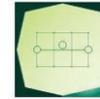


CONCEDENTE



CONCESSIONARIA



SOCIETÀ DI PROGETTO
BREBEMI SPA

CUP E3 1 B05000390007

COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE
DI CONNESSIONE TRA LE CITTA' DI
BRESCIA E MILANO

PROCEDURA AUTORIZZATIVA D. LGS 163/2006
DELIBERA C.I.P.E. DI APPROVAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO N° 42/2009

INTERCONNESSIONE A35-A4
PROGETTO DEFINITIVO

INTERCONNESSIONE A35-A4

PARTE GENERALE

00009 - GEOLOGIA IDROGEOLOGIA GEOMORFOLOGIA

RELAZIONE IDROGEOLOGICA

PROGETTAZIONE:



CONSORZIO B.B.M.

VERIFICA:

PER IL CONSORZIO
IL PROGETTISTA RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE
IMPRESA PIZZAROTTI E C. S.P.A.
DOTT. ING. PIETRO MAZZOLI
ORDINE DEGLI INGEGNERI DI PARMA N. 821

PER IL CONSORZIO
IL DIRETTORE TECNICO
IMPRESA PIZZAROTTI E C. S.P.A.
DOTT. ING. SABINO DEL BALZO
ORDINE DEGLI INGEGNERI DI POTENZA N. 631

APPROVATO SDP

| I.D. | IDENTIFICAZIONE ELABORATO | | | | | | | | | | | PROGR. | | DATA: |
|-------|---------------------------|------|------|------|-------|-------|-------------|--------|-------|--------|------------|--------|------|------------|
| | EMIT. | TIPO | FASE | M.A. | LOTTO | OPERA | PROG. OPERA | TRATTO | PARTI | PROGR. | PART. DOC. | STATO | REV. | MARZO 2015 |
| 60390 | 04 | RO | D | I | 11 | 00 | 009 | 00 | 00 | 002 | 00 | A | 00 | SCALA: |

| ELABORAZIONE PROGETTUALE | REVISIONE | | | | | | | | | |
|--|-----------|------|-------------|------------|------------|------------|-------------|------------|-----------|--|
| | N. | REV. | DESCRIZIONE | DATA | REDATTO | DATA | CONTROLLATO | DATA | APPROVATO | |
| IL PROGETTISTA IMPRESA PIZZAROTTI E C. S. P.A. DOTT. ING. PIETRO MAZZOLI ORDINE DEGLI INGEGNERI DI PARMA N. 821 | A | 00 | EMISSIONE | 04/03/2015 | PIACENTINI | 04/03/2015 | MAZZOLI | 04/03/2015 | MAZZOLI | |
| | | | | | | | | | | |

| | | |
|--|--------------------------|--|
| | IL CONCEDENTE | IL CONCESSIONARIO Società di Progetto Brebemi SpA |
|--|--------------------------|--|

INDICE

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1 | PREMESSA | 3 |
| 1.1 | QUADRO DI RIFERIMENTO GENERALE | 3 |
| 2 | METODOLOGIA DI STUDIO..... | 4 |
| 3 | CARATTERISTICHE METEO-CLIMATICHE | 5 |
| 3.1 | PLUVIOMETRIA | 5 |
| 3.2 | TERMOMETRIA | 8 |
| 4 | CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE | 11 |
| 4.1 | INQUADRAMENTO REGIONALE | 11 |
| 4.2 | INQUADRAMENTO DELL'AREA DI PROGETTO | 12 |
| 4.3 | BILANCIO IDROGEOLOGICO | 13 |
| 5 | CARTOGRAFIA IDROGEOLOGICA | 21 |
| 5.1 | UBICAZIONE E CARATTERIZZAZIONE DEI POZZI E DEI FONTANILI | 22 |
| 6 | ANALISI DEI LIVELLI DELLA SUPERFICIE PIEZOMETRICA | 24 |
| 7 | PROFILI IDROGEOLOGICI | 26 |
| 7.1 | I LIVELLI PIEZOMETRICI LUNGO IL PROFILO AUTOSTRADALE | 27 |
| 7.2 | INDICAZIONI SULLE QUOTE DI PROGETTO E DI CANTIERE | 28 |
| 8 | INTERFERENZA CON LE OPERE PROFONDE..... | 29 |
| 9 | CARATTERISTICHE QUALITÀ FISICO-CHIMICA DELLE ACQUE DI FALDA | 30 |
| 9.1 | RIFERIMENTI NORMATIVI | 30 |
| 9.2 | TRATTA IN PROVINCIA DI BRESCIA | 31 |
| 10 | CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE | 33 |
| 11 | BIBLIOGRAFIA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO..... | 35 |
| 11.1 | DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO | 35 |
| 11.2 | RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI | 35 |

| | | | | |
|--|--------------------------------|-------------------------|------------|-------------------|
|  | Doc. N. 60390-00009-A00.doc | 04RODII100009000000200A | REV. 00 | FOGLIO 3 di 37 |
|--|--------------------------------|-------------------------|------------|-------------------|

1 PREMESSA

1.1 Quadro di riferimento generale

La presente relazione fornisce l'inquadramento idrogeologico dell'area interessata dalla variante al Progetto Definitivo del Raccordo alla Tangenziale Sud di Brescia, opera connessa all'asse principale del nuovo collegamento autostradale di connessione tra le città di Brescia e Milano.

Con riferimento all'analogo elaborato redatto a supporto del Progetto Definitivo degli interventi, la relazione:

- stralcia le parti non strettamente pertinenti al Raccordo alla Tangenziale Sud di Brescia;
- stralcia le parti riguardanti il censimento dei pozzi, dei fontanili e delle relative interferenze con l'opera in progetto, in quanto oggetto di uno specifico elaborato;
- integra le valutazioni idrogeologiche di Progetto Definitivo sulla base delle nuove letture piezometriche effettuate a supporto della variante al Progetto Definitivo;
- accoglie le prescrizioni e raccomandazioni emerse a seguito del procedimento di validazione del Progetto Definitivo.

In particolare, dopo una prima parte descrittiva delle caratteristiche idrogeologiche generali del territorio in oggetto, viene presentata un'analisi di dettaglio degli andamenti dei livelli piezometrici e delle possibili interferenze tra la struttura in progetto e la prima falda.

Vengono successivamente descritte le caratteristiche chimico-fisiche delle acque di falda.

Fanno inoltre parte integrante della relazione i profili e le cartografie idrogeologiche elencate al Rif. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, nei quali sono rappresentati sia gli involuipi dei livelli di falda registrati sia i livelli da assumere per il progetto delle opere e per la fase di cantiere.

Società di Progetto
Brebemi SpA



| | | | | |
|--|--------------------------------|-------------------------|------------|-------------------|
|  | Doc. N. 60390-00009-A00.doc | 04RODII100009000000200A | REV. 00 | FOGLIO 4 di 37 |
|--|--------------------------------|-------------------------|------------|-------------------|

2 METODOLOGIA DI STUDIO

Lo studio idrogeologico illustrato nel presente documento si propone quale analisi di livello regionale finalizzata allo sviluppo di un progetto stradale con rilevante sviluppo lineare.

Lo studio è stato pertanto impostato secondo una procedura “consueta” che si utilizza in analoghe circostanze, procedura che si basa sulle seguenti fasi, elencate in ordine di progressione logica:

- fase conoscitiva, finalizzata all’esame del territorio, con riguardo a tutti gli aspetti d’interesse idrogeologico;
- fase ricognitiva, finalizzata alla ricostruzione dello stato di fatto (e.g.: piezometrie, punti di prelievo, cave, fontanili, ecc.);
- fase predittiva, nella quale si operano le previsioni sui rapporti tra le acque sotterranee e l’opera in progetto, tenendo conto della sua vita nominale e della sua tipologia, in funzione della quantità e della qualità dei dati reperiti.

Più in particolare, la “fase conoscitiva” ha comportato una ricerca sulle caratteristiche meteo-climatiche (pluviometriche e termometriche), sull’assetto idrogeologico generale, sull’andamento storico delle variazioni della posizione della superficie piezometrica nell’area di interesse.

Un significativo contributo in questa fase è anche derivato dal “Programma di Tutela ed Uso delle Acque” (Rif. 0), recentemente pubblicato dalla Regione Lombardia e che forma un importante punto di riferimento sulle conoscenze delle condizioni delle riserve idriche sotterranee lombarde, avendo elaborato un bilancio idrologico sia a scala regionale sia per i singoli settori che ne costituiscono le aree di interesse.

La fase conoscitiva ha poi portato a considerare le misure piezometriche svolte nel tempo sia per il progetto in esame sia per quello della linea AV/AC TO-VE redatto da Italferr. Rilievi in sito hanno consentito inoltre di ubicare e descrivere tutte le emergenze d’acqua presenti nel territorio, innanzi tutto i fontanili. Ricerche presso diversi Enti e presso privati hanno infine consentito di acquisire tutte le informazioni disponibili con specifico riguardo ai pozzi (con diversa destinazione d’uso) presenti sul territorio.

L’indagine conoscitiva così condotta ha permesso la ricostruzione dello “stato di fatto”, illustrato in apposita cartografia idrogeologica ed in sezioni lungo l’asse progettuale (elaborati di cui al Rif. **Errore. L’origine riferimento non è stata trovata.**) che consentono di riscontrare la posizione della superficie piezometrica con gli elementi dell’opera in progetto e definire aree omogenee per differenti caratteristiche ed evoluzione idrogeologica recente.

In ultimo, la “fase predittiva” ha comportato l’assunzione delle ipotesi di scenario sui rapporti tra le acque sotterranee e l’intervento in progetto, con specifico riguardo alla vita nominale ed alla categoria d’opera, oltre che alla quantità ed alla qualità dei dati disponibili sopra richiamati.

Società di Progetto
Brebemi SpA



3 CARATTERISTICHE METEO-CLIMATICHE

La porzione di pianura padana interessata dal progetto presenta caratteristiche sostanzialmente omogenee dal punto di vista meteo-climatico.

Il clima, di tipo continentale, è contraddistinto da inverni rigidi ed estati calde, con elevata umidità e nebbie frequenti.

Le piogge presentano due massimi, uno principale in autunno (ottobre e novembre) ed uno secondario in primavera. Il mese mediamente più freddo è gennaio, mentre quello più caldo è luglio. Può essere opportuno ricordare che il clima viene definito un sistema “non lineare”, che può reagire rapidamente a cause forzanti (naturali od antropiche) anche assai deboli.

