selciferi che determinano una circolazione idrica a falda sospesa in quota con sorgenti di piccola entità (Val d'Illasi: Rivolto, Val Fra selle, Acqua Fresca, ecc.).

Le acque della falda basale del massiccio dei Lessini sono in comunicazione con la falda dell'Alta pianura indifferenziata alimentando per travaso la falda libera.

Una dettagliata indagine idrogeologica è necessaria per l'individuazione delle uscite mediante un censimento e misura delle portate delle principali sorgenti, analogamente una campagna di indagini geognostiche e prove idrauliche in falda potrebbe chiarire i rapporti con l'adiacente falda dell'Alta pianura indifferenziata.

3.1.4 Unità del bacino dell'Alpone (Lessini Orientali)

L'area orientale del Massiccio dei Lessini grossomodo coincidente con il bacino dell'Alpone si differenzia fortemente dal punto di vista geologico dalla restante parte dei Lessini.

Qui infatti sono presenti le vulcaniti basaltiche dell'Oligocene-Eocene inferiore costituiti da basalti di colata, basalti dei filoni, breccie basaltiche dei camini d'esplosione. I filoni sono iniettati lungo fratture NNW SSE, perpendicolari all'asse minimo di sforzo.

Le rocce basaltiche e le rocce vulcanoclastiche stratificate presentano generalmente uno scarso grado di permeabilità che le differenzia notevolmente anche dal punto di vista della circolazione idrica sotterranea dalle rocce carbonatiche del settore occidentale dei Lessini.

È evidente per questa unità la maggiore rilevanza del ruscellamento superficiale rispetto alla infiltrazione e conseguentemente la scarsità di sorgenti significative se si esclude quella di Montecchia di Crosara con portata di circa 70 l/s. Limitato è l'interscambio tra la falda basale di questa unità e quelle adiacenti.

3.1.5 Unità morenica del Garda

Essa è composta in maniera predominante dai depositi fluvio-glaciali del ghiacciaio gardense risalenti all'epoca quaternaria, che delimitano a Sud il Lago di Garda.

L'assetto stratigrafico dell'area morenica si configura, anche a notevoli profondità, con la presenza di potenti letti ghiaioso-sabbiosi alternati a livelli impermeabili. A questa struttura è legata la presenza di acquiferi che sembrano differenziarsi notevolmente, anche dal punto di vista idrochimico, da quelli dell'alta pianura circostante.

Nell'ambito di questi depositi molto variegati dal punto di vista granulometrico (da argille a conglomerati) ma generalmente di tipo grossolano si possono trovare falde delimitate da livelli impermeabili che danno vita a sistemi acquiferi locali di potenzialità limitata con piccole sorgenti a regime non perenne.

Da alcuni pozzi perforati all'interno dell'area morenica, si è potuto constatare che dopo i primi 30÷40 m con sequenze ghiaiose e argillose in alternanza, compaiono in continuità materiali grossolani fino a profondità di oltre 100 m.

Molto interessante potrebbe risultare una ricerca di dettaglio spinta all'interno dell'arco morenico e a profondità tale da superare i depositi morenici per accertare o meno la continuità della zona di transizione verso l'alta pianura.

3.1.6 Unità dell'alta pianura indifferenziata occidentale

La dinamica fluviale dell'Adige ha rappresentato e rappresenta l'elemento determinante nella costituzione fisica e nell'assetto litostratigrafico del sottosuolo di gran parte del territorio veronese, ma in particolare di questa unità direttamente connessa al Fiume Adige.

Il corso di questo fiume nell'arco di molteplici e complesse attività deposizionali alternate ad altrettanti cicli di erosione ha generato un unico grande conoide con apice allo sbocco nella pianura in corrispondenza di Bussolengo.

L'espansione sull'attuale pianura dei materiali alluvionali, relativamente recenti e in grande prevalenza grossolani e permeabili, è avvenuta su terreni più antichi prevalentemente impermeabili.

In termini del tutto generali si può affermare che il limite tra l'unità dell'alta pianura indifferenziata occidentale e quella della bassa pianura è costituito dalla fascia delle risorgive, che senza soluzione di continuità determina il passaggio dall'alta alla bassa pianura, litologicamente corrispondente al passaggio da depositi alluvionali grossolani di tipo ghiaioso sabbioso a depositi più sottili di tipo limoso argilloso sabbioso.

Il limite localizzato sulla fascia delle risorgive si colloca dove la superficie freatica dell'acquifero indifferenziato incontra la superficie topografica, dando luogo a punti di emergenza. Ad Ovest dell'unità indifferenziata vi è l'anfiteatro morenico del Garda, mentre ad Est la divisione dall'unità dell'alta pianura orientale è stata scelta lungo il corso del fiume Fibbio.

Se i confini del grande conoide sono abbastanza ben definiti a Nord, ad Oriente e a Sud, meno approfondite risultano le fasi complesse attraverso cui si è articolato il fenomeno fluvio-glaciale con il sistema morenico gardesano ad Occidente. Le considerazioni più interessanti a questo riguardo sono il rinvenimento lungo il margine e all'interno del rilievo morenico di orizzonti ghiaiosi alternati a livelli impermeabili, che potrebbero testimoniare fasi di coalescenza con i depositi recenti di pianura, in tal senso sarebbero auspicabili indagini geognostiche profonde e adeguate prove idrauliche per la verifica della connessione tra la falda profonda dell'unità morenica e la falda libera della bassa pianura.

L'unità dell'alta pianura indifferenziata è stata divisa in due parti una occidentale ed una orientale entrambe delimitate a nord dai rilievi dei Monti Lessini. La suddivisione risponde ad un criterio idrogeologico che vede un ruolo attivo del Fiume Adige nel condizionamento della circolazione idrica sotterranea di tale unità. Nella zona occidentale è abbastanza ben riconoscibile dall'andamento delle linee isopiezometriche una generale alimentazione dall'Adige alla falda che si inverte nel settore orientale caratterizzato da una forma delle isopiezometriche con ruolo drenante del Fiume Adige nei confronti della falda libera dell'Alta Pianura. Tali considerazioni sono suffragate anche dalla presenza di risorgive lungo una fascia che corre dai colli morenici al corso dell'Adige all'altezza di Zevio, mentre non sono altrettanto identificabili con chiarezza e continuità nel settore orientale.

Nella parte nord occidentale il sottosuolo è caratterizzato da depositi ghiaioso-sabbiosi indifferenziati di spessore sconosciuto, ma comunque superiore ai 150 m. I termini litologici più ampiamente rappresentati sono: calcari, dolomie, porfidi e graniti. In questa parte il conoide principale presenta grande uniformità e continuità dei depositi alluvionali.

Studi sull'assetto litostratigrafico del sottosuolo che hanno interessato le parti terminali delle valli lessinee hanno indicato una soggiacenza notevole del substrato roccioso al di sotto delle coperture; in particolare questo è stato rilevato ad oltre un centinaio di metri a Montorio e a circa 160 m in Valpantena a Ponte Florio.

Ad occidente, in particolare nella zona che si colloca tra Bussolengo e Villafranca, è possibile segnalare infine la presenza di alcuni livelli argillosi sicuramente collegabili al complesso morenico del Garda.

Il complesso deposizionale dell'alta pianura veronese rappresenta nella sua unitarietà e continuità un serbatoio idrico sotterraneo di grande potenzialità.

La falda di tale unità appare alimentata dagli apporti zenitali diretti nonché parzialmente dall'infiltrazione delle acque dell'Adige e dal travaso dalla falda basale dei Monti Lessini.

In particolare, il fiume Adige ha un potente effetto regimante sulle falde dell'alta pianura.

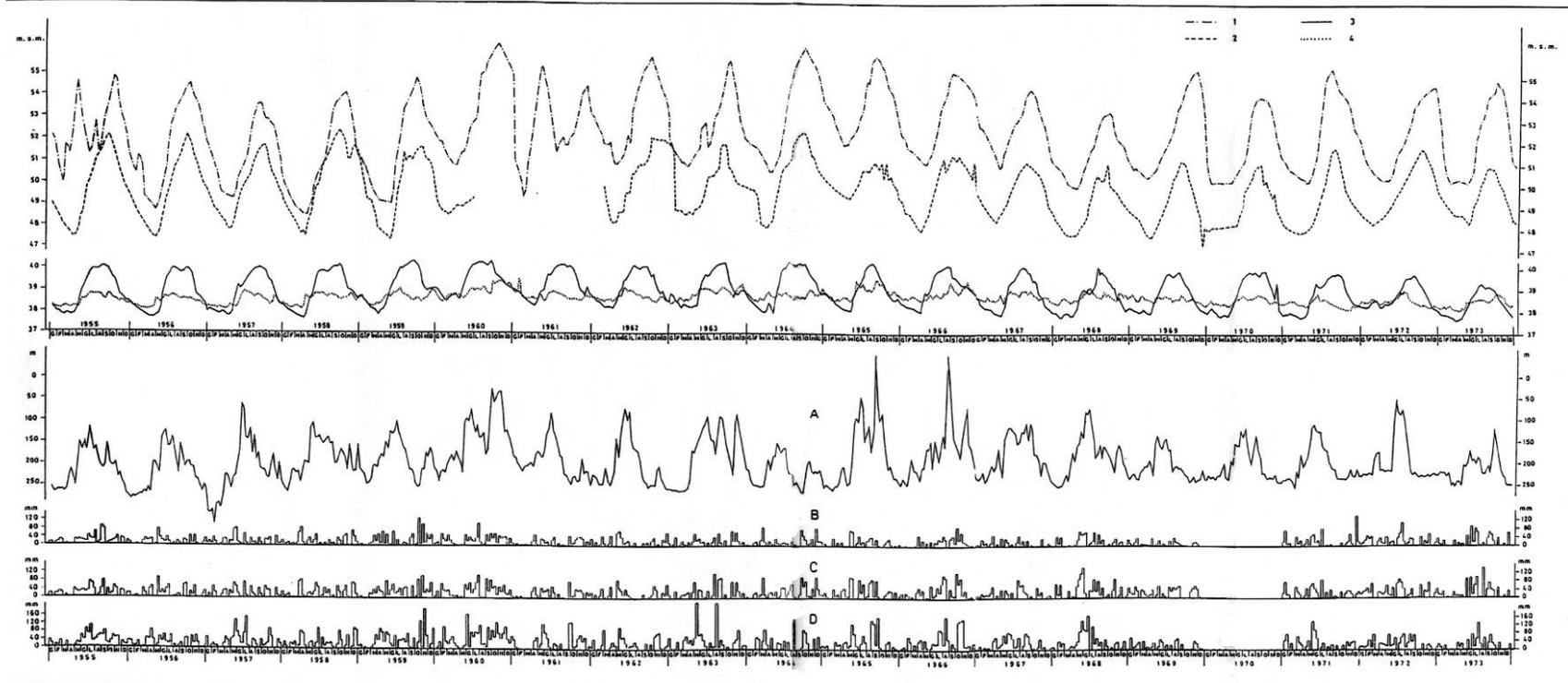
Si deve tuttavia riconoscere che gli studi geologici ed idrogeologici finora svolti non sono ancora del tutto adeguati alla straordinaria importanza della risorsa, quindi alla assoluta necessità di preservarla e gestirla razionalmente.

È necessario quindi sottolineare la necessità di studi idrogeologici per chiarire più dettagliatamente i rapporti tra le falde dell'unità dell'Alta pianura e l'unità dei Monti Lessini Occidentali.

Come si può osservare nella figura successiva dal confronto del livello idrometrico dell'Adige a S. Gaetano con il regime della falda in vari punti dell'acquifero, si rileva una corrispondenza evidente del regime idrologico.

Figura 5– Regime della falda, del fiume e degli afflussi meteorici.

Legenda: Pozzi di misura: 1.Cà dell'Albera. 2.Dossobuono. 3.San Fermo. 4.Spezziapetra. Idrometro: A - Adige a San Gaetano. Pluviometri: B - Verona, C - S.Pietro in Cariano, D – Fane.



L'influenza dei livelli dell'Adige è meno evidente verso la base del conoide, infatti è evidente lo smorzamento graduale delle oscillazioni procedendo dall'apice verso la base del conoide, confermando la linearità ed omogeneità del processo di ricarica nell'ambito dell'unità dell'Alta Pianura Occidentale.

Tuttavia, meno chiaro risulta come avvenga il processo di ricarica, poiché osservazioni effettuate hanno evidenziato come non si osservino particolari dispersioni idriche dal subalveo fluviale.

Vari studi eseguiti da Dal Prà, Antonelli, De Rossi ed altri, hanno portato all'elaborazione di carte isopiezometriche dell'alta pianura veronese (1974, 1981, 1986), da cui gli autori in varie fasi rilevano alcune interessanti osservazioni:

- in sinistra Adige è evidente l'influenza esercitata dalle acque di subalveo provenienti dalle valli lessinee sul campo piezometrico della pianura, il deflusso sotterraneo si dispone infatti lungo direttive N-S;
- il raccordo delle isolinee tra la sinistra e la destra idrografica avviene senza rilevante discontinuità, e quindi senza interferenze apprezzabili da parte del corso d'acqua. Nella zona tra Verona e Bussolengo le isolinee attraversano il corso d'acqua mantenendosi ad una profondità di circa 20 m al di sotto del livello idrometrico fluviale;
- in destra idrografica le isolinee denunciano un moto di filtrazione abbastanza regolare, proveniente dalle zone apicali del conoide, secondo due direttrici principali che a partire dallo sbocco della Val d'Adige divergono la prima in direzione Sud verso Villafranca, quasi a ridosso dei rilievi morenici del Garda, la seconda in direzione Sud-Est tende a disporsi parallelamente all'alveo del fiume Adige.

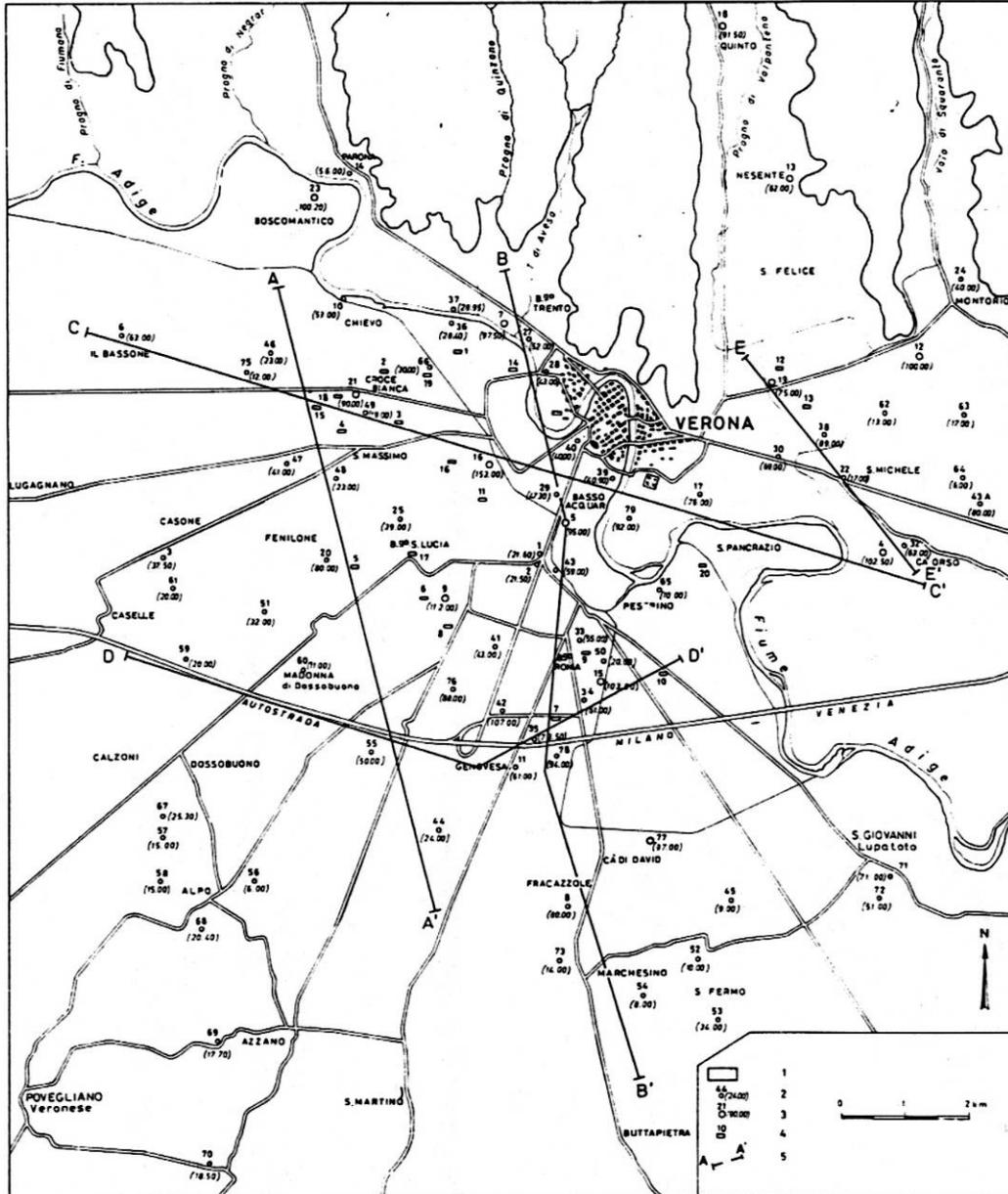
Apparirebbe evidente quindi che la ricarica dell'acquifero, avviene prevalentemente nella zona apicale del conoide, avviene con modalità diverse da quanto in genere si verifica per gli altri più importanti fiumi veneti. Le alluvioni ad elevata permeabilità presenti nell'ampia valle dell'Adige, contengono una potente falda di subalveo o infravalliva, più o meno in equilibrio con il fiume. L'esistenza di questa falda è provata da numerosi pozzi ad uso industriale o potabile ubicati nella valle. La portata relevantissima di questa potente falda, al suo sbocco nell'alta pianura occidentale, dovrebbe riversarsi e diffondersi nelle coltri alluvionali, mentre la portata fluente in alveo dovrebbe ricoprire un ruolo secondario.

Questa osservazione è sostanziata dalla disposizione delle linee isofreatiche/isopiezometriche. Dalle carte isopiezometriche si nota come non vi sia un fronte di alimentazione a direttrici di flusso divergenti dall'alveo fluviale verso la pianura alluvionale.

Alcuni autori hanno anche ipotizzato l'esistenza di strutture sepolte non ancora individuate nel loro assetto geometrico-spaziale e distinte dal corso d'acqua attraverso le quali si dovrebbe trasmettere buona parte della ricarica alla pianura.

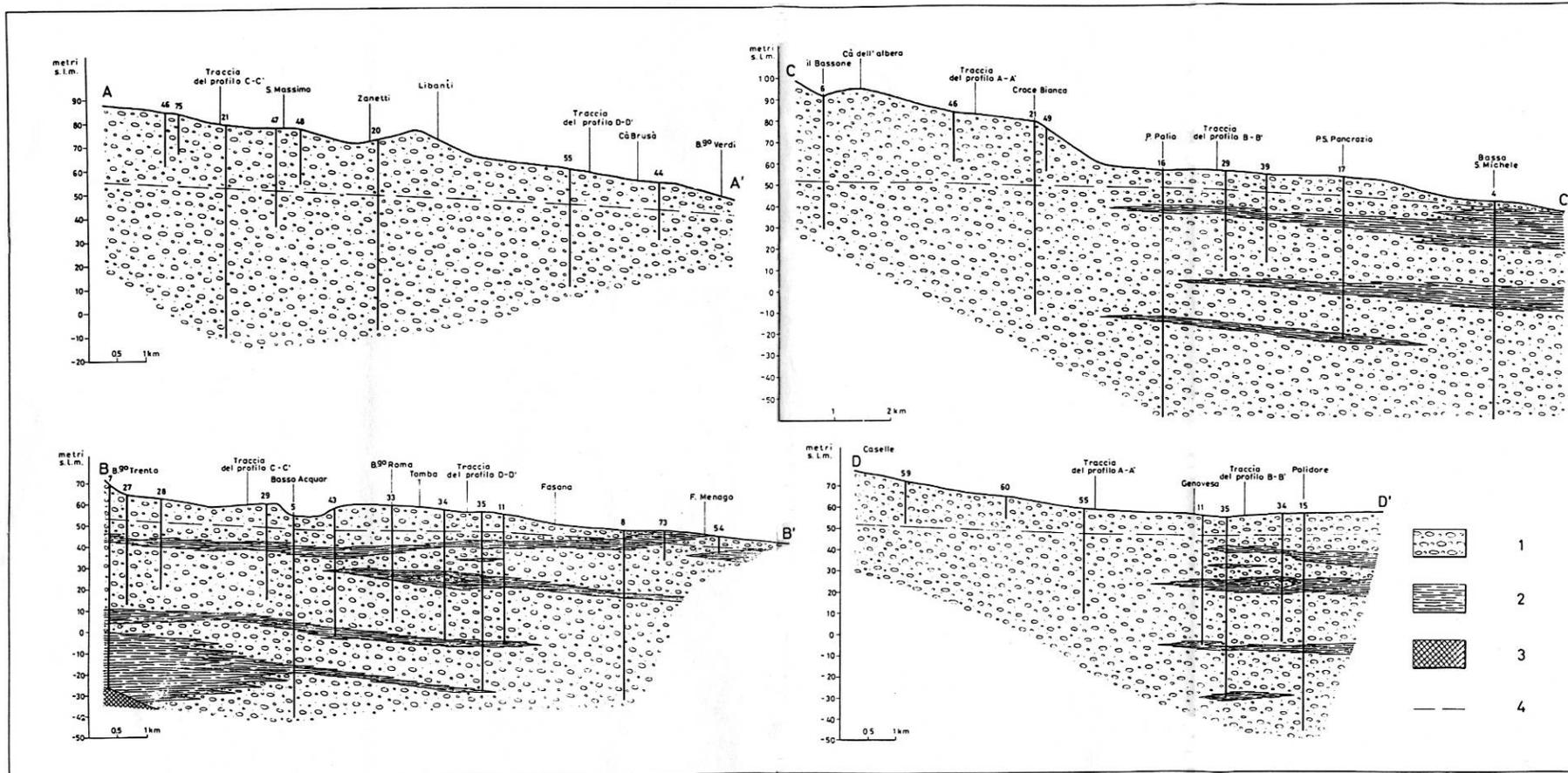
Le figure seguenti riprese da varie pubblicazioni degli autori suddetti, evidenziano la natura del sottosuolo dell'unità dell'Alta pianura oltre che riportare alcune carte isopiezometriche da cui sono state tratte le considerazioni descritte in precedenza.

Figura 6 – Traccia dei profili stratigrafici nella pianura Veronese



Ubicazione delle stratigrafie. 1) Rilievo montuoso; 2) Ubicazione, numero d'ordine e profondità raggiunta; 3) Area con più stratigrafie ravvicinate; 4) Trincea esplorativa; 5) traccia dei profili stratigrafici.

Figura 7 – Sezioni stratigrafiche.



- Correlazione stratigrafica lungo la Sezione II. 1) argille; 2) sabbie; 3) ghiaie più o meno cementate.

Figura 8 - Andamento delle isofreatiche relativa a una campagna eseguita nel 1974.

Vengono riportate le linee isofreatiche con il valore della quota assoluta, l'ubicazione dei pozzi con le quote assolute della falda, e la direzione del deflusso.

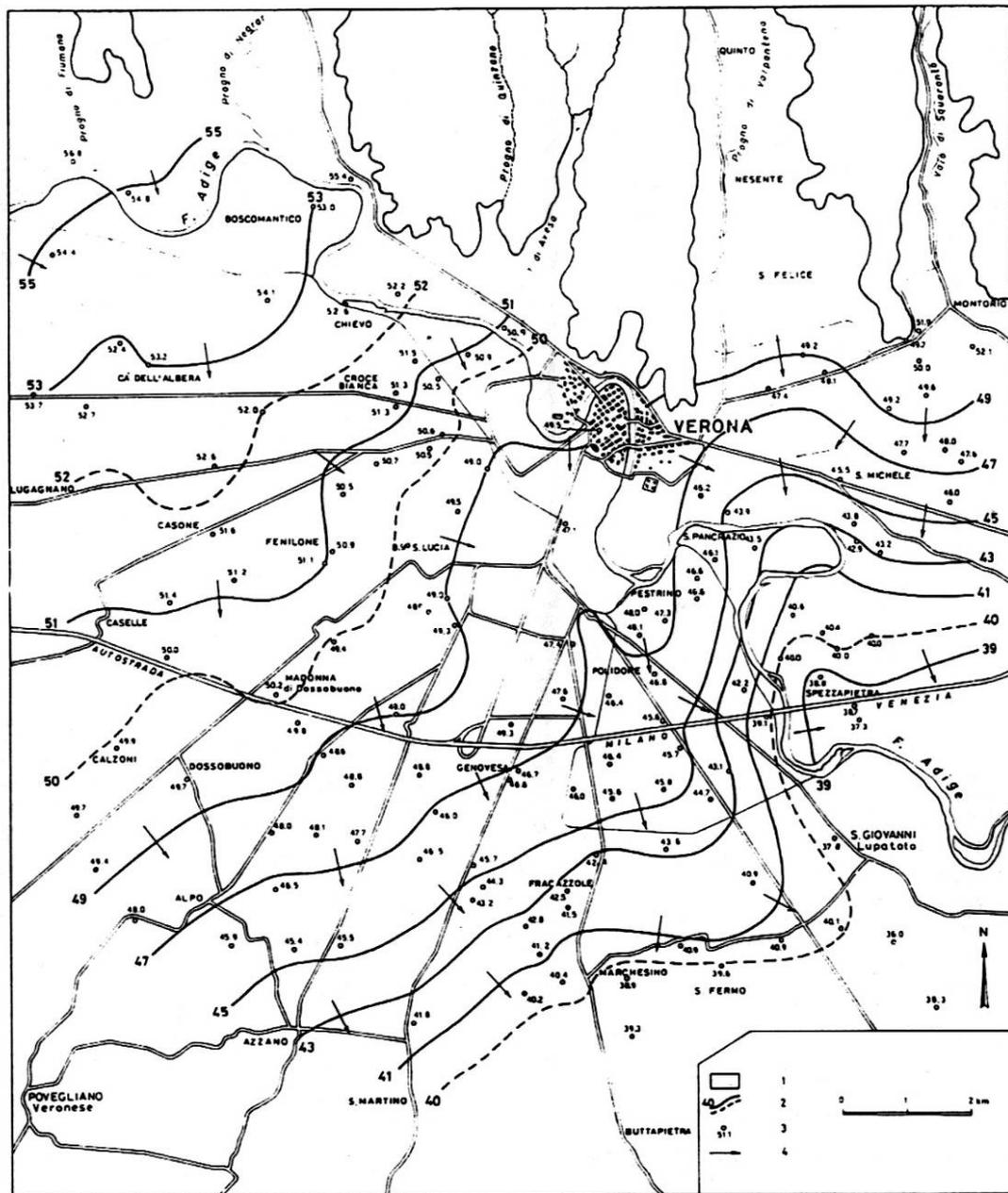
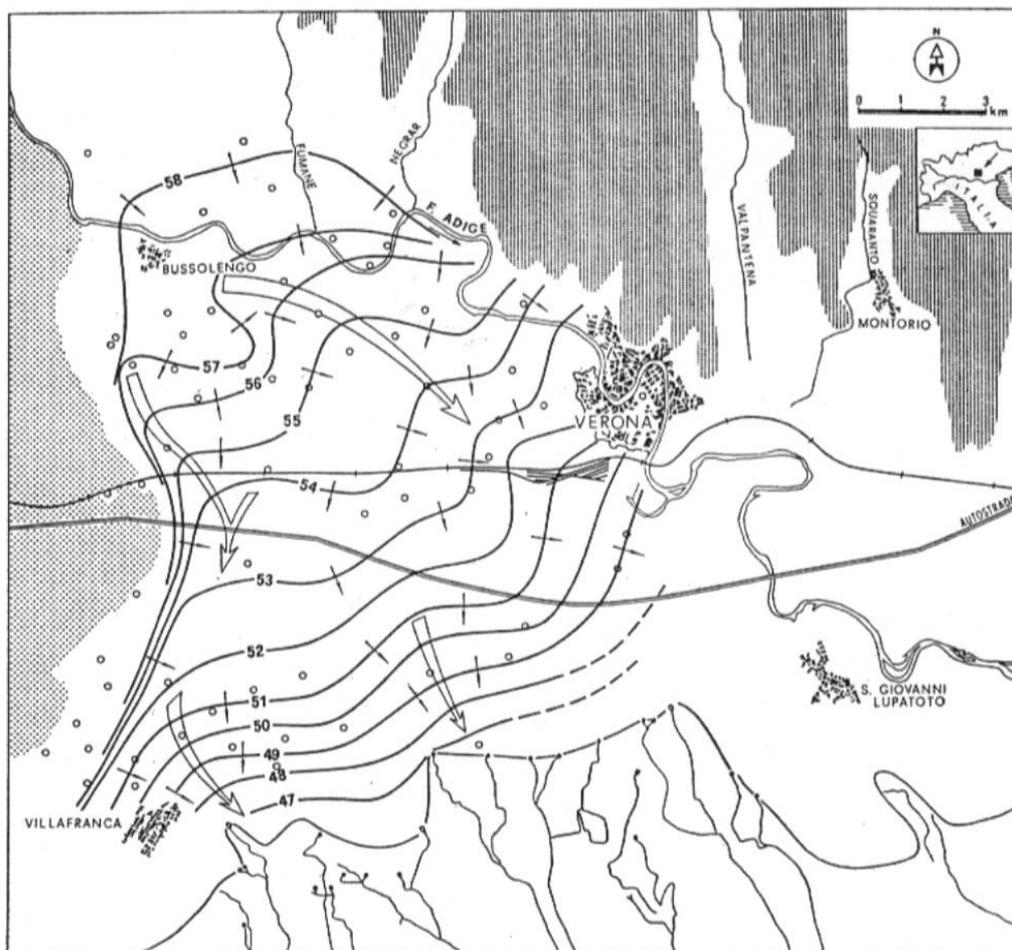


Figura 9 - Andamento delle isofreatiche relativa a una campagna eseguita nell'agosto 1981 con il valore della quota assoluta e la direzione del deflusso.



Anche la tematica idrogeologica dell'alimentazione sotterranea dell'Alta pianura è meritevole di specifici approfondimenti conoscitivi sia in termini idrologici (misure di portata ad elevata accuratezza interessanti il tratto che va dalla zona a Nord di Bussolengo a Zevio) che in termini più propriamente idrogeologici (indagini geognostiche con pozzi pilota).

3.1.7 Unità dell'alta pianura indifferenziata orientale

Questa unità delimitata come già descritto nel paragrafo precedente esclusivamente sulla base di considerazioni legate alla circolazione idrica sotterranea comprende grossomodo il settore orientale ed il confine con la provincia di Vicenza.

Lungo la fascia pedecollinare dell'Alta Pianura Veronese sono state frequentemente captate acque debolmente termalizzate, in orizzonti acquiferi alluvionali. Tale fenomeno è probabilmente da ricollegare all'attività neotettonica posteriore all'interglaciale Riss-Würm.

Le due unità dell'alta pianura sono separate dal corso del Fibbio, che va a confluire nell'Adige poco a valle dell'abitato di Zevio.

Il limite inferiore dell'unità dell'alta pianura orientale, a differenza della precedente, non è rappresentato dalla linea delle risorgive che non risulta individuabile in questo settore, ma viene fatto corrispondere in parte al corso dell'Adige per continuare verso Est fino ad Albaredo d'Adige.

Per questo tratto di pianura, come poi lungo il suo corso nell'unità della bassa pianura, l'Adige ha funzione drenante sulla falda libera ed il livello della falda a meno di una debole cadente piezometrica è vicino a quello del fiume.

3.1.8 Unità della bassa pianura

Il limite tra l'unità dell'alta pianura e quella della bassa pianura è marcato dal fenomeno delle risorgive riscontrabili, quasi ininterrottamente, lungo la gran parte della pianura veneta, rappresentando nella sua globalità una risorsa tutt'altro che trascurabile nell'economia idrica dell'agricoltura e dell'industria regionale.