Mentre l’attuale fase di riscaldamento climatico globale può essere considerata certa, dimostrata dall’aumento della temperatura media dell’aria e degli oceani, dalla riduzione della copertura nevosa, dalla riduzione dei ghiacci marini (nell’emisfero settentrionale), dalla generale ed accentuata riduzione dei ghiacciai montani, dalla risalita del livello medio degli oceani, non si conoscono, per contro, previsioni attendibili sul possibile andamento futuro delle precipitazioni (Rif. 0). Si può solo osservare che le precipitazioni medie annue, in Italia, dal 1800 sono diminuite del 5% al secolo. Il decremento maggiore si è avuto nei mesi primaverili (-9%).

3.1 Pluviometria

In tabella 3.1 vengono riportati i dati pluviometrici di alcune stazioni meteorologiche presenti in vicinanza del tracciato di progetto.

I dati sono stati tratti dallo studio “Carta delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino della Regione Lombardia” (Rif. 0). Per la redazione di tale studio sono stati considerati i dati pubblicati negli annali idrologici del Servizio Idrografico del Po dal 1913 al 1983 e le pubblicazioni, sempre del Servizio Idrografico, “Precipitazioni medie mensili ed annue e numero dei giorni piovosi per il trentennio 1921-1950 - Bacino del Po” ed “Osservazioni Pluviometriche raccolte a tutto l’anno 1915”.

Le precipitazioni dell’area di pianura bresciana di interesse oscillano tra valori minimi di 400 mm/anno a valori massimi di circa 1670 mm/anno.

| BACINO | COMUNE | QUOTA (m s.l.m.) | INIZIO | FINE | ANNI | MEDIA (mm) | MIN (mm) | MAX (mm) |
|--------------|----------------|---------------------|--------|------|------|---------------|-------------|-------------|
| Adda-Oglio | Cernusco S./N. | 134 | 1892 | 1978 | 83 | 1089,6 | 532,0 | 1696,9 |
| Adda-Oglio | Treviglio | 122 | 1883 | 1981 | 36 | 919,5 | 552,6 | 1306,7 |
| Adda-Oglio | Calcio | 122 | 1980 | 1983 | 4 | 857,3 | 603,8 | 1128,6 |
| Oglio-Mincio | Chiari | 148 | 1930 | 1983 | 52 | 971,6 | 536,0 | 1598,1 |
| Oglio-Mincio | Orzinuovi | 88 | 1951 | 1973 | 23 | 862,9 | 400,0 | 1300,6 |
| Oglio-Mincio | Brescia | 120 | 1870 | 1983 | 111 | 980,7 | 497,6 | 1666,1 |

Tabella 3.1 – Precipitazioni medie, minime e massime annue di alcune stazioni prossime al tracciato in progetto per i periodi considerati.

Nel grafico di figura 3.1 sono riportate le precipitazioni annue per il territorio bresciano di interesse dal 1951 al 2007.

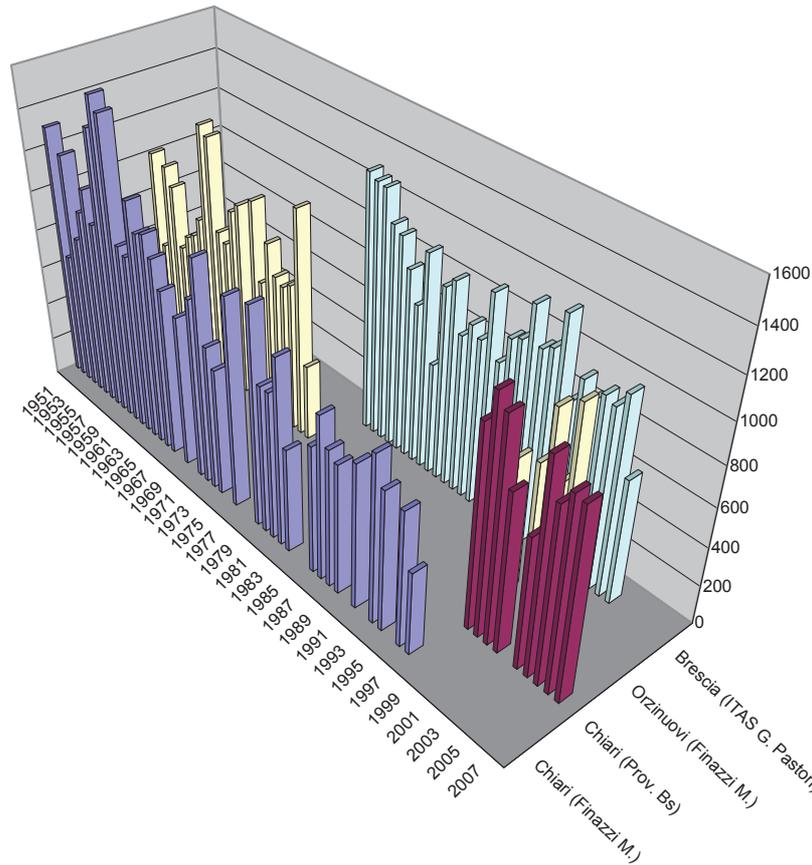


Figura 3.1 – Precipitazioni annue per il territorio bresciano di interesse dal 1951 al 2007.

In figura 3.2 è mostrato l'andamento della precipitazione mensile nella stazione pluviometrica di Chiari nel periodo compreso tra il gennaio 2000 e il dicembre 2007.

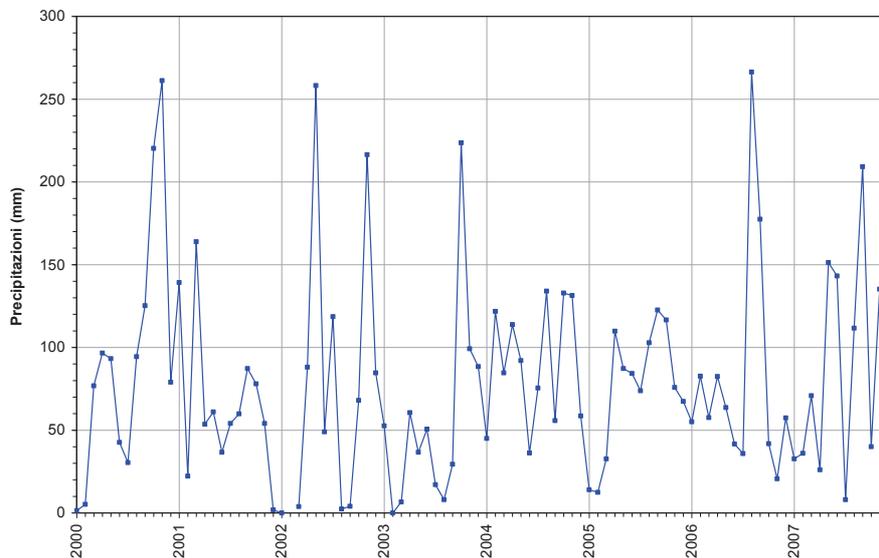


Figura 3.2 – Precipitazione mensile per il periodo 2000÷2007 nella stazione di Chiari (Fonte: Provincia di Brescia).

Per il territorio bergamasco si può fare riferimento alla stazione monitorata dal Consorzio della Media Pianura Bergamasca e dell'Isola, ubicata in comune di Caravaggio. Dal grafico di figura 3.3 è possibile osservare che la precipitazione totale annua negli ultimi anni è sempre stata inferiore a 1200 mm.

Società di Progetto
Brebem SPA
[Signature]

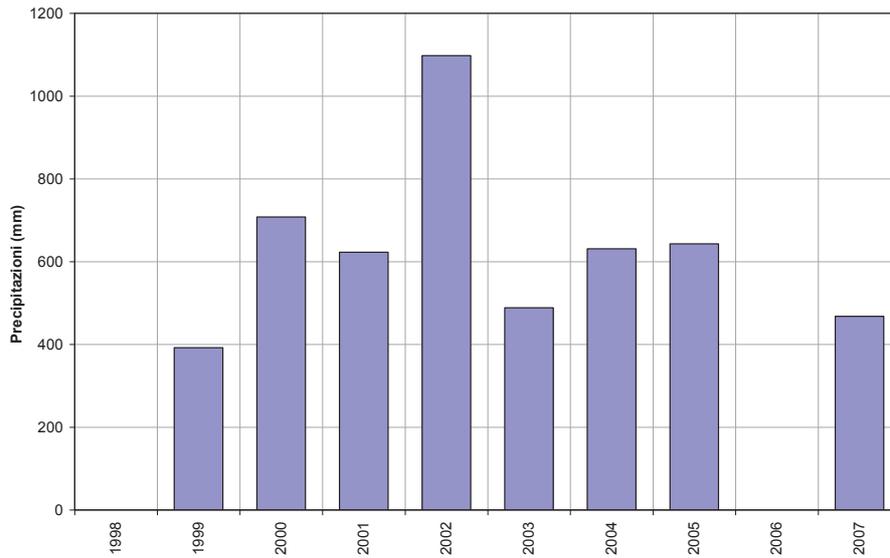


Figura 3.3 – Precipitazione totale annua nella stazione di Caravaggio (Fonte: Consorzio della Media Pianura Bergamasca e dell’Isola).

In figura 3.4 viene mostrato l’andamento della precipitazione mensile nella stessa stazione pluviometrica di Caravaggio nel periodo compreso tra il gennaio 2000 e il dicembre 2007.

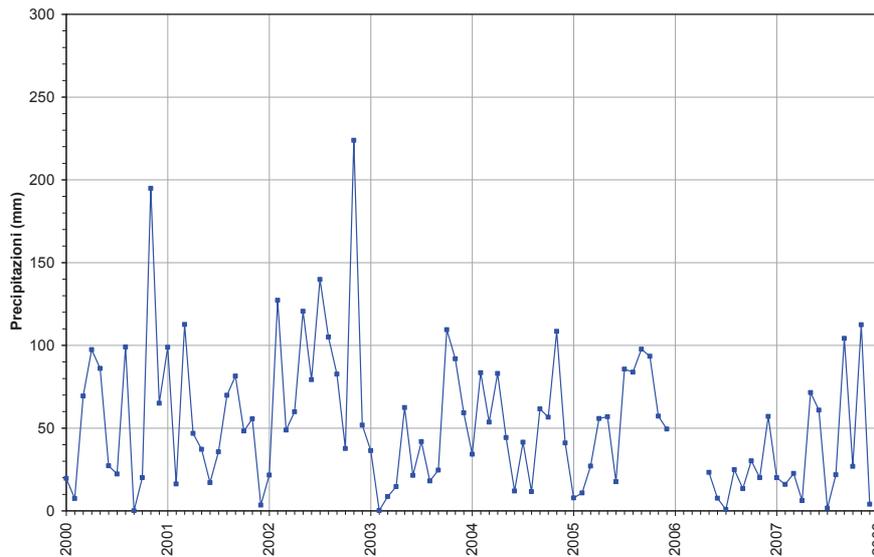


Figura 3.4 – Precipitazione mensile per il periodo 2000 ÷2007 nella stazione di Caravaggio (Fonte: Consorzio della Media Pianura Bergamasca e dell’Isola).