Nella pianura veronese le risorgive si sviluppano all'interno di una fascia di territorio larga fino a 6÷8 Km. Questa fascia si estende per circa 30 km, dalle colline moreniche del Garda, fino a giungere con manifestazioni ormai in via di prosciugamento, alla destra Adige .

Nel programma delle ricerche condotte da Antonelli e Dal Prà (DAL PRA e ANTONELLI, 1980) è stato inserito il rilievo sistematico di tutta la rete idrografica di risorgiva per poter misurare, su varie sezioni, la portata del drenaggio globale che questo fenomeno naturale opera sulla falda freatica.

Il rilevamento condotto utilizzando 44 stazioni di misura ha consentito di cartografare tutti i corsi d'acqua sicuramente alimentati da risorgive e che lungo il loro percorso continuano a svolgere una non trascurabile azione drenante sulla falda.

La campagna di rilievo delle portate mediante molinello su sezioni a guado o da manufatto, ha avuto luogo nei giorni 3-4 maggio 1978, quindi in un periodo in cui la falda freatica non risentiva dell'attività irrigua estremamente diffusa nella zona. La portata globale misurata ai vari sistemi di risorgiva, risulta pari a circa 11,5 m³/s, riferibile ad una fase di magra della falda (si veda la Tabella 7).

4. STIMA DELLE DISPONIBILITÀ NATURALI DELLE RISORSE

4.1 Metodologia di analisi

Lo strumento indispensabile per determinare la potenzialità idrica di un bacino è rappresentato dalla stesura di un bilancio idrologico.

Il bilancio idrologico, nella sua accezione più generalizzata, è dato dalla eguaglianza tra le quantità d'acqua totali affluenti in un volume di controllo, e le quantità d'acqua da esso defluenti, sia per via superficiale che per via sotterranea.

La stesura di un bilancio idrologico sottintende la definizione di ben precisi limiti temporali e spaziali. Usualmente l'intervallo di tempo prescelto è un anno idrologico, mentre i valori dei dati impiegati risultano essere la media di lunghe osservazioni quantitative, allo scopo di escludere dai computi variazioni stagionali e di lavorare in condizioni stazionarie di equilibrio.

Per quanto concerne invece la delimitazione spaziale del bacino idrogeologico su cui calcolare il bilancio, sono state considerate le suddette unità in cui è stato suddiviso il territorio della provincia di Verona.

I parametri che entrano in gioco nel bilancio sono diversi e possono in via generale essere classificati come naturali e come derivanti da una più diretta influenza antropica.

I fattori naturali di afflusso e deflusso sono essenzialmente: le precipitazioni, l'evapotraspirazione, gli interscambi con i corsi d'acqua e quelli con altre unità idrogeologiche.

Tra i fattori di origine antropica rientrano le estrazioni di acqua a mezzo di pozzi e la ricarica artificiale della falda conseguente alle irrigazioni. Questi ultimi fattori sono stati tralasciati essendo allo stato attuale difficile una stima attendibile.

Pertanto il bilancio è stato chiuso "in condizioni naturali", cioè trascurando gli usi attualmente in atto.

In termini quantitativi, il bilancio idrologico è stato espresso con la seguente formulazione:

$$\sum Q_{\text{affluenti}} = \sum Q_{\text{defluenti}} \pm \Delta S$$

$$\sum Q_{\text{affluenti}} = P_e + Q_d + I_r + A_f + A_s$$

P_e = Precipitazione efficace, vale a dire contributo delle precipitazioni diminuite dell'evapotraspirazione.

Q_d = Contributo dei corsi d'acqua mediante dispersioni che vanno a rimpinguare la falda

I_r = Ricarica artificiale della falda dovuta al contributo delle acque irrigue.

A_s = Afflusso di acque superficiali da unità contigue.

A_f = Afflusso di acque sotterranee attraverso le frontiere dell'area considerata, da unità contigue.

$$\sum Q_{\text{defluenti}} = R + U + Q_s + Q_u + D_f$$

R = Emergenze da risorgive e sorgenti

U = Emungimenti

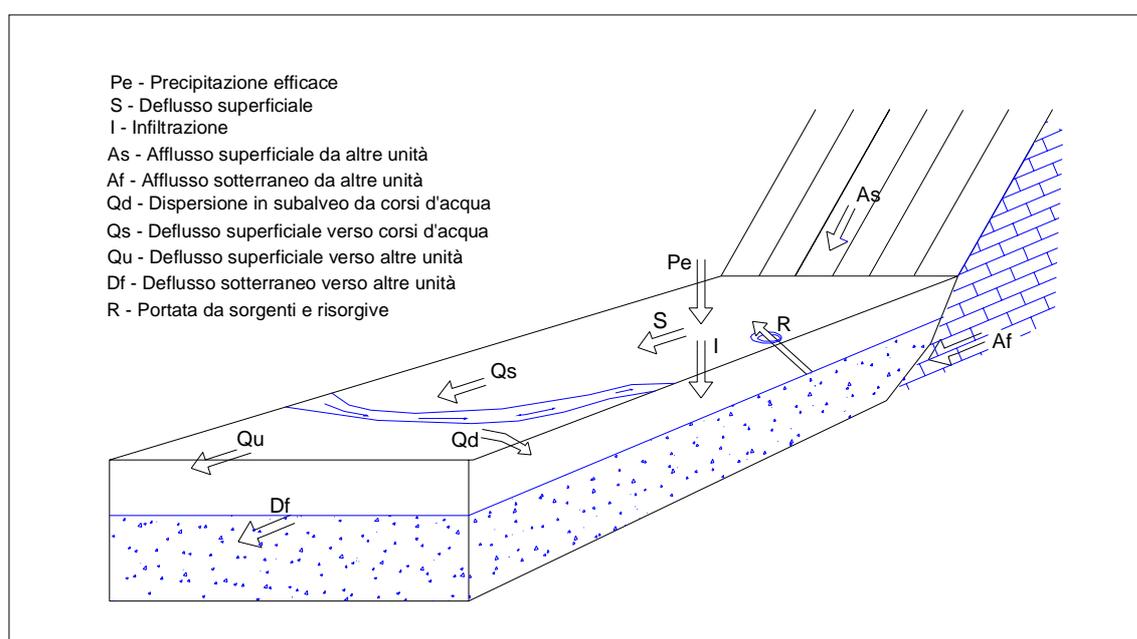
Q_s = Deflusso superficiale verso corsi d'acqua.

Q_u = Deflusso di acque superficiali verso unità contigue.

D_f = Deflussi sotterranei attraverso le frontiere dell'area considerata, verso unità contigue.

ΔS = Variazione della quantità d'acqua sotterranea accumulata (Immagazzinamento - Storage)

Figura 10 – Schematizzazione dei contributi considerati nel bilancio idrologico



4.2 Stima dei termini del bilancio

4.2.1 *Apporto meteorico efficace*

L'apporto meteorico efficace va inteso come il contributo diretto ed effettivo agli acquiferi dovuto alle precipitazioni. Tale contributo è ottenuto dopo aver stimato i termini di evapotraspirazione potenziale e reale.

A seguire vengono riportati un inquadramento climatologico della provincia di Verona, i dati pluviometrici raccolti in 12 stazioni di misura distribuite nel territorio della provincia entro le diverse unità idrogeologiche, le stime dell'evapotraspirazione potenziale e reale, ed infine i dati dell'apporto meteorico efficace.

Aspetti climatologici della provincia di Verona

Il clima della provincia veronese, pur rientrando nella tipologia mediterranea, presenta proprie peculiarità dovute principalmente al fatto di trovarsi in una posizione climatologicamente di transizione. Subisce, infatti, varie influenze quali l'effetto orografico della catena alpina e la continentalità dell'area centro-europea. Due sono in sintesi le peculiarità della provincia veronese:

- le peculiari caratteristiche termiche e pluviometriche della regione alpina con clima montano di tipo centro-europeo;
- il carattere continentale della pianura veneta, con inverni rigidi; in quest'ultima regione climatica si differenzia una subregione a clima più mite: quella lacustre nei pressi del lago di Garda.

Infatti nelle zone pianeggianti del nostro territorio si realizzano condizioni climatiche caratteristiche del clima continentale, con inverni abbastanza rigidi ed estati calde ed afose. L'elemento determinante, anche ai fini della diffusione degli inquinanti, è la scarsa circolazione aerea tipica del clima padano, con frequente ristagno delle masse d'aria specialmente nel periodo invernale. Nel campo termico si realizzano forti escursioni; tali escursioni risultano molto accentuate in estate con valori fino a 20 gradi di differenza tra la massima e la minima. In inverno, l'escursione giornaliera può essere anche attorno al grado come conseguenza delle inversioni termiche e della presenza di formazioni nebbiose che interessano prevalentemente le zone pianeggianti rispetto a quelle collinari.

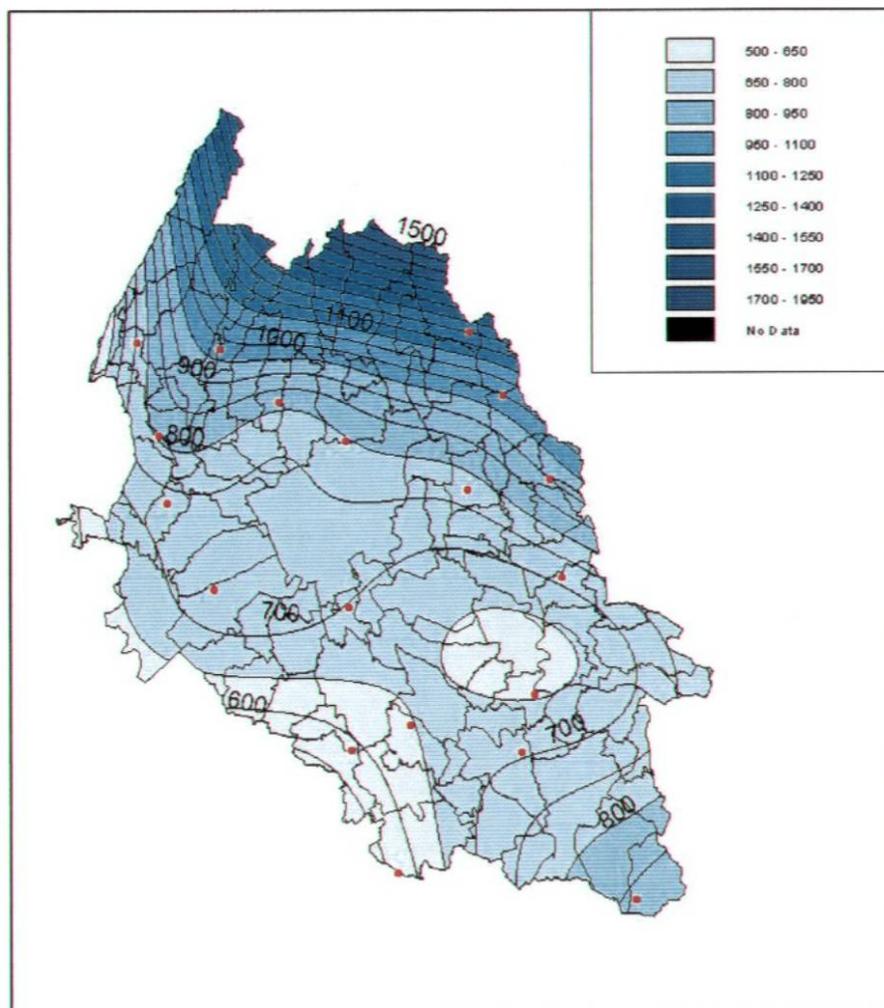
La temperatura media annua varia dai circa 9°C, registrati nella stazione di San Bortolo nei Lessini, ai circa 14°C misurati a Salizolle. In generale il minor gradiente termico orizzontale viene misurato in pianura dove prevale un notevole grado di continentalità con inverni rigidi ed estati calde e afose con circolazione debole dei venti. La fascia relativamente più calda si estende lungo una direttrice da Nord-Ovest a Sud-Est che partendo dal lago di Garda, dove risultano evidenziati gli effetti mitigatori del lago stesso, arriva fino ad un nucleo più caldo collocato nella Bassa Veronese.

Analizzando l'andamento climatico misurato dalla stazione meteorologica di Villafranca, si osserva un graduale aumento della temperatura media, aumento che si ripercuote particolarmente sui valori minimi: a gennaio, il mese dell'anno più freddo, si è registrato un aumento di 3°C in cento anni. L'andamento dei valori massimi risulta invece pressoché stazionario.

Per quanto riguarda il regime pluviometrico il suo valore medio annuo è circa 700-800 mm ma si possono verificare differenze di circa 400 mm in più o in meno rispettivamente nelle stagioni molto piovose o in quelle secche. L'andamento delle precipitazioni risulta crescente procedendo dalle zone pianeggianti a quelle montuose dei Lessini.

Dai dati della rete ARPAV delle 20 stazioni presenti sul territorio provinciale relativi al periodo 1961-2000, anche se non sufficienti per una analisi climatologica, è però possibile ricavare una distribuzione della precipitazione sul territorio evidenziata nella figura seguente.

Figura 11 - Mappa delle precipitazioni medie annue nella provincia di Verona nel periodo 1961-2000 espresse in mm di pioggia (Rapporto sullo stato dell'ambiente 2002, Provincia di Verona).



Sempre utilizzando i dati forniti dell'Aeronautica Militare di Verona Villafranca, si è potuto anche individuare il trend climatico, che evidenzia una diminuzione delle precipitazioni pari a circa 24 mm annui in cento anni.

L'umidità relativa presenta valori frequentemente elevati durante la stagione che va dal tardo autunno fino all'inizio della primavera; ciò è conseguenza sia del maggior transito dei sistemi perturbati e sia, in condizioni anticicloniche, dei processi di saturazione e successiva condensazione del vapore acqueo presente nei bassi strati. Questi ultimi determinano la formazione di dense foschie o di nebbie. L'andamento anemometrico evidenzia due direzioni principali di provenienza del vento: la prima e più significativa compresa tra ENE e SE e la seconda direzione tra W e WNW.

Pluviometria

I dati delle precipitazioni sono stati raccolti per una serie di stazioni di misura distribuite uniformemente nel territorio e tali da fornire valori rappresentativi per ciascuna unità idrogeologica. In particolare, per ciascuna delle unità individuate, sono state considerate un numero di stazioni variabile tra due e quattro, per un totale di 12 stazioni distribuite su tutta la provincia (si veda l'allegato Schema idrogeologico).

Le stazioni sono quelle di Affi, Villafranca, Verona, Soave, S.Pietro in Cariano, Albaredo, Legnago, Erbezzo, Tregnago, Grezzana, Ferrara di Monte Baldo.

I dati raccolti sono i seguenti:

- valori di precipitazioni medie mensili relative al trentennio 1921-1950 dal Servizio Idrografico;
- valori di precipitazioni mensili per le stazioni di Tregnago (piogge mensili dal 1920 al 1980), Soave (piogge mensili dal 1924 al 1972), Albaredo (piogge mensili dal 1920 al 1950), desunti dagli Annali Idrologici del Servizio Idrografico;
- valori di precipitazioni medie mensili degli anni dal 1921 al 1990 per la stazione di Villafranca, ad opera del servizio meteorologico dell’Aeronautica Militare.

Per il successivo computo della piovosità media areale e dei volumi di afflusso meteorico medio su ciascuna unità idrogeologica, dovendo utilizzare una serie di informazioni discrete, è stato impiegato il “metodo dei poligoni” di Thiessen (o “media ponderata”).

Tabella 2- Andamento dei valori delle precipitazioni medie mensili e cumulate annue in mm.

Stazione:	Affi	Ferrara di Monte Baldo	Erbezzo	S.Pietro in Cariano	Verona	Grezzana	Castel d'Ario	Legnago
Quota (m s.m.)	188	831	1118	145	60	166	24	16
Gennaio	47,7	47,7	48,0	52,9	41,0	53,0	53,0	49,0
Febbraio	47,0	66,3	46,0	51,3	35,0	47,0	47,0	47,0
Marzo	59,3	93,7	89,0	55,5	47,0	65,0	65,0	50,0
Aprile	76,3	135,3	102,0	65,6	49,0	89,0	89,0	60,0
Maggio	114,0	223,3	159,0	100,4	85,0	129,0	129,0	86,0
Giugno	86,0	134,3	132,0	96,9	51,0	99,0	99,0	71,0
Luglio	69,3	85,7	99,0	79,9	48,0	74,0	74,0	49,0
Agosto	92,7	98,7	102,0	81,7	58,0	82,0	82,0	38,0
Settembre	81,0	90,7	109,0	83,4	62,0	90,0	90,0	60,0
Ottobre	84,3	134,3	128,0	83,8	61,0	88,0	88,0	70,0
Novembre	78,3	165,3	116,0	83,2	62,0	90,0	90,0	71,0
Dicembre	59,7	59,3	67,0	63,5	45,0	58,0	58,0	50,0
Annue	896	1335	1197	898	644	964	964	701
Giorni piovosi	73	93	95	76	80	85	85	85

Tabella 3. Andamento dei valori delle precipitazioni medie mensili e cumulate annue in mm.

Stazione:	Soave	Albaredo	Tregnago	Villafranca
Quota (m s.m.)	40	24	371	54
Gennaio	52,3	48,4	76,5	52,1
Febbraio	50,6	49,0	71,8	49,1
Marzo	58,3	58,1	77,8	55,5
Aprile	67,2	64,8	98,7	67,9
Maggio	94,1	95,6	115,8	83,6
Giugno	83,8	76,4	104,1	81,5
Luglio	65,5	54,5	82,1	62,9
Agosto	65,9	51,3	85,9	82,8
Settembre	69,0	66,9	85,1	67,5
Ottobre	72,3	78,1	96,3	77,1
Novembre	84,7	74,4	105,5	77,1
Dicembre	58,0	56,0	76,0	54,2
Annue	822	774	1075	811

Calcolo dell'evapotraspirazione potenziale

L'evapotraspirazione è caratterizzata dalla concomitante presenza dell'evaporazione, definita come il trasferimento di acqua nell'atmosfera da uno specchio d'acqua, da suolo nudo o da acqua intercettata da una copertura vegetale, e della traspirazione mediante evaporazione attraverso gli stomi delle piante.

Inoltre, l'evapotraspirazione viene distinta tra potenziale e reale, essendo la prima quella che si ha da una copertura vegetale a cui sia fornita acqua in modo tale da garantire un'ottima crescita, mentre la seconda coincide con l'evapotraspirazione da una copertura vegetale in condizioni naturali di fornitura d'acqua.

La stima di queste entità è generalmente difficile, essendo molteplici i fattori climatici (energia di radiazione, durata relativa delle ore di sole, temperatura, velocità del vento) e ambientali (disponibilità d'acqua, copertura del suolo) che regolano il processo di evapotraspirazione.

Per l'approssimazione richiesta nei nostri calcoli appare giustificato l'utilizzo di formule empiriche per il calcolo dell'evapotraspirazione potenziale. Successivamente, l'evaporazione reale verrà stimata confrontando il termine di evaporazione potenziale con i termini di precipitazione e di contenuto d'acqua stimato nel suolo, a seconda dell'unità idrogeologica considerata.

La valutazione dell'evapotraspirazione potenziale è stata effettuata o con i metodi proposti da Thornthwaite e da Turc.

$$ET_p = 16 \left(10 \frac{T}{I} \right)^a \cdot k \quad (\text{mm/mese})$$

dove:

[T] è la temperatura media mensile in °C;

[I] è l'indice di calore annuo:

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_i}{5} \right)^{1.514} ;$$

[a] è un coefficiente funzione di I:

$$a = 675 \times 10^{-9} I^3 - 771 \times 10^{-7} I^2 + 1792 \times 10^{-5} I + 0.49239$$

[k] è un coefficiente astronomico, funzione del numero di ore di insolazione mensili ed è stato desunto da apposite tabelle per la latitudine corrispondente alla stazione di registrazione (45° N).

Il metodo di Turc permette di stabilire l' ET_p in base a parametri climatici tramite la formula:

$$ET_p = 0.40 * \frac{T}{T + 15} * (R + 50) \quad [\text{mm/mese}]$$

dove:

[T]: temperatura media mensile

[R]: radiazione solare che al mese n-esimo assume il valore

$$R_n = 12.5 * (T_a + 11) + 25 * (T_{n+1} - T_a)$$

[T_a]: temperatura media

[T_{n+1}]: temperatura del mese successivo a quello considerato

Tabella 4 – Calcolo dell'evapotraspirazione potenziale nelle unità idrogeologiche considerate.

ETP (mm) UNITA' DELL'ALTA PIANURA INDIFFERENZIATA						
Mese	Temp media	coefficiente astronomico k	indice di calore annuo I	ETP (mm/mese) Thornthwaite	radiazione solare R	ETP (mm/mese) Turc
G	1,9	0,8	0,23	3,0	85,3	6,1
F	4,2	0,82	0,77	9,0	180,3	20,2
M	8	1,02	2,04	27,0	285,3	46,7
A	12,2	1,13	3,86	53,1	397,8	80,3
M	16,7	1,28	6,21	92,3	497,8	115,4
G	20,7	1,3	8,59	125,5	555,3	140,4
L	23	1,31	10,08	146,0	535,3	141,7
A	22,2	1,21	9,55	128,5	447,8	118,8
S	18,7	1,04	7,37	87,4	307,8	79,4
O	13,1	0,99	4,30	51,3	172,8	41,5
N	7,7	0,79	1,92	19,9	42,8	12,6
D	2,5	0,75	0,35	4,1	294,7	19,7

ETP (mm) UNITA' DELLA BASSA PIANURA							
Mese	Temp media	k	I	a	ETP (mm/mese) Thornthwaite	R	ETP (mm/mese) Turc
G	2,4	0,8	0,33		3,7	91,6	7,8
F	4,7	0,82	0,91		9,7	186,6	22,6
M	8,5	1,02	2,23		27,9	291,6	49,4
A	12,7	1,13	4,10		54,3	404,1	83,3
M	17,2	1,28	6,49		94,2	504,1	118,4
G	21,2	1,3	8,91		128,3	561,6	143,3
L	23,5	1,31	10,41		149,5	541,6	144,4
A	22,7	1,21	9,88		131,5	454,1	121,4
S	19,2	1,04	7,67		89,3	314,1	81,8
O	13,6	0,99	4,55		52,4	179,1	43,6
N	8,2	0,79	2,11		20,5	49,1	14,0
D	3	0,75	0,46		4,7	300,9	23,4

ETP (mm) UNITA' MORENICA DEL GARDA							
Mese	Temp media	k	I	a	ETP (mm/mese) Thornthwaite	R	ETP (mm/mese) Turc
G	0,8	0,8	0,06		1,3	71,6	2,5
F	3,1	0,82	0,48		7,3	166,6	14,8
M	6,9	1,02	1,63		25,0	271,6	40,5
A	11,1	1,13	3,34		50,6	384,1	73,8
M	15,6	1,28	5,60		88,3	484,1	108,9
G	19,6	1,3	7,91		119,9	541,6	134,0
L	21,9	1,31	9,36		139,1	521,6	135,7
A	21,1	1,21	8,85		122,5	434,1	113,2
S	17,6	1,04	6,72		83,6	294,1	74,3
O	12	0,99	3,76		48,9	159,1	37,2
N	6,6	0,79	1,52		18,3	29,1	9,7
D	1,4	0,75	0,15		2,4	280,9	11,3

ETP (mm) UNITA' DEL MONTE BALDO							
Mese	Temp media	k	I	a	ETP (mm/mese) Thornthwaite	R	ETP (mm/mese) Turc
G	-4,1	0,8	0,00		0,0	10,3	0,0
F	-1,8	0,82	0,00		0,0	105,3	0,0
M	2	1,02	0,25		11,8	210,3	12,3
A	6,2	1,13	1,38		38,2	322,8	43,6
M	10,7	1,28	3,16		72,8	422,8	78,7
G	14,7	1,3	5,12		100,1	480,3	105,0
L	17	1,31	6,38		115,8	460,3	108,4
A	16,2	1,21	5,93		102,2	372,8	87,8
S	12,7	1,04	4,10		69,7	232,8	51,9
O	7,1	0,99	1,70		38,1	97,8	19,0
N	1,7	0,79	0,20		7,8	-32,2	0,7
D	-3,5	0,75	0,00		0,0	219,7	0,0
	6,575		28,22	0,952	556,5		507,4

ETP (mm) UNITA' DEI MONTI LESSINI							
Mese	Temp media	k	I	a	ETP (mm/mese) Thornthwaite	R	ETP (mm/mese) Turc
G	-2,9	0,8	0,00		0,0	25,3	0,0
F	-0,6	0,82	0,00		0,0	120,3	0,0
M	3,2	1,02	0,51		15,9	225,3	19,4
A	7,4	1,13	1,81		41,5	337,8	51,2
M	11,9	1,28	3,72		76,4	437,8	86,3
G	15,9	1,3	5,76		104,3	495,3	112,2
L	18,2	1,31	7,07		120,6	475,3	115,2
A	17,4	1,21	6,61		106,4	387,8	94,0
S	13,9	1,04	4,70		72,7	247,8	57,3
O	8,3	0,99	2,15		40,9	112,8	23,2
N	2,9	0,79	0,44		11,2	-17,2	2,1
D	-2,3	0,75	0,00		0,0	234,7	0,0
	7,775		32,77	1,021	589,8		561,0

Valori dell'apporto meteorico efficace

Per il calcolo dell'apporto meteorico efficace, inteso come quantità effettiva di pioggia che infiltrandosi va a rimpinguare la falda, è stata utilizzata una procedura che tiene conto delle variazioni stagionali del contenuto d'acqua del suolo e dell'evapotraspirazione reale, in funzione delle precipitazioni medie mensili e delle caratteristiche pedologiche del terreno.

Tale procedura è riportata nelle successive tabelle. Viene assunta come ipotesi iniziale che il mese di agosto sia un mese secco, per cui il contenuto d'acqua del terreno è nullo. Inoltre viene stimato il massimo contenuto d'acqua 'u' che il suolo di ciascuna unità è in grado di trattenere.

Successivamente, per ogni mese viene stimato il contributo di evaporazione reale, che coincide con quella potenziale nei mesi umidi in cui il terreno risulta sufficientemente imbibito, mentre è pari al valore della precipitazione nei mesi secchi, in cui gli afflussi sono inferiori all'evapotraspirazione potenziale, cui si aggiunge il contenuto d'acqua del suolo del mese precedente, che può anch'esso essere sfruttato nel processo di evapotraspirazione.

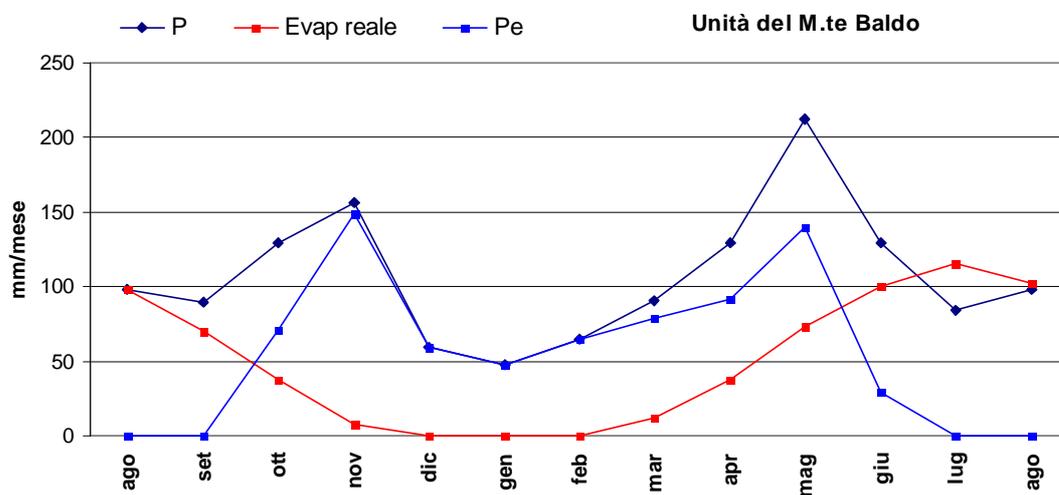
Infine, nota l'evapotraspirazione reale, viene ricavato il contributo di precipitazione efficace.

Dall'analisi dei dati ottenuti si nota come il maggior contributo sia quello delle unità montane, dove piogge che si attestano intorno ai 1000 mm/anno e ridotta evapotraspirazione (circa 550 mm/anno), consentono un'infiltrazione efficace di circa 700 mm/anno (pari a 23 l/s/km²) nel Baldo e 500 mm/anno (pari a 17 l/s/km²) nei Lessini.

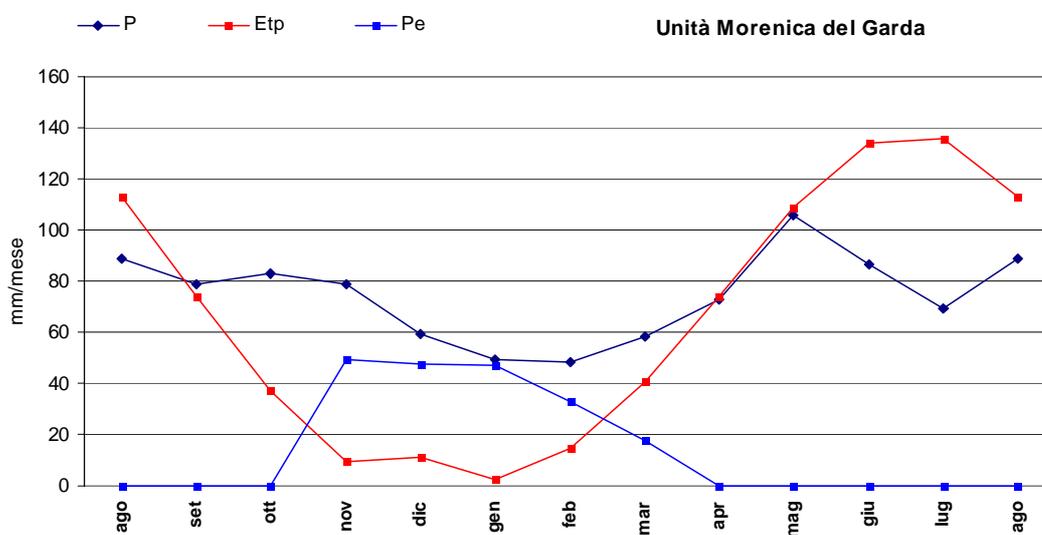
Tale contributo alla falda, attraverso i condotti carsici, soprattutto nelle unità più propriamente carbonatiche, e attraverso le altre vie sotterranee nelle rocce non carsificate, perviene per travaso dalle unità idrogeologiche dei monti Baldo e Lessini alle unità alluvionali a valle, sommandosi al contributo della precipitazione efficace direttamente gravitante sulle unità di pianura. Tale contributo risulta meno marcato in questa unità in quanto a fronte di precipitazioni più modeste (circa 750-800 mm/anno) e di una elevata evapotraspirazione (fino a 600 mm/anno), rimane una quantità di pioggia efficace modesta con valori di meno di 200 mm/anno (pari a 6 l/s/km²).

Tabella 5– Andamento dei valori di apporto meteorico (P), evapotraspirazione potenziale (ETp), contenuto d'acqua del terreno (Cont) in funzione della capacità di immagazzinamento del terreno(u), e precipitazione efficace (Pe) nelle diverse unità idrogeologiche considerate.