APPROVATO SDP

In figura 3.5 viene riportato l'andamento storico delle precipitazioni a Milano Brera dal 1858 al 1990.

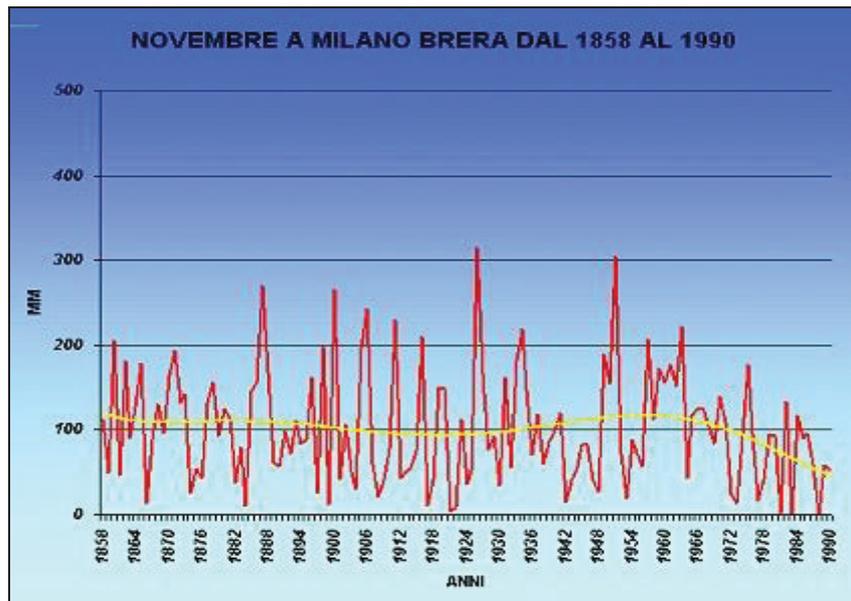


Figura 3.5 – Andamento delle precipitazioni dal 1858 al 1990 a Milano Brera. Fonte: L. Buffoni e F. Chlistovsky "Precipitazioni giornaliere rilevate all'Osservatorio Astronomico di Brera in Milano dal 1835 al 1990" Edi-Ermes – 1992.

Dai grafici sopra riportati, si può notare come le precipitazioni massime corrispondano agli anni 1959 e 1960 e come negli ultimi dieci anni si segnali, in particolare nella stazione di Chiari (l'unica con continuità di registrazione), una complessiva diminuzione degli apporti meteorici.

Si rileva infine che l'anno 2003 è risultato particolarmente siccitoso, con un deficit di precipitazione (registrato nelle stazioni di Chiari, Bergamo e Milano Linate) superiore al 40% rispetto il periodo 1961÷1990 (in Rif. 0).

A scala regionale, l'osservazione locale relativa all'anno 2003 risulta confermata dal grafico in figura 3.6, nel quale è rappresentato lo scostamento percentuale dai valori medi delle precipitazioni annuali in Lombardia a partire dell'inizio del XIX secolo.

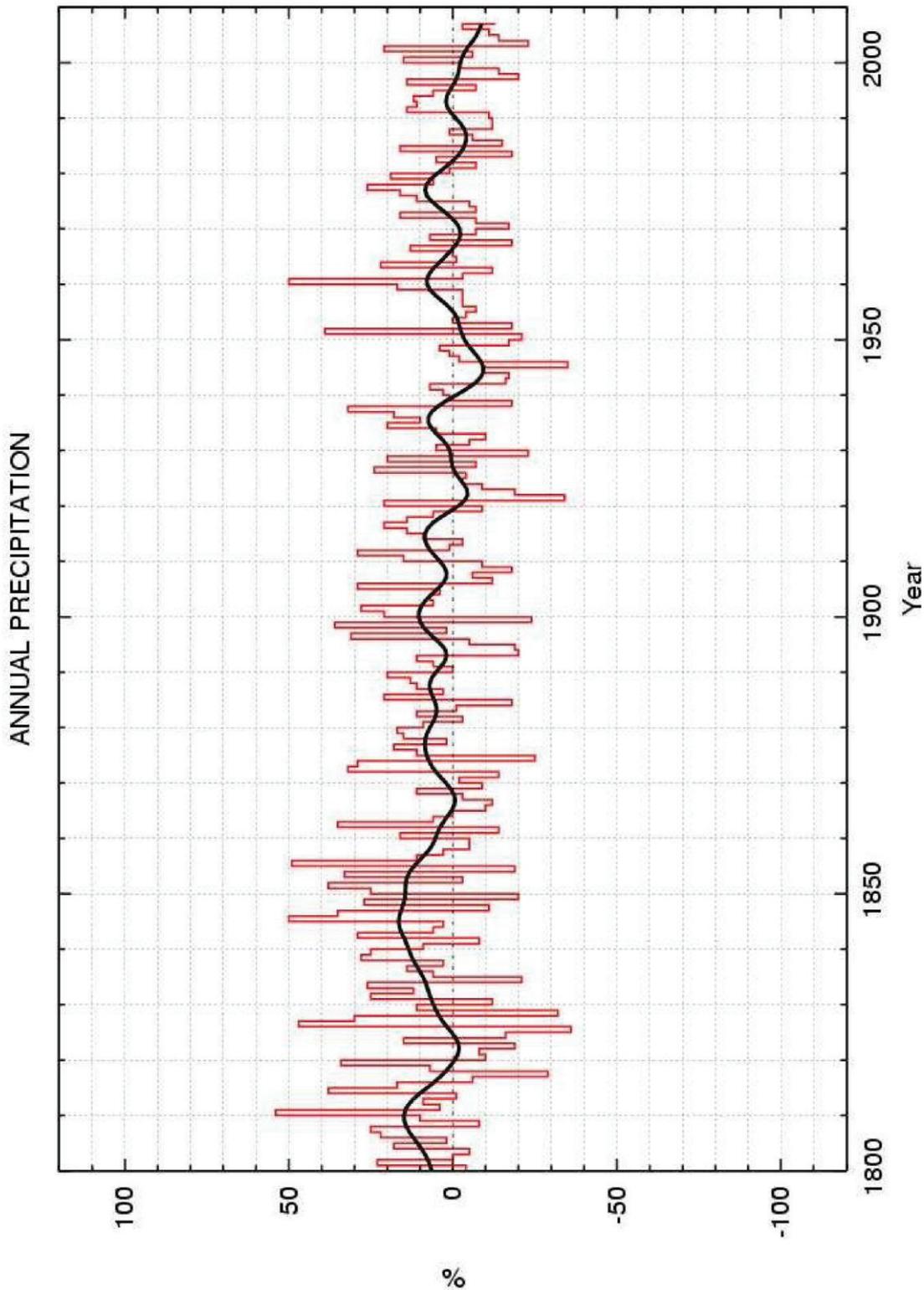
Dallo stesso grafico si ricava altresì che tra il 1976 e il 1980 e nella prima metà degli anni '90 si sono verificate numerose e consecutive annualità con significativi incrementi delle precipitazioni totali (in Rif. 0).

3.2 Termometria

Dall'inizio del XX° secolo la temperatura media annua globale è aumentata di $0,76 \pm 0,19$ °C, negli ultimi 30 anni di $\sim 0,5$ °C. Nel periodo tra il 1995 e il 2006 si sono verificati gli 11 anni più caldi a partire dal 1850. Il ventennio 1986÷2005 costituisce inoltre la più lunga sequenza continua di anni più caldi rispetto alla media trentennale 1961÷1990. Il 2006 è stato il sesto anno più caldo dal 1850.

Il tasso di aumento, per decade, è stato di 0,04 °C negli ultimi 150 anni, di 0,07 °C negli ultimi 100 anni, di 0,13 °C negli ultimi 50 e di 0,18 °C negli ultimi 25 anni.

Dal 1800 al 2003 la temperatura media annua in Italia è aumentata di circa 1 °C per secolo. Le temperature minime sono aumentate più delle massime, tranne che nella Pianura Padana.



APPROVATO SDP

Figura 3.6 – Scostamenti percentuali dai valori medi delle precipitazioni annuali in Lombardia a partire dall'inizio del XIX sec. (in Rif. 0).

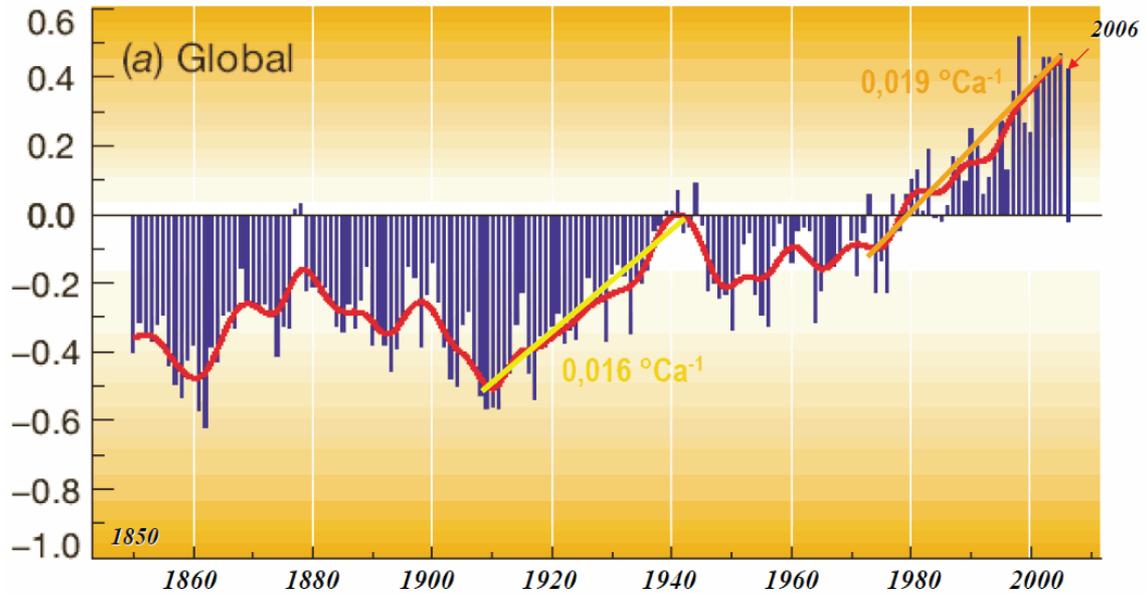


Figura 3.7 – Variazioni della temperatura media annua globale (T_{mag}) dal 1850 al 2006 rispetto alla media 1961-1990 (in Rif. 0).