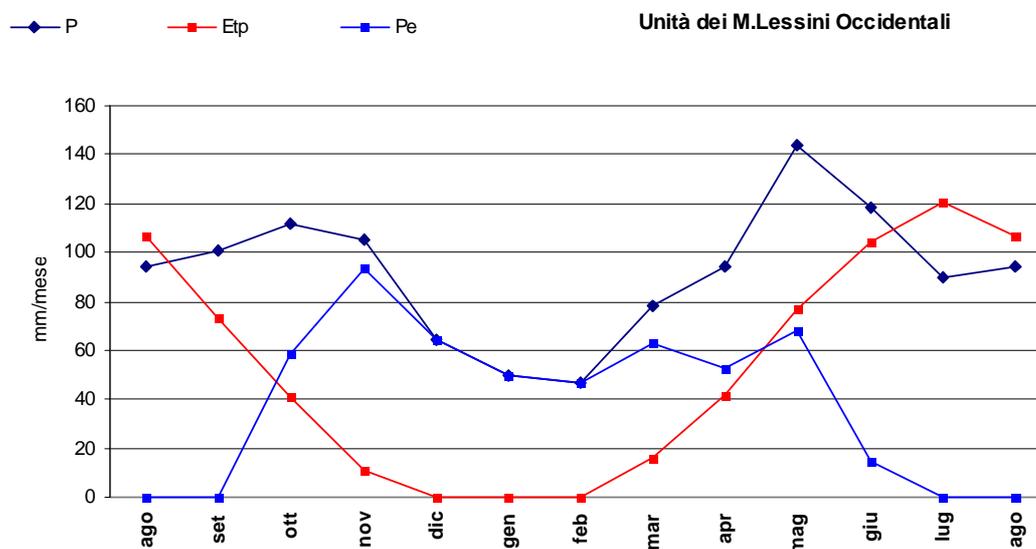
UNITA' DEL MONTE BALDO						
Stazioni: Ferrara di M.te Baldo, Affi						
U (mm) =40						
MESE	P (mm)	ETp (mm)	Cont + infl (mm)	Cont (mm)	Evap reale (mm)	Pe (mm)
ago	98,1	102,2	0,0	0,0	98,1	0,0
set	89,7	69,7	20,0	20,0	69,7	0,0
ott	129,3	38,1	111,3	40,0	38,1	71,3
nov	156,6	7,8	188,8	40,0	7,8	148,8
dic	59,4	0,0	99,4	40,0	0,0	59,4
gen	47,7	0,0	87,7	40,0	0,0	47,7
feb	64,4	0,0	104,4	40,0	0,0	64,4
mar	90,2	11,8	118,5	40,0	11,8	78,5
apr	129,4	38,2	131,2	40,0	38,2	91,2
mag	212,4	72,8	179,6	40,0	72,8	139,6
giu	129,5	100,1	69,4	40,0	100,1	29,4
lug	84,0	115,8	8,2	8,2	115,8	0,0
ago	98,1	102,2	4,1	4,1	102,2	0,0
Tot.	1290,8	556,5			556,5	730,2



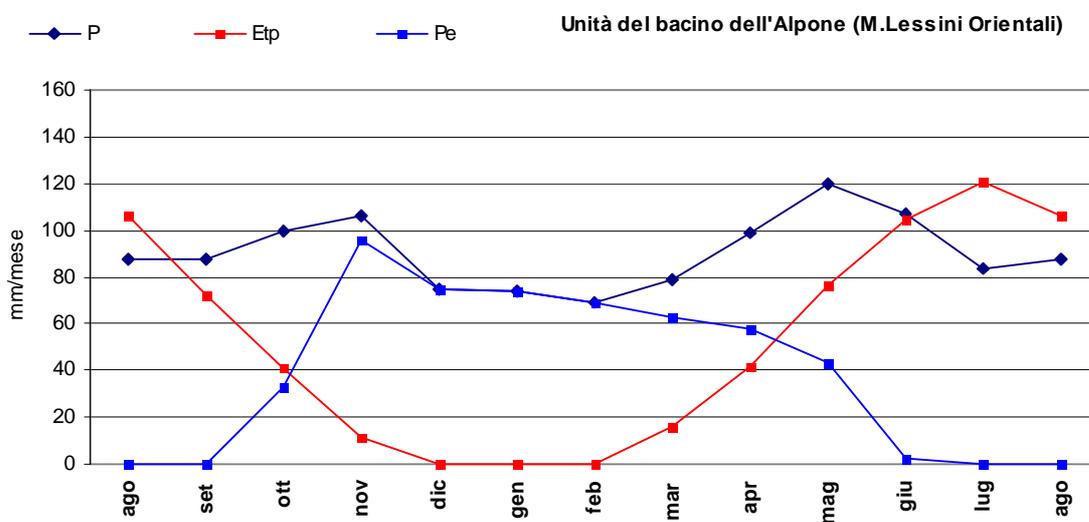
UNITA' MORENICA DEL GARDA						
Stazioni: Affi, Villafranca, S.Pietro in Cariano						
U (mm) =70						
MESE	P (mm)	ETp (mm)	Cont + infl (mm)	Cont (mm)	Evap reale (mm)	Pe (mm)
ago	89,1	113,2	0,0	0,0	89,1	0,0
set	78,7	74,3	4,3	4,3	74,3	0,0
ott	82,8	37,2	50,0	50,0	37,2	0,0
nov	78,8	9,7	119,1	70,0	9,7	49,1
dic	59,1	11,3	117,8	70,0	11,3	47,8
gen	49,3	2,5	116,9	70,0	2,5	46,9
feb	48,1	14,8	103,2	70,0	14,8	33,2
mar	58,0	40,5	87,5	70,0	40,5	17,5
apr	73,0	73,8	69,2	69,2	73,8	0,0
mag	105,9	108,9	66,2	66,2	108,9	0,0
giu	86,7	134,0	18,9	18,9	134,0	0,0
lug	69,6	135,7	0,0	0,0	88,5	0,0
ago	89,1	113,2	0,0	0,0	89,1	0,0
Tot.	879,1	755,9			684,6	194,5



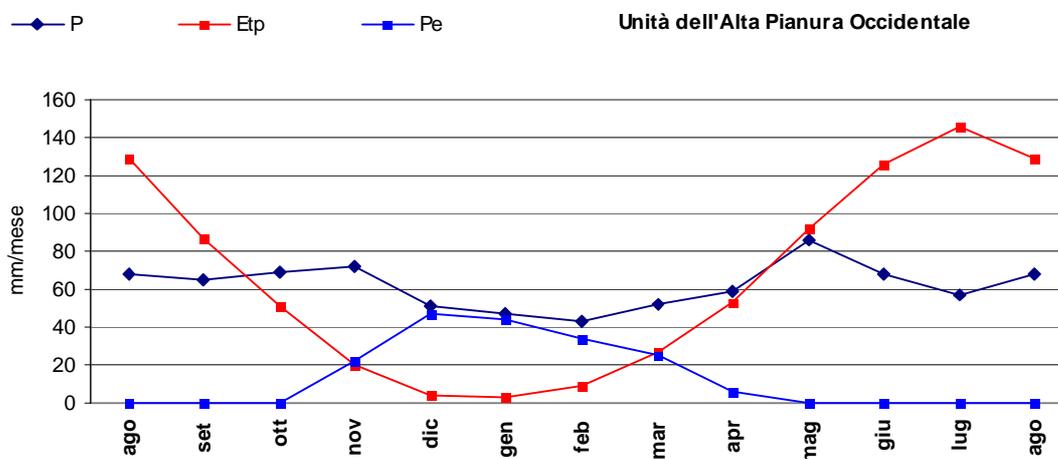
UNITA' DEI MONTI LESSINI OCCIDENTALI						
Stazioni: Erbezzo, Grezzana, S.Pietro in Cariano						
U (mm) =40						
MESE	P (mm)	ETp (mm)	Cont + infil (mm)	Cont (mm)	Evap reale (mm)	Pe (mm)
Ago	94,0	106,4	0,0	0,0	94,0	0,0
Set	100,7	72,7	28,0	28,0	72,7	0,0
Ott	111,6	40,9	98,7	40,0	40,9	58,7
Nov	104,9	11,2	133,8	40,0	11,2	93,8
Dic	64,0	0,0	104,0	40,0	0,0	64,0
Gen	50,0	0,0	90,0	40,0	0,0	50,0
Feb	46,8	0,0	86,8	40,0	0,0	46,8
Mar	78,5	15,9	102,5	40,0	15,9	62,5
Apr	94,5	41,5	92,9	40,0	41,5	52,9
Mag	144,1	76,4	107,8	40,0	76,4	67,8
Giu	118,6	104,3	54,3	40,0	104,3	14,3
Lug	89,6	120,6	9,0	9,0	120,6	0,0
ago	94,0	106,4	0,0	0,0	103,0	0,0
Tot.	1097,2	589,8			586,4	510,8



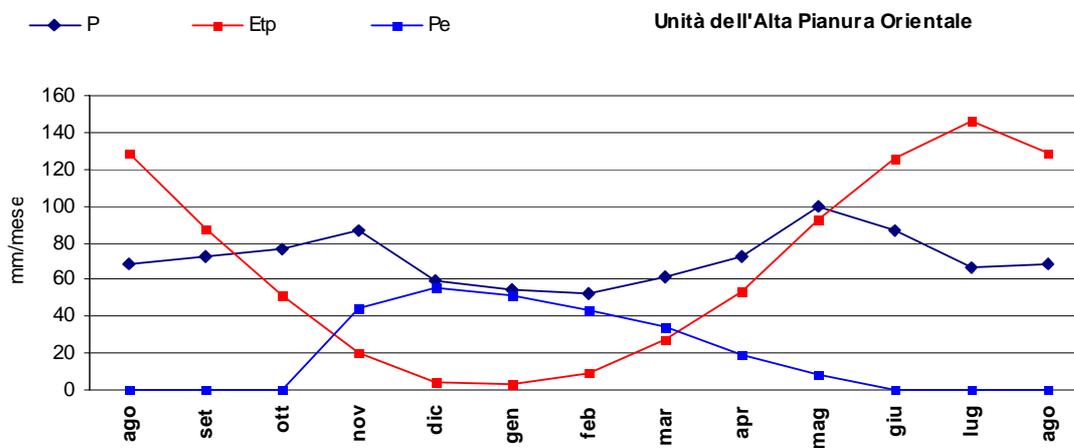
UNITA' DEL BACINO DELL'ALPONE (Lessini Or.)						
Stazioni: Erbezzo, Tregnago, Soave						
U (mm) =40						
MESE	P (mm)	ETp (mm)	Cont + infil (mm)	Cont (mm)	Evap reale (mm)	Pe (mm)
ago	87,5	106,4	0,0	0,0	87,5	0,0
Set	87,5	72,7	14,8	14,8	72,7	0,0
Ott	99,4	40,9	73,3	40,0	40,9	33,3
Nov	106,5	11,2	135,4	40,0	11,2	95,4
Dic	75,1	0,0	115,1	40,0	0,0	75,1
Gen	73,7	0,0	113,7	40,0	0,0	73,7
Feb	69,2	0,0	109,2	40,0	0,0	69,2
mar	78,9	15,9	103,0	40,0	15,9	63,0
Apr	99,0	41,5	97,5	40,0	41,5	57,5
mag	120,1	76,4	83,7	40,0	76,4	43,7
Giu	106,9	104,3	42,6	40,0	104,3	2,6
Lug	83,8	120,6	3,2	3,2	120,6	0,0
Ago	87,5	106,4	0,0	0,0	90,7	0,0
Tot.	1087,6	589,8			574,1	513,4



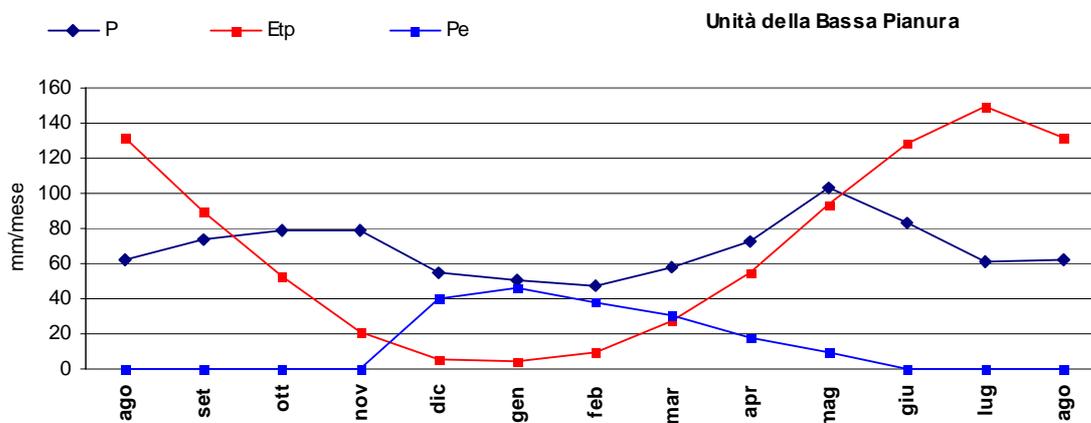
UNITA' DELL'ALTA PIANURA OCCIDENTALE						
Stazioni: Villafranca; Verona; Soave; S. Pietro in Cariano						
U (mm) =48						
MESE	P (mm)	Etp (mm)	Cont + infl (mm)	Cont (mm)	Evap reale (mm)	Pe (mm)
ago	68,3	128,5	0,0	0,0	68,3	0,0
set	65,3	87,4	0,0	0,0	65,3	0,0
ott	68,9	51,3	17,6	17,6	51,3	0,0
nov	71,8	19,9	69,6	48,0	19,9	21,6
dic	50,8	4,1	94,7	48,0	4,1	46,7
gen	47,1	3,0	92,1	48,0	3,0	44,1
feb	43,0	9,0	82,0	48,0	9,0	34,0
mar	52,2	27,0	73,2	48,0	27,0	25,2
apr	59,3	53,1	54,1	48,0	53,1	6,1
mag	86,3	92,3	42,0	42,0	92,3	0,0
giu	68,2	125,5	0,0	0,0	110,3	0,0
lug	56,7	146,0	0,0	0,0	56,7	0,0
ago	68,3	128,5	0,0	0,0	68,3	0,0
Tot.	738,0	747,1			560,2	177,8



UNITA' DELL'ALTA PIANURA ORIENTALE						
Stazioni: Tregnago;Albaredo;Soave;Grezzana						
U (mm) =48						
MESE	P	ETp	Cont + infl	Cont	Evap reale	Pe
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
ago	68,1	128,5	0,0	0,0	68,1	0,0
set	72,5	87,4	0,0	0,0	72,5	0,0
ott	76,8	51,3	25,5	25,5	51,3	0,0
nov	86,3	19,9	92,0	48,0	19,9	44,0
dic	59,6	4,1	103,5	48,0	4,1	55,5
gen	54,4	3,0	99,4	48,0	3,0	51,4
feb	52,2	9,0	91,2	48,0	9,0	43,2
mar	60,9	27,0	81,9	48,0	27,0	33,9
apr	72,3	53,1	67,2	48,0	53,1	19,2
mag	99,9	92,3	55,6	48,0	92,3	7,6
giu	86,6	125,5	9,1	9,1	125,5	0,0
lug	66,9	146,0	0,0	0,0	76,0	0,0
ago	68,1	128,5	0,0	0,0	68,1	0,0
Tot.	856,6	747,1			601,7	254,9



UNITA' DELLA BASSA PIANURA						
Stazioni: Albaredo; Castel d'ario; Legnago						
U (mm) =96						
MESE	P (mm)	ETp (mm)	Cont + infl (mm)	Cont (mm)	Evap reale (mm)	Pe (mm)
ago	61,9	131,5	0,0	0,0	61,9	0,0
set	73,3	89,3	0,0	0,0	73,3	0,0
ott	79,4	52,4	27,1	27,1	52,4	0,0
nov	79,3	20,5	85,8	85,8	20,5	0,0
dic	55,0	4,7	136,1	96,0	4,7	40,1
gen	50,5	3,7	142,8	96,0	3,7	46,8
feb	47,8	9,7	134,0	96,0	9,7	38,0
mar	58,2	27,9	126,4	96,0	27,9	30,4
apr	72,4	54,3	114,1	96,0	54,3	18,1
mag	103,7	94,2	105,5	96,0	94,2	9,5
giu	83,5	128,3	51,1	51,1	128,3	0,0
lug	60,8	149,5	0,0	0,0	111,9	0,0
ago	61,9	131,5	0,0	0,0	61,9	0,0
Tot.	825,8	766,1			642,9	182,9



4.2.2 *Infiltrazione, afflussi e deflussi superficiali*

Note le precipitazioni efficaci, il contenuto d'acqua che per infiltrazione raggiunge la falda, è pari alla differenza tra la precipitazione efficace e il contributo di deflusso superficiale.

Per una stima di tale contributo si utilizza il coefficiente di infiltrazione potenziale, inteso appunto come rapporto tra acque di infiltrazione verso la falda, e afflussi meteorici efficaci.

Il valore di tale coefficiente differisce nella varie unità idrogeologiche ed è stato stimato in base ad esperienze precedenti su unità idrogeologiche di natura simile a quelle oggetto di studio confermate da osservazioni sperimentali effettuate soprattutto nelle aree montane.

I valori considerati sono i seguenti:

Tabella 6 - Coefficienti di infiltrazione potenziale (C.I.P.) attribuito alle unità idrogeologiche

UNITÀ IDROGEOLOGICA	CIP
Unità del Monte Baldo	0,8
Unità dei Monti Lessini	0,85
Unità del bacino dell'Alpone	0,2
Unità morenica del Garda	0,75
Unità dell'alta pianura indifferenziata occidentale	1,0
Unità dell'alta pianura indifferenziata orientale	1,0
Unità della bassa pianura	0,2

Le unità che comportano una maggiore componente di ruscellamento sono quelle della bassa pianura, in cui la natura limoso-argillosa dei suoli e del sottosuolo determinano una scarsa permeabilità così, anche per il bacino dell'Alpone dove le rocce basaltiche del substrato presentano permeabilità scarsa soprattutto per fratturazione.

Al contrario, il contributo di deflusso superficiale è pressoché nullo nelle due unità dell'alta pianura indifferenziata estese alla zona compresa tra la fascia delle risorgive ed i rilievi. In queste unità il sottosuolo a granulometria grossolana ed i suoli dotati di elevata permeabilità verticale e di modesta pendenza, permettono che l'intera precipitazione si infilti nel sottosuolo, rendendo pressoché nullo il ruscellamento superficiale.

Sempre per quanto riguarda questa unità idrogeologica, collocata immediatamente a valle dell'unità carbonatica dei Lessini, è da considerare nel computo degli afflussi anche il contributo alle falde dovuto al ruscellamento lungo i pendii dei rilievi contermini che non trovano nella pianura una rete di drenaggio superficiale adeguata.

Per l'unità morenica del Garda è stato utilizzato un elevato coefficiente di infiltrazione in quanto si è considerato che anche se le acque meteoriche, data la natura eterogenea dei depositi morenici, ruscella in superficie in percentuale anche significativa, data la morfologia dei luoghi essa comunque tende a ristagnare e quindi a reinfiltrarsi nel sottosuolo.

4.2.3 *Afflusso sotterraneo da rete idrografica*

I corsi d'acqua naturali si configurano come elementi di ricarica dell'acquifero sottostante, per effetto della dispersione dal subalveo nel caso in cui transitano attraverso terreni a buona permeabilità.

In questo ambito non vengono considerati i contributi della rete torrentizia collocata in aree a prevalente ruscellamento diffuso, quali i pendii del Baldo e dei Lessini, e quelli derivanti da reinfiltrazioni di acque di sorgenti con portate scarsamente significative, il cui contributo viene inglobato nel termine di deflusso superficiale.

Il contributo maggiore da acque superficiali al bilancio idrologico risulta quindi essere quello del Fiume Adige. La correlazione diretta tra l'andamento dei deflussi nell'Adige ed i livelli piezometrici in alcuni pozzi di controllo di cui alla Figura 5 evidenzia proprio la corrispondenza pressoché simmetrica. Tuttavia lo smorzamento delle oscillazioni avviene in modo graduale procedendo dall'apice verso la base del conoide, confermando la linearità ed omogeneità del processo di ricarica.

In linea generale infatti, si ritiene che il contributo in termini di infiltrazione dall'Adige alla falda sia considerevole nella zona apicale del conoide all'uscita della vallata dove i depositi sono molto permeabili, invece diminuisce fino ad invertire il rapporto tra falda e fiume nella zona a valle della città di Verona.

Tale contributo difficilmente quantificabile anche per via diretta sarà evidenziato successivamente come voce di bilancio verificando la chiusura del bilancio afflussi deflussi al passaggio tra l'alta pianura occidentale e la bassa pianura, infatti considerando le portate dei fontanili misurate e trascurando gli emungimenti da falda già presenti alla data di rilievo, sarà possibile trovare il deficit di bilancio risultante che dovrà necessariamente essere compensato da un pari o maggiore contributo da acque di infiltrazione dell'Adige.

Per il Fiume Mincio invece si è trascurato il contributo alla falda per infiltrazione diretta dal corso d'acqua ritenendo comunque trascurabile tale fenomeno a causa della minore permeabilità dei depositi alluvionali attraversati e data la collocazione geografica ai margini del territorio provinciale.

I contributi della rialimentazione della falda dai torrenti che drenano i rilievi Lessini invece, sono stati trascurati tenendo conto che si tratta di corsi d'acqua a carattere torrentizio quindi nell'economia di un anno idrologico non sono stati ritenuti significativi.

4.2.4 *Afflussi e deflussi sotterranei*

Tra le variabili del bilancio gli afflussi e i deflussi sotterranei costituiscono una delle variabili di più difficile valutazione. Si tratta infatti di contributi idrici non direttamente osservabili che interessano le frontiere sotterranee che delimitano le varie unità idrogeologiche.

Le unità che comprendono territori montuosi e collinari con quote più elevate: M.te Baldo e M.ti Lessini Occidentali possono godere di un cospicuo termine di afflusso verso il sottosuolo garantito dall'apporto meteorico efficace, quantificabile in circa 12 m³/s complessivi. Parte di tale contributo percola attraverso i condotti carsici per arrivare alla falda basale e quindi travasa nelle unità poste a valle, e parte invece, riemerge come risorsa sorgiva. In particolare, allo sbocco delle valli lessinee si hanno delle polle sorgive di fondovalle, di portate anche notevoli. Sono da citare le maggiori fonti sorgentizie lessinee, costituite dalle sorgenti di Cazzano di Tramigna, Mezzane e Montorio. Relativamente a quest'ultima, lo studio di L.Sorbini ed altri stima la portata media annua delle 4 sorgenti di Montorio in 4,5 m³/sec.

Per quanto riguarda le unità dell'alta pianura, i termini di afflusso sotterraneo coincidono coi i deflussi che interessano le unità montane adiacenti e come già detto sono dovuti al travaso di acque provenienti da circuiti sviluppati all'interno delle unità collinari-montuose poste a monte. In particolare, come detto in precedenza, l'unità dei Monti Lessini occidentali è caratterizzata da fenomeni carsici anche spinti.

A loro volta, i termini di deflusso sotterraneo dalle unità dell'alta pianura divengono invece afflussi per l'unità della bassa pianura. Questa beneficia di un notevole termine di afflusso sotterraneo proveniente dall'acquifero indifferenziato e stimato in circa 11 m³/s. Tale componente però non rimane immagazzinata nel sottosuolo e, allorché la superficie freatica dell'acquifero indifferenziato incontra i termini meno permeabili della bassa pianura affiora sulla superficie topografica, tramutandosi in un deflusso di risorgiva.

Vengono considerate come 'risorgive' tutte quelle acque emergenze dall'acquifero che originano un proprio reticolo superficiale distinto da quello dei corsi d'acqua naturali e artificiali. In genere le risorgive si collocano dove la superficie freatica dell'acquifero indifferenziato incontra la superficie topografica. L'intervento umano ne ha parzialmente modificato l'aspetto creando numerosi punti di emergenza, detti fontanili. Il fenomeno delle risorgive si colloca lungo una fascia detta fascia delle risorgive che separa l'unità dell'alta da quella della bassa pianura. Tale fascia si sviluppa ad andamento sinuoso a valle dei materassi alluvionali dell'alta pianura, per una lunghezza di 6÷8 Km ed una estensione di circa 30 km, dalle colline moreniche del Garda, fino a giungere con manifestazioni ormai in via di prosciugamento, alla destra Adige . La tabella seguente riporta le misure di portata sui sistemi di risorgiva effettuate in passato.

Tabella 7– Misure di portata disponibili ai fontanili (m³/s)

FONTANILI		Periodi di misura							
SISTEMI	Sezioni	febbraio-83	marzo-87	marzo-88	maggio-78	luglio-84	agosto-87	Settembre 82	Settembre 88
Bussè	8	1,59	1,22	1,64	2,97		4,49	2,76	4
Menago	5	0,81	1,12	0,71	1,2		2,37	2,26	1,94
Tartaro-Brà	14	2,37	2,13	2,16	4,29		4,1	4,74	3,93
Tione	10	2,23	2,77	2,84	2,63		5,22	4,07	4,55
Condotto	3	0,36	0,44	0,43	0,37		0,68	0,48	0,57
Molinella	4	0,23	0,12	0,09	0,21		0,39	0,47	0,51
Totale	44	7,59	7,8	7,87	11,67	15,1	17,25	14,78	15,5
								Media	12,20

4.3 Sintesi delle disponibilità naturali di risorse idriche nell'ATO

4.3.1 Sintesi delle risorse naturali proprie dell'ATO

Noti tutti i termini dell'equazione di bilancio, è possibile una verifica complessiva delle quantità affluenti e defluenti che interessano ciascun acquifero ospitato nella singola unità idrogeologica, e una valutazione del peso delle singole componenti per ciascuna unità.

Tabella 8 – Bilancio Idrologico per le unità idrogeologiche del territorio della provincia di Verona.

Unità del M.te Baldo Superficie: 226 km ²					
	mm/anno	m ³ x 10 ⁶	m ³ /s	l/s/km ²	CIP
Afflusso meteorico efficace (Pe)	730.18	165.02	5.23	23.15	
S - Deflusso superficiale	146.04	33.00	1.05	4.63	0.80
I - Infiltrazione	584.15	132.02	4.19	18.52	

Acque Superficiali	Unità di provenienza	Afflussi		Deflussi		Recapito finale
		m ³ x 10 ⁶	m ³ /s	m ³ x 10 ⁷	m ³ /s	
S - Deflusso superficiale		33.00	1.05			
As - Afflusso superficiale da altre unità		0.00	0.00			
Qs - Deflusso verso corsi d'acqua				33.00	1.05	Lago di Garda, Adige, Tione
Qu - Deflusso verso altre unità				0.00	0.00	
Totale		33.00	1.05	33.00	1.05	

Acque Sotterranee	Unità di provenienza	Afflussi		Deflussi		Recapito finale
		m ³ x 10 ⁶	m ³ /s	m ³ x 10 ⁷	m ³ /s	
I - Infiltrazione		132.02	4.19			
Qd - Afflusso sotterraneo da rete idrografica		0.00	0.00			
Af - Afflusso sotterraneo da altre unità		0.00	0.00			
R+ Df - Deflussi sotterranei e da sorgenti				132.02	4.19	Lago di Garda, Sorgente Aril e altre
Totale		132.02	4.19	132.02	4.19	

Unità morenica del Garda
Superficie: 221 km²

	mm/anno	m ³ x 10 ⁶	m ³ /s	l/s/km ²	CIP
Afflusso meteorico efficace (Pe)	194.51	42.99	1.36	6.17	
S - Deflusso superficiale	48.63	10.75	0.34	1.54	0.75
I - Infiltrazione	145.88	32.24	1.02	4.63	

Acque Superficiali	Unità di provenienza	Afflussi		Deflussi		Recapito finale
		m ³ x 10 ⁶	m ³ /s	m ³ x 10 ⁷	m ³ /s	
S - Deflusso superficiale		10.75	0.34			
As - Afflusso superficiale da altre unità		0.00	0.00			
Qs - Deflusso verso corsi d'acqua				10.75	0.34	Garda, Adige, Mincio, Tione
Qu - Deflusso verso altre unità				0.00	0.00	
Totale		10.75	0.34	10.75	0.34	

Acque Sotterranee	Unità di provenienza	Afflussi		Deflussi		Recapito finale
		m ³ x 10 ⁶	m ³ /s	m ³ x 10 ⁷	m ³ /s	
I - Infiltrazione		32.24	1.02			
Qd - Afflusso sotterraneo da rete idrografica		0.00	0.00			
Af - Afflusso sotterraneo da altre unità		0.00	0.00			
R - Portata da sorgenti e risorgive				0.00	0.00	
Df - Deflussi sotterranei		0.00		32.24	1.02	Garda, Adige, Mincio, Tione e falda dell'Alta Pianura
Totale		32.24	1.02	32.24	1.02	

Unità dei Lessini Occidentali
Superficie: 575 km²

	mm/anno	m ³ x 10 ⁶	m ³ /s	l/s/km ²	CIP
Afflusso meteorico efficace (Pe)	510.82	293.72	9.31	16.20	
S - Deflusso superficiale	76.62	44.06	1.40	2.43	0.85
I - Infiltrazione	434.19	249.66	7.92	13.77	

Acque Superficiali	Unità di provenienza	Afflussi		Deflussi		Recapito finale
		m ³ x 10 ⁶	m ³ /s	m ³ x 10 ⁷	m ³ /s	
S - Deflusso superficiale		44.06	1.40			
As - Afflusso superficiale da altre unità		0.00	0.00			
Qs - Deflusso verso corsi d'acqua				0.00	0.00	
Qu - Deflusso verso altre unità				29.52	0.94	Alta pianura Occ
				14.54	0.46	Alta pianura Orient
Totale		44.06	1.40	44.06	1.40	

Acque Sotterranee	Unità di provenienza	Afflussi		Deflussi		Recapito finale
		m ³ x 10 ⁶	m ³ /s	m ³ x 10 ⁷	m ³ /s	
I - Infiltrazione		249.66	7.92			
Qd - Afflusso sotterraneo da rete idrografica		0.00	0.00			
Af - Afflusso sotterraneo da altre unità		0.00	0.00			
R - Portata da sorgenti e risorgive				167.14	5.30	Sorgenti di Montorio, Mezzane*, Cazzano di Tramigna*
Df - Deflussi sotterranei				55.29	1.75	Alta pianura Occ.
				27.23	0.86	Alta pianura Orient.
Totale		249.66	7.92	249.66	7.92	

* Valori indicativi.

Unità del bacino dell'Alpone (Lessini orientali) Superficie: 102 km ²
--

	mm/anno	m ³ x 10 ⁶	m ³ /s	l/s/km ²	CIP
Afflusso meteorico efficace (Pe)	513.42	52.37	1.66	16.28	
S - Deflusso superficiale	410.74	41.90	1.33	13.02	0.20
I - Infiltrazione	102.68	10.47	0.33	3.26	

Acque Superficiali	Unità di provenienza	Afflussi		Deflussi		Recapito finale
		m ³ x 10 ⁶	m ³ /s	m ³ x 10 ⁷	m ³ /s	
S - Deflusso superficiale		41.90	1.33			
As - Afflusso superficiale da altre unità		0.00	0.00			
Qs - Deflusso verso corsi d'acqua				0.00	0.00	
Qu - Deflusso verso altre unità				41.90	1.33	Alta pianura orientale
Totale		41.90	1.33	41.90	1.33	

Acque Sotterranee	Unità di provenienza	Afflussi		Deflussi		Recapito finale
		m ³ x 10 ⁶	m ³ /s	m ³ x 10 ⁷	m ³ /s	
I - Infiltrazione		10.47	0.33			
Qd - Afflusso sotterraneo da rete idrografica		0.00	0.00			
Af - Afflusso sotterraneo da altre unità		0.00	0.00			
R - Portata da sorgenti e risorgive				0.00	0.00	
Df - Deflussi sotterranei				10.47	0.33	Alta pianura orientale
Totale		10.47	0.33	10.47	0.33	

Unità Alta Pianura Occidentale Superficie: 469 km ²
--

	mm/anno	m ³ x 10 ⁶	m ³ /s	l/s/km ²	CIP
Afflusso meteorico efficace (Pe)	177.81	83.39	2.64	5.64	
S - Deflusso superficiale	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
I - Infiltrazione	177.81	83.39	2.64	5.64	

Acque Superficiali	Unità di provenienza	Afflussi		Deflussi		Recapito finale
		m ³ x 10 ⁶	m ³ /s	m ³ x 10 ⁷	m ³ /s	
S - Deflusso superficiale		0.00	0.00			
As - Afflusso superficiale da altre unità	Lessini	29.52	0.94			
Qs - Deflusso verso corsi d'acqua				29.52	0.94	Adige
Qu - Deflusso verso altre unità				0.00	0.00	
Totale		29.52	0.94	29.52	0.94	

Acque Sotterranee	Unità di provenienza	Afflussi		Deflussi		Recapito finale
		m ³ x 10 ⁶	m ³ /s	m ³ x 10 ⁷	m ³ /s	
I - Infiltrazione		83.39	2.64			
Qd - Afflusso sotterraneo da rete idrografica	Adige**	126.14	4.00			
Af - Afflusso sotterraneo da altre unità	Lessini e Unità Morenica del Garda	61.74	1.96			
R - Portata da sorgenti e risorgive				0.00	0.00	
Df - Deflussi sotterranei				271.27	8.60	Bassa Pianura
Totale		271.27	8.60	271.27	8.60	

* Le infiltrazioni dal F.Adige che alimentano l'acquifero indifferenziato dell'Alta Pianura non sono note: il valore riportato è il minimo valore utile per ottenere la portata misurata delle risorgive. Si precisa che il bilancio non tiene conto dei prelievi in atto dagli acquiferi, già presenti all'epoca delle misure di portata alle risorgive: le infiltrazioni dell'Adige sono quindi superiori al valore indicato.