In figura 3.8 è riportato l'andamento della temperatura dal 1997 al 2007 nella stazione pluviometrica di Chiari (Lat. 5044435, Long. 1572269, coordinate Gauss Boaga, Roma 40 - Fuso ovest).

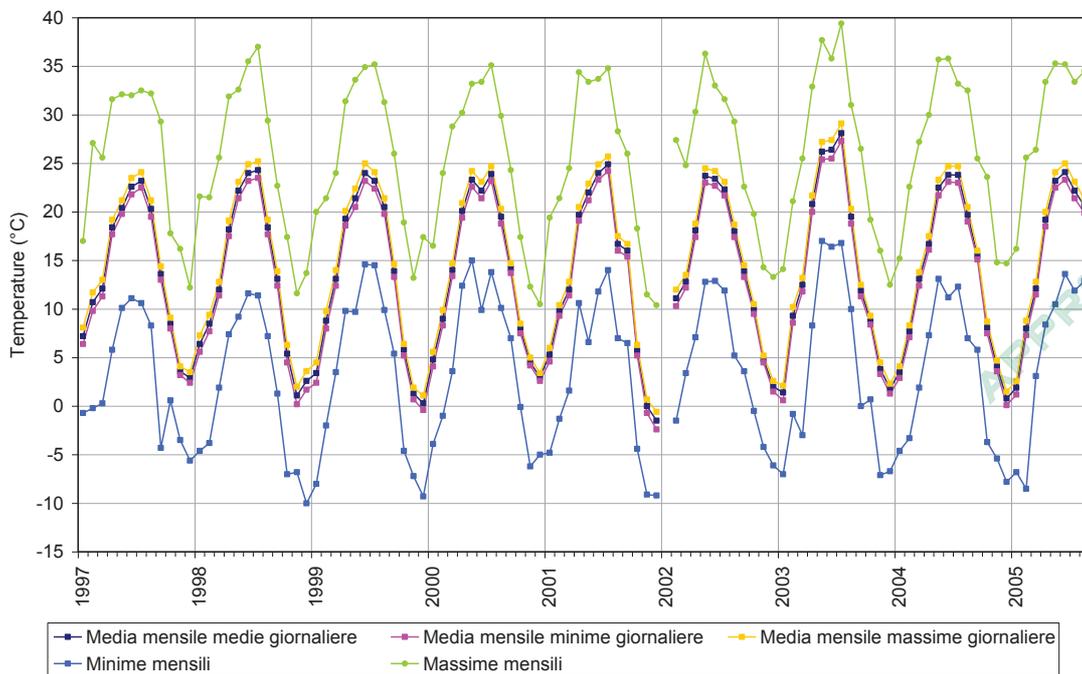


Figura 3.8 – Variazione di temperatura dal 1997 al 2007 registrata alla stazione di Chiari (Fonte: Provincia di Brescia).

| | | | | |
|--|--------------------------------|-------------------------|------------|--------------------|
|  | Doc. N. 60390-00009-A00.doc | 04RODII100009000000200A | REV. 00 | FOGLIO 11 di 37 |
|--|--------------------------------|-------------------------|------------|--------------------|

4 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

4.1 Inquadramento regionale

La struttura idrogeologica della pianura lombarda interessata dal progetto del Raccordo alla Tangenziale Sud di Brescia presenta un sviluppo sostanzialmente omogeneo in direzione est-ovest.

Considerando le caratteristiche idrogeologiche in direzione nord-sud, passando cioè dai settori dell'alta pianura a quelli della media e bassa pianura, si osserva invece una generalizzata diminuzione della distribuzione granulometrica dei terreni e, di conseguenza, della loro conducibilità idraulica.

Sotto il profilo geologico, la porzione di pianura in esame è caratterizzata dalla presenza di terreni di origine fluvio-glaciale ed alluvionale, di età pleistocenica, depositi su un substrato pre-pleistocenico. Questi depositi accolgono i tre acquiferi principali individuati a scala regionale, identificati come: acquifero superficiale, acquifero tradizionale, acquifero profondo.

Le unità idrogeologiche che tradizionalmente costituiscono gli acquiferi sopra menzionati sono le seguenti (in Rif. 0):

- *Unità ghiaioso-sabbiosa* (Pleistocene superiore), costituita da depositi alluvionali recenti e antichi e da depositi fluvio-glaciali würmiani. I depositi sono sciolti, con ghiaie e sabbie dominanti. La falda contenuta in questi depositi non è confinata.
- *Unità sabbioso-ghiaioso-limoso* (Pleistocene medio), è costituita da un'alternanza di depositi ghiaioso-sabbiosi, sabbiosi e limoso-argillosi con lenti conglomeratiche o arenitiche. La falda contenuta in questa unità è libera o semiconfinata e generalmente in collegamento con quella soprastante.
- *Unità a conglomerati e arenarie* (Pleistocene inferiore), è formata da litologie prevalentemente conglomeratiche con arenarie in subordine passanti localmente a ghiaie e sabbie.
- *Unità sabbioso-argillosa* (Pleistocene inferiore), è formata prevalentemente da argille e limi di colore grigio e giallo con lenti più o meno estese di sabbie, ghiaie e conglomerati.
- *Unità argillosa* (Calabriano), è costituita da argille e limi di colore grigio cinereo-azzurro con micro e macro fossili marini, alle quali sono subordinati livelli sabbiosi generalmente di modesto spessore.

Con riferimento alla più recente pubblicazione "Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia" (Rif. 0), che introduce nuove unità idrostratigrafiche, si evidenzia che:

- alla unità ghiaioso-sabbiosa corrisponde il Gruppo acquifero denominato "A";
- l'unità ghiaioso-sabbioso-limoso e l'unità a conglomerati e arenarie basali costituiscono il Gruppo acquifero "B";
- l'unità sabbioso-argillosa corrisponde ai Gruppi acquiferi "C" e "D";
- l'unità argillosa in facies marina costituisce il substrato della serie.

La figura 4.1 mostra uno schema dei rapporti stratigrafici con confronto tra le differenti classificazioni delle unità idrogeologiche proposte da differenti Autori.

Società di Progetto
Brebemi SpA



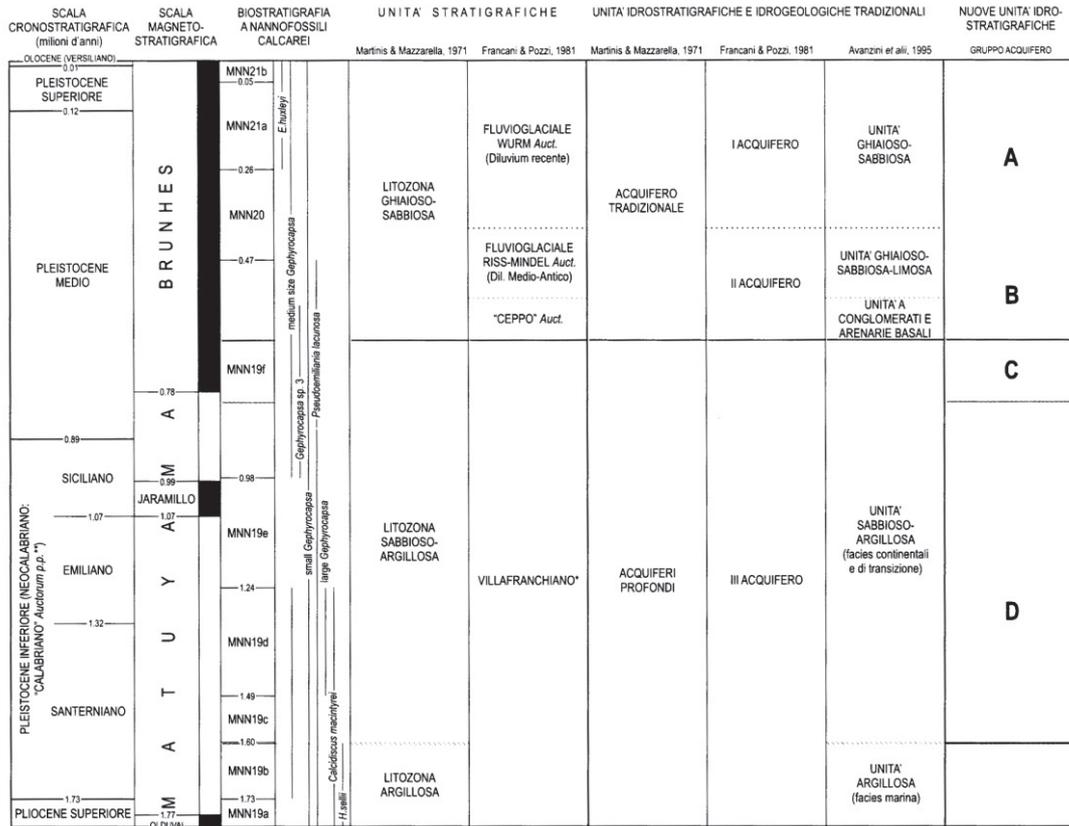


Figura 4.1 – Schema dei rapporti stratigrafici da “Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia” (Rif. 0).

In letteratura spesso non viene applicata la distinzione tra acquifero superficiale ed acquifero tradizionale sia per le caratteristiche confrontabili dei due acquiferi sia per la mancanza di una netta separazione litologica; entrambi vengono spesso racchiusi nel termine acquifero tradizionale.

L'acquifero superficiale, nel tratto in progetto, risulta separato da quello tradizionale da livelli semipermeabili; in questo tratto la base dell'acquifero superficiale è ubicabile ad una profondità variabile da 60 a 80 m s.l.m..

Solo l'acquifero superficiale è direttamente interessato dalle opere in progetto.

4.2 Inquadramento dell'area di progetto

Nel settore di pianura in esame, la rete idrografica naturale esibisce un'evoluzione nel complesso modesta; ciò è principalmente dovuto alla diffusa presenza di terreni con permeabilità da elevata a buona che facilita nel complesso l'infiltrazione degli apporti idrici meteorici.

Per contro, le aree di pianura sono da sempre sede di un'intensa attività agricola che ha portato, nei secoli, allo sviluppo di una fitta e complessa rete di canali artificiali (di ordine diverso) che, tuttora utilizzati, convogliano l'acqua superficiale con direzione di moto prevalente da nord verso sud. A questo riguardo, va sottolineata l'importante funzione equilibratrice nei confronti della ricarica della falda superficiale che la fitta rete di canali e la diffusa pratica irrigua svolgono nei confronti dei prelievi della risorsa per usi potabili ed industriali.

Come mostrato nella cartografia idrogeologica descritta in dettaglio nel successivo capitolo, la direzione di deflusso sotterraneo è complessivamente orientata da nord-est a sud-ovest. La cadente piezometrica è qualificata da valori costanti dall'1% al 2%.

Lungo il tratto in progetto sono stati installati 27 piezometri (alcuni dei quali, nel corso degli anni, sono andati fuori esercizio), in corrispondenza dei quali sono state eseguite, negli anni 1992, 2002, 2004,

Società di Progetto
Brahemi SpA



2007÷2009, serie di letture periodiche della posizione della superficie piezometrica. A scala generale, l'oscillazione massima, media, minima della superficie piezometrica è osservabile nei profili idrogeologici in scala 1:5000/500 di cui al Rif. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** dai quali si ricava altresì che, lungo il tracciato la soggiacenza media è sempre superiore a 9 m.

4.3 Bilancio idrogeologico

Per comprendere i meccanismi di ricarica della falda che avvengono nella porzione di pianura d'interesse e, con ciò, per spiegare le origini delle oscillazioni della superficie piezometrica di ordine sia stagionale sia di lungo periodo, è utile analizzare la seguente figura 4.2 (da Rif. 0).

Come chiaramente illustrato, i principali elementi che governano il bilancio idrogeologico dell'acquifero della pianura lombarda (all'interno di un dominio di riferimento), per quanto riguarda i volumi in ingresso sono: la distribuzione spaziale dell'entità delle precipitazioni e delle connesse infiltrazioni nel sottosuolo, le infiltrazioni da percolazioni irrigue e le perdite dai corsi d'acqua. Per contro, gli elementi in uscita dal sistema sono: i prelievi da pozzo ed il drenaggio ad opera dei fontanili.

Passando dalla fascia pedemontana alla bassa pianura è osservabile un cambio graduale ma sufficientemente sensibile nella granulometria dei depositi, dovuto al loro diverso ambiente deposizionale, in ragione del quale essi risultano più grossolani verso i rilievi e più fini verso sud.

Queste variazioni delle caratteristiche tessiturali, unitamente alla distribuzione areale delle variabili in ingresso ed uscita dal sistema, governano la ricarica e la risposta della falda.

La maggiore permeabilità dei depositi dell'Alta pianura permette alle acque di precipitazione e d'irrigazione di infiltrarsi più facilmente nel sottosuolo e di costituire una ricca falda freatica che lentamente fluisce verso il suo recapito finale rappresentato dal fiume Po.

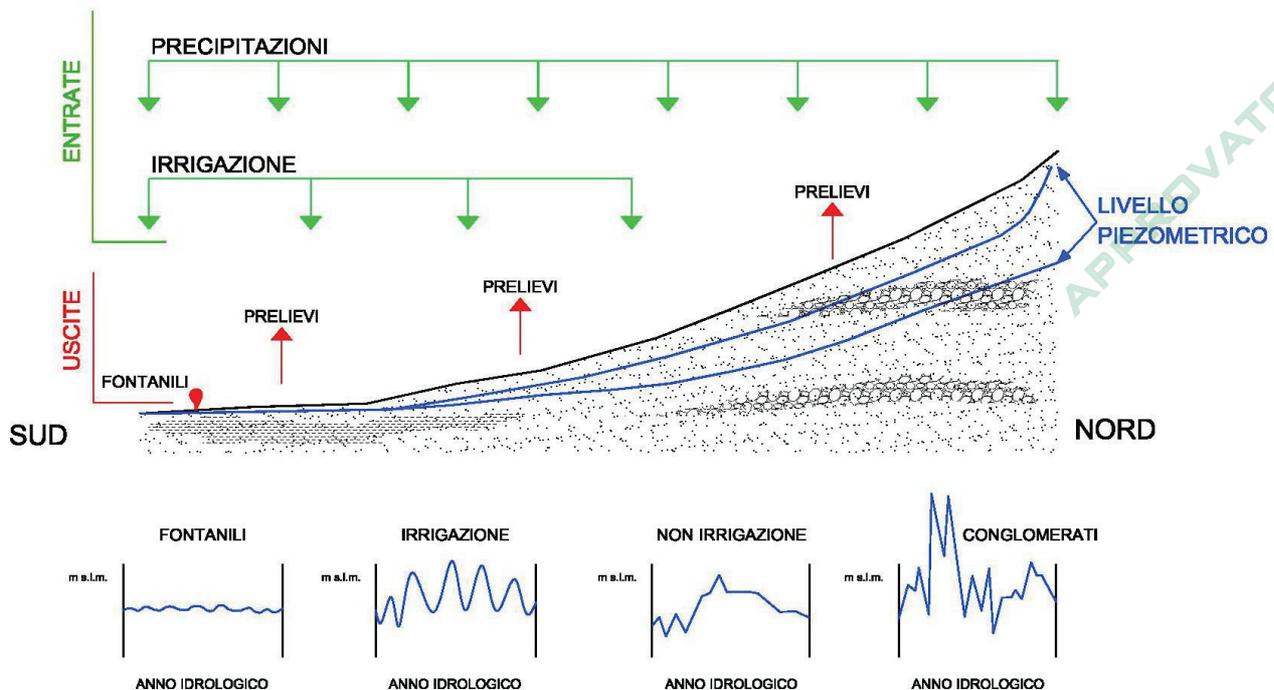


Figura 4.2 – Schema idrogeologico della pianura lombarda (in Rif. 0, ridisegnato)

In generale si riconosce che l'alimentazione diretta della falda avviene prevalentemente nell'alta pianura dove l'infiltrazione da pioggia può raggiungere aliquote anche nell'ordine del 25%-30% del totale annuo degli afflussi meteorici (Rif. 0).

Nelle aree intermedie, un'aliquota significativa della ricarica della falda può essere costituita dalla irrigazione stagionale con finalità agricole.

Nelle porzioni di bassa pianura invece la graduale diminuzione dei caratteri tessiturali dei sedimenti determina un abbassamento del valore di permeabilità formando un "limite di permeabilità" e provocando l'approssimarsi della falda alla superficie topografica.

Considerando il bilancio idrologico a scala annuale, la risposta dinamica della falda nei differenti settori di pianura è quindi così riassumibile:

- nell'area di bassa pianura con presenza dei fontanili (lett. a), la falda è prossima al piano campagna e le oscillazioni sono poco marcate, a testimonianza della loro funzione drenante e regolatrice;
- nelle aree di media pianura con significativi apporti da irrigazione (lett. b), la falda subisce periodiche oscillazioni stagionali per effetto degli apporti irrigui. La cadente piezometrica si approssima progressivamente a quella della bassa pianura;
- nelle aree di media pianura senza significativi apporti da irrigazione (lett. c), le variazioni piezometriche sono direttamente imputabili a variazioni nel regime di precipitazione o prelievi e seguono quindi la stagionalità. In questi settori il gradiente della falda tende lentamente a diminuire;
- nelle aree di alta pianura (lett. d), con acquiferi caratterizzati dalla presenza di estesi corpi conglomeratici in cui la falda è fortemente pendente e la risposta ai processi di ricarica è rapida e soggetta a notevoli oscillazioni;

Questa strutturazione dello schema idrogeologico della pianura riflette sia i comportamenti stagionali sia quelli a scala pluriennale. In altre parole i settori più sensibili a consistenti oscillazioni dei livelli di falda sono quelli di medio-alta e alta pianura, mentre quelli di medio-bassa e bassa pianura possono ritenersi nel complesso più stazionari alle variazioni delle forzanti idrologiche.

A titolo di esempio, nel grafico di figura 4.3 è illustrata la variazione del livello della falda in alcuni piezometri ubicati lungo il tracciato, per il periodo ottobre 2007-dicembre 2009. Il grafico evidenzia una ricarica nei mesi compresi tra giugno e settembre, dovuta come sopra descritto all'attività agricola che, nel periodo estivo, richiede forti apporti idrici, permettendo al livello della superficie piezometrica di innalzarsi decisamente con escursioni anche di alcuni metri.

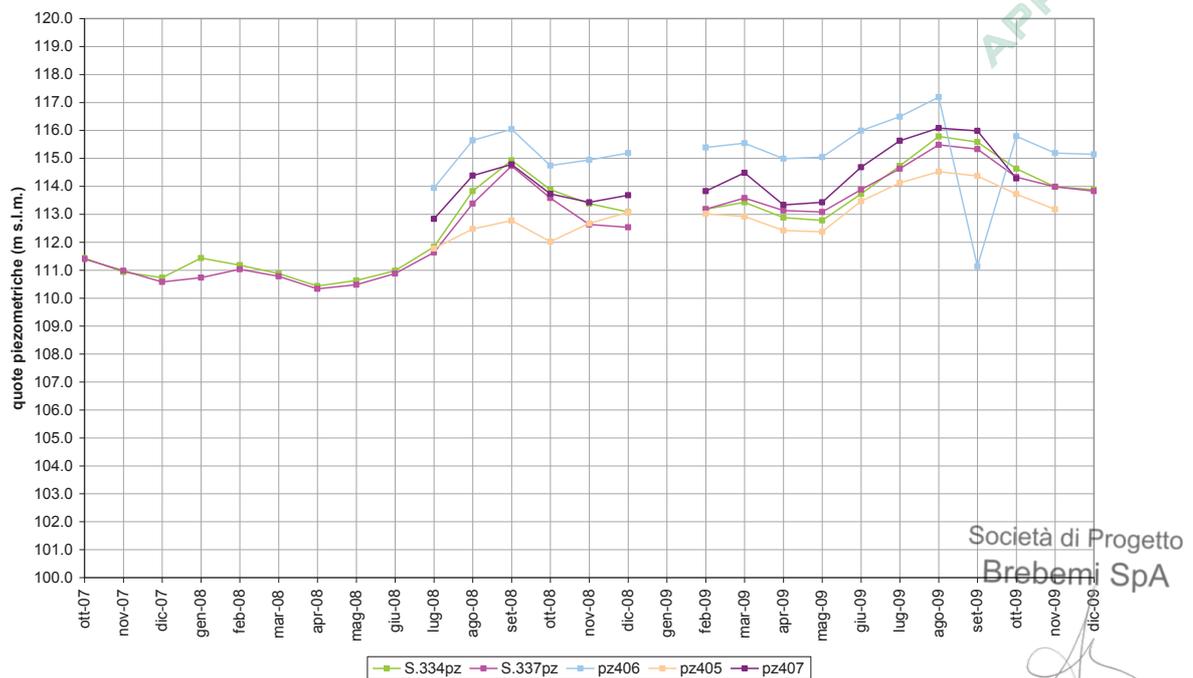


Figura 4.3 – Andamento dei livelli piezometrici lungo il Raccordo alla Tangenziale di Brescia.

Al fine di fornire un quadro di lungo periodo dell'andamento della superficie piezometrica dell'area bresciana, si riportano in fig. 4.4 i dati dei pozzi di alcuni comuni.