Unità Alta Pianura Orientale Superficie: 208 km ²
--

	mm/anno	m ³ x 10 ⁶	m ³ /s	l/s/km ²	CIP
Afflusso meteorico efficace (Pe)	254.86	53.01	1.68	8.08	
S - Deflusso superficiale	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
I - Infiltrazione	254.86	53.01	1.68	8.08	

Acque Superficiali	Unità di provenienza	Afflussi		Deflussi		Recapito finale
		m ³ x 10 ⁶	m ³ /s	m ³ x 10 ⁷	m ³ /s	
S - Deflusso superficiale		0.00	0.00			
As - Afflusso superficiale da altre unità	Alpone	56.43	1.79			
Qs - Deflusso verso corsi d'acqua				56.43	1.79	Adige
Qu - Deflusso verso altre unità				0.00	0.00	
Totale		56.43	1.79	56.43	1.79	

Acque Sotterranee	Unità di provenienza	Afflussi		Deflussi		Recapito finale
		m ³ x 10 ⁶	m ³ /s	m ³ x 10 ⁷	m ³ /s	
I - Infiltrazione		53.01	1.68			
Qd - Afflusso sotterraneo da rete idrografica		0.00	0.00			
Af - Afflusso sotterraneo da altre unità	Lessini	37.71	1.20			
R - Portata da sorgenti e risorgive				0.00	0.00	
Df - Deflussi sotterranei				90.72	2.88	Bassa Pianura
Totale		90.72	2.88	90.72	2.88	

Unità Bassa Pianura Superficie: 1130 km ²
--

	mm/anno	m ³ x 10 ⁶	m ³ /s	l/s/km ²	CIP
Afflusso meteorico efficace (Pe)	182.89	206.66	6.55	5.80	
S - Deflusso superficiale	146.31	165.33	5.24	4.64	0.20
I - Infiltrazione	36.58	41.33	1.31	1.16	

Acque Superficiali	Unità di provenienza	Afflussi		Deflussi		Recapito finale
		m ³ x 10 ⁶	m ³ /s	m ³ x 10 ⁷	m ³ /s	
S - Deflusso superficiale		165.33	5.24			
As - Afflusso superficiale da altre unità		0.00	0.00			
Qs - Deflusso verso corsi d'acqua				0.00	0.00	
Qu - Deflusso verso altre unità				132.26	4.19	Fissero-Tartaro Agno, Guà, Fratta, Gorzone
				33.07	1.05	
Totale		165.33	5.24	165.33	5.24	

Acque Sotterranee	Unità di provenienza	Afflussi		Deflussi		Recapito finale
		m ³ x 10 ⁶	m ³ /s	m ³ x 10 ⁷	m ³ /s	
I - Infiltrazione		41.33	1.31			
Qd - Afflusso sotterraneo da rete idrografica		0.00	0.00			
Af - Afflusso sotterraneo da altre unità		361.99	11.48			
R - Portata da sorgenti e risorgive				384.74	12.20	Corsi d'acqua di risor- giva
Df - Deflussi sotterranei				18.58	0.59*	
Totale		403.32	12.79	403.32	12.79	

* questo termine non è noto nell'ambito del bilancio, si presume che questa quantità rientri nel deflusso sotterraneo profondo

Analizzando i dati del bilancio per ciascuna unità idrogeologica considerata abbiamo la seguente situazione:

- Unità del M.te Baldo: i deflussi superficiali in termini di portata media annua sono stati stimati per 1,05 m³/s che defluiscono attraverso la rete idrografica superficiale verso i recapiti finali rappresentati dal Lago di Garda, dal Fiume Adige e dal bacino del Tione-Tartaro; le risorse sotterranee sempre in termini di portata media annua ammontano a 4,19 m³/s che riemergono in piccole sorgenti intramontane per una piccola parte (Sorgenti Val Coali [circa 55 l/s], Sorgente Bergola a Caprino Veronese [circa 12.5 l/s] e Ferrara di Monte Baldo), o si infiltrano fino alla falda basale per riemergere in corrispondenza della sorgente Aril o dalle polle sorgive subacquee direttamente nel Lago di Garda;
- Unità morenica del Garda: i deflussi superficiali corrispondenti ad un C.I.P. di 0.75 (in termini di portata media annua) assommano a 0,34 m³/s; essi defluiscono attraverso la rete idrografica superficiale verso i recapiti finali rappresentati dal Lago di Garda, dal F. Adige, dal F. Mincio e dal Tione, le risorse sotterranee sempre in termini di portata media annua ammontano a 1,02 m³/s che si infiltrano in falda per contribuire al volume di immagazzinamento dell'acquifero o per defluire nel sottosuolo verso la falda dell'alta pianura o verso il Lago di Garda o ancora verso i corsi d'acqua limitrofi;
- Unità dei Monti Lessini Occidentali: i deflussi superficiali, sono stati valutati in termini di portata media annua pari a 1,40 m³/s che defluiscono attraverso la rete idrografica superficiale nell'Alta Pianura divisa in due parti (settore occidentale ed orientale), le risorse sotterranee sono come noto importanti e valutabili pari a 7,92 m³/s che riemergono in piccole sorgenti intramontane al contatto tra formazioni calcaree e marnose (Val d'Illasi: Rivolto, Val Fraselle, Acqua Fresca, ecc.) o si infiltrano fino alla falda basale per riemergere in parte in corrispondenza del gruppo di sorgenti di Montorio (portata media 4,5 m³/s), in parte in corrispondenza della sorgente di Cazzano di Tramigna (500-600 l/s) e di Mezzane (250 l/s) e parzialmente continuare il proprio percorso sotterraneo attraverso la falda dell'Alta Pianura Occidentale ed orientale;
- Unità del bacino dell'Alpone (Monti Lessini Orientali): i deflussi superficiali in termini di portata media annua assommano a 1,33 m³/s che defluiscono attraverso la rete idrografica superficiale nell'Alta Pianura Orientale, le risorse sotterranee sempre in termini di portata media annua ammontano a 0,33 m³/s, che riemergono in piccole sorgenti intramontane con portate di pochi litri al secondo ad eccezione di quella di Montecchia di Crosara con portata di circa 70 l/s e parzialmente continuano il proprio percorso sotterraneo attraverso la falda dell'Alta Pianura Orientale;
- Unità dell'Alta Pianura Occidentale: i deflussi superficiali che arrivano dai Lessini Occidentali in termini di portata media annua assommano a 0,94 m³/s che defluiscono fino al F. Adige, le risorse sotterranee sia proprie che provenienti dalle infiltrazioni dell'Adige nella sua conoide, ammontano a 8,60 m³/s che continuano il proprio percorso sotterraneo verso la Bassa Pianura;
- Unità dell'Alta Pianura Orientale: i deflussi superficiali che arrivano dal Bacino dell'Alpone in termini di portata media annua assommano a 1,79 m³/s che defluiscono fino al F. Adige, le risorse sotterranee sempre in termini di portata media annua ammontano a 2,88 m³/s che continuano il proprio percorso sotterraneo verso la Bassa Pianura;
- Unità della Bassa Pianura: i deflussi superficiali che rappresentano una frazione degli afflussi meteorici, assommano a 5,24 m³/s che defluiscono verso il bacino del Fissero-Tartaro in destra e i bacini dell'Agno, Guà, Fratta e Garzone in sinistra; per quanto riguarda le risorse sotterranee, come ben noto, al limite tra l'Alta e la Bassa pianura emergono lungo la fascia delle risorgive per la quasi totalità (12,2 m³/s) solo 0,59 m³/s continuano il proprio percorso sotterraneo defluendo attraverso le falde profonde della Bassa Pianura.

4.3.2 *Capacità di invaso nei bacini sottesi*

Il sistema Sarca-Garda-Mincio

Nel bacino prelacuale esistono numerose utilizzazioni idrauliche per produzione di energia idroelettrica con serbatoio di regolazione stagionale: la capacità complessiva dei serbatoi esistenti è pari a circa 370,81 hm³. Tali serbatoi hanno un effetto rilevante sulla regolazione del lago di Garda.

Il lago di Garda è stato chiuso nel 1950 da uno sbarramento artificiale realizzato sul Mincio a Salionze, che ne regola i livelli normali tra le quote 64,18 (min normale) e 65,43 m s.m. (max), corrispondenti a +0,15 e + 1,40, con riferimento allo zero idrometrico di Porta Verona a Peschiera, ed eccezionalmente tra 63,98 (min eccez.) e 65,78 m s.m. (max eccez.) corrispondenti a -0,05 e +1,75, rispetto allo stesso idrometro. L'edificio regolatore è uno sbarramento in muratura lungo 72 m a più luci regolate da paratoie metalliche piane; le luci centrali servono come scarico di fondo ed immettono l'acqua nel Mincio; le luci di destra alimentano il canale irriguo e industriale denominato Virgilio; una luce di sinistra alimenta il canale irriguo-industriale detto Seriola. Le luci consentono una portata max complessiva di 200 m³/s, dei quali 7 m³/s possono defluire nel canale Seriola e 30 m³/s nel canale Virgilio. Il volume d'acqua regolato tra i detti livelli normali è di 458,5 hm³ e tra i detti livelli eccezionali di 660 hm³. Il volume invaso per ogni cm di aumento di livello è pari a 3,7 hm³.

L'opera di regolazione è governata da una "Commissione per l'esercizio della regolazione delle acque del lago", presieduta dal Magistrato alle Acque di Venezia, gestita operativamente dal centro operativo di Verona del Magistrato alle Acque.

Entro i limiti di normale regolazione le operazioni vengono proposte dal Consorzio del Mincio, con sede a Mantova, che rappresenta tutti gli utenti del Mincio post lacuale, ed eseguite dal citato centro operativo di Verona dietro disposizioni del Magistrato delle acque di Venezia.

Il Fiume Adige

Nel bacino dell'Adige esistono attualmente circa 31 bacini artificiali aventi capacità di invaso variabili, dai valori massimi di 183 milioni di m³ (Santa Giustina) e 118 milioni di m³ (Resia), a valori minimi dell'ordine di 100.000 m³ per quelli minori, per un totale di 571 milioni di m³.

L' Agno-Guà

Nel bacino dell' Agno-Guà non sono presenti serbatoi di regolazione dei deflussi significativi.

4.3.3 *Sintesi dei deflussi medi superficiali e delle capacità di invaso dei bacini sottesi*

Nella tabella seguente si sono riportati i dati idrografici ed idrologici caratteristici dei corpi idrici in uscita dai bacini montani. In particolare si sono riepilogati i dati di portata media interannuale ed i volumi utili di regolazione complessivi presenti nel bacino sotteso.

Tabella 9 - Dati idrografici ed idrologici caratteristici dei corpi idrici in uscita dai bacini montani

Stazioni di misura	Altitudine		Superficie bacino sotteso (km ²)		Afflusso meteorico medio (mm)	Portata media interannuale		Vol. utile regolazione (serbatoi e laghi naturali regolati) (10 ⁶ m ³)
	Media m s.m.	min m s.m.	Totale	Glaciale		m ³ /s	l/s Km ²	
SARCA a Nago	1479	65	1046	29,5	1263	30.1	28.8	178
MINCIO a Mozambano (Peschiera)	966	64	2260	29,5	1232	59,1	26,2	680.6
ADIGE a Trento	1735	186	9763	156.2	960	212	21.7	368

4.4 Analisi delle criticità in relazione a scenari di crisi idrica quantitativa

4.4.1 Acque superficiali

Dal quadro così delineato, visti i volumi invasati ed i deflussi idrici superficiali medi, appare evidente che le risorse idriche superficiali a scala dell'intero territorio dell'A.T.O., comprendendo sia il Lago di Garda che il F. Adige, sono da considerarsi più che cospicue, superiori di diversi ordini di grandezze rispetto al fabbisogno idrico dell'A.T.O. Veronese. In relazione alla disponibilità delle risorse sono da escludere scenari caratterizzati da indisponibilità di acque per gli usi idropotabili.

Infatti il Lago di Garda con il suo grande volume invasato insieme al F. Adige con portate sempre elevate nel periodo estivo vista la presenza nel suo bacino di significative riserve idriche glaciali, costituiscono fonti quantitativamente sicure.

Piuttosto bisogna porre attenzione alla possibile conflittualità tra i vari usi, quale potrebbe essere quella tra gli usi irrigui e quelli potabili o tra usi di tipologia analoga soprattutto se consideriamo questa problematica per gli affluenti dell'Adige.

4.4.2 Acque sotterranee

Acquiferi carbonatici montani

L'alimentazione degli acquiferi carbonatici montani, sia calcarei che dolomitici, avviene esclusivamente attraverso l'infiltrazione diretta degli afflussi meteorici, fattore naturale non artificialmente modificabile, soprattutto in aree montuose, dove l'urbanizzazione rimane piuttosto ridotta. Inoltre lo sfruttamento delle acque sotterranee negli acquiferi montani avviene per captazione delle emergenze naturali (sorgenti). In simili condizioni risulta evidente che non esiste un apprezzabile rischio di diminuzione quantitativa delle risorse idriche.

Acquiferi di pianura

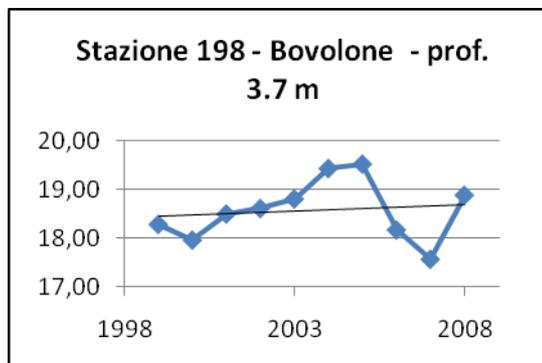
L'alimentazione degli acquiferi ghiaiosi di pianura dipende sia dall'infiltrazione diretta delle acque meteoriche, sia dal contributo delle falde montane, sia dall'alimentazione per infiltrazione dal corso dell'Adige. In tal senso essa può essere in linea teorica modificabile, essendo possibile che interventi artificiali varino le portate delle dispersioni in alveo dei corsi d'acqua.

Pertanto il rischio di una diminuzione quantitativa delle disponibilità idriche delle falde di pianura sussiste realmente, a maggior ragione se si considera che è anche possibile incrementare i prelievi emungendo acque di falda dai pozzi.

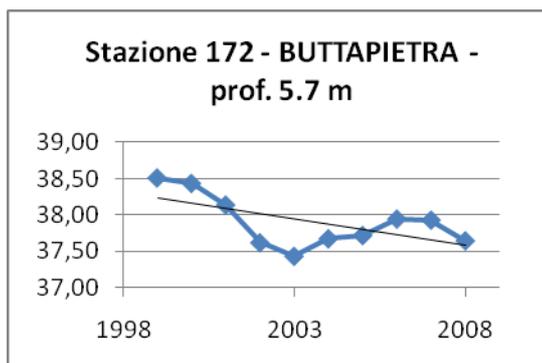
Di seguito vengono riportati i risultati del monitoraggio svolto tra il 1999 e il 2008, a cura del Dipartimento provinciale di Verona dell'ARPAV su una serie di pozzi facenti parte della rete di controllo messa a punto dalla Regione Veneto.

Nei grafici sotto riportati sono rappresentati gli andamenti misurati nel tempo dei livelli piezometrici statici di nove pozzi ubicati nelle unità dell'alta, media e bassa pianura.

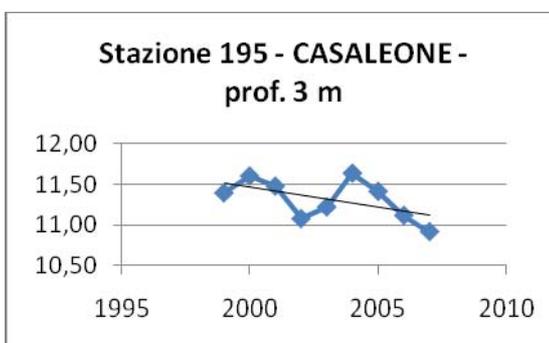
Anno	Liv. Medio annuo (m)
1999	18,29
2000	17,97
2001	18,51
2002	18,62
2003	18,81
2004	19,44
2005	19,53
2006	18,18
2007	17,58
2008	18,89



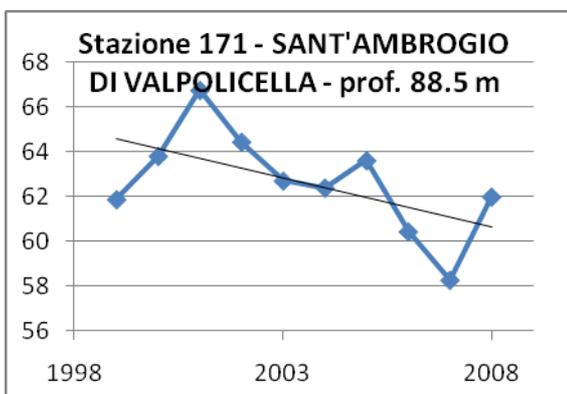
Anno	Liv. Medio annuo (m)
1999	38,51
2000	38,44
2001	38,14
2002	37,62
2003	37,44
2004	37,68
2005	37,72
2006	37,95
2007	37,93
2008	37,65



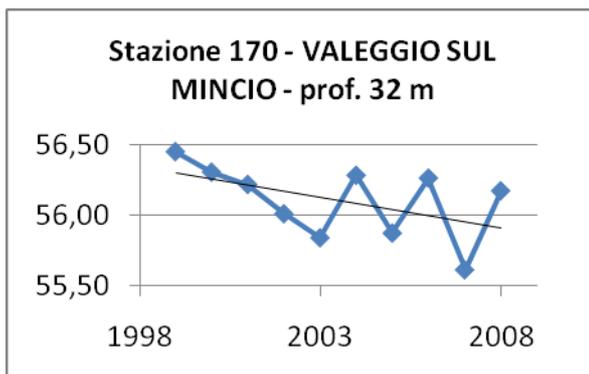
Anno	Liv. Medio annuo (m)
1999	11,39
2000	11,61
2001	11,48
2002	11,07
2003	11,22
2004	11,64
2005	11,41
2006	11,11
2007	10,91



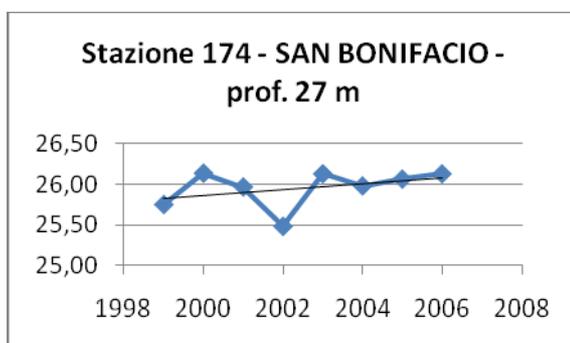
Anno	Liv. Medio annuo (m)
1999	61,86
2000	63,80
2001	66,75
2002	64,43
2003	62,69
2004	62,38
2005	63,60
2006	60,42
2007	58,25
2008	61,98



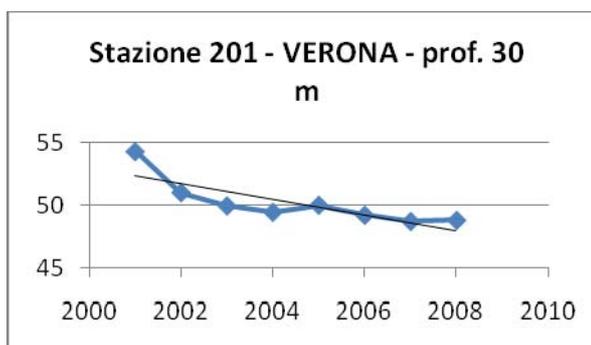
Anno	Liv. Medio annuo (m)
1999	56,45
2000	56,31
2001	56,22
2002	56,01
2003	55,84
2004	56,28
2005	55,87
2006	56,26
2007	55,61
2008	56,17



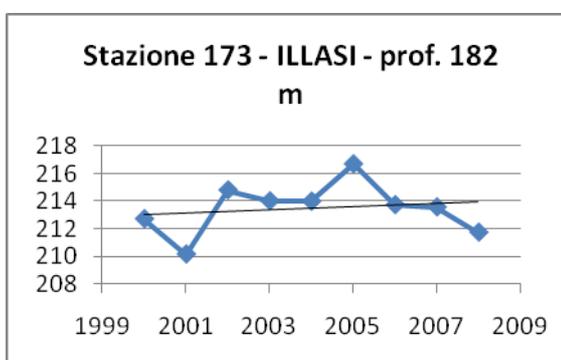
Anno	Liv. Medio annuo (m)
1999	25,75
2000	26,14
2001	25,97
2002	25,48
2003	26,13
2004	25,98
2005	26,07
2006	26,13



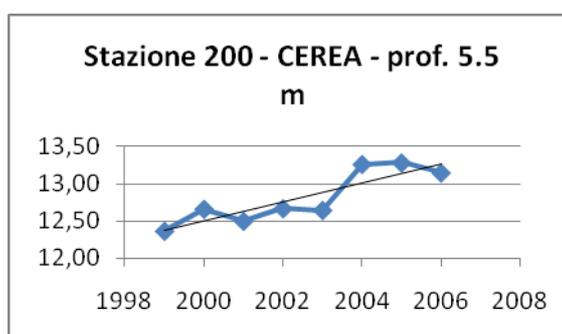
Anno	Liv. Medio annuo (m)
2001	54,34
2002	51,04
2003	49,97
2004	49,45
2005	50,02
2006	49,21
2007	48,72
2008	48,81



Anno	Liv. Medio annuo (m)
2000	212,69
2001	210,12
2002	214,79
2003	213,99
2004	213,96
2005	216,68
2006	213,71
2007	213,54
2008	211,71



Anno	Liv. Medio annuo (m)
1999	12,37
2000	12,66
2001	12,50
2002	12,67
2003	12,65
2004	13,27
2005	13,29
2006	13,15



Viene riportata di seguito una descrizione della situazione relativa ai pozzi di monitoraggio considerati. La suddivisione delle aree fa riferimento ai tre bacini idrogeologici presenti all'interno dell'area dell'ATO Veronese individuati da ARPAV.

- *Alta Pianura veronese*: il pozzo di misura n° 173, ubicato in località Illasi, registra un lieve aumento del livello medio rispetto ai primi anni di misura. Tuttavia la situazione sembra tendere a una diminuzione del livello, dato che mancano i dati 2009 e 2010 e che la curva sta assumendo una

- forma discendente. Per i pozzi di misura n.° 201 (Verona), n.° 170 (Valeggio sul Mincio) e n.° 171 (S. Ambrogio di Valpolicella) si registrano invece livelli di falda tendenzialmente decrescenti, con diminuzioni anche piuttosto consistenti, come nel caso di Verona (-5.53 m rispetto al dato 2001).
- *Media Pianura Veronese*: in quest'area, localizzata appena al di sotto della fascia delle risorgive, la situazione è contrastante. Il pozzo di monitoraggio n.° 172, posto 12 km a Sud di Verona in località Buttapietra mostra infatti un'evidente diminuzione dei livelli medi, con un abbassamento di circa 0.9 m rispetto all'anno 2000, mentre il pozzo n.° 174, in località San Bonifacio, mostra un aumento, seppur modesto, dei livelli di falda.
 - *Bassa Pianura Veronese*: i punti di monitoraggio considerati per quest'area, che si estende al di sotto della media pianura fino al confine con la Provincia di Rovigo, sono 4. Il pozzo n.° 198, posto in località Bovolone, mostra una situazione sostanzialmente stazionaria, con livelli di falda che, seppur oscillanti, si mantengono simili a quelli registrati nei primi anni di osservazione. Per il pozzo n.° 195 in località Casaleone si registra una diminuzione dei livelli, mentre per il pozzo n.° 200 (Cerea), al contrario, si riscontra un effettivo aumento del livello di falda.

Acquiferi di subalveo

Il mantenimento quantitativo delle disponibilità idriche sotterranee nelle falde di subalveo è legato a più fattori artificialmente variabili: la portata del corso d'acqua, la dispersione del corso d'acqua, i prelievi dalla falda. Pertanto la disponibilità d'acqua delle falde di subalveo può subire diminuzioni anche significative nel tempo.

5. QUALITÀ DELLE ACQUE SUPERFICIALI

5.1 Stato della qualità delle acque superficiali: definizione dello Stato Ecologico e dello Stato Ambientale

5.1.1 *Introduzione*

Il monitoraggio ambientale dei corpi idrici significativi è regolato dall'allegato 1 del Decreto Legislativo 4 aprile 2006 n. 152, che ha sostanzialmente ripreso, per il settore della tutela delle acque, le indicazioni e le strategie individuate dal decreto precedente dell'11 maggio 1999 n. 152.

La legge prevede il monitoraggio e la successiva classificazione, in classi di qualità, dei corpi idrici significativi al fine di valutare quali dovranno essere sottoposti ad azione di risanamento al fine di farli rientrare progressivamente nella classe di qualità migliore.

La norma prevede di classificare come significativi:

- i corsi d'acqua naturali di primo ordine, ossia recapitanti direttamente in mare, con superficie imbriferi superiore a 200 Km²;
- i corsi d'acqua di secondo ordine, o superiore, con superficie del bacino imbrifero superiore a 400 Km²;
- i laghi aventi superficie dello specchio liquido pari a 0,5 Km² o superiore (superficie riferita al massimo invaso).

La provincia di Verona ha i seguenti corpi idrici superficiali significativi: il fiume Adige, il fiume Mincio, il Canal Bianco ed il Lago di Garda. Nell'ambito dell'attività di controllo svolta dal Dipartimento provinciale di Verona dell'ARPAV, sono stati inoltre assoggettati a monitoraggio i fiumi Togna e Fratta, anche se non rientrano nella classificazione di corpi idrici significativi, perché caratterizzati da un carico inquinante elevato, i cui effetti hanno negativo riscontro nell'uso irriguo delle loro acque.

Lo stato di qualità delle acque è stato monitorato attraverso la definizione dello Stato Ecologico e dello Stato Ambientale dei corpi idrici.

5.1.2 *Metodologia per la definizione dello stato ecologico dei corpi idrici*

Al fine di approfondire la conoscenza sullo stato di qualità della rete idrica del territorio provinciale, l'ARPAV ha esteso il monitoraggio, oltre ai corpi idrici significativi, anche ad altri corsi d'acqua del territorio provinciale.

Una parte di questi corsi d'acqua è stata inserita nel programma regionale di monitoraggio dei fiumi, mentre una seconda parte è stata inserita nel programma provinciale di monitoraggio.

La metodologia di classificazione delle acque superficiali descritta di seguito fa riferimento sia al D.Lgs. 152/06 che al D.Lgs. 152/99, laddove il decreto 152/06 non fornisce elementi o criteri sufficienti per giungere ad una valutazione della qualità delle acque.

I corsi d'acqua sono classificati ai sensi del D.Lgs. 152/99 per il loro Stato Ecologico (SECA) e per il loro Stato Ambientale (SACA).

La classificazione dello Stato Ecologico, che viene espressa in classi dalla 1 alla 5, viene effettuata incrociando il dato risultante dai 7 parametri macrodescrittori (azoto ammoniacale, azoto nitrico, fosforo totale, percentuale di saturazione dell'ossigeno, BOD5, COD ed Escherichia coli) con il risultato dell'IBE, attribuendo alla sezione in esame o al tratto da essa rappresentato il risultato peggiore tra quelli derivati dalle valutazioni relative ad IBE e macrodescrittori.

Il Livello di Inquinamento espresso dai Macrodescrittori (LIM) si attribuisce secondo la Tabella 10 di seguito riportata, sommando i punteggi ottenuti dai 7 parametri chimici e microbiologici e considerando il 75° percentile

della serie di misure considerate. L'indicatore LIM si basa su 5 livelli che indicano a gradi di inquinamento crescenti dal livello 1 fino al livello 5.

Tabella 10 LIM – Livello di inquinamento espresso dai macrodescrittori (fonte: Rapporto sullo stato delle acque superficiali 2007 ARPAV)

PARAMETRO	LIVELLO 1	LIVELLO 2	LIVELLO 3	LIVELLO 4	LIVELLO 5
100-OD (% sat.) (*)	≤ 10 (#)	≤ 20	≤ 30	≤ 50	> 50
BOD ₅ (O ₂ mg/L)	< 2,5	≤ 4	≤ 8	≤ 15	> 15
COD (O ₂ mg/L)	< 5	≤ 10	≤ 15	≤ 25	> 25
NH ₄ (N mg/L)	< 0,03	≤ 0,10	≤ 0,50	≤ 1,50	> 1,50
NO ₃ (N mg/L)	< 0,3	≤ 1,5	≤ 5,0	≤ 10,0	> 10,0
Fosforo totale (P mg/L)	< 0,07	≤ 0,15	≤ 0,30	≤ 0,60	> 0,60
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100 mL)	< 100	≤ 1.000	≤ 5.000	≤ 20.000	> 20.000
Punteggio da attribuire per ogni parametro analizzato (75° percentile del periodo di rilevamento)	80	40	20	10	5
LIVELLO DI INQUINAMENTO DAI MACRODESCRITTORI	480 – 560	240 – 475	120 – 235	60 – 115	< 60

Il controllo chimico viene accompagnato dal controllo biologico della qualità degli ambienti ad acque correnti, grazie allo studio delle comunità di macroinvertebrati che sono in grado di sintetizzare l'impatto che le diverse cause di alterazione determinano sul corso d'acqua e quindi fornire un giudizio integrato sulla qualità complessiva dell'ambiente. A questo scopo è utilizzato l'indice IBE (Indice Biotico Esteso), che classifica la qualità di un corso d'acqua sulla base di una scala che va da 12 (qualità ottimale) a 1 (massimo degrado), suddivisa in 5 classi di qualità, e che viene riportata in Tabella 11.

Tabella 11. Conversione dei valori di IBE in classi di qualità e relativo giudizio macrodescrittori (fonte: Rapporto sullo stato delle acque superficiali 2007 ARPAV)

CLASSI DI QUALITÀ	VALORE DI IBE	GIUDIZIO	COLORE DI RIFERIMENTO
I	10-11-12	Ambiente non alterato in modo sensibile	Azzurro
II	8-9	Ambiente con moderati sintomi di alterazione	Verde
III	6-7	Ambiente alterato	Giallo
IV	4-5	Ambiente molto alterato	Arancione
V	1-2-3	Ambiente fortemente degradato	Rosso

L'attribuzione dello stato ecologico viene fatta sulla base della tabella seguente:

Tabella 12. SECA - Stato Ecologico dei Corsi d'Acqua fonte: Rapporto sullo stato delle acque superficiali 2007 ARPAV)

	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4	CLASSE 5
I.B.E.	≥ 10	8 – 9	6 – 7	4 – 5	1, 2, 3
LIVELLO DI INQUINAMENTO MACRODESCRITTORI	480 – 560	240 – 475	120 – 235	60 – 115	< 60

5.1.3 Risultati dei monitoraggi

La classificazione dello stato ecologico fa riferimento a quella riportata nella Sintesi degli aspetti conoscitivi del Piano di Tutela delle Acque della Regione Veneto (2008). Essa è stata ottenuta con le misurazioni effettuate nell'ambito del monitoraggio attuato da ARPAV ai sensi del D.Lgs. n. 152/1999 e s.m.i..

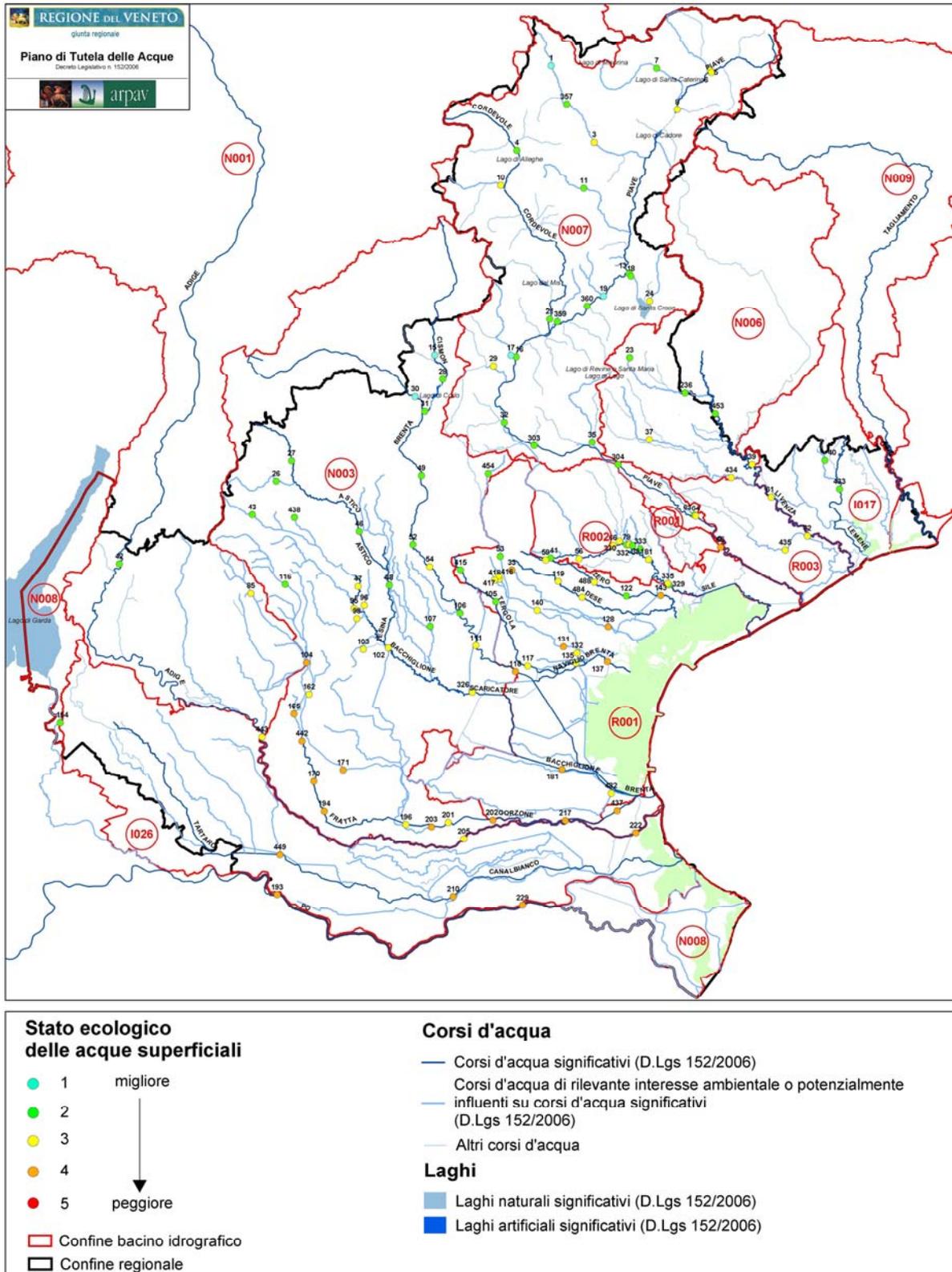
I risultati dei monitoraggi sono relativi ad un arco temporale che va dal biennio 2001-2 (biennio di riferimento) all'anno 2006. Nella Tabella 13 si fornisce un confronto tra il biennio di riferimento ed il 2006.

Tabella 13 - Corsi d'acqua significativi del Veronese - Confronto tra i dati del monitoraggio - Biennio 2001-2 e anno 2006 (fonte: Sintesi degli aspetti conoscitivi del Piano di Tutela delle Acque – Regione Veneto, Ottobre 2008).

Staz.	Prov	Corpo idrico	SOMME (LIM)		CLASSE MACRO-DESCR.		IBE		CLASSE IBE		STATO ECOL.	
			2001-2	2006	2001-2	2006	2001-2	2006	2001-2	2006	2001-2	2006
210	RO	C. BIANCO	125	220	3	3	5	4	IV	IV	4	4
449	VR	C. BIANCO	200	180	3	3	5-6	5	IV-III	IV	4	4
193	RO	F. PO	170	220	3	3	5	4	IV	IV	4	4
229	RO	F. PO	210	260	3	2	4	5	IV	IV	4	4
42	VR	F. ADIGE	300	380	2	2	8	7-8	II	III-II	2	3
443	VR	F. ADIGE	280	360	2	2	6	4-5	III	IV	3	4
205	RO	F. ADIGE	200	280	3	2	6	4-5	III	IV	3	4
217	VE	F. ADIGE	300	360	2	2	5	4-5	IV	IV	4	4
165	VR	F. TOGNA	105	110	4	4	5	3	IV	V	4	5
442	VR	F. FRATTA-GORZONE	135	145	3	3	5-4	4-5	IV	IV	4	4
170	VR	F. FRATTA-GORZONE	115	160	4	3	5	6	IV	III	4	3
194	PD	F. FRATTA-GORZONE	105	130	4	3	5	6	IV	III	4	3
196	PD	F. FRATTA-GORZONE	125	130	3	3	6	6	III	III	3	3
201	PD	F. FRATTA-GORZONE	140	130	3	3	6	7	III	III	3	3
202	PD	F. FRATTA-GORZONE	130	150	3	3	5-6	6-7	IV-III	III	4	3
437	VE	F. FRATTA-GORZONE	190	210	3	3	5	5-6	IV	IV-III	4	4
154	VR	F. MINCIO	300	400	2	2	8	7-8	II	III-II	2	3

In Figura 12 sono riportati i valori dello stato ecologico risultati dal monitoraggio svolto nel corso del biennio 2001-2 in Regione Veneto. Nella figura ogni sezione di campionamento viene rappresentata con un colore corrispondente allo stato ecologico misurato.

Figura 12 – Stato ecologico dei corpi idrici superficiali in Regione Veneto – Biennio di riferimento 2001-2 (fonte: Sintesi degli aspetti conoscitivi del Piano di Tutela delle Acque – Regione Veneto, Ottobre 2008).



Complessivamente la qualità delle acque veronesi appare molto diversificata a seconda del bacino in esame. Prevale comunque le acque di qualità sufficiente o scadente (Fratta-Gorzone, Adige, Canal Bianco e Po) con una tendenza generalmente al peggioramento nell'anno 2006 rispetto al biennio 2001-2.

In particolare:

- il sistema Fissero-Tartaro-Canal Bianco-Po di Levante drena un ampio territorio, compreso tra le Province di Verona e Rovigo, ed è caratterizzato da un elevato carico inquinante (qualità biologica in classe IV), che deriva da attività agricole e zootecniche, nonché da scarichi civili ed industriali;
- il Fiume Adige ha una la classe di qualità biologica mediamente compresa tra la III e la IV;
- il sistema del Fratta-Gorzone sopporta, senza dubbio, i più elevati carichi inquinanti dell'intero reticolo idrografico regionale a causa delle caratteristiche insediative del territorio attraversato, ove sono presenti un'intensa attività produttiva industriale, agricola e zootecnica. Le due aste principali del sistema, Agno-Guà-Frassine e Togna-Fratta, ed il canale Gorzone che si origina dalla loro confluenza, versano in condizioni di elevato inquinamento (V classe per il Togna, III e IV classe per il Gorzone).

5.1.4 Stato Ambientale dei corpi idrici

Lo Stato Ambientale si calcola confrontando i dati relativi allo stato ecologico con i dati relativi alle concentrazioni dei principali microinquinanti chimici, secondo lo schema riportato in Tabella 14; le metodologie di calcolo e i valori-soglia utilizzati per il biennio 2001-2 e per l'anno 2006 sono quelli previsti dalla tabella 1/A allegato 1 alla parte terza del D.Lgs. 152/06.

Tabella 14. SACA - Stato Ambientale dei Corsi d'Acqua (fonte: Rapporto sullo stato delle acque superficiali 2007 AR-PAV)

Concentrazione inquinanti di cui alla Tabella 1/A	STATO ECOLOGICO				
	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4	CLASSE 5
≤ Valore Soglia	ELEVATO	BUONO	SUFFICIENTE	SCADENTE	PESSIMO
> Valore Soglia	SCADENTE	SCADENTE	SCADENTE	SCADENTE	PESSIMO

Per l'attribuzione dello stato ambientale, i dati relativi allo stato ecologico devono essere confrontati con i dati relativi alle concentrazioni dei principali microinquinanti chimici (parametri addizionali).

Quale intervallo di riferimento per la prima classificazione erano stati individuati gli anni 2001 e 2002, sia singolarmente sia insieme. Dalle classificazioni relative al biennio 2001-2002, risulta che più del 20% delle sezioni di corso d'acqua monitorate nella Regione Veneto si trovano in uno stato ambientale “Scadente”. Più precisamente sono:

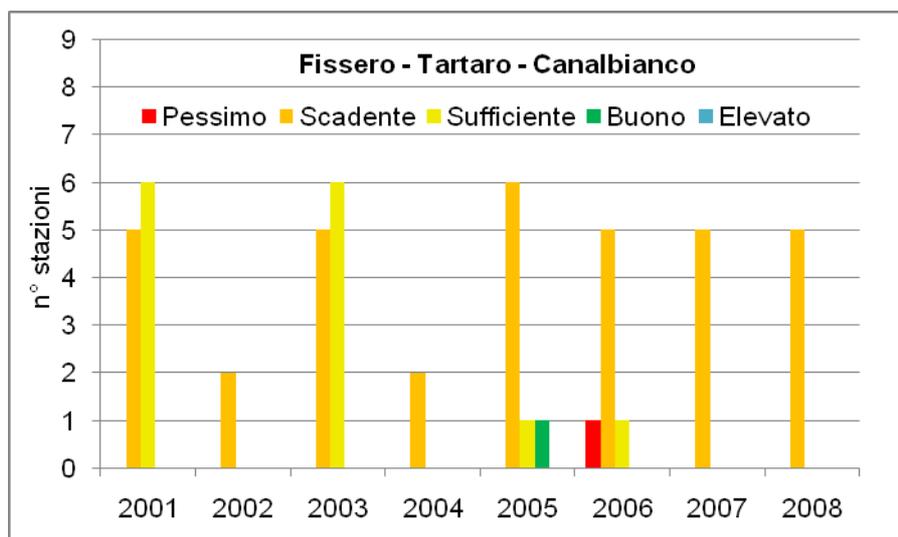
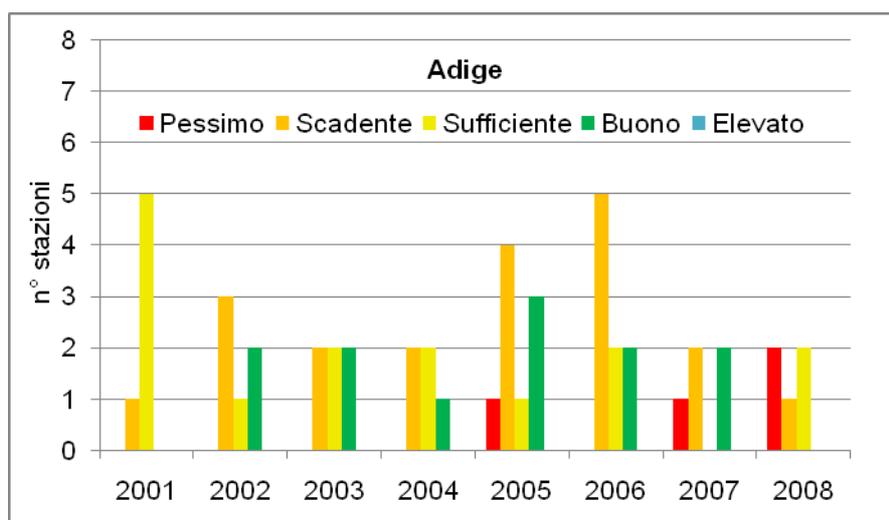
- il Fiume Fratta-Gorzone ed alcuni suoi affluenti;
- il tratto terminale del Bacchiglione;
- il tratto terminale dell'Adige (anche se in questo caso è disponibile un solo dato di IBE per ciascuno dei due anni);
- il tratto terminale del Piave;
- alcuni tratti di corsi d'acqua del Bacino Scolante in Laguna di Venezia (F. Zero, Marzenego, Ruviego, Luso-re, Naviglio Brenta);
- il Fiume Brenta a Ponte di Brenta;
- il Canal Bianco (nei due punti monitorati);
- il Fiume Po (nei due punti monitorati).

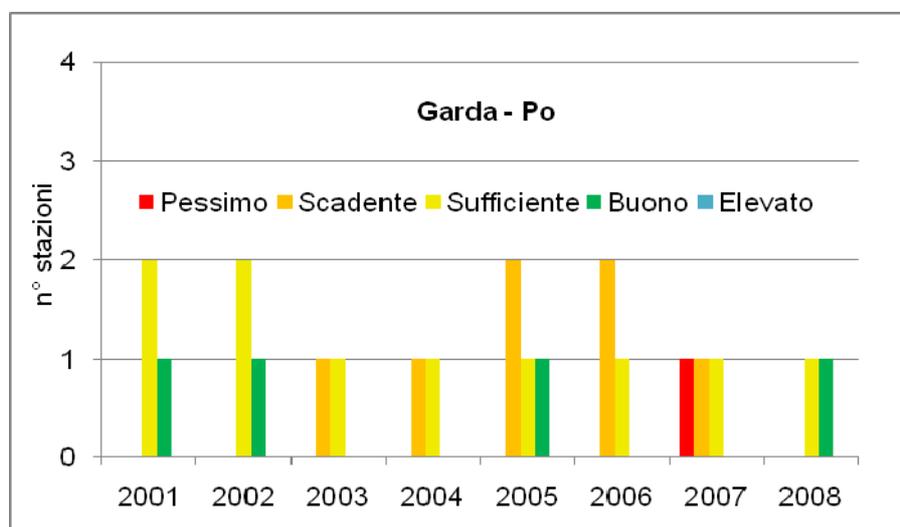
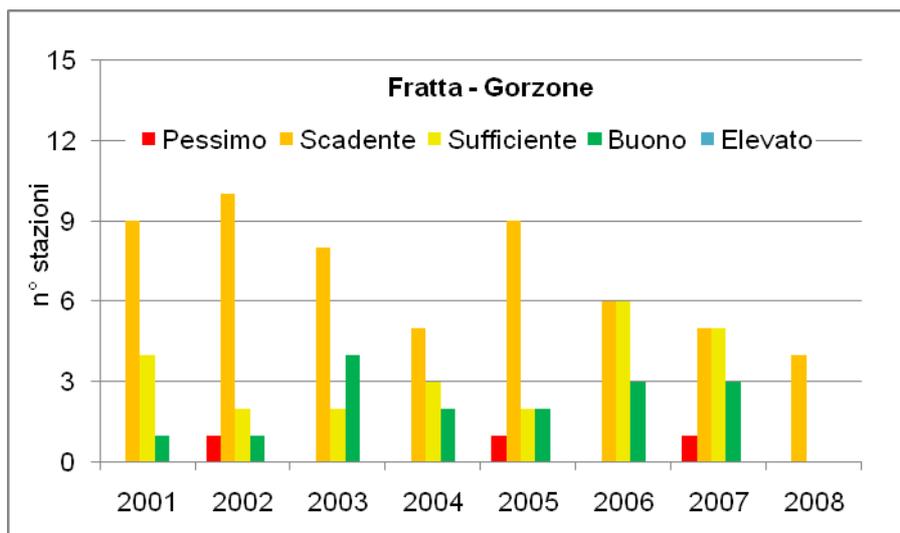
In relazione ai dati degli anni 2001 e 2002, si sottolinea che il cromo nel bacino del Fratta-Gorzone risulta presente in concentrazioni superiori a quelle di soglia. Tale stato è però determinato dagli scarichi esistenti nella porzione del bacino posta a monte ed esterna al territorio dell'ATO Veronese.

I controlli effettuati nel 2006 hanno rilevato il permanere di valori di cromo superiori alla soglia nel F. Togna (staz. 165) e nel F. Fratta-Gorzone (staz. 442).

La Figura 13 riassume la classificazione dello stato ambientale dei corsi d'acqua del Veronese tra il 2001 ed il 2008.

Figura 13 – Stato ambientale superficiale dei corsi d'acqua nel periodo 2001-2008





Lo stato ambientale del fiume Adige e in generale dei corsi d'acqua appartenenti al suo bacino idrografico per i quali sono disponibili misure di qualità (torrenti Tramigna e Alpone) si colloca attualmente tra il sufficiente e lo scadente, con una tendenza di graduale peggioramento vista la situazione del periodo 2003 – 2007 per la quale sono stati registrate le valutazioni migliori.

Per quanto riguarda il sistema Fissero – Tartaro – Canalbianco, la valutazione dello stato ambientale è attualmente scadente, anche se la minor disponibilità di dati rispetto agli anni 2001 e 2003 potrebbe nascondere in realtà una situazione intermedia compresa tra il sufficiente e lo scadente in funzione della stazione di misura considerata.

Lo stato ambientale del bacino tuttavia mostra tuttavia un graduale miglioramento a partire dall'anno 2005 (i dati 2008 risultano incompleti), come conseguenza di una serie di interventi di risanamento e monitoraggio qualitativo.

Le misure del sistema Garda-Po si riferiscono essenzialmente a stazioni di monitoraggio poste sul fiume Mincio ed evidenziano uno stato ambientale complessivamente stazionario e tendente ad un giudizio sufficiente, tenuto conto anche della limitata quantità di misure a disposizione.

5.1.5 Lago di Garda

La superficie del lago di Garda è pari a circa un sesto del suo bacino contribuyente. Nel bacino del Sarca-Garda-Mincio sono presenti circa 450.000 abitanti così ripartiti: Provincia di Trento (70.000), Verona (57.000), Brescia (110.000) e Mantova (200.000). Le attività economiche prevalenti rientrano nel settore terziario, in cui riveste un ruolo particolarmente importante il settore turistico. Rilevanti concentrazioni industriali sono presenti solo in prossimità della città di Mantova, mentre nella restante parte del territorio l'industrializzazione ha un carattere diffuso (piccola-media industria), secondo uno schema tipico oggi presente in tutta la pianura padana. L'utilizzo del territorio rispecchia la diversa conformazione morfologica dei sottobacini. Il settore primario assume una notevole rilevanza in tutto il bacino anche se con caratteristiche diverse; nella parte montana prevale la gestione del patrimonio boschivo, lungo il lago le colture sono di tipo legnoso (vite e olivo), mentre in pianura assumono una rilevanza notevole, oltre al seminativo (foraggio, mais, grano, ecc.), gli allevamenti zootecnici, soprattutto di suini (circa 400.000 capi per l'intera provincia di Mantova).

La classificazione dello stato ecologico e ambientale che è stata riportata nella Sintesi degli aspetti conoscitivi del Piano di Tutela delle Acque della Regione Veneto (2008) è stata ottenuta con le misurazioni del biennio 2001-2 e negli anni 2003, 2004, 2005 e 2006 nell'ambito del monitoraggio attuato da ARPAV ai sensi del D.Lgs. n. 152/1999 e s.m.i.. La sintesi riporta anche un confronto tra la classificazione effettuata sulla base del D.Lgs. 152/1999 e quella effettuata sulla base del D.M. 391/2003 (considerati a causa della mancanza di precisi criteri attuativi del D.Lgs. 152/2006).

In Tabella 15 è riportato il confronto tra la classificazione dello stato ecologico e dello stato ambientale del Lago di Garda seguendo i due decreti. Ciò che emerge con l'applicazione del criterio di classificazione ai sensi del D.M. n. 391/2003 è che le acque del Lago di Garda risultano con uno stato ecologico-ambientale più favorevole rispetto alla classificazione effettuata sulla base dei criteri previsti dal D.Lgs. n. 152/1999.

Tabella 15 - Confronto fra la classificazione delle acque del Lago di Garda ex D.Lgs. n. 152/1999 e quella ex D.M. 391/2003.

	ANNI 2001-2002 D. Lgs. n. 152/1999		ANNI 2001-2002 D.M. n. 391/2003	
	SEL (*)	SAL (**)	SEL (*)	SAL (**)
GARDA – BREZZONE	Classe 4	SCADENTE	Classe 2	BUONO
GARDA – BARDOLINO	Classe 4	SCADENTE	Classe 3	SUFFICIENTE
TOTALE GARDA	Classe 4	SCADENTE	Classe 3	SUFFICIENTE

Classe di stato ecologico (*) e ambientale (**) dei laghi.

I dati riportati in Tabella 156 riguardano i risultati del monitoraggio nel periodo 2001-2006 nel Lago di Garda.

Tabella 16 - Classificazione ex D.M. 391/2003 dello stato ecologico (SEL) e ambientale (SAL) dei diversi settori del Lago di Garda sottoposti a monitoraggio.

	ANNO	SEL (*)	SAL (**)
GARDA – BRENZONE * ₁	2001-2002	2	BUONO
GARDA – BARDOLINO * ₂	2001-2002	3	SUFFICIENTE
TOTALE GARDA	2001-2002	3	SUFFICIENTE
GARDA – BRENZONE * ₁	2003	2	BUONO
GARDA – BARDOLINO * ₂	2003	2	BUONO
TOTALE GARDA	2003	3	SUFFICIENTE
GARDA – BRENZONE * ₁	2004	2	BUONO
GARDA – BARDOLINO * ₂	2004	2	BUONO
TOTALE GARDA	2004	2	BUONO
GARDA – BRENZONE * ₁	2005	2	BUONO
GARDA – BARDOLINO * ₂	2005	2	BUONO
TOTALE GARDA	2005	2	BUONO
GARDA – BRENZONE * ₁	2006	2	BUONO
GARDA – BARDOLINO * ₂	2006	3	SUFFICIENTE
TOTALE GARDA	2006	3	SUFFICIENTE

Classe di stato ecologico (*) e ambientale (**) dei laghi.

(*₁) Stazione rappresentativa del bacino Nord-occidentale (punto di massima profondità); (*₂) Stazione rappresentativa del bacino Sud-orientale (punto di massima profondità)

5.1.6 Caratterizzazione dei corsi d'acqua perenni di interesse ittico

La realizzazione della carta ittica provinciale di Verona, strumento fondamentale per la conoscenza e gestione della fauna ittica, che ha interessato numerosi corsi d'acqua (si veda la Tabella 17) è stata presa come riferimento per la caratterizzazione dei corpi idrici.

Essa consiste in un documento che raccoglie una serie di dati, la metodologia di acquisizione si basa su criteri rigorosamente scientifici e che consentono di descrivere la qualità dell'ambiente acquatico, la composizione qualitativa dei popolamenti ittici e la determinazione dei principali parametri che regolano la dinamica delle popolazioni presenti.

Lo studio ancora in corso di esecuzione fornisce indicazioni anche sullo stato chimico fisico dei corsi d'acqua nella sezione interessata dal campionamento determinando anche alcuni parametri fondamentali quali:

- Temperatura dell'acqua;
- pH ;
- Ossigeno disciolto ;
- % saturazione ;
- Conducibilità.

Tabella 17 - Stazioni di campionamento per la Carta Ittica della Provincia di Verona

BACINO DELL' ADIGE

Cod. Sez. Campion.	Corso d'acqua	Località	Comune
1	Fiume Adige	Borghetto	Brentino Belluno
2	Fiume Adige	Rivalta Veronese	Brentino Belluno
3	Fiume Adige	Pescantina	Pescantina
4	Fiume Adige	Verona	Verona
5	Vajo Valenassi	Peri	Peri
6	Rio Pissotte	Ferrara di Monte Baldo	Ferrara di Monte Baldo
7	Progno di Breonio	Molina di Fumane	Sant'Anna d'Alfaedo
8	Rio Molini	Belluno Veronese	Brentino Belluno
9	Vajo dei Dorighi Bellori	Lugo	Grezzana
10	Torrente Fibbio	Montorio	Verona
11	Torrente Fibbio	Montorio (p.te Trivellin)	Verona
12	Torrente Fibbio	Ferrazze	San Martino Buon Albergo
13	Torrente Fibbio	Pignatte	San Martino Buon Albergo
14	Torrente Fibbio	Giare Erizzo	Caldiero
15	Fossa Zenobria	Ferrazze	San Martino Buon Albergo
16	Fossa Murara	Ferrazze	San Martino Buon Albergo
17	Fossa Pozza	Ferrazze	San Martino Buon Albergo
18	Fossa Cozza	Montorio	Verona
19	Fossa Rosella	Ferrazzette	San Martino Buon Albergo
20	Fossa Rosella	Ca' Vecchia	Verona
21	Torrente Antanello	Cà del Pozzo	Verona
22	Torrente Antanello	Ferraresa	San Martino Buon Albergo
23	Torrente Antanello	Sabbionara	Zevio
24	Fossa Gardesana	Cà del Pozzo	Verona
25	Fossa Gardesana	Alocco – Ponte Perez	Zevio
26	Fossa	Lisca Busolo	San Martino Buon Albergo
27	Scolo Lisca	Lendinara Maccagninetta	San Martino Buon Albergo
28	Fossa Bianchina	Ferraresa	San Martino Buon Albergo
29	Fossa Lepia (fosso Dugal)	Lepia	San Martino Buon Albergo
30	Fossa Montagna	La Pantina	San Martino Buon Albergo
31	Fossa Balbi	Bova	Belfiore
32	Fossa Roselletta	Campalto	San Martino Buon Albergo
33	Torrente Alpone	Nogarotto	Vestenanova
34	Torrente Alpone	San Giovanni Ilarione	San Giovanni Ilarione
35	Torrente Bagattel	Bagattel	Vestenanova
36	Torrente Bagattel	Corte Menotti	Vestenanova
37	Torrente Fraselle	Giazza	Selva di Progno
38	Torrente Tramigna	Costeggiola	Colognola ai Colli - Soave
39	Torrente Tramigna	Soave	Soave
40	Rio Valle della Chiesa	Roncà	Roncà
41	Fiume Adige	Bosco Buri	Verona
42	Fiume Adige	Santa Maria di Zevio	Zevio
43	Fiume Adige	Ronco all'Adige	Ronco all'Adige
44	Fiume Adige	Legnago	Legnago
45	Torrente Chiampo	Ponte La Boarina	San Bonifacio
46	Torrente Alpone	Monumento di Arcole	Arcole

BACINO DEL GARDA-MINCIO

Cod. Sez. Campion.	Corso d'acqua	Località	Comune
47	Fiume Mincio	Peschiera – diga di Salionze	Peschiera del Garda
48	Fiume Mincio	Borghetto	Valeggio sul Mincio

BACINO DEL CANAL BIANCO

Cod. Sez. Campion.	Corso d'acqua	Località	Comune
49	Fiume Tione dei Monti	Castelnuovo del Garda	Castelnuovo d/G
50	Fiume Tione dei Monti	Villafranca di Verona	Villafranca di Verona
51	Fiume Tione	La Carlotta	Nogarole Rocca
52	Fiume Tione	Erbè	Erbè
53	Fiume Tione	Chiesone	Gazzo Veronese
54	Fosso Grande	C.se Muri	Nogarole Rocca
55	Fossa Ladisa	Corte Chitalò	Povegliano Veronese
56	Fossa Calfura	Povegliano Veronese	Povegliano Veronese
57	Fossa Leona	Vertua	Vigasio
58	Fossa Grimana	Cimitero di Trevenzuolo	Trevenzuolo
59	Fossa Giona	San Bernardino	Vigasio
60	Fossa Gambisa	Val di Zucco	Isola della Scala
61	Fiume Tartaro	Povegliano Veronese	Povegliano Veronese
62	Fiume Tartaro	Isolata	Vigasio
63	Fiume Tartaro	Pellegrina	Isola della Scala
64	Fiume Tartaro Nuovo	Gazzo Veronese	Gazzo Veronese
65	Fossa Baldona	Zambonina	Isola della Scala
66	Fiume Piganzo	Passolongo	Isola della Scala
67	Fosso Nuovo	Corte Clelia	Mozzecane
68	Fossa Vecchia	Vò di Pindemonte	Isola della Scala
69	Fossa Brà	Buttapietra	Buttapietra
70	Fossa Brà	Corte Boschi	Isola della Scala
71	Condotto Falconer	Calcinaro	Nogara
72	Scolo Oson	Pradelle	Gazzo Veronese
73	Scolo Frescà	Roncanova	Gazzo Veronese
74	Fosso Tregnone	Borghesana	Casaleone
75	Fiume Menago	Le Montagne	Bovolone
76	Fiume Menago	Aspabetto	Cerea
77	Fiume Menago	Santa Teresa in Valle	Cerea
78	Scolone Generale	San Zeno	Cerea
79	Fossa Boldiere-Canossa	San Pietro di Morubio	Cerea
80	Fossa Boldiere-Canossa	Casaleone	Casaleone
81	Canale Bussè	Montara	Oppeano
82	Canale Bussè	Roverchiara	Roverchiara
83	Canale Bussè	Rosta	Legnago
84	Canale Bussè	Torretta (foce)	Legnago
85	Scolo Nichesola	Angiari	Angari
86	Fossa Peccana	Spino	Oppeano
87	Fosso Piganzo	Isola Rizza	Isola Rizza
88	Fosso Storto	Foramelle	Ronco all' Adige
89	Scolo Focchiara	Aselogna	Casaleone
90	Fossa Maestra	Torretta	Legnago

Cod. Sez. Campion.	Corso d'acqua	Località	Comune
91	Canalbianco	Torretta	Legnago
92	Scolo Fontane	Casetta	Castagnaro

BACINO DEL FRATTA-GORZONE

Cod. Sez. Campion.	Corso d'acqua	Località	Comune
93	Fiume Fratta	Zimella	Zimella
94	Fiume Fratta	Bevilacqua	Bevilacqua
95	Fiume Guà	Baldaria	Cologna Veneta
96	Fossa Serega	Chiavica di Zerpa	Arcole
97	Fossa Masera Sud	Guglia di Arcole	Arcole
98	Fossa Lunga	Arcole	Arcole
99	Collettore Zerpano II	Palù	Cologna Veneta
100	Scolo Mussolin	Cora	Minerbe
101	Scolo Morando	S.P. Marega-Bevilacqua	Bevilacqua
102	Dugale Terrazzo	Terrazzo	Terrazzo
103	Dugale Gatto	Sabbion-Caselle	Cologna Veneta

In generale, in riferimento alle condizioni di idoneità per la vita dei pesci, i corsi d'acqua analizzati evidenziano:

- Fiume Adige, in tutte le stazioni di campionamento lungo il corso del Fiume Adige i parametri chimico-fisici rilevati hanno mostrato un buon livello di ossigenazione e valori del pH rientranti nei valori ottimali per la vita della fauna ittica. Questo denota un buono stato di salute del fiume, anche se tali caratteristiche quasi ottimali sono da ricondursi all'elevato grado di diluizione delle sostanze organiche e inquinanti permesso dalle consistenti portate transittanti in alveo;
- i corsi d'acqua localizzati nelle zone montane lessinee e del monte Baldo presentano generalmente qualità ottimali per la vita dei pesci, ad eccezione del torrente Progno di Breonio, per il quale la bassa percentuale di ossigeno disciolto fa ipotizzare un possibile inquinamento di tipo organico, e del torrente Alpone, dove si è evidenziata una condizione di netta compromissione a partire dalla stazione di San Giovanni Ilarione. La percentuale dell'ossigeno disciolto è molto bassa facendo presupporre la presenza di un inquinamento organico, e il valore di pH è decisamente basico;
- gli altri fiumi e torrenti della zona pedemontana orientale della provincia, analogamente a quanto osservato per il torrente Alpone, presentano una situazione di alterazione delle acque con un'elevata percentuale di ossigenazione tipica di ambienti con caratteristiche di forte eutrofizzazione unitamente a valori di pH decisamente alcalini. Questo riguarda in modo pressoché unanime i fiumi Fratta, Gorzone, Chiampo e il torrente Tramigna nel suo basso corso, a valle dell'abitato di Soave;
- nella parte orientale della provincia le analisi condotte sul Fiume Tione dei Monti e Tartaro hanno evidenziato una percentuale molto bassa di saturazione dell'ossigeno, fatto che lascia supporre un inquinamento di tipo organico; tale condizione di alterazione è sottolineata anche dall'elevato valore di mineralizzazione e dalla proliferazione di macrofite in alveo; i valori di conducibilità confermano la compromissione dell'ambiente esaminato. E' invece interessante osservare come lungo il corso del Fiume Tione si sia riscontrato un miglioramento della qualità delle acque nel suo procedere verso valle; i parametri raccolti nella stazione di Chiesone, in comune di Gazzo Veronese, permettono di rilevare una tendenza al miglioramento rispetto alle precedenti stazioni, questo potrebbe in parte essere reso possibile dalle capacità di autodepurazione del corso d'acqua;
- nel fiume Menago, al contrario, nel procedere verso valle si è riscontrato un generale peggioramento nei dati rilevati, nella stazione di Caselle d'Isola (comune di Bovolone) il rilevamento evidenzia una buona situazione

ambientale con valori di ossigeno disciolto e pH che rientrano nell'intervallo ottimale per la vita della specie ittiche. Ciò è da ritenersi in relazione alla buona qualità delle acque di risorgiva da cui ha origine il fiume, al contrario, in corrispondenza della stazione di Santa Teresa in Valle il fiume Menago evidenzia la somma di tutti gli scarichi organici in esso sversati fino a quella stazione, infatti la percentuale dell'ossigeno è ben al di sotto dei valori standard e il pH presenta una certa alcalinità;

- il canale Bussè presenta un analogo comportamento, il giudizio sullo stato di qualità delle acque nell'alto corso è buono, mentre i dati rilevati più a valle nelle due stazioni in comune di Legnago inducono a supporre la presenza di scarichi all'interno del canale che ne pregiudicano leggermente il livello di qualità.