I dati corrispondono alle misure del livello statico registrate nei pozzi comunali di Castrezzato, Castegnato, Rovato, Urago d'Oglio e Rudiano. Va comunque sottolineato che i pozzi comunali in questione sono ubicati a distanze anche maggiori ad un chilometro rispetto al tracciato in progetto. Inoltre, il valore del livello statico riportato può talvolta essere condizionato dall'effettivo tempo di fermo dato alle pompe del pozzo durante l'operazione di misurazione.

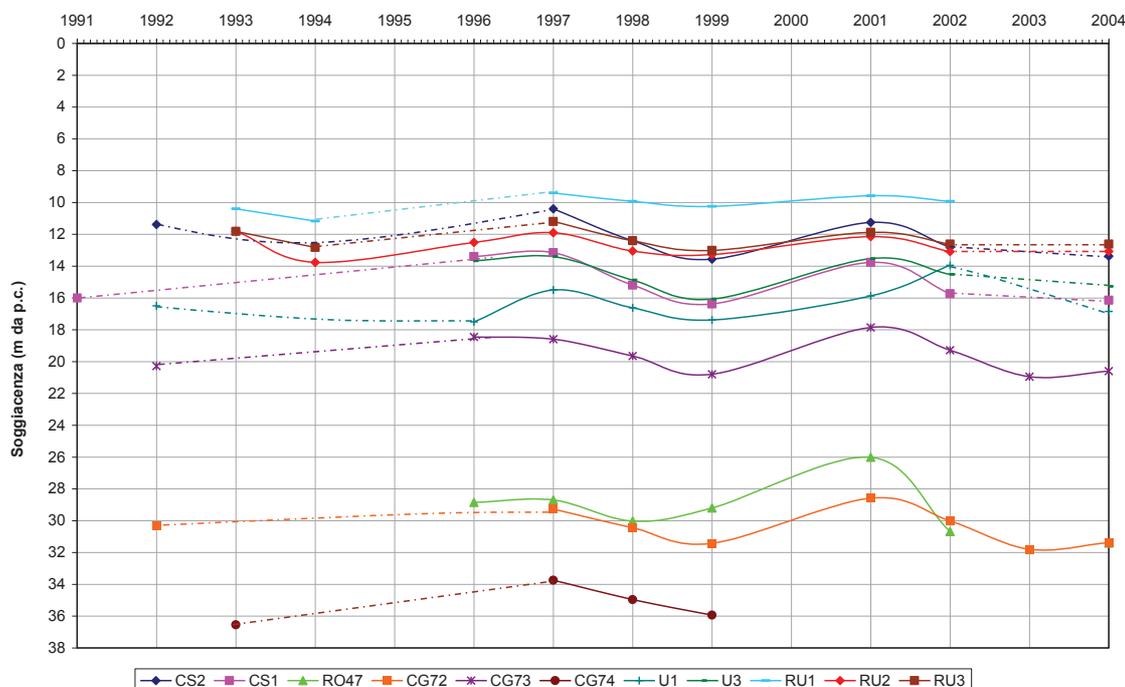


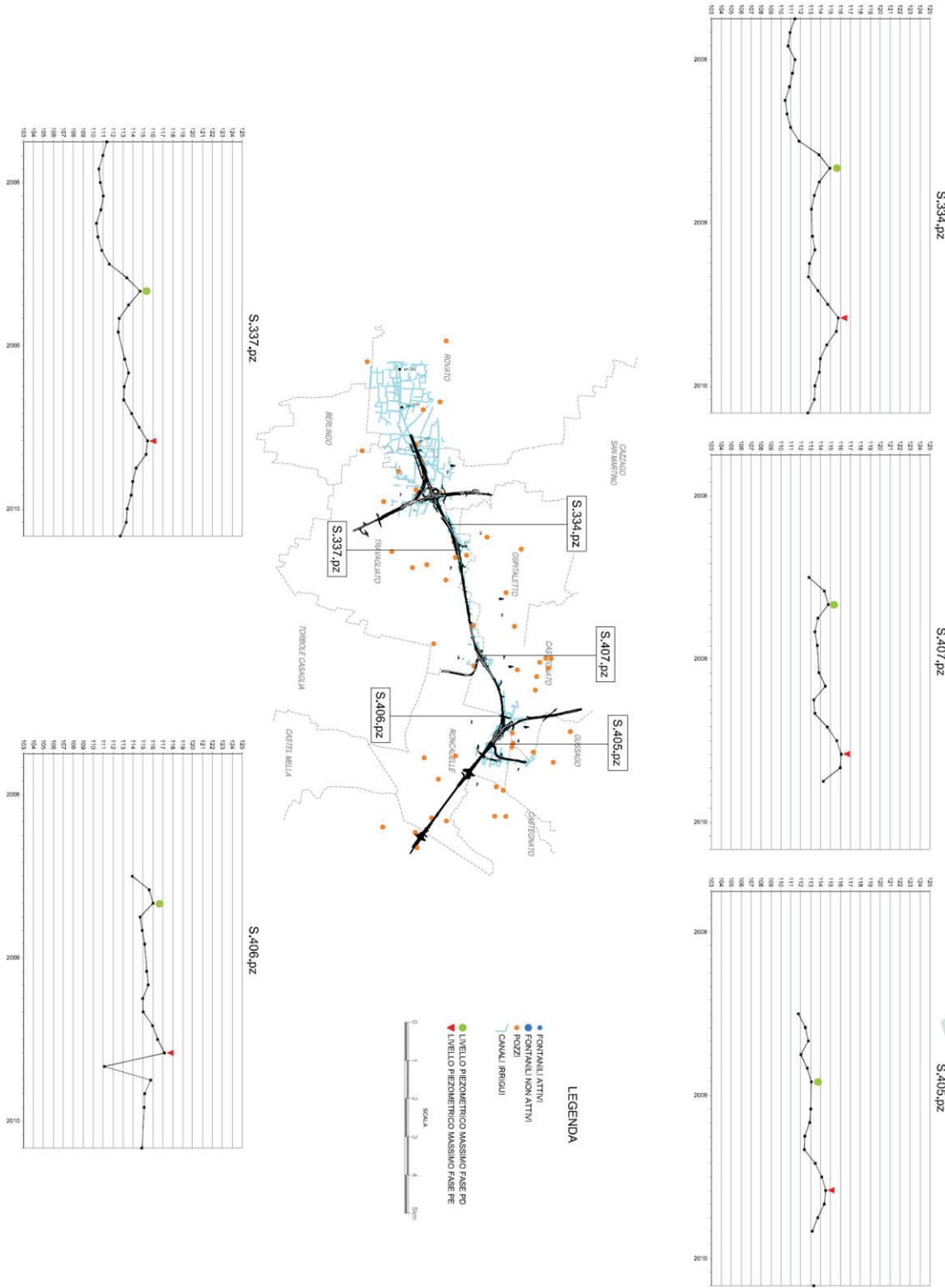
Figura 4.4 – Andamento del livello statico nei pozzi comunali della provincia di Brescia.

Osservando la figura 4.4 si può notare un aumento della soggiacenza di circa 2 metri nell'anno 1999 rispetto al 1997. Nell'anno 2001 si verifica un innalzamento della superficie piezometrica e quindi una diminuzione della soggiacenza superiore ai 2 metri. L'anno 2004 riporta i valori di soggiacenza vicini ai valori registrati nel 1999.

Complessivamente quindi si può notare un approfondimento dei livelli statici registrati nei pozzi comunali dal 1991 al 2004 di 1÷2 metri.

In continuità con quanto sopra, in figura 4.5 sono rappresentate le variazioni stagionali dei livelli di falda in alcuni piezometri monitorati lungo il tracciato di progetto, dai quali è possibile svolgere le seguenti considerazioni:

- il settore di pianura attraversato dal raccordo alla tangenziale di Brescia è ascrivibile alle aree di medio-alta pianura con significativi apporti da irrigazione, indicati alla lettera "b" di figura 2.1;
- i valori di soggiacenza registrati negli anni di monitoraggio in questo settore confermano la presenza di livelli freatici non prossimi al piano campagna (i.e., maggiori di 10 m da p.c.) ed escursioni stagionali nell'ordine di 3÷6 m;
- i valori di soggiacenza misurata nei piezometri di monitoraggio sono coerenti con quelli misurati nei pozzi di cui alla figura 4.3.



APPROVATO SDP

Figura 4.5 – Andamento del livello statico nei pozzi comunali della provincia di Brescia.

Tutto ciò premesso, considerata l'estensione dell'area di studio e la conseguente necessità di operare con una vasta quantità e differenti tipologie di dati, nel corso della progettazione è stato ritenuto di non potere effettuare uno studio dettagliato del bilancio idrologico (modellistica numerica a scala regionale) e, per converso, di dovere fare riferimento ai risultati di quanto disponibile in letteratura e, in particolare, agli esiti del recente studio regionale redatto e pubblicato dalla Regione Lombardia, il PTUA - Programma di Tutela ed Uso delle Acque (Rif. 0).

Società di Progetto
Bresbeni SPA

A ciò si aggiunga che le interpretazioni dei livelli piezometrici non possono comunque prescindere dalle condizioni globali di bilancio esistenti nel momento storico a cui si riferiscono. In altre parole, analoghe configurazioni piezometriche possono derivare dal reciproco interagire di cause tra loro anche molto diverse (e.g.: intensità, distribuzione e tipologia della produzione agricola, estensione delle superfici impermeabili, pressione antropica, regime climatico, ecc.).

L'approccio idrogeologico tradizionale, mediante schematizzazione analitica semplificata (i.e.: non modellistica), è stato inoltre suggerito dalle seguenti considerazioni:

- la proprietà, la quantità e la qualità delle differenti tipologie dei dati d'interesse idrogeologico avrebbe reso oggettivamente complessa e prolungata la loro sistematica acquisizione e gestione;
- maggiori sono le dimensioni della superficie da modellare, minore diviene la densità e, quindi, la rappresentatività dei dati di ingresso (almeno di una loro parte);
- l'elevato numero delle variabili che governano il modello numerico rende questo strumento insostituibile ai fini pianificatori, per potere rappresentare differenti scenari al variare di uno più parametri di processo, ma sostanzialmente inappropriato alla formulazione di una precisa stima dei livelli di falda a scala regionale con precise finalità progettuali (i.e.: assegnata probabilità di non superamento dei livelli freatici nel periodo di vita utile dell'opera).

In riferimento a quest'ultimo punto, si osserva infatti che per svolgere previsioni attendibili sui livelli di falda è fondamentale la conoscenza delle variazioni che ha subito e/o che potrà subire l'ambiente in cui si colloca l'opera.