5.1.7 Caratterizzazione dei corpi idrici ricettori di acque reflue

Per poter valutare, in via preliminare, l'impatto degli scarichi dei reflui ancorché depurati, sulla qualità delle acque superficiali defluenti nei corpi idrici ricettori, è stata eseguita una analisi della diluizione delle portate scaricate considerando le portate misurate che defluiscono nei corsi d'acqua ricettori come risulta dalla documentazione disponibile.

Nella Tabella 18 è stato ricostruito il quadro delle portate scaricate nei corpi idrici superficiali per i corsi d'acqua di cui è nota la portata da misure effettuate in passato. Si sono riportati: il comune, i centri abitati serviti dallo scarico, la portata scaricata, il corso d'acqua ricettore, il valore di portata presumibilmente defluente nel corso d'acqua ricettore ed infine l'incidenza percentuale della portata scaricata sulla portata naturale che defluisce in alveo.

Dal quadro così delineato emerge che alcuni scarichi hanno un consistente impatto potenziale sulla qualità dei corpi idrici ricettori. In alcuni casi l'elevata incidenza percentuale della Q scaricata sulla Q defluente nel corpo idrico ricettore pone in evidenza la necessità di effettuare una verifica dell'efficienza degli impianti di depurazione delle acque reflue.

Nella Tabella 19 è stata verificata l'incidenza totale degli scarichi recapitati direttamente nei principali corsi d'acqua, sui deflussi reali per corpi idrici principali.

I dati evidenziano un ridotto impatto potenziale degli scarichi sui corsi d'acqua principali a riguardo del carico organico. Particolare attenzione dovrà essere posta verso quegli scarichi recapitati nei canali secondari ed alle problematiche di eutrofizzazione delle acque.

Nella definizione di priorità di intervento un criterio guida potrà riguardare proprio l'affinamento dei processi depurativi, anche con ricorso ove proponibile a sistemi naturali e la riorganizzazione delle modalità di smaltimento delle acque reflue favorendo l'accorpamento del servizio di depurazione.

L'argomento trattato in questo paragrafo è oggetto di valutazione da parte del PTA in fase di elaborazione.

Tabella 18 – Quadro comparativo degli scarichi e dei deflussi nei corpi idrici ricettori

Comune	Centri serviti	Q ₂₄ scaricata [l/s]	Corso d'acqua ricettore	Q ricettore [l/s]	Incidenza Q scar. in %
Pescheria del G.	Sponda bresciana del Garda	300	Scolo Seriola Prevaldesca – F. Mincio	5900	5
Verona	Bosco C., Buttapietra, Cerro V, Grezzana, Negrar, S.Martino B.A., Verona, Bussolengo ZAI Sud	1633	F. Adige	250000	0.6
Bussolengo	Bussolengo senza ZAI	63	F. Adige	250000	0.03
S. Ambrogio di Valpollicella	S. Ambrogio di Valpollicella, Fraz. Volargne di Dolcè, Sega di Cavaion V.	93	F. Adige	250000	0.04
Pescantina	Pescantina	52	F. Adige	250000	0.02
Castel d'Azzano	Castel d'Azzano	129	Fossa Baldon	360	36
Nogara	Nogara, Fraz. Engazzà (Com.Salizzole), Fraz. Bionde di Visegna (Com.Salizzole)	225	F. Tartaro	2450	9
Vigasio	Vigasio	16	F. Tartaro	138	11.7
Mozzecane	Mozzecane	18	Scolo Fontanon	100	18
Povegliano	Povegliano, Villafranca	91.5	F.so Gambisa	50	180
Nogarole R.	Capoluogo, Bagnolo, Pradelle, Trevenzuolo	14	F.so Rabbioso	1716	0.8
Sorgà	Sorgà, Erbè	25	F. Tione	4088	0.6
Oppeano	Vallese (Fraz. di Oppeano), Cà degli Oppi (Fraz. di Oppeano)	16	Canale Peccana di Vallese	300	5

Tabella 19 – Incidenza totale delle acque reflue direttamente scaricate nei principali corpi idrici ricettori sulle portate defluenti in alveo

Corso d'acqua ricettore	Q ricettore [l/s]	Q tot scaricata [l/s]	% di incidenza Q scaricata
F. Tione	4088	25	0.6
F. Adige	250000	1841	0.7
F. Tartaro	2450	241	10

6. QUALITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE

6.1 Premessa

La principale risorsa per l’approvvigionamento idrico della provincia di Verona è costituita dall’acquifero freatico indifferenziato e dall’acquifero inferiore con falde confinate.

In passato, il criterio fondamentale per la scelta delle risorse per l’approvvigionamento idrico era di tipo tecnologico ed utilitaristico, intendendosi con approvvigionamento idrico la possibilità di fornire acqua in abbondanza e comunque sufficiente alle necessità della popolazione servita, verificando solo il fatto che non contenesse elementi patogeni di tipo biologico. Trattamenti chimici di semplice esecuzione ed una abbondante disinfezione chimica erano considerate sufficienti per la fornitura di un’acqua che almeno in apparenza non risultasse dannosa.

Ma se tale metodologia era accettabile alcune decine di anni fa, non lo è più all’epoca attuale.

6.2 Il monitoraggio della qualità delle acque

6.2.1 *Qualità naturale delle acque*

Una prima rigorosa caratterizzazione delle acque potabili e dei limiti di accettabilità per i componenti naturali delle acque nel territorio della Regione Veneto è stata effettuata nello “Studio per la revisione del Piano Regolatore degli Acquedotti del Veneto del 1977”, in cui sono stati recepiti i criteri al tempo suggeriti dall’OMS e dalla CEE per l’acqua potabile. In tale studio la scelta dei limiti di qualità delle acque ad uso alimentare è stata fatta prioritariamente in funzione di criteri tossicologici e, secondariamente, in funzione di quelli estetici e di usabilità. Di seguito proporremo i risultati di tale indagine relativamente alla qualità complessiva delle falde nei territori di pianura, in quanto di notevole significatività in relazione alla scelta dei criteri di classificazione utilizzati.

Considerata la data di elaborazione del PRGA, anno 1977, la qualità delle acque riscontrata costituisce un significativo termine di paragone rispetto all’attuale qualità.

Le più attuali e complete indagini sono quelle condotte dall’ARPAV facenti riferimento alla più recente normativa in materia, contenuta del D.Lgs. 152/2006, che richiama il DL 152/1999, il quale disciplina il controllo della qualità delle acque.

Nell’ambito dell’indagine riportata nello “Studio per la revisione del Piano Regolatore degli Acquedotti del Veneto” del 1977, le condizioni di qualità riscontrate hanno condotto ad una classificazione delle acque che considera solo le acque profonde e, solamente per quei parametri di qualità d’uso corrente nei Laboratori Chimici Provinciali. Dalla caratterizzazione chimica delle acque di pozzo nelle varie province venete sono state omogeneizzate ed estratte informazioni significative dei dati di 2691 pozzi. La sovrapposizione dei dati geologici consentì di definire le fasce territoriali e geologiche in cui l’acqua presenta caratteristiche ottime per l’alimentazione ovvero quelle in cui è necessario prevedere un’altra destinazione della risorsa idrica a meno che non si voglia, o si debba, ricorrere a costosi trattamenti depurativi.

Le acque sotterranee delle province venete sono state suddivise in quattro categorie che tengono conto di parametri di qualità delle acque con riferimento ai criteri al tempo suggeriti dall’Organizzazione Mondiale della Sanità e dalla Comunità Economica Europea.

Delle quattro classi in cui sono state suddivise le acque, le prime tre presentano caratteristiche generali di usabilità in ordine di qualità decrescente mentre la quarta non è in generale accettabile per uso potabile senza un eventuale trattamento depurante o detossicante.

Per i parametri ed i limiti che definiscono l'appartenenza alle varie classi si rimanda direttamente al Piano regionale.

Le Classi di qualità considerate sono:

CLASSE Ia	CLASSE IIa	CLASSE IIIa	CLASSE IVa
Acque eccellenti sotto il profilo alimentare	Acque buone sotto il profilo alimentare	Acque accettabili sotto il profilo alimentare	Acque non accettabili sotto il profilo alimentare salvo trattamento depurante e detossicante

I risultati delle analisi effettuate nella Provincia di Verona sulle acque dei pozzi sono riassunti nella seguente tabella.

Tabella 20 - Numero di pozzi esaminati per fascia di profondità e per classe di qualità.

Classe di qualità	Profondità 0 -25 m	Profondità 26 - 50 m	Profondità 51-100 m	Profondità > 100 m	Totale
1	81	12	42	16	151
2	52	12	25	10	99
3	-	-	-	-	-
4	7	7	6	2	22
Totale	140	31	73	28	272

Percentualmente i pozzi possono essere divisi in funzione dell'appartenenza alle quattro classi come riportato nella tabella seguente:

Tabella 21 - Distribuzione percentuale dei pozzi esaminati per fascia di profondità e per classe di qualità.

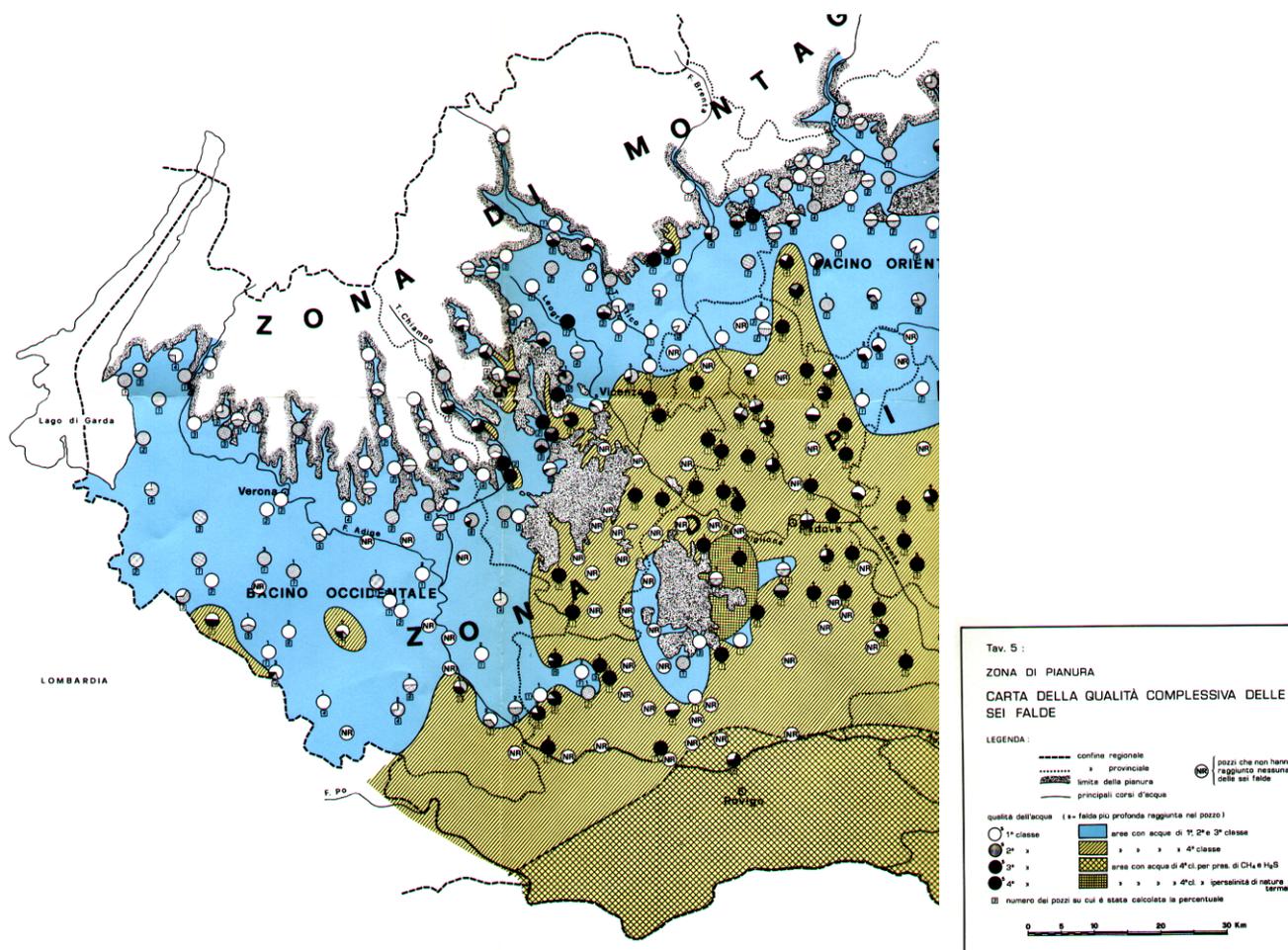
Classe di qualità	Profondità 0 -25 m	Profondità 26 - 50 m	Profondità 51-100 m	Profondità > 100 m	Totale
1	57.9 %	38.7 %	57.5 %	57.1 %	55.5 %
2	37.1 %	38.7 %	34.3 %	35.7 %	36.4 %
3	-	-	-	-	-
4	5 %	22.6 %	8.2 %	7.2 %	8.1 %
Totale	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Come si può rilevare, quasi il 92% dei pozzi esaminati nella provincia di Verona apparteneva alle prime due classi rientrando quindi nella fascia delle acque utilizzabili come potabili. La distribuzione riportata nella Figura 14 evidenzia come la classe IV si riscontri nella parte sud della provincia e maggiormente negli acquiferi localizzati fino a 50 metri di profondità. Ciò concorda con i dati geologici anche se la carenza di informazioni in molti comuni della bassa veronese precludono una chiara definizione della qualità dell'acqua.

È peraltro importante riconoscere come l'appartenenza alla classe IV è dovuta alla presenza di ferro, ammoniaca e sostanza organica, la cui origine è certamente geologica, legata evidentemente all'esistenza di vere e proprie acque stagnanti o velocità di circolazione estremamente lente in ambienti riducenti.

La concentrazione dei suddetti parametri eccede i limiti fissati per la definizione di acqua accettabile per l'uso alimentare.

Figura 14 – Carta della qualità delle falde (Estratto Tav.5, Studio per la revisione del Piano Regolatore degli Acquedotti del Veneto, 1977).



È evidente quindi, che già il chimismo naturale delle acque suggerisce quali zone potenzialmente ottimali per l'emungimento quelle collocate nell'alta pianura o comunque nella parte settentrionale della bassa pianura.

6.2.2 Qualità delle acque rilevata dall'ARPAV

La rete utilizzata per il monitoraggio della falda è stata definita nel 1983 dalla Regione Veneto per il "Censimento dei corpi idrici e Piano Regionale di risanamento delle acque" in applicazione della legge 319/76 sulla tutela delle acque. Tale rete di controllo è stata utilizzata negli anni dal 1981 al 1986 per la costruzione delle carte isofreatiche

e piezometriche della Regione. Dal 1986 fino al 1999 tale rete non è stata utilizzata, e i controlli sono stati ripresi su incarico della regione nel maggio 1999, in attuazione del Decreto Legislativo 152/99 che imponeva, tra l'altro, il monitoraggio quali-quantitativo delle acque sotterranee.

Il controllo delle acque nella provincia di Verona, affidato al Dipartimento provinciale di Verona dell'ARPAV, deriva appunto sia dall'applicazione delle leggi volte alla tutela delle stesse, sia dalla necessità di conoscere, attraverso il monitoraggio dello stato di qualità dell'acqua, le fonti di pressione specifiche che ne alterano le caratteristiche.

Tale attività può essere suddivisa in:

- attività di monitoraggio sulla qualità dell'acqua;
- attività di controllo sulle fonti di pressione.

L'attività di monitoraggio sulla qualità dell'acqua si suddivide in:

- monitoraggio dello stato di qualità ambientale chimico, biologico e microbiologico;
- monitoraggio della qualità in funzione di usi specifici della risorsa idrica quali l'uso potabile, l'uso irriguo, la balneazione e l'idoneità alla vita dei pesci.

L'attività di controllo sulle fonti di pressione si suddivide in:

- attività di controllo degli scarichi da insediamenti produttivi o da pubblici depuratori;
- attività di controllo sulla gestione degli impianti di smaltimento rifiuti (discariche, stoccaggi ecc);
- attività di controllo sugli smaltimenti dei liquami zootecnici.

La campagna di monitoraggio quali-quantitativo delle acque sotterranee, come previsto dal Decreto Legislativo 152/99, è stata effettuata dal Dipartimento provinciale di Verona dell'ARPAV a partire dal mese di maggio 1999 su una serie di pozzi facenti parte della rete di controllo messa a punto dalla Regione Veneto. Il 19 aprile 2009 è entrato in vigore il decreto legislativo 16 marzo 2009, n. 30 "*Attuazione della direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento*" (pubblicato sulla Gazzetta ufficiale 4 aprile 2009 n. 79). Il decreto definisce le "misure specifiche per prevenire e controllare l'inquinamento ed il depauperamento delle acque sotterranee". Scopo di queste misure è il raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale previsti dal D.lgs. 152/2006 (articoli 76 e 77). Secondo le indicazioni dell'articolo 77 di detto D.lgs. 152/2006 il raggiungimento di tali obiettivi è di competenza delle Regioni.

Allo stato attuale nel territorio della provincia di Verona sono effettivamente utilizzati per le periodiche misure del livello di falda (generalmente trimestrali), 54 pozzi dei quali 23 di tipo artesiano, 27 di tipo freatico e 4 relativi alle sorgenti.

Dal punto di vista qualitativo la principale causa di degrado della risorsa idrica sotterranea è dovuta alla presenza di ioni nitrato in soluzione. Lo ione nitrato costituisce l'ultimo stadio dei processi di trasformazione cui è soggetto l'azoto immesso nell'ambiente; a causa della sua elevata solubilità è in grado di migrare con facilità nelle falde presenti nel sottosuolo.

Tra le attività che concorrono in misura maggiore all'immissione di azoto nell'ambiente, assumono un rilievo notevole quelle relative al comparto agro-zootecnico, soprattutto con riferimento all'impiego di liquami zootecnici nella pratica della fertilizzazione dei suoli. L'elevata concentrazione di insediamenti produttivi in zone limitate, contribuisce fortemente ad aumentare il rischio di inquinamento della falda, essenzialmente a causa di fenomeni di percolazione determinati da sversamenti sul terreno (sia accidentali che dolosi), di scarichi fognari non ottimamente depurati, delle attività zootecniche, dell'uso di fertilizzanti azotati e degli scarichi urbani non ancora collettati al sistema delle pubbliche fognature.

La concentrazione dei nitrati è massima nelle falde superficiali e decresce scendendo verso livelli di falda sempre più bassi.

La normativa di riferimento (D.lgs. 31/01 e DGRV n. 4080 del 22/12/2004) prevede che la concentrazione di nitrati nelle acque che fuoriescono dai rubinetti, utilizzati per il consumo umano, non debba superare i 50 mg/l.

Nelle figura sottostante è riportata la mappa delle concentrazioni medie di nitrati misurate in acque sotterranee profonde ed in sorgenti, nel territorio Veneto, relativa all'anno 2006.

Dall'analisi della figura 15, relativamente all'area interessata dell' ATO Veronese, si rileva come mediamente le concentrazioni di nitrati siano più basse nella zona della bassa pianura (in giallo e verde) rispetto a quelle misurate in corrispondenza della zona pedemontana e dell'alta pianura posta attorno al capoluogo (aree evidenziate in arancio e rosso).

Figura 15: Classi di concentrazione dei nitrati per i Comuni del Veneto – anno 2006 (fonte: Rapporto sugli Indicatori Ambientali del Veneto Edizione 2008)

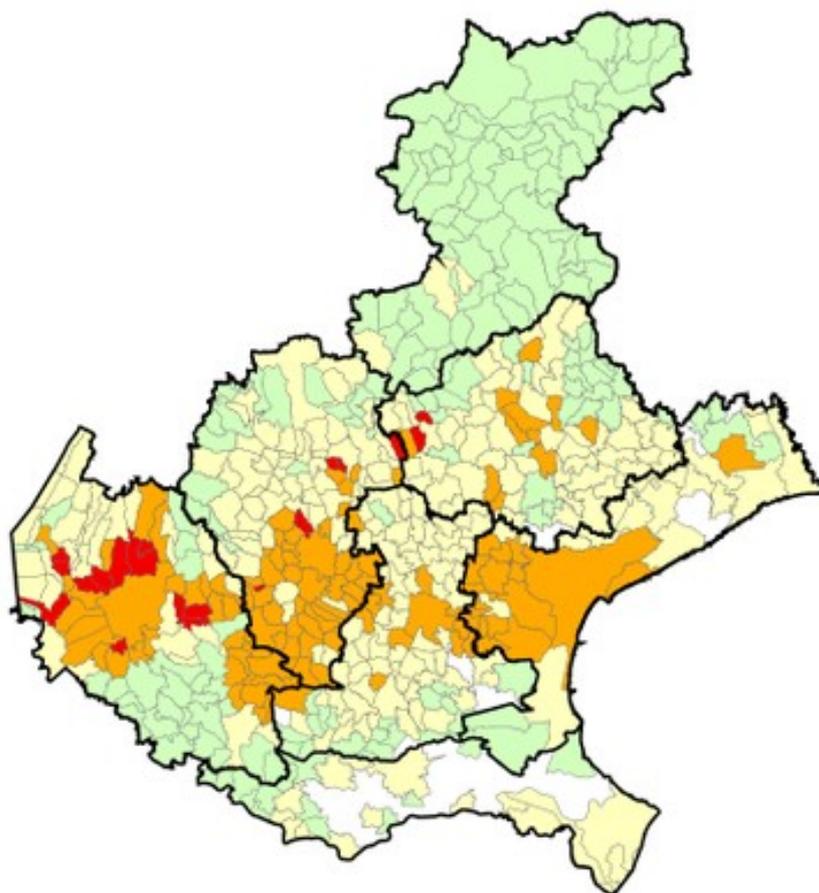
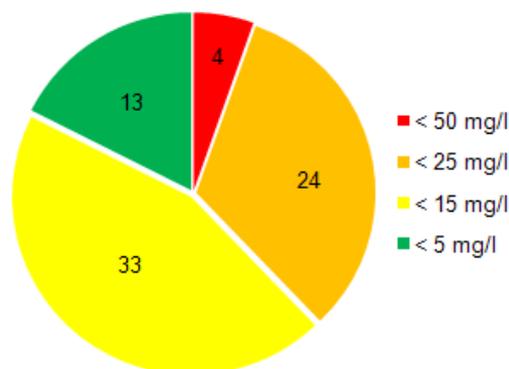


Figura 16: Classificazione e numero di comuni dell'ATO Veronese in funzione della concentrazione di nitrati rilevata nelle acque potabili (Anno 2009).



L'analisi della Figura 15 evidenzia dunque la diffusione di pratiche agricole più spinte, e contemporaneamente l'eventuale possibilità di infiltrazione diretta in falda attraverso terreni ad elevata permeabilità e scarsa capacità di interscambio ionico. Nelle falde della bassa pianura invece, la protezione offerta dalla presenza di terreni argilloso limosi a fronte di una pratica agricola altrettanto impattante determina la maggiore difficoltà di penetrazione di questo tipo di inquinante. La Figura 176 mostra come 13 comuni presentino una concentrazione di nitrati nelle acque potabili minore di 5 mg/l, mentre solo in 4 si rileva una concentrazione compresa tra i 25 e i 50 mg/l, su un totale di 74 comuni analizzati.

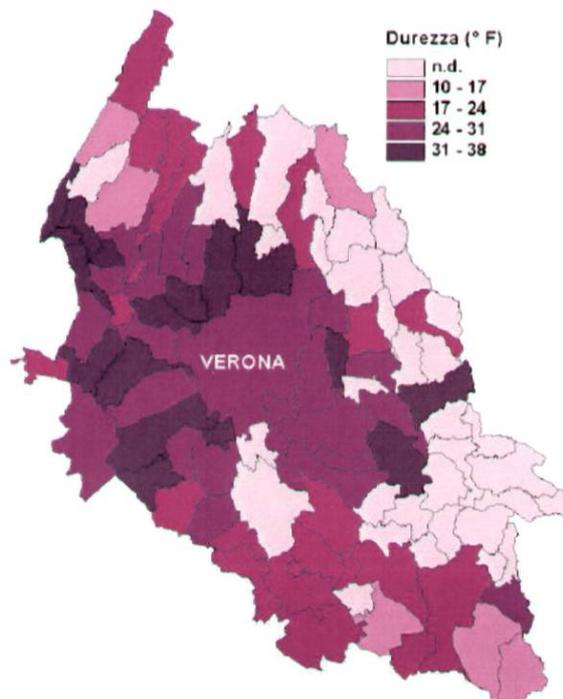
Altro parametro indagato è la durezza che rappresenta la quantità di cationi multivalenti (ossia con valenza dello ione superiore ad uno) contenuti nell'acqua. Poiché i cationi multivalenti presenti in quantità rilevante sono generalmente gli ioni calcio e magnesio, con il termine durezza si indica, in senso restrittivo, la loro concentrazione.

Tanto maggiore è il valore della durezza di un'acqua tanto maggiore sarà la tendenza di questa a creare incrostazioni nelle tubature: per diminuire la durezza di un'acqua si utilizzano gli addolcitori, ossia impianti che utilizzano resine scambiatrici di ioni che inglobano gli ioni calcio e rilasciano ioni sodio.

L'unità di misura più utilizzata per quantificare la durezza di un'acqua è il grado francese (°F): 1 grado francese = 10 mg/litro di Carbonato di Calcio (CaCO_3).

La norma che disciplina le acque destinate al consumo umano (D.P.R. 236/88) non fissa, per il parametro durezza, dei valori limite da rispettare o dei valori guida ai quali tendere, bensì riporta solo un "valore consigliato", che deve essere nell'intervallo tra 15 e 50 °F.

Figura 17 - Mappa dei valori di durezza, espressi come valori medi, misurati in acque sotterranee profonde ed in sorgenti, nel territorio provinciale di Verona, nel corso del 2001. (Fonte: Dipartimento provinciale ARPAV di Verona)



La concentrazione di composti organoalogenati rappresenta un ulteriore parametro qualitativo che indica le molecole di sostanze organiche alifatiche contenenti uno o più atomi di fluoro, cloro, bromo o iodio.

La presenza di composti organici alogenati nell'acqua è riconducibile a due diversi processi:

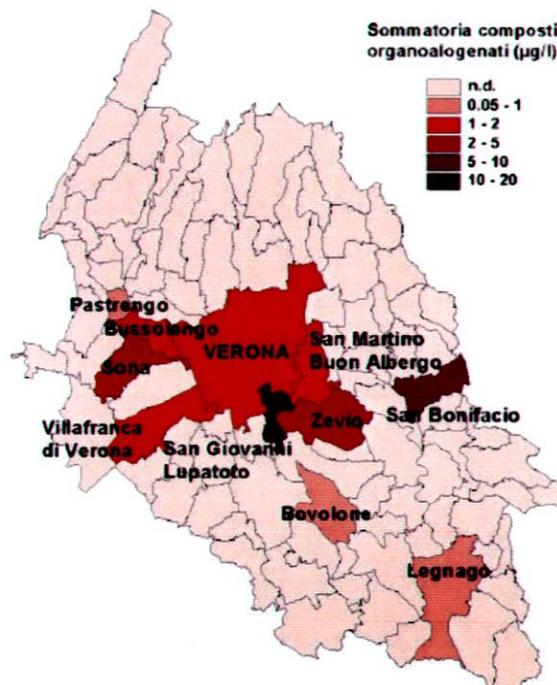
- l'arrivo in modo diretto o indiretto di inquinanti nelle acque superficiali o profonde;
- la loro formazione a seguito dei normali trattamenti di clorazione, utilizzati al fine di ridurre il rischio di infezioni da germi patogeni, presenti nelle acque destinate al consumo umano.

Caso clamoroso del primo processo è il ben noto inquinamento da solventi organoalogenati, verificatosi in questi ultimi anni in diverse aree industrializzate, e dovuto all'utilizzo ed alla loro dispersione nell'ambiente in maniera incontrollata.

Il secondo processo, al quale si deve invece la presenza di cloro-derivati organici nelle acque, è la clorazione stessa. Il cloro e l'ipoclorito reagiscono con gli acidi umici e fulvici e, con altri precursori presenti nelle acque da trattare, producendo trialometani, soprattutto diclorobromometano, dibromoclorometano e cloroformio.

Nei controlli effettuati da ARPAV sulle acque, con il termine composti organoalogenati totali si intende la sommatoria delle concentrazioni delle seguenti sostanze: diclorobromometano, dibromoclorometano, cloroformio, tribromometano, tetracloruro di carbonio, tetracloroetilene, 1,1,1 tricloroetano, tricloroetilene, triclorofluorometano e 1,1,2 tricloro 2,2,1 trifluoroetano.

Figura 18 - Mappa delle concentrazioni di composti organoalogenati, espressi come valori medi, misurate in acque sotterranee profonde, nel territorio provinciale di Verona, nel corso dei 2001. (Fonte: Dipartimento provinciale AR-PAV di Verona)

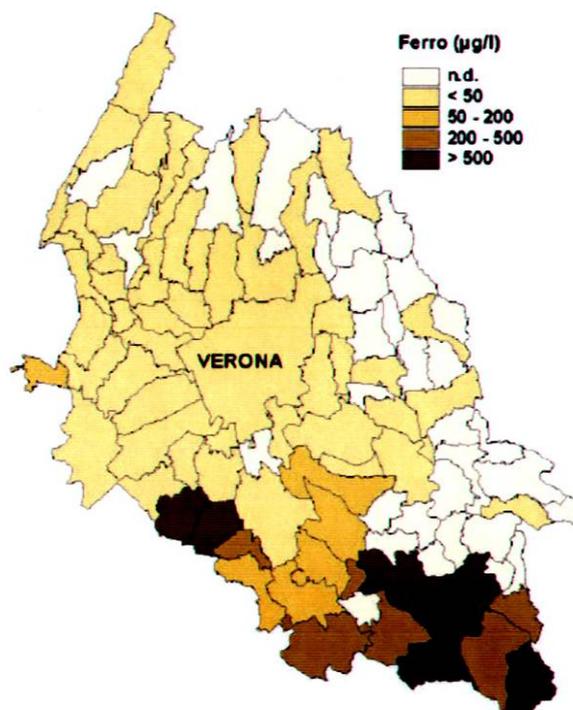


La scarsità di dati disponibili permette di evidenziare unicamente la presenza di tale inquinante in particolare in alcuni comuni ad intensa industrializzazione.

La concentrazione di ferro nelle acque sotterranee (il ferro si trova in natura principalmente sotto forma di minerali che costituiscono circa il 5% della crosta terrestre e come impurità, in molti minerali complessi quali i silicati ed in molte acque naturali) è legata al tipo di alterazioni dei minerali che lo contengono. La principale alterazione che provoca il passaggio in soluzione del ferro, sottoforma di Fe(II) è dovuta ai fenomeni riduttivi, favoriti dal fatto che le acque profonde sono di solito carenti di ossigeno.

Il D.Lgs. 31/01 che individua i criteri di qualità delle acque destinate al consumo umano, fissa come valore limite da rispettare, per il parametro ferro, una concentrazione pari a 200 mg/l. Concentrazioni di ferro superiori a tale valore non pregiudicano la salubrità dell'acqua, ma ne limitano le caratteristiche organolettiche.

Figura 19 - Mappa delle concentrazioni di ferro, espresse come valori medi, misurate in acque sotterranee profonde ed in sorgenti, nel territorio provinciale di Verona, nel corso dei 2001 (Fonte: Dipartimento provinciale ARPAV di Verona).



Nel territorio della provincia di Verona si rilevano elevate concentrazioni di ferro, sempre associato tra l'altro ad elevate concentrazioni di ammoniaca e manganese, nella bassa pianura, in corrispondenza di sottosuoli di tipo torboso.

I valori di conducibilità delle acque sotterranee invece sono correlati alla quantità ed al tipo di sali disciolti. Tanto maggiore è la quantità di sali disciolti e tanto maggiore sarà il valore di conducibilità misurato e, a parità di sali presenti, tanto maggiore è la carica degli ioni e tanto maggiore sarà la conducibilità.

Ai fini dell'uso potabile, il valore di conducibilità di un'acqua non ha un limite assoluto da rispettare, bensì un valore guida pari a 400 µS/cm a 20 °C.

Al fine di classificare chimicamente la qualità di un corpo idrico sotterraneo si utilizza il valore della conducibilità come macrodescrittore:

- la migliore qualità è individuata da valori di conducibilità inferiori a 400 µS/cm;
- valori di conducibilità compresi tra 400 e 2500 µS/cm indicano una qualità chimica intermedia;
- valori di conducibilità superiori a 2500 µS/cm indicano una scarsa qualità dell'acquifero.

Le acque sotterranee presenti nel territorio della provincia di Verona presentano caratteristiche diverse in funzione dell'area geografica considerata.

Dall'analisi dei dati ottenuti si rileva che le acque prelevate dalla zona delle sorgenti e da quella delle risorgive presentano valori di conducibilità ottimali sia dal punto di vista del loro utilizzo a scopo potabile, sia dal punto di vista della qualità chimica. I valori di conducibilità misurati nei pozzi a Sud, sia nell'alta e sia nella bassa pianura, ne fanno scendere leggermente la qualità. In tali zone, infatti, la presenza di sottosuoli torbosi spesso compromette la qualità dell'acquifero sotterraneo al punto da sconsigliarne l'uso a fini potabili.

7. VULNERABILITÀ E RISCHI DI APPROVVIGIONAMENTO DALLE ACQUE SOTTERRANEE

7.1 Vulnerabilità degli acquiferi

I sistemi acquiferi sotterranei del territorio dell’ATO Veronese, presentano rischi di inquinamento diversificato in relazione al grado di vulnerabilità intrinseco relazionato alle proprietà idrogeologiche degli acquiferi stessi.

Vulnerabilità degli acquiferi carsici.

E’ da considerare elevatissima, dato che il tipo di porosità dei calcari e le modalità di infiltrazione e di deflusso attraverso condotti carsici, fanno assimilare i circuiti sotterranei ad un maglia reticolare del tipo rete idrografica superficiale. La mancanza di capacità di assorbimento per scambio ionico dovuta all’assenza di una componente argillosa fa sì che le acque carsiche siano fortemente vulnerabili nei confronti di qualsiasi tipologia di inquinante.

La vulnerabilità molto elevata e la presenza di sorgenti intramontane in corrispondenza di falde sospese, utilizzate ad uso idropotabile, determina la necessità di riduzione del rischio di inquinamento attraverso idonee misure di protezione del territorio ricadente nei bacini idrogeologici delle sorgenti. Risulta quindi più che mai urgente l’esecuzione di studi idrogeologici di dettaglio su queste fonti preziose al fine di definire idonee zone di protezione come stabilito anche dal D.Lgs. 152/99.

Vulnerabilità degli acquiferi di pianura.

I sistemi acquiferi di pianura sono ad elevata vulnerabilità soprattutto nell’area di ricarica degli acquiferi (Alta Pianura), dove minore è l’effetto filtrante dei depositi alluvionali grossolani, ovvero a minore soggiacenza della falda. Chiaramente tale effetto è comunque maggiore dove si riscontrano spessori di insaturo più elevati.

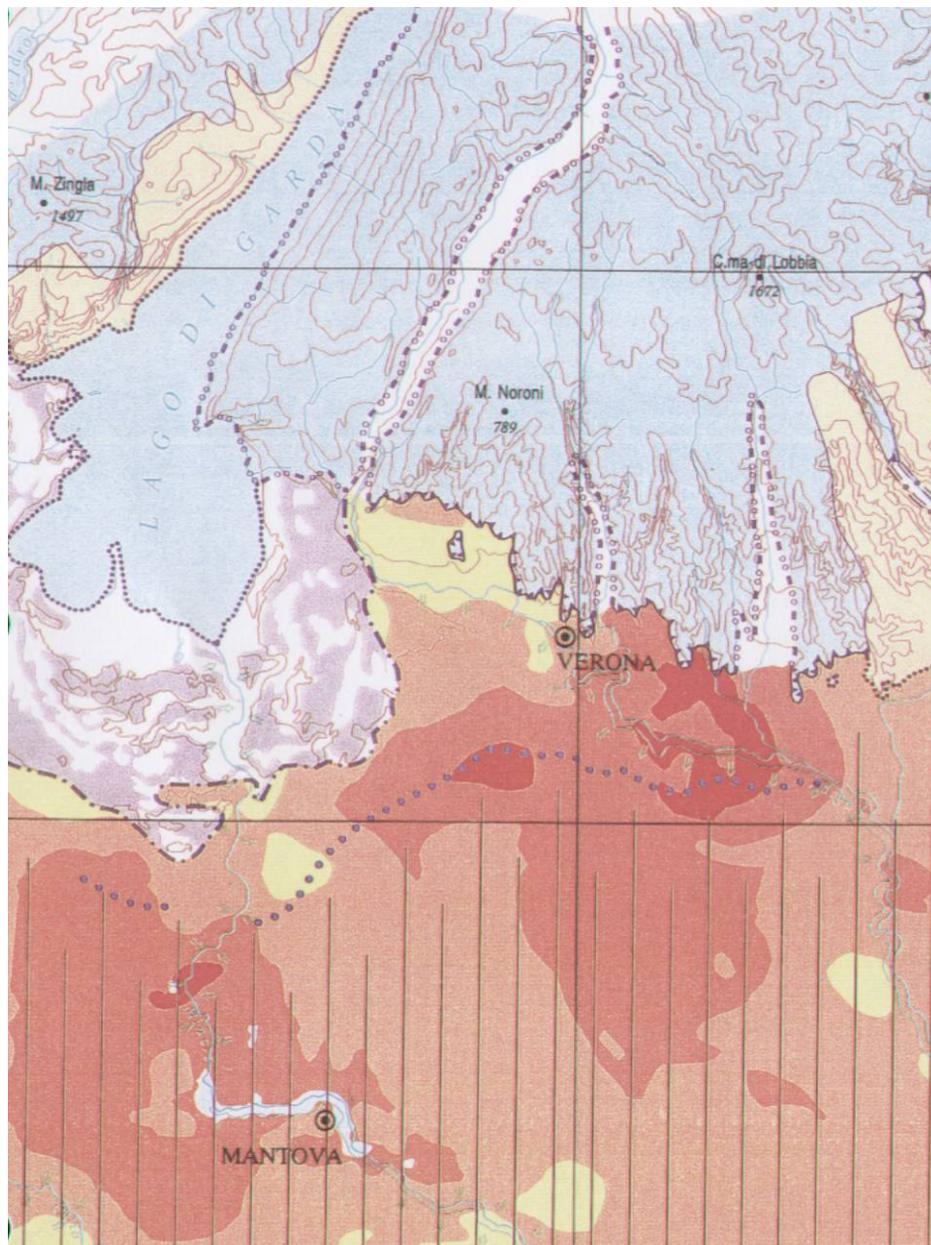
D’altra parte sono noti molti casi di contaminazione da prodotti chimici, che hanno colpito le falde del Veronese nell’area di ricarica. Questi processi inquinanti hanno spesso persistenza molto rilevante (decine di anni) e possono scendere lentamente a valle lungo le direzioni di deflusso per decine di km, raggiungendo anche le falde profonde del sistema artesiano poste a sud della fascia delle risorgive.

La vulnerabilità della Media Pianura risulta estremamente elevata lungo tutto il corso dell’Adige e del Mincio, nella zona Nord tra Villafranca e Mozzecane e in particolare nell’area compresa tra Castel d’Azzano, Nogarole Rocca e S. Giovanni Lupatoto.

Nelle fasce contermini alle aree indicate la vulnerabilità risulta di grado variabile da alta ad elevata, mentre risulta complessivamente media su gran parte della Bassa pianura ad eccezione di alcune zone in cui il grado di vulnerabilità risulta alto, soprattutto lungo i corsi d’acqua.

In particolare, l’allegato A della D.G.R. n°234 del 10 febbraio 2009, definisce i sistemi di acquiferi multifalde della pianura veneta di particolare pregio, per i quali vanno stabilite particolari misure di tutela e salvaguardia.

Figura 20 – Cartografia sintetica della vulnerabilità all’inquinamento degli acquiferi (stralcio della “Carta della vulnerabilità regionale degli acquiferi con falda libera” I.R.S.A., Serv. Geol. Naz.)



Nella zona a valle della fascia delle risorgive, presenta acquiferi multifalda in pressione, con orizzonti maggiormente permeabili, di natura sabbioso-ghiaiosa, che ospitano le falde confinate a profondità dell’ordine della decina di metri. La permeabilità degli strati acquiferi varia entro un intervallo compreso tra 10^{-3} ÷ 10^{-4} m/s.

L’insaturo è almeno in parte costituito da depositi sabbioso-limoso-argillosi poco permeabili.

La vulnerabilità degli acquiferi è quindi correlata prevalentemente allo spessore ed alle caratteristiche idrogeologiche dell’insaturo.

Ne consegue che il grado di vulnerabilità intrinseco decrescerà procedendo verso Sud, mentre nella zona a falda freatica, risulterà da elevato a molto elevato.

Ovviamente l'eventuale presenza di potenziali ingestori e viicoli di inquinamento come pozzi perdenti capaci di mettere in collegamento le sostanze inquinanti in superficie con l'acquifero sottostante costituisce un elemento di rischio.

In situazioni di completa assenza di una rete fognaria, lo smaltimento delle acque reflue avviene mediante scarico delle acque nere nella rete di scolo o in falda tramite pozzi perdenti o percolazione. Ciò assume particolare rilievo nella zona a cavallo delle risorgive dove la vulnerabilità dell'acquifero è più elevata e il rischio di inquinamento della falda è notevolmente alto.

7.2 Rischi di approvvigionamento da acque sotterranee

È evidente che l'approvvigionamento da falde sotterranee deve necessariamente tener conto della vulnerabilità dell'acquifero da cui attingere la risorsa, nel senso che minore è la vulnerabilità e maggiore è la garanzia di integrità fisico-chimica della risorsa idrica.

Le risorse meno vulnerabili sono in genere contenute in acquiferi profondi e caratterizzati da terreni permeabili tra altri a bassa permeabilità, nella fattispecie dell'ATO veronese ciò corrisponde agli acquiferi della bassa pianura che risultano già affetti da un inquinamento naturale; pertanto le risorse strategiche vanno individuate cercando un compromesso tra le situazioni idrogeologiche più favorevoli ed un grado di vulnerabilità che garantisca maggiormente l'acquifero.

Si deve sottolineare l'elevato grado di vulnerabilità delle falde nelle zone dell'Alta pianura. Ogni attività inquinante che si esercita sulla superficie in queste zone, se non adeguatamente condotta, può provocare contaminazione delle acque sotterranee, che non sono protette da una copertura impermeabile.

Il fenomeno è esaltato dalla elevata permeabilità delle alluvioni ghiaiose, la quale consente una rapida e facile immissione negli acquiferi sotterranei degli agenti inquinanti dispersi sul piano di campagna. Le azioni inquinanti attive nell'alta pianura possono contaminare anche le falde in pressione esistenti a valle poiché, come noto, esse sono contenute in livelli ghiaiosi direttamente collegati con il materasso alluvionale grossolano e indifferenziato posto a monte.

8. FONTI DI APPROVVIGIONAMENTO GIÀ DEDICATE ALL'USO IDROPOTABILE E COMPATIBILITÀ CON LE RISORSE DISPONIBILI

8.1 Sintesi sull'uso idropotabile nell'ATO

L'attuale prelievo di risorsa a scopo idropotabile nell'A.T.O. ammonta a circa 92.600.000 m³, dei quali circa il 60% da falda ed i rimanenti captati in parte da acque superficiali per una percentuale di circa il 30% ed in parte da sorgenti montane o pedemontane (circa il 10 %).

La maggior parte dei prelievi da falda sono localizzati nell'Alta Pianura e subordinatamente nella Bassa Pianura e servono gran parte delle utenze localizzate in queste due zone.

I prelievi da acque superficiali, invece, sono attuati principalmente dal Lago di Garda e sono a servizio dei comuni rivieraschi.

I prelievi da sorgenti sono attuati dai comuni montani soprattutto nell'ambito delle unità del Massiccio del M.te Baldo e dei M.ti Lessini (si veda a tal proposito l'allegato 4). Tuttavia i comuni dei Lessini e quelli del M.te Baldo si servono anche di pozzi trivellati nella falda di subalveo dell'Adige.

8.2 Fonti salvaguardate dal MSA

8.2.1 Le risorse sotterranee e sorgive

Nella Tabella 22 sono state riportate le diverse fonti di approvvigionamento salvaguardate dal Modello Strutturale degli Acquedotti del Veneto, raggruppate per bacino idrografico di appartenenza con relativo codice, portata destinata e unità idrogeologica in cui sono localizzate.

Tabella 22– Fonti salvaguardate dal M.S.A.

Bacino idrografico	Cod.	Fonti di approvvigionamento salvaguardate dal MSA	Portata Destinata [l/s]	Unità idrogeologica
Bacino F. Adige	A10	Sorgente Val dei Coali (Ferrara di Monte Baldo)	100	Monte Baldo
	A11	Sorgente Bregola (Caprino Veronese)	50	Monte Baldo
	A12	Sorgenti minori (Ferrara di Monte Baldo, Caprino Veronese)	22	Monte Baldo
	A13	Pozzi di subalveo fiume Adige Fornace di Rivoli	1000	Alta Pianura Occidentale
	A14	Falda di Verona	1850	Alta Pianura Occidentale
	A15	Falda di San Giovanni Lupatoto e S.Martino Buon Albergo	300	Alta Pianura Occidentale
	A16	Falda di subalveo del fiume Adige (pozzi di Dolcè)	80	Alta Pianura Occidentale
	A17	Sorgenti di Montorio	400	Monti Lessini Occ.
	A18	Sorgenti minori o pozzi in roccia di val Squaranto, valle del Progno, valle della Marchiora	55	Monti Lessini Occ.
	A19	Sorgente di Val Fraselle (Valle Illasi)	20	Monti Lessini Occ.
A20	Sorgente di Acqua Fresca (Valle Illasi)	15	Monti Lessini Occ.	

Bacino idrografico	Cod.	Fonti di approvvigionamento salvaguardate dal MSA	Portata Destinata [l/s]	Unità idrogeologica
	A21	Sorgente di Revolto (Valle Illasi)	40	Monti Lessini Occ.
	A22	Sorgente di Cazzano di Tramigna e Valle d'Alpone	57	Monti Lessini Occ.
	A23	Falda di Montecchia di Crosara e Roncà	60	Bacino dell'Alpone-Lessini Orient.
	A24	Falda di Caldiero e di San Bonifacio	320	Alta Pianura orientale
	A25	Pozzi di subalveo del fiume Adige a Legnago e Villa Bartolomea	100	Bassa Pianura
Bacino F.Fissero-Tartaro-Canal Bianco	FTC1	Falda di Valeggio sul Mincio e Castelnuovo del Garda	200	Unità morenica del Garda
	FTC2	Falda di Pescantina, Bussolengo, Sona, Sommacampagna e Villafranca	600	Alta Pianura Occidentale
	FTC3	Falda di Castel d'Azzano, Mozzecane, Vigasio, Povegliano, Buttapietra	300	Bassa Pianura
	FTC4	Falde locali (Tartaro,Tione)	181	Bassa Pianura
	FTC5	Falda di Bovolone	200	Bassa Pianura
	FTC6	Falda di Zevio	268	Bassa Pianura
Bacino F. Po	P01	Sorgente Orgada (Malcesine)	50	Monte Baldo
	P02	Prese superficiali dal Lago di Garda	3000	-
Bacino F. Brenta-Bacchiglione	BB2	Falda artesiana comuni di Lonigo-Arcole (Almisano)	400	-

Unità del massiccio del M. Baldo: una serie di sorgenti localizzate in quota affiorano in corrispondenza della serie calcarea Cretaceo-Eocenica, dove i calcari marnosi e le marne del Cretaceo Superiore Eocene della formazione della Scaglia Rossa interrompono la circolazione sotterranea nell'ambito del massiccio. Tali livelli sostengono una serie di falde sospese con recapito in quota che si estrinseca nelle sorgenti di:

- Val Coali [portata di magra ≈ 55 l/s],
- Bergola a Caprino Veronese [≈ 12.5 l/s],
- Orgada di Malcesine;
- minori di Caprino Veronese e Ferrara di Monte Baldo.

A queste sorgenti bisogna aggiungere la Sorgente Aril che rappresenta l'affioramento della falda basale del massiccio, la cui portata è di circa 100 l/s.

Il totale della portata riservata dal M.S.A. risulta di 222 l/s.

Unità dei M. Lessini occidentali: presenta recapiti sorgivi importanti al contorno del massiccio quali ad esempio il gruppo sorgivo di Montorio con una portata media stimata pari a 4,5 m³/s ed altri recapiti a bassa quota in corrispondenza di sfiori bassi quali quelli di: Cazzano di Tramigna (500-600 l/s) e di Mezzane (250 l/s).

Anche per questa unità, le rocce calcaree presentano intercalazioni di altre rocce a minore permeabilità, calcari marnosi e marne o calcari selciferi, che determinano una circolazione idrica a falda sospesa in quota con sorgenti e/o falde entro i subalvei, di potenzialità modesta:

- Val Squaranto, Valle del Progno, Valle della Marchiora;
- Val d'Illasi con le sorgenti di:
 - Rivolto,
 - Val Fraselle,
 - Acqua Fresca.

Unità del bacino dell'Alpone (Lessini orientali): l'unica sorgente significativa è quella di Montecchia di Crosara con portata di circa 70 l/s.

In generale in tutti i materassi alluvionali dei corsi d'acqua che scendono lungo le valli dei Lessini alloggiato acquiferi potenzialmente interessanti, ma quella allo sbocco della valle dell'Alpone tra Montecchia di Crosara e Roncà è stata salvaguardata nel modello strutturale dagli acquedotti regionali.

Il totale della portata riservata dal M.S.A. per queste due ultime unità risulta di 647 l/s.

Unità dell'Alta e della Bassa Pianura: rivestono un'importanza fondamentale per quanto riguarda la cospicua potenzialità delle falde dei potenti materassi alluvionali.

Lo schema generale di circolazione è stato già dettagliatamente descritto nei paragrafi precedenti.

Nella Tabella 23 è elencata una serie di zone che ospitano falde già utilizzate a fini idropotabili; il totale della portata riservata da falde dal M.S.A. risulta di circa 5400 l/s.

Tabella 23 – Fonti salvaguardate per unità idrogeologica di appartenenza

FONTI DI APPROVVIGIONAMENTO SALVAGUARDATE DAL MSA	PORTATA RISERVATA DAL M.S.A. (Q_{ris}) [l/s]
Unità del monte Baldo	
Sorgente Val dei Coali (Ferrara di Monte Baldo)	100
Sorgente Orgada (Malcesine)	50
Sorgente Bregola (Caprino Veronese)	50
Sorgenti minori (Ferrara di Monte Baldo, Caprino Veronese)	22
Totale unità	222
Unità montane dei Monti Lessini e del Bacino dell'Alpone	
Sorgenti di Montorio	400
Sorgenti minori o pozzi in roccia di val Squaranto, valle del Progno, valle della Marchiora	55
Sorgenti di Val Fraselle, Acqua Fresca e Revolto (Valle Illasi)	75
Sorgenti di Cazzano di Tramigna e Valle d'Alpone	57
Falda di Montecchia di Crosara e Roncà	60
Totale unità	647
Unità dell'alta pianura	
Pozzi di subalveo fiume Adige Fornace di Rivoli	1.000
Falda di subalveo del fiume Adige (pozzi di Dolcè)	80
Falda di San Giovanni Lupatoto e S.Martino Buon Albergo	300
Falda di Pescantina, Bussolengo, Sona, Sommacampagna e Villafranca	600

FONTI DI APPROVVIGIONAMENTO SALVAGUARDATE DAL MSA	PORTATA RISERVATA DAL M.S.A. (Q_{ris}) [l/s]
Falda di Caldiero e di San Bonifacio	320
Falda di Verona	1.850
Totale unità	4.150
Unità dell'alta pianura	
Falda di Valeggio sul Mincio e Castelnuovo del Garda (Tartaro, Tione)	200
Pozzi di subalveo del fiume Adige a Legnago e Villa Bartolomea	100
Falde locali (Tartaro, Tione)	181
Falda di Bovolone	200
Falda di Zevio	268
Totale unità	949
Unità morenica del Garda	
Falda di Castel d'Azzano, Mozzecane, Vigasio, Povegliano, Buttapietra	300
Totale unità	300
TOTALE	6.268

8.2.2 Le risorse idriche superficiali

Il modello strutturale degli acquedotti del Veneto ha riservato anche un prelievo dal Lago di Garda mediante alcune prese superficiali per una portata totale di 3.000 l/s.

È evidente che questa fonte ha una enorme potenzialità e capacità di regolazione sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo. Gli invasi del bacino montano possono avere un ulteriore effetto sulla possibilità di regolazione del lago di Garda.

Quindi notevole è l'importanza del Lago di Garda quale potenziale fonte di approvvigionamento per uso potabile, irriguo ed industriale. Nonostante quindi si tratti di una fonte pressoché illimitata è comunque necessario controllare l'integrità quanti-qualitativa della risorsa.

Il lago di Garda è regolato da uno sbarramento artificiale realizzato sul Mincio a Salionze, che ne regola i livelli normali. Lo sbarramento è realizzato in modo da alimentare il Mincio, il canale irriguo e industriale denominato Virgilio ed il canale irriguo-industriale detto Seriola. Le luci consentono una portata max complessiva di 200 m³/s, dei quali 7 m³/s possono defluire nel canale Seriola e 30 m³/s nel canale Virgilio.

L'opera di regolazione è governata da una “Commissione per l'esercizio della regolazione delle acque del lago”, gestita operativamente dal centro operativo di Verona del Genio Civile.

L'utilizzo di elevate portate ad uso idropotabile dal Lago di Garda riveste interesse regionale e sovraregionale, anche in relazione alla possibile conflittualità con gli usi irrigui ed industriali già assentiti.

Si evidenzia che gli usi idropotabili già in atto da utenze dell'A.T.O. veronese (alta sponda veronese) non pongono problematiche di carattere quantitativo in relazione alla loro scarsa entità.

Nel bacino dell'Adige esistono attualmente circa 31 bacini artificiali aventi capacità di invaso variabili, dai valori massimi di 183 milioni di m³ (Santa Giustina) e 118 milioni di m³ (Resia), a valori minimi dell'ordine di 100.000 m³ per quelli minori, per un totale di 571 milioni di m³. La sua portata media è di 235 m³/s nel periodo dal 1921 al 1960.

Anche per questo corso d'acqua che rappresenta una risorsa di elevata potenzialità, andrà attentamente controllata l'integrità quanti-qualitativa.

8.3 Analisi del livello di utilizzo attuale e previsto e valutazione della sostenibilità del prelievo

Nella Tabella 24 sono state riepilogate le portate che il Modello Strutturale degli Acquedotti del Veneto ha destinato per l'uso idropotabile considerando le fonti di approvvigionamento individuate raggruppate per unità idrogeologica, inoltre sono evidenziate le portate prelevate nel 2002 (portata immessa in rete, come dichiarata dai comuni e dagli enti gestori dei servizi acquedottistici per ogni singolo comune), infine si è riportato anche il fabbisogno al 2015 in termini di portata di punta e di portata media come evidenziato nel M.S.A.

Dal confronto effettuato a scala dell'intero A.T.O. veronese (si veda a tal proposito la Tabella 24) escludendo il prelievo dal Lago di Garda, appare che la portata totale prelevata (come dichiarata dai gestori, o stimata nel caso di assenza del dato), risulta nell'anno 2002 pari al 55% della portata riservata dal modello strutturale degli acquedotti del Veneto.

I fabbisogni medi in termini di portata risultano pari al 71% della portata riservata dal modello strutturale degli acquedotti del Veneto.

I fabbisogni di punta in termini di portata risultano pari al 94% della portata riservata dal modello strutturale degli acquedotti del Veneto.

Le portate riservate da prelevate dalle fonti da salvaguardare, così come individuato nel modello strutturale degli acquedotti veneti, risultano compatibili con i fabbisogni di punta.

Tabella 24 – Portate da salvaguardare dal M.S.A. , portate medie prelevate nel 2002 e fabbisogni medi e di punta stimati dal M.S.A. per i comuni dell'ATO Veronese(suddivisi per unità idrogeologiche di appartenenza).

Comuni afferenti alle unità idrogeologiche	Cod. Unità	Portata fonti da salvaguardare (MSA) escluso L. di Garda	Portata prelevata media nel 2002	Fabbisogni 2001 (MSA)	
		($Q_{RIS,m}$) [l/s]	($Q_{2002,m}$) [l/s]	Portata media ($Q_{MSA,m}$) [l/s]	Portata di punta ($Q_{MSA,p}$) [l/s]
UNITA' DEL MONTE BALDO					
Brentino Belluno	1		5,5	6,0	7,4
Brenzzone	1		11,6	26,7	55,9
Caprino Veronese	1		29,6	38,8	56,0
Costermano	1		11,8	12,0	15,5
Ferrara di Monte Baldo	1		2,5	2,6	4,7
Malcesine	1		33,9	58,0	123,7
San Zeno di Montagna	1		8,1	52,3	64,8
Torri del Benaco	1		21,3	37,4	81,7
Totale		222	124	234	410
UNITA' DEI MONTI LESSINI OCC.					
Badia Calavena	2		9,0	13,0	17,9
Bosco Chiesanuova	2		35,8	43,1	88,3
Cazzano di Tramigna	2		3,5	12,4	14,4
Cerro Veronese	2		21,2	6,4	9,7
Dolcè	2		22,6	10,9	13,5
Erbezzo	2		10,3	6,3	9,2
Fumane	2		13,1	14,1	20,0
Grezzana	2		40,8	42,2	58,4
Illasi	2		17,0	27,9	35,7
Marano di Valpolicella	2		8,7	12,6	16,7

Comuni afferenti alle unità idrogeologiche	Cod. Unità	Portata fonti da salvaguardare (MSA) escluso L. di Garda	Portata prelevata media nel 2002	Fabbisogni 2001 (MSA)	
		($Q_{RIS,m}$) [l/s]	($Q_{2002,m}$) [l/s]	Portata media ($Q_{MSA,m}$) [l/s]	Portata di punta ($Q_{MSA,p}$) [l/s]
Mezzane di Sotto	2		6,8	7,1	10,0
Negrar	2		66,3	80,4	116,2
Roverè Veronese	2		15,7	6,3	7,7
San Mauro di Saline	2		4,1	61,8	84,7
Sant'Ambrogio di Valpolicella	2		28,1	20,6	29,4
Sant'Anna d'Alfaedo	2		1,0	10,5	17,6
Selva di Progno	2		6,3	8,0	12,1
Tregnago	2		20,6	23,8	33,6
Velo Veronese	2		5,4	7,9	11,8
Totale		587	336	415	607

Comuni afferenti alle unità idrogeologiche	Cod. Unità	Portata fonti da salvaguardare (MSA)	Portata prelevata media nel 2002	Fabbisogni 2001 (MSA)	
		($Q_{RIS,m}$) [l/s]	($Q_{2002,m}$) [l/s]	Portata media ($Q_{MSA,m}$) [l/s]	Portata di punta ($Q_{MSA,p}$) [l/s]
UNITA'DEL BACINO DELL'ALPONE (LESSINI OR.)					
Colognola ai Colli	3		31,7	56,8	70,1
Montecchia di Crosara	3		12,6	22,4	30,3
Monteforte d'Alpone	3		21,3	35,0	44,6
Roncà	3		10,1	13,7	19,2
San Giovanni Ilarione	3		8,4	21,3	29,0
Vestenanova	3		3,5	12,3	18,8
Totale		60	88	161	212

UNITA' MORENICA DEL GARDA					
Affi	4		20,1	5,9	7,4
Bardolino	4		60,7	66,4	134,1
Castelnuovo del Garda	4		32,0	44,9	70,7
Cavaion Veronese	4		22,8	29,5	39,4
Garda	4		28,1	39,9	80,9
Lazise	4		42,6	57,4	113,4
Pastrengo	4		8,7	13,3	15,9
Peschiera del Garda	4		61,3	68,6	121,9
Rivoli Veronese	4		15,5	9,5	11,6
Totale		200	292	335	595

Comuni afferenti alle unità idrogeologiche	Cod. Unità	Portata fonti da salvaguardare (MSA)	Portata prelevata media nel 2002	Fabbisogni 2001 (MSA)	
		($Q_{RIS,m}$) [l/s]	($Q_{2002,m}$) [l/s]	Portata media ($Q_{MSA,m}$) [l/s]	Portata di punta ($Q_{MSA,p}$) [l/s]
UNITA' DELL'ALTA PIANURA OCCIDENTALE					
Bussolengo	5		71,6	79,1	96,5
Castel d'Azzano	5		22,9	85,8	104,7
Lavagno	5		18,9	29,2	39,6
Mozzecane	5		17,4	32,7	40,1
Pescantina	5		57,5	44,5	54,5
Povegliano Veronese	5		24,2	30,9	42,8
San Giovanni Lupatoto	5		94,7	79,4	107,9
San Martino Buon Albergo	5		49,5	19,0	23,8
San Pietro in Cariano	5		46,1	11,8	14,4
Sommacampagna	5		52,7	74,5	86,4
Sona	5		57,2	69,7	84,9
Valeggio sul Mincio	5		44,4	57,5	82,0
Verona	5		1433,7	1283,0	1547,8
Villafranca di Verona	5		116,9	137,7	186,5
Zevio	5		40,2	64,6	85,3
Totale		3830	2148	2100	2597

Comuni afferenti alle unità idrogeologiche	Cod. Unità	Portata fonti da salvaguardare (MSA)	Portata prelevata media nel 2002	Fabbisogni 2001 (MSA)	
		($Q_{RIS,m}$) [l/s]	($Q_{2002,m}$) [l/s]	Portata media ($Q_{MSA,m}$) [l/s]	Portata di punta ($Q_{MSA,p}$) [l/s]
UNITA' DELL'ALTA PIANURA ORIENTALE					
Arcole	6		9,3	21,2	29,8
Belfiore	6			14,4	19,5
Caldiero	6		13,8	18,7	26,3
San Bonifacio	6		39,5	87,9	114,0
Soave	6		33,5	47,0	57,7
Zimella	6		11,0	27,4	33,1
Totale		320	108	217	280
UNITA' DELLA BASSA PIANURA					
Albaredo d'Adige	7		8,6	30,5	38,0
Angiari	7		4,2	9,6	11,7
Bevilacqua	7		4,4	7,0	8,6
Bonavigo	7		3,8	12,0	15,0
Boschi Sant'Anna	7		2,8	5,1	6,4
Bovolone	7		40,3	66,4	81,4
Buttapietra	7		12,6	19,1	24,0
Casaleone	7		6,4	27,1	33,1
Cerea	7		11,1	68,3	82,9
Cologna Veneta	7		24,9	47,3	57,8

Comuni afferenti alle unità idrogeologiche	Cod. Unità	Portata fonti da salvaguardare (MSA)	Portata prelevata media nel 2002	Fabbisogni 2001 (MSA)	
		($Q_{RIS,m}$) [l/s]	($Q_{2002,m}$) [l/s]	Portata media ($Q_{MSA,m}$) [l/s]	Portata di punta ($Q_{MSA,p}$) [l/s]
Concamarise	7		0,3	7,0	8,2
Erbè	7		2,9	8,0	9,9
Gazzo Veronese	7			29,7	37,0
Isola della Scala	7		28,7	65,7	81,3
Isola Rizza	7		10,5	19,5	23,6
Legnago	7		40,0	125,7	155,2
Minerbe	7		11,5	26,2	32,1
Nogara	7			44,1	54,5
Nogarole Rocca	7		9,8	19,4	23,2
Oppeano	7		13,8	45,3	54,9
Palù	7			4,9	6,9
Pressana	7		5,8	13,2	16,4
Ronco all'Adige	7		12,7	29,2	36,2
Roverchiara	7		5,4	14,2	17,8
Roveredo di Guà	7		3,3	16,1	23,3
Salizole	7		2,8	25,1	30,7
Sanguinetto	7		8,6	3,7	5,6
San Pietro di Morubio	7		4,6	35,8	44,2
Sorgà	7		2,8	34,3	38,9
Terrazzo	7		0,7	9,4	11,7
Trevenzuolo	7		4,7	16,2	20,1
Veronella	7		10,2	20,0	24,3
Vigasio	7		20,1	29,3	36,5
Villa Bartolomea	7			21,0	26,0
Totale		1049	319	955	1177
TOTALE		6268,0	3413,6	4417,2	5878,8
INCIDENZE PERCENTUALI			$Q_{2002,m} / Q_{ris,m}$	$Q_{MSA,m} / Q_{ris,m}$	$Q_{MSA,p} / Q_{ris,m}$
			55%	71%	94%

Dalla Tabella 24 appare evidente che nelle unità dell'Alta e della Bassa Pianura i prelievi nel 2002 e i fabbisogni anche di punta sono sicuramente soddisfatti già dalle fonti da salvaguardare previste nelle stesse unità.