Ad esempio, in letteratura si ritiene che il bilancio idrologico a scala annuale, in una situazione pre-urbana, fosse caratterizzato per circa il 50% da volume di infiltrazione, per circa il 10% da deflusso superficiale e per circa il 40% da ritorno in atmosfera per evapotraspirazione. Per contro, in una situazione urbanizzata, si ritiene che solo il 30% del volume idrico attualmente possa infiltrarsi, che circa il 25% evapotraspiri e che il rimanente 45% sia veicolato verso i corpi idrici superficiali attraverso i sistemi fognari (Rif. 0).

Per quanto attiene invece alle informazioni ricavate dal PTUA, nella figura 4.6 e nella tabella 4.1 vengono riassunte le principali caratteristiche ed i fattori del bilancio idrogeologico, suddivise per settori e per bacini, dei comuni interessati dal presente studio idrogeologico.

In particolare, l'area studiata ricade all'interno del bacino Oglio-Mincio.



Figura 4.6 – Bacino Oglio-Mincio: settore di interesse 1 (in Rif. 0).

[Handwritten signature]

| | |
|--|--|
| BACINO SETTORE | Oglio-Mincio 1 |
| COMUNI DI INTERESSE | Berlingo, Brescia, Castegnato, Castelcovati, Castrezzato, Chiari, Coccaglio, Cologne, Erbusco, Ospitaletto, Palazzolo sull'Oglio, Roncadelle, Rovato, Rudiano, Travagliato, Urago d'Oglio. |
| ACQUIFERO TRADIZIONALE | Differenziato |
| BASE ACQUIFERO TRADIZIONALE (m s.l.m.) | Tra 0 e 100 |
| TRASMISSIVITÀ MEDIA (m ² /s) | 1,3·10 ⁻¹ |
| PRELIEVO MEDIO AREALE (l/s/km ²) | 6,31 |
| ENTRATE (m ³ /s) | Afflusso falda da monte=1,54 Infiltrazione=4,06 Alimentazione F. Oglio=1,97 |
| USCITE (m ³ /s) | Deflusso della falda verso valle=1,82 Prelievi da pozzo=2,71 Drenaggio fiume Mella=1,34 Fontanili=1,7 |

Tabella 4.1 – Settori dei bacini idrogeologici interessati dallo studio idrogeologico.

Nel settore 1 l'infiltrazione dovuta alle piogge efficaci ed all'irrigazione contribuisce per più del 50% all'alimentazione della falda.

In questo settore, denominato Rovato, la struttura idrogeologica è caratterizzata da un acquifero differenziato, la cui base si trova tra 0 e 100 m s.l.m. La trasmissività media è di $1,28 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$. Il settore presenta un prelievo per unità di superficie alto (circa $6,3 \text{ l/s/km}^2$) in conseguenza della marcata vocazione industriale del settore. A scala locale si registrano abbassamenti negli areali meno trasmissivi e nell'ambito della città di Brescia, dove il rilevante fabbisogno idrico per uso industriale ha comportato fra il 1980 e il 1992 la formazione di depressioni piezometriche accentuate. Il bilancio del 2003 conferma la tendenza all'abbassamento della superficie piezometrica e rileva lo spostamento della richiesta d'acqua dalla città verso i comuni limitrofi, in conseguenza del decentramento dei comparti produttivi.

Dal punto di vista dello stato quantitativo della risorsa, il PTUA definisce per il settore 1 una "...situazione attuale di compatibilità tra disponibilità ed uso della risorsa. Uso sostenibile delle acque sotterranee senza prevedibili e sostanziali conseguenze negative nel breve-medio periodo..."; per il settore 7 definisce "...Equilibrio attuale fra disponibilità e consumi, con evoluzione da controllare mediante monitoraggio piezometrico; non sono prevedibili conseguenze negative nel breve periodo...".

L'approccio metodologico adottato nel PTUA interpreta la falda superficiale come un acquifero monostrato compartimentato e l'acquifero tradizionale come un acquifero semiconfinato. La suddivisione tra i due non è continua: nella parte settentrionale della pianura la superficie di contatto fra i due acquiferi è molto ampia, in quanto i livelli argilloso-limosi che separano gli stessi non hanno grande continuità areale, tanto da poter considerare il sistema come un unico complesso acquifero. Nella media e bassa

pianura, a partire all'incirca dalla latitudine di Milano, i livelli argillosi impermeabili si ispessiscono e si estendono ed è possibile individuare con continuità falde in pressione sottostanti la falda freatica. Localmente, e soprattutto in corrispondenza dei maggiori corsi d'acqua, la separazione diviene meno netta o scompare dando luogo al mescolamento delle acque dei due acquiferi.

Nella figura 4.7 è riportato il grafico del monitoraggio storico di un pozzo per il settore di interesse.

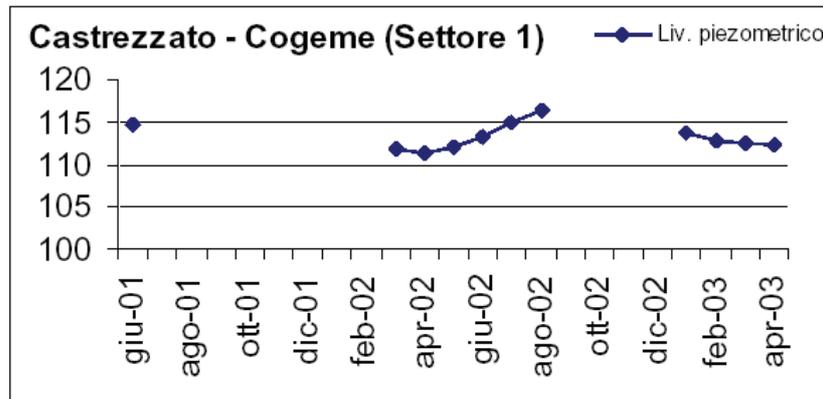


Figura 4.7 – Serie storica settore 1 (in Rif. 0).

Nel PTUA viene anche effettuato un confronto tra le piezometrie registrate in una campagna di misurazione effettuata nel marzo 2003 e la piezometria raffigurata in una carta piezometrica relativa al 1982. Questa ultima carta è stata utilizzata nel suddetto studio in quanto i valori si riferiscono ad un anno del periodo 1980/1990 che viene considerato di riferimento. Il livello piezometrico medio di tale periodo rappresenta infatti un valore per cui non si registravano problemi alle infrastrutture sotterranee e la falda, presso i settori industriali maggiori, non interagiva con le porzioni più superficiali del sottosuolo potenzialmente contaminate.

In tabella 4.2 vengono riassunti i risultati del confronto tra la piezometrica rilevata nel 2003 e quella di riferimento

| SETTORE | COMUNE | DIFFERENZA TRA I LIVELLI 2003 E QUELLI DI RIFERIMENTO (in m) | TENDENZA DELLA PIEZOMETRIA |
|------------|-------------------|--|----------------------------|
| 1 – Rovato | Castrezzato | 0÷(-3) | Non rilevato |
| | Urago d'Oglio | 0÷3 | |
| | Comezzano-Cizzago | 0÷(-3) | |

Tabella 4.2 – Confronto tra piezometrica 2003 e piezometrica di riferimento (da Rif. 0).

In figura 4.8 è riportata la freaticimetria della falda superficiale a marzo 2003. Si noti come i bacini Adda-Oglio e Oglio-Mincio presentino una piezometrica fortemente dominata dagli scambi con la rete idrografica naturale, che esercita una prevalente azione drenante sulla falda.

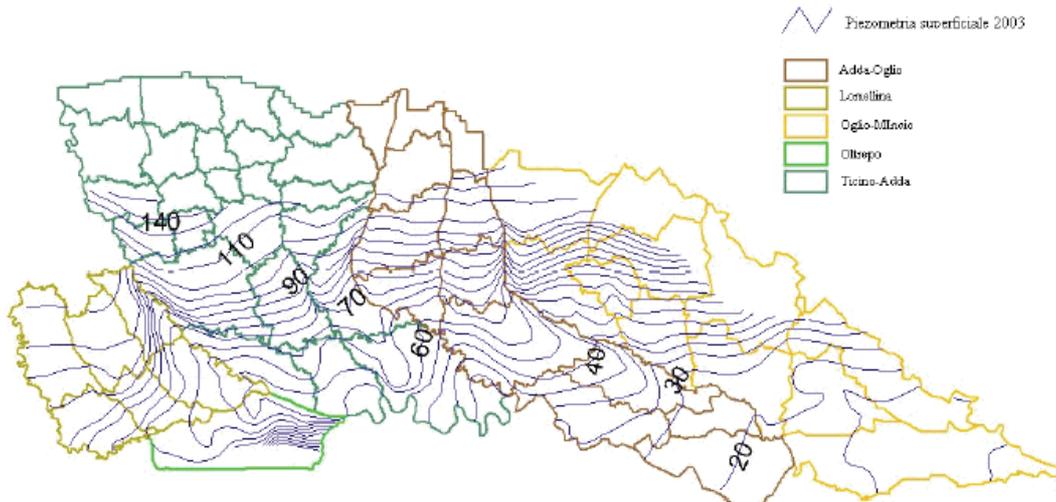


Figura 4.8 – Falda superficiale marzo 2003 (in Rif. 0).

In figura 4.9 vengono evidenziate le differenze piezometriche tra le misure effettuate nel 1994 e quelle del 2003. Si noti il forte innalzamento della piezometrica nell'area milanese ed la sostanziale invarianza o l'abbassamento della falda nelle rimanenti aree di interesse.

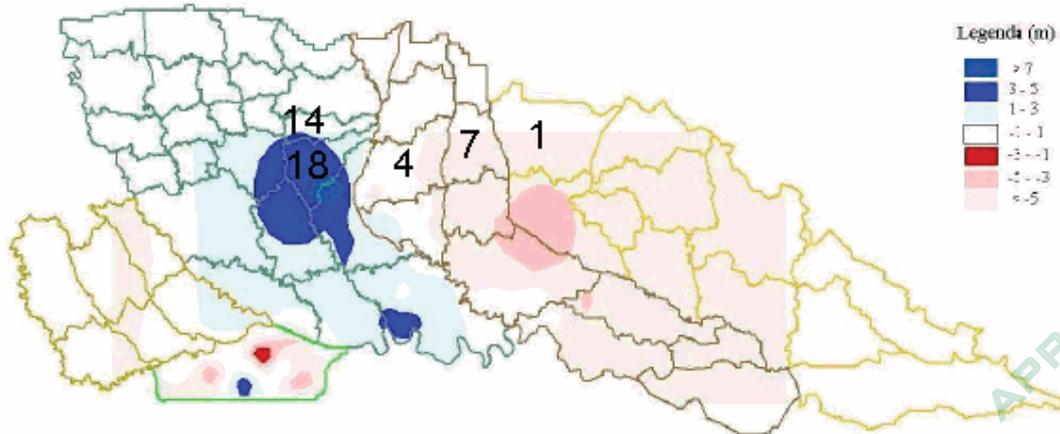


Figura 4.9 – Differenze piezometriche tra 2003 e 1994. Acquifero superficiale (in Rif. 0).