Per l'unità del bacino dell'Alpone e per l'unità dei colli morenici del Garda le portate prelevate nel 2002 sono già maggiori delle portate destinate dalle fonti delle stesse unità, è evidente quindi che in questi casi si è dovuto ricorrere a risorse idriche esterne alle unità.

Per l'unità del Baldo lo squilibrio si evidenzia, invece, dal confronto tra i fabbisogni medi e le portate destinate nelle unità, che in questo caso è stato fatto ricorso a risorse esterne.

Lo stesso fatto si verifica nelle unità dei Lessini occidentali e nella Bassa Pianura che come noto devono ricorrere alle risorse disponibili nel subalveo dell'Adige e nella falda dell'Alta Pianura.

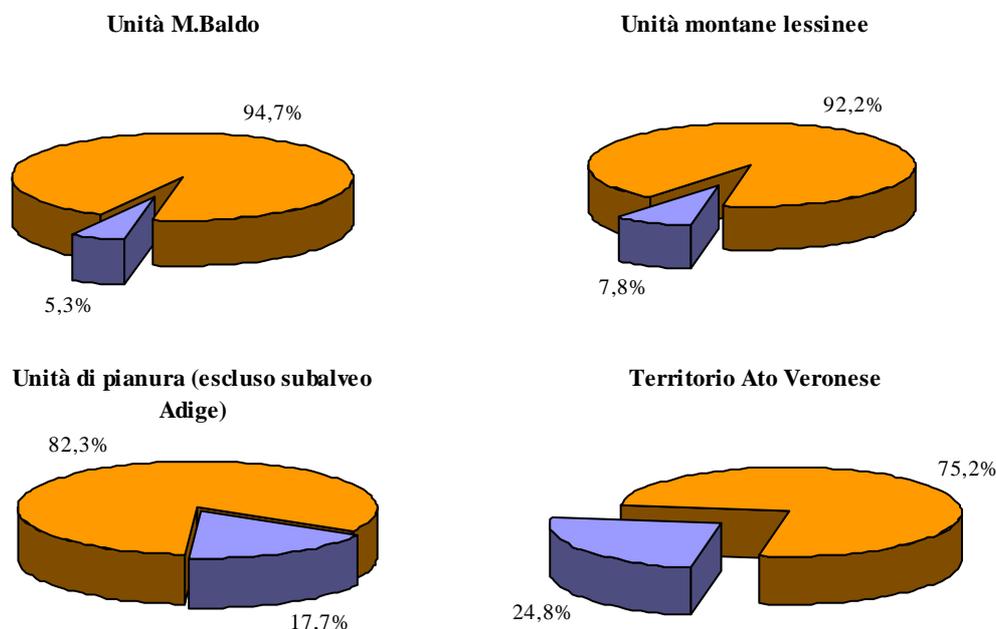
Gli squilibri evidenziati saranno commentati e chiariti nella successiva fase che ha previsto l'elaborazione del piano di sfruttamento.

La seguente tabella evidenzia d'altro canto la sostenibilità in termini quantitativi del prelievo attraverso il confronto con le risorse disponibili come stimate nei bilanci di cui ai paragrafi precedenti.

Tabella 25 - Confronto tra le portate riservate all'uso idropotabile dal M.S.A. e le risorse disponibili secondo i risultati del bilancio idrogeologico delle unità.

Fonti di approvvigionamento salvaguardate dal MSA	Portata riservata da MSA (Q _{ris}) [l/s]	Potenzialità delle risorse sotterranee (Q _{pot}) [l/s]	Q _{ris} /Q _{pot}
Unità del monte Baldo			
Sorgente Val dei Coali (Ferrara di Monte Baldo)	100		
Sorgente Orgada (Malcesine)	50		
Sorgente Bregola (Caprino Veronese)	50		
Sorgenti minori (Ferrara di Monte Baldo, Caprino Veronese)	22		
Totale unità	222	4190	5,30%
Unità montane dei Monti Lessini e del Bacino dell'Alpone			
Sorgenti di Montorio	400		
Sorgenti minori o pozzi in roccia di val Squaranto, valle del Progno, valle della Marchiora	55		
Sorgente di Val Fraselle, Acqua Fresca e Revolto (Valle Illasi)	75		
Sorgente di Cazzano di Tramigna e Valle d'Alpone	57		
Falda di Montecchia di Crosara e Roncà	60		
Totale unità	647	8250	7,84%
Unità dell'alta e della bassa pianura			
Falda di San Giovanni Lupatoto e S.Martino Buon Albergo	300		
Falda di Pescantina, Bussolengo, Sona, Sommacampagna e Villafranca	600		
Falda di Caldiero e di San Bonifacio	320		
Pozzi di subalveo del fiume Adige a Legnago e Villa Bartolomea	100		
Falda di Castel d'Azzano, Mozzecane, Vigasio, Povegliano, Buttapietra	300		
Falde locali (Tartaro, Tione)	181		
Falda di Bovolone	200		
Falda di Zevio	268		
Totale unità (sono esclusi i prelievi dal subalveo dell'Adige)	2269	12790	17,74%
Subalveo dell'Adige			
Falda di Valeggio sul Mincio e Castelnuovo del Garda	200		
Pozzi di subalveo fiume Adige Fornace di Rivoli	1000		
Falda di subalveo del fiume Adige (pozzi di Dolcè)	80		
Falda di Verona	1850		
Totale	3130		
TOTALE	6268	25230	24,84%

Figura 21 – Diagrammi illustrativi del confronto tra le portate riservate all'uso idropotabile dal MSA (in colore blu) e la potenzialità delle risorse sotterranee secondo i risultati del bilancio idrologico, per gruppi di unità idrogeologiche.



Dalla Tabella 25, dalla Tabella 26 e dalla precedente Figura 21 appare per ciascuna unità idrogeologica quanto segue:

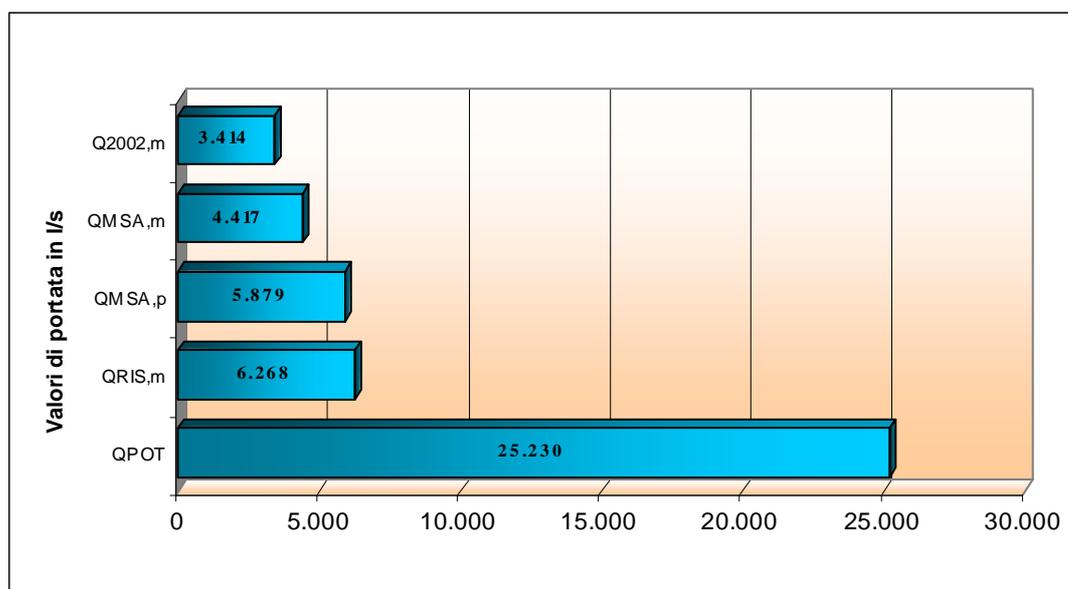
- M. Baldo: il totale della portata riservata dal M.S.A. risulta di 222 l/s a fronte di una potenzialità di risorse idriche sotterranee stimate pari a 4190 l/s, e quindi un'incidenza percentuale del 5,3 %;
- M. Lessini: il totale della portata riservata dal M.S.A. risulta di 647 l/s a fronte di una potenzialità di risorse idriche sotterranee stimate pari a 8250 l/s, e quindi un'incidenza percentuale del 7,8 %;
- Pianura: il totale della portata riservata dal M.S.A. escludendo i prelievi diretti dal subalveo dell'Adige risulta di circa 2270 l/s a fronte di una potenzialità del sistema di falde delle unità di pianura di 12790 l/s per un'incidenza percentuale del 17,7 %;
- in totale le risorse destinate all'uso idropotabile (comprendendo anche i prelievi previsti dal subalveo dell'Adige) rappresentano il 24,8 % delle risorse sotterranee proprie disponibili nell'ATO come stimate nel presente studio.

Le esigenze di approvvigionamento per uso idropotabile sia in termini di prelievo effettivo, all'anno 2002 appaiono ampiamente sostenibili. In termini di fabbisogno e quindi di prelievo futuro si dovrà tenere adeguatamente in considerazione l'andamento quali-quantitativo della risorsa idrica sotterranea, data la sua rilevanza strategica dal punto di vista delle fonti di approvvigionamento. Ulteriori e più approfondite indagini in campo potranno confermare, e forse migliorare, questa analisi preliminare. Sarà in particolare da approfondire il processo di dispersione ed eventuale drenaggio esercitato dal F. Adige sulla falda dell'Alta Pianura veronese.

Tabella 26 – Confronto tra la potenzialità delle risorse idriche sotterranee stimate mediante il bilancio idrologico, le portate da fonti salvaguardate e i fabbisogni stimati dal MSA per il territorio dell'ATO Veronese.

ATO Veronese			
Portata prelevata media nel 2002	$Q_{2002,m}$	3.414	l/s
Fabbisogni (MSA) - Portata media	$Q_{MSA,m}$	4.417	l/s
Fabbisogni (MSA) - Portata di punta	$Q_{MSA,p}$	5.879	l/s
Portata fonti da salvaguardare (MSA) escluso il L. di Garda	$Q_{RIS,m}$	6.268	l/s
Potenzialità risorse sotterranee stimate nell' ATO Veronese	Q_{POT}	25.230	l/s

Figura 22 - Confronto tra la potenzialità delle risorse idriche sotterranee stimate mediante il bilancio idrologico, le portate da fonti salvaguardate e i fabbisogni stimati dal MSA per il territorio dell'ATO Veronese.



8.4 Indirizzi per la ricarica e la protezione delle risorse idriche sotterranee dell'ATO Veronese

8.4.1 Sviluppo delle acque sotterranee

Per lo sviluppo delle risorse idriche dell'ATO Veronese si suggeriscono i seguenti indirizzi:

A) Ricarica artificiale delle unità porose dell'Alta Pianura.

Nei mezzi porosi alluvionali è possibile ottenere un incremento della risorsa mediante ricarica artificiale dell'acquifero. Il sistema si basa sul criterio di immettere acqua negli acquiferi per compensare il deficit piezometrico creato dai prelievi. La tipologia più efficace d'intervento prevede la reiniezione di acqua su-

perficiale direttamente nella falda a monte del sistema di emungimento o, meglio, nel campo stesso, tramite nuovi pozzi ubicati strategicamente.

Il principio del ravvenamento resta l'infiltrazione forzata in falda di acqua superficiale, prelevata dai corsi d'acqua in punti strategici ed in periodi di morbida, per non incidere sul deflusso minimo vitale, ed invasata in piccoli bacini ottenibili in fregio al corso stesso.

Per attuare tale impianto occorre disporre di:

- opera di presa sul corso d'acqua in stagione di morbida;
- vasca di decantazione e di accumulo dell'acqua per il rilascio in magra;
- impianto di controllo e di trattamento della qualità del fluido da reiniettare;
- sistema di adduzione dell'acqua prelevata verso i campi pozzi;
- realizzazione di un certo numero di pozzi predisposti per la reiniezione a caduta dell'acqua direttamente in falda.

Il beneficio idrogeologico più atteso dall'intervento di ricarica è l'innalzamento del livello di falda in ogni campo pozzi interessato, con miglioramento del bilancio della risorsa. La ricarica artificiale ha effetto quasi immediato sul bilancio, grazie alla maggiore velocità della ricarica stessa in quanto il fluido viene direttamente immesso nel campo pozzi. I benefici della ricarica artificiale possono essere previsti nelle diverse condizioni grazie ad un modello idrogeologico dell'acquifero che consente di dimensionare l'opera nel suo insieme.

Nel caso dell'ATO Veronese si ritiene che la ricarica artificiale possa essere effettuata al vertice della conoide dell'Adige che, per caratteristiche idrogeologiche e ubicazione, si può considerare strategica.

B) Incremento della portata di sorgenti mediante pozzi ubicati nel tratto terminale del loro bacino idrogeologico.

L'ATO Veronese è caratterizzato dalla presenza di unità idrogeologiche carbonatiche ospitanti falde di base con sfiori di potenzialità anche notevoli.

In acquiferi fratturati una tecnica sperimentata per incrementare la portata delle sorgenti è di ubicare, dopo attento studio idrogeologico del bacino che le alimenta, uno o più pozzi non lontano dalle captazioni esistenti. Il principio è che la sorgente rappresenta lo sfioro superficiale e naturale di un sistema di fratture che portano a giorno l'acqua che circola nel sottosuolo: il pozzo, penetrando in profondità, capta nel serbatoio naturale e può produrre una portata superiore di quella sfiorata naturalmente perchè intacca la riserva geologica (ve). La decisione di produrre dal pozzo per il breve periodo di punta o per un intervallo più lungo dipende dalle condizioni idrogeologiche del bacino considerato.

Le esperienze in questo campo sono molteplici ed hanno dimostrato di poter incrementare la portata naturale della sorgente da un minimo del 30% in su, fino ad oltre il raddoppio.

Nel caso dell'ATO Veronese questa tipologia di intervento è in linea teorica applicabile alle sorgenti di sfioro della Lessinia e del Baldo, quali Montorio, Mezzane, Cazzano di Tramigna, Aril, ed altre.

8.4.2 Protezione delle acque sotterranee

Le acque sotterranee del Veronese sono molto utilizzate e possono offrire inoltre ulteriori disponibilità, se le risorse vengono adeguatamente e razionalmente gestite. Attualmente soddisfano il fabbisogno idropotabile principalmente dei territori dove le risorse stesse si trovano. Esse potranno soddisfare il fabbisogno anche delle estese aree poste a valle (Bassa Pianura), con risorse sotterranee di qualità naturale scadente.

Occorre rilevare, nella valutazione dell'utilizzazione delle acque di falda, uno spreco non indifferente, localizzato nella media pianura veneta, dove il sistema idrogeologico artesiano consente l'erogazione spontanea dei pozzi o il loro facile uso con piccole pompe aspiranti. Su questa fascia del territorio migliaia di pozzi privati attuano prelievi sconsiderati, senza regole.

Nonostante l'intenso sfruttamento in atto e i segni di sofferenza dei sistemi idrogeologici, i serbatoi sotterranei possono fornire ancora significative portate, a condizione che si attui una attenta gestione della risorsa eliminando gli sprechi, contrastando le azioni antropiche che limitano i processi di alimentazione degli acquiferi (urbanizzazione) e attuando efficaci sistemi di ricarica artificiale.

Ampie disponibilità sono offerte anche dai sistemi carsici, come evidenziato al paragrafo precedente. Le sorgenti carsiche sono caratterizzate da grandi variazioni di portata, con magre estive che possono essere determinanti per le quantità necessarie, da torbidità durante le fasi di piena, da inquinamenti microbiologici pressoché costanti, da elevatissima vulnerabilità nell'area di ricarica.

Per un maggior dettaglio relativamente alle misure di salvaguardia da attuare per la protezione delle risorse sotterranee si rimanda al capitolo 5.

9. USO IRRIGUO

9.1 Uso irriguo nell'Alta Pianura Veronese

Per quanto riguarda gli usi irrigui nella pianura veronese sono disponibili i dati dei maggiori consorzi operanti nella zona, in particolare il Consorzio di bonifica Agro Veronese Tartaro-Tione e il Consorzio di Bonifica Zerpano-Adige-Guà.

Le opere del Consorzio di bonifica Agro Veronese Tartaro-Tione furono eseguite nel secolo scorso, il servizio irriguo ebbe inizio nel 1882. Le successive opere di canalizzazione permisero nel periodo a cavallo della II guerra mondiale, di irrigare la quasi totalità del territorio dell'Agro veronese.

La derivazione avviene a mezzo di due prese dall'Adige, una alla stretta di Ceraino e l'altra presso Verona. La portata concessionata totale assentita è pari a 34 m³/s.

Il Consorzio di Bonifica Zerpano-Adige-Guà utilizza invece una serie di fonti consistenti: in acque superficiali dei torrenti che discendono dalle pendici dei Lessini che assommano a circa 16 m³/s e in acque di falda emunte tramite pozzi per un totale di circa 1,5 m³/s.

9.2 Confronto tra usi irrigui in atto nell'Alta Pianura e le portate medie riservate dal M.S.A.

Volendo confrontare gli usi irrigui assentiti con quelli previsti per l'utilizzo idropotabile nel modello strutturale degli acquedotti per il territorio dell'A.T.O. Veronese, appare evidente l'esiguità di questi ultimi rispetto ai molto più cospicui usi di carattere irriguo (si veda a tal proposito la Figura 23).

Figura 23 – Confronto tra la portata destinata dal M.S.A. per l'uso idropotabile e quella utilizzata per uso irriguo

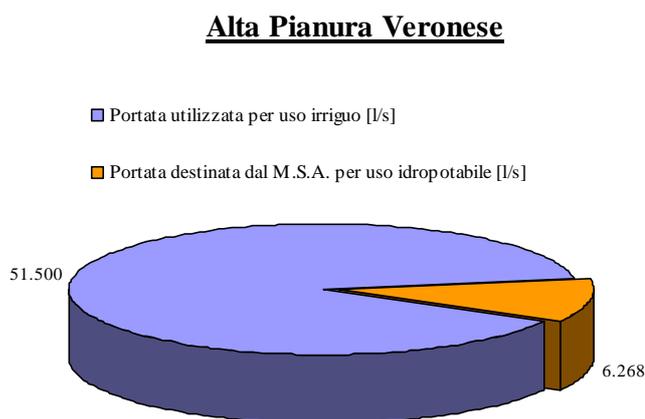
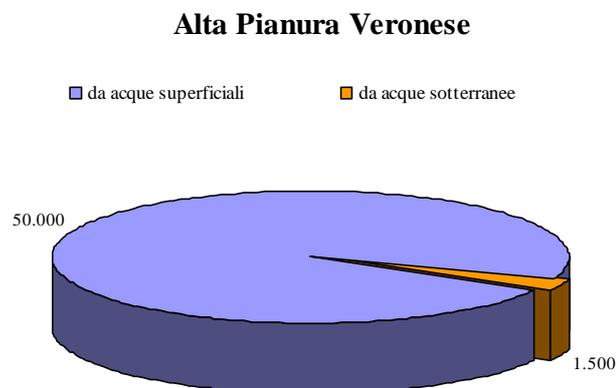
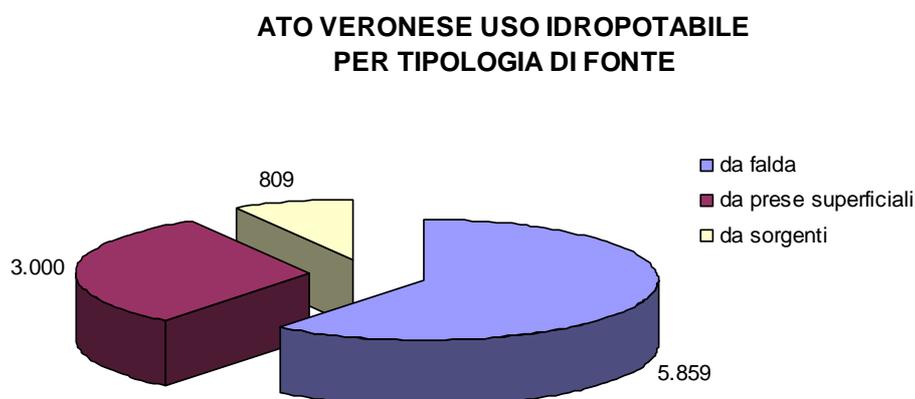


Figura 24 – Dettaglio dell'uso irriguo per tipologia di fonte utilizzata (portata in l/s)



In particolare come si evince dalla Figura 24 e dalla Figura 25, il prelievo per uso irriguo si espleta prevalentemente da acque superficiali, mentre il prelievo idropotabile utilizza prevalentemente acque sotterranee e subordinatamente altre fonti quali il L. di Garda e le sorgenti montane.

Figura 25 – Dettaglio dell'uso idropotabile per tipologia di fonte utilizzata (portata in l/s)



10. PROGRAMMA GENERALE DI SFRUTTAMENTO

Il programma generale di sfruttamento delle risorse idriche da destinare all'uso idropotabile per l'A.T.O. veronese è stato elaborato con riferimento alle macroaree definite dalla variante del PRGA del Veneto.

Il territorio dell'A.T.O. può infatti essere suddiviso, dal punto di vista dei bilanci fabbisogni – disponibilità e del quadro degli approvvigionamenti già in atto, nelle seguenti n. 6 macroaree (o unità di servizio):

1. Garda – Baldo;
2. Veronese centrale (Lessinia; alta pianura veronese e valle dell'Adige);
3. Illasi – Alpone;
4. pianura veronese del Tartaro - Tione;
5. pianura del medio veronese;
6. pianura veronese orientale.

I comuni ricadenti nelle 6 macroaree sono:

- Garda VR1
 - Affi
 - Bardolino
 - Brentino Belluno
 - Brenzone
 - Caprino Veronese
 - Castelnuovo del Garda
 - Cavaion Veronese
 - Costermano
 - Ferrara di Monte Baldo
 - Garda
 - Lazise
 - Malcesine
 - Pastrengo
 - Peschiera del Garda
 - Rivoli Veronese
 - San Zeno di Montagna
 - Torri del Benaco
 - Valeggio sul Mincio
- Veronese centrale VR2
 - Bosco Chiesanuova
 - Bussolengo
 - Cerro Veronese
 - Dolcè
 - Erbezzo
 - Fumane
- Illasi VR3
 - Grezzana
 - Lavagno
 - Marano di Valpolicella
 - Mezzane di Sotto
 - Negrar
 - Pescantina
 - Roverè Veronese
 - San Giovanni Lupatoto
 - San Martino Buon Albergo
 - San Mauro di Saline
 - San Pietro in Cariano
 - Sant'Ambrogio di Valpolicella
 - Sant'Anna d'Alfaedo
 - Sommacampagna
 - Sona
 - Velo Veronese
 - Verona
 - Villafranca di Verona

- Roncà
- San Bonifacio
- San Giovanni Ilarione
- Selva di Progno
- Soave
- Tregnago
- Vestenanova
- Tartaro-Tione VR4
 - Buttapietra
 - Castel d'Azzano
 - Erbe'
 - Gazzo Veronese
 - Isola della Scala
 - Mozzecane
 - Nogara
 - Nogarole Rocca
 - Povegliano Veronese
 - Sorgà
 - Trevenzuolo
 - Vigasio
- Medio veronese VR5
 - Angiari
 - Bovolone
 - Casaleone
 - Cerea
- Concamarise
- Isola rizza
- Oppeano
- Palu'
- Ronco all'Adige
- Roverchiara
- Salizzole
- Sanguinetto
- San Pietro di Morubio
- Zevio
- Veronese Orientale VR6
 - Albaredo d'Adige
 - Arcole
 - Bevilacqua
 - Bonavigo
 - Boschi Sant'Anna
 - Cologna Veneta
 - Legnago
 - Minerbe
 - Pressana
 - Roveredo di Guaà
 - Terrazzo
 - Veronella
 - Villa Bartolomea
 - Zimella

Nelle tabelle riportate in allegato 5 sono riportati per macroarea i confronti tra portate salvaguardate, portate attuali derivate, fabbisogni MSA e fabbisogni al 2030 stimati nel presente Piano, specificando le fonti ricadenti nelle macroaree.

Il riepilogo dei risultati per macroarea è riportato nella Tabella 27.

È evidente come la portata destinata dal Modello Strutturale degli Acquedotti sia sempre sufficiente a soddisfare i fabbisogni anche se in alcuni casi (VR3 Illasi, VR4 Tartaro-Tione, VR5 Medio Veronese) risulta di poco insufficiente a soddisfare i fabbisogni di punta stagionali.

Lo schema generale di sfruttamento prevede quindi di attingere, per ciascuna macroarea, da fonti interne ed esterne all'area stessa in numero e tipologia idonei ad assicurare l'alimentazione dei periodi di massima richiesta.

Opportune interconnessioni tra le macroaree sono perciò previste al fine sia di ridurre al minimo gli episodi di fuori servizio causati da eventuali fallanze di una fonte locale e sia di poter sostituire, nei periodi di elevata disponibilità, fonti sotterranee o superficiali onerose dal punto di vista del trattamento e/o sollevamento, con fonti sorgive che comportano minori costi energetici per la loro maggior quota.

Il programma generale di sfruttamento è stato sintetizzato nella Schema riportato in allegato 6.

Tabella 27- Confronto per macroarea delle portate salvaguardate, delle portate attuali derivate, dei fabbisogni al 2001 e dei fabbisogni al 2030

Area omogenea	Portata da fonti salvaguardate (MSA) ($Q_{RIS,m}$) [l/s]	Portata prelevata media nel 2002 ($Q_{2002,m}$) [l/s]	Fabbisogni (MSA)		Fabbisogni 2030	
			Portata media ($Q_{MSA,m}$) [l/s]	Portata di punta $Q_{MSA,p}$) [l/s]	Q fut.erogata [l/s]	Qfut.imm [l/s]
Garda VR/1	4.422	461	627	1.087	363	435
Veronese centrale VR/2	3.285	2.279	2.158	2.735	1.829	2.194
Illasi Alpone VR/3	512	231	415	543	215	258
Tartaro Tione VR/4	481	146	415	513	169	202
Medio Veronese VR/5	468	161	421	522	187	224
Veronese Orientale VR/6	500	136	382	478	174	209
Totale ATO Veronese	9.668	3.414	3.411	4.910	2.554	3.064

11. APPROFONDIMENTI CONOSCITIVI E STUDI DI DETTAGLIO

Cartografia idrogeologica ed aree di salvaguardia

La vulnerabilità molto elevata e la presenza di sorgenti sia intramontane in corrispondenza di falde sospese, sia ai margini dei massicci carbonatici, utilizzate anche per usi privilegiati, determinano la necessità di riduzione del rischio di inquinamento attraverso idonee misure di protezione del territorio ricadente nei bacini idrogeologici delle sorgenti. Risulta quindi più che mai urgente l'esecuzione di studi idrogeologici di dettaglio su queste fonti preziose al fine di definire idonee zone di protezione come stabilito anche dal D.Lgs. 152/99, dal D.Lgs 152/2006 e zone di tutela degli acquiferi pregiati, come da D.G.R. n°234 del 10 Febbraio 2009. L'attività di dettaglio sopradescritta dovrà essere svolta successivamente e congruentemente con le linee guida in fase di elaborazione da parte della Regione Veneto.

Unità dell'Alta pianura indifferenziata

Specifici approfondimenti conoscitivi si dovranno condurre sia in termini idrologici (misure di portata differenziali del F: Adige interessanti il tratto che va dalla zona a Nord di Bussolengo a Zevio) sia in termini più propriamente idrogeologici (rialimentazione delle falde).

Unità del M. Baldo:

Uno studio idrogeologico di dettaglio sull'intera unità potrebbe consentire di caratterizzare il regime idrologico del complesso delle sorgenti presenti sia in riferimento a quelle basali sia a quelle in corrispondenza di falde sospese. Ciò al fine di valutare le potenzialità di attingimento delle acque da addurre a gravità nei mesi di elevata disponibilità della risorsa.

Unità dei Lessini

Una dettagliata indagine idrogeologica sarebbe necessaria per l'individuazione delle uscite, mediante un censimento e monitoraggio delle portate delle principali sorgenti. Ciò al fine di valutare le disponibilità complessive di acque sorgive disponibili in quota, da utilizzare nei periodi di elevata disponibilità. Lo studio dovrà tenere conto dei fabbisogni in atto e futuri per altri usi, delle portate già assentite e delle portate da garantire per il rispetto dei deflussi minimi vitali.

ALLEGATI

1. Schema idrogeologico dell'ATO Veronese
2. Carta delle stazioni di campionamento per la realizzazione della Carta Ittica della Prov. di Verona
3. Schede della qualità dei corpi idrici (dalla Carta Ittica provinciale)
4. Carta delle fonti dedicate dal Modello Strutturale degli Acquedotti nell'ATO Veronese (1:250.000)
5. Tabelle di confronto tra: portate salvaguardate, portate attuali derivate e fabbisogni per macroarea
6. Programma generale di sfruttamento ai fini idropotabili per l'A.T.O. Veronese