In figura 4.10 viene raffigurato l'andamento della falda tradizionale a marzo 2003.

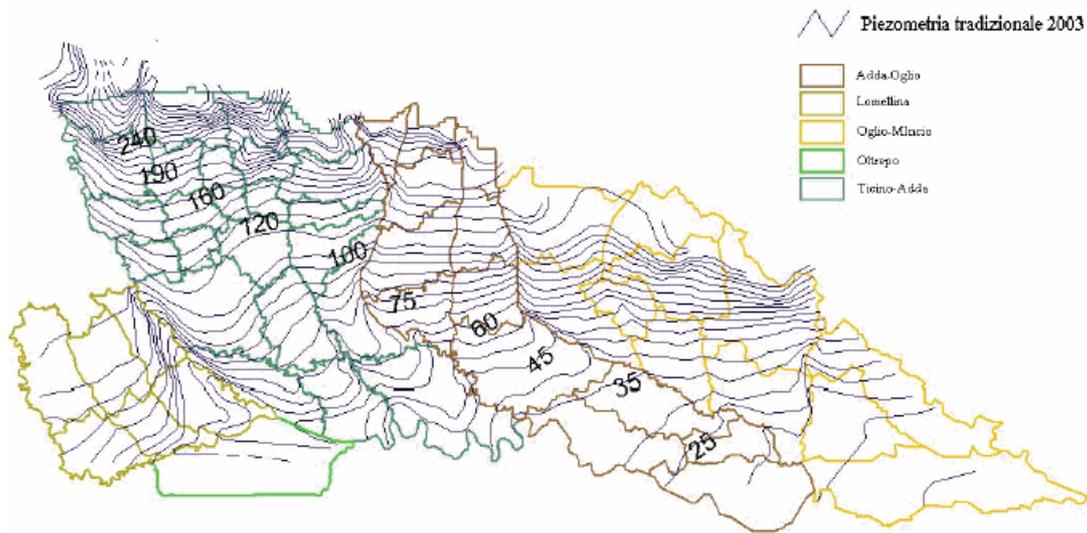


Figura 4.10 – Falda tradizionale marzo 2003 (in Rif. 0).

In conclusione, si rileva che Il PTUA è uno studio di carattere regionale; le indicazioni fornite hanno pertanto il pregio di derivare dall'esame di cospicue e varie masse di dati e di consentire un inquadramento generale proprio di un bilancio idrologico di area vasta.

Si ritiene implicito che quanto rilevato puntualmente nell'ambito degli studi relativi al progetto autostradale (misure piezometriche illustrate nel successivo paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) possa localmente differire da quanto indicato dallo studio di insieme.

Ovviamente, proprio per le scale diverse delle due indagini, nessuno degli studi è alternativo all'altro ma, piuttosto, essi vanno considerati come complementari.

5 CARTOGRAFIA IDROGEOLOGICA

Per la rappresentazione della superficie piezometrica della falda superficiale nel quadro dell'odierna fase di progettazione esecutiva, è stato ritenuto adeguato quanto elaborato a supporto del Progetto Definitivo, giacché le informazioni che caratterizzano questa cartografia (i.e.: linee equipotenziali, direttrici di flusso e assi di drenaggio), forniscono un inquadramento di natura generale sulla morfologia dei livelli freatici sostanzialmente non mutabile in ridotti intervalli temporali.

In particolare, la cartografia prodotta utilizza le misure ai piezometri Brebemi del luglio 2007, corrispondenti ad un periodo di minima soggiacenza. Queste misure sono state integrate dai rilievi Italferr; in questo modo si è potuto disporre di un sufficiente numero di misure.

Dalla cartografia in allegato si nota una direzione principale di scorrimento della falda superficiale da nord-est a sud-ovest.

Nella tabella 5.1 è riportato l'elenco delle misure utilizzate per la redazione della carta idrogeologica.

| SIGLA | LONG. | LAT. | SUP. PIEZ. | SIGLA | LONG. | LAT. | SUP. PIEZ. |
|----------|---------|---------|------------|-----------|---------|---------|------------|
| S.221.pz | 1567657 | 5038960 | 106,57 | XA202R042 | 1556949 | 5037921 | 104,65 |
| S.232.pz | 1588110 | 5045638 | 118,43 | XA202R044 | 1557820 | 5037698 | 104,89 |
| S.003.pz | 1589382 | 5044605 | 114,20 | XA202R047 | 1559227 | 5037245 | 103,61 |
| S.023.pz | 1589382 | 5041422 | 112,16 | XA202R048 | 1559811 | 5037348 | 104,33 |
| S.026.pz | 1575552 | 5041608 | 113,60 | XA202R049 | 1560089 | 5037448 | 105,03 |
| S.046.pz | 1568874 | 5039447 | 109,70 | XA202R050 | 1560439 | 5037538 | 105,40 |
| S.048.pz | 1568206 | 5039147 | 109,50 | XA202R051 | 1560689 | 5037612 | 106,32 |
| S.050.pz | 1567967 | 5038857 | 106,63 | XA202R053 | 1561466 | 5037925 | 107,91 |

| SIGLA | LONG. | LAT. | SUP. PIEZ. | SIGLA | LONG. | LAT. | SUP. PIEZ. |
|-----------|---------|---------|------------|-----------|---------|---------|------------|
| S.220.pz | 1557533 | 5035422 | 97,73 | XA202R054 | 1561888 | 5037945 | 108,68 |
| S.224.pz | 1555455 | 5038730 | 107,53 | XA202R056 | 1562811 | 5038253 | 108,85 |
| S.238.pz | 1560844 | 5037640 | 105,59 | XA202R060 | 1565744 | 5038221 | 109,15 |
| S.112.pz | 1545145 | 5039161 | 111,66 | XA202R061 | 1566183 | 5038209 | 109,12 |
| S.111.pz | 1545898 | 5039048 | 110,47 | XA202V062 | 1567177 | 5038534 | 109,23 |
| S.110.pz | 1546507 | 5038978 | 110,21 | XA202V063 | 1567749 | 5038610 | 105,73 |
| S.108.pz | 1546822 | 5038970 | 109,96 | XA202R065 | 1569956 | 5039834 | 113,51 |
| S.106.pz | 1547654 | 5039250 | 109,64 | XA202V067 | 1573660 | 5041022 | 114,03 |
| S.105.pz | 1547867 | 5039326 | 109,93 | XA202R068 | 1574193 | 5041119 | 113,67 |
| S.103.pz | 1548386 | 5039605 | 110,15 | XA202R069 | 1574669 | 5041332 | 113,24 |
| S.101.pz | 1548901 | 5039704 | 110,10 | XA202R070 | 1575261 | 5041251 | 112,64 |
| S.89.pz | 1552455 | 5040003 | 110,71 | XA202R071 | 1575562 | 5041607 | 113,28 |
| S.179.pz | 1553257 | 5039700 | 109,78 | XA202R074 | 1577800 | 5041551 | 111,57 |
| S.225.pz | 1540916 | 5039730 | 109,32 | XA202R075 | 1578359 | 5041553 | 111,11 |
| S.121.pz | 1542576 | 5039736 | 112,00 | XA202R076 | 1579096 | 5041501 | 110,69 |
| S.202.pz | 1543429 | 5040183 | 112,55 | XA202R077 | 1579770 | 5041520 | 110,51 |
| S.203.pz | 1543431 | 5040062 | 112,08 | XA202R078 | 1580167 | 5041484 | 110,45 |
| S.206.pz | 1531936 | 5034807 | 105,80 | XA202R079 | 1580785 | 5041420 | 110,44 |
| S.208.pz | 1537060 | 5039365 | 109,95 | XA202R081 | 1581774 | 5041249 | 109,88 |
| S.209.pz | 1535959 | 5039442 | 111,10 | XA202R194 | 1585022 | 5044182 | 112,80 |
| S.210.pz | 1534794 | 5039025 | 109,40 | XA202B192 | 1583363 | 5043161 | 110,06 |
| S.216.pz | 1530159 | 5039365 | 114,15 | S17 | 1566800 | 5038616 | 107,41 |
| S.217.pz | 1527189 | 5038898 | 112,00 | T329 | 1544123 | 5041127 | 114,90 |
| S.233.pz | 1533319 | 5034798 | 105,45 | FSG171 | 1555553 | 5038706 | 109,02 |
| S.239.pz | 1523222 | 5035990 | 106,40 | CO148 | 1560436 | 5040369 | 115,30 |
| S.240.pz | 1526184 | 5036376 | 107,45 | CM428 | 1559392 | 5032747 | 90,60 |
| S.150.pz | 1533325 | 5039810 | 113,81 | CC437 | 1556960 | 5031849 | 89,70 |
| S.152.pz | 1530953 | 5039456 | 112,64 | CM429 | 1558013 | 5031034 | 88,40 |
| S.153.pz | 1529164 | 5039213 | 113,77 | CS439 | 1544713 | 5037089 | 107,82 |
| S.156.pz | 1526097 | 5038412 | 112,60 | FA471 | 1543322 | 5042009 | 117,70 |
| S.158.pz | 1525867 | 5038352 | 111,74 | CV64 | 1547383 | 5036419 | 104,15 |
| S.159.pz | 1525581 | 5038381 | 110,96 | CO463 | 1561843 | 5041039 | 119,00 |
| S.160.pz | 1525270 | 5038454 | 111,75 | O1026 | 1555491 | 5038752 | 108,61 |
| S.173.pz | 1528535 | 5036806 | 107,36 | CS1 | 1576454 | 5040688 | 112,15 |
| S.177.pz | 1523834 | 5036060 | 107,01 | RU3 | 1569095 | 5038974 | 109,30 |
| XA202R021 | 1542006 | 5039921 | 111,89 | U3 | 1567955 | 5040660 | 117,10 |
| XA202R026 | 1545406 | 5039185 | 112,07 | S.061.pz | 1564537 | 5038444 | 110,20 |
| XA202R027 | 1546101 | 5039080 | 110,89 | S.063.pz | 1562759 | 5038268 | 109,08 |
| XA202V028 | 1547282 | 5039231 | 110,50 | S.064.pz | 1562015 | 5037943 | 107,76 |
| XA202V029 | 1548032 | 5039338 | 109,93 | S.066.pz | 1560226 | 5037472 | 104,94 |
| XA202V030 | 1548901 | 5039703 | 110,05 | S.070.pz | 1557978 | 5037716 | 104,65 |
| XA202R031 | 1550212 | 5039858 | 110,61 | S.076.pz | 1556853 | 5038130 | 104,90 |
| XA202R034 | 1552422 | 5039973 | 111,00 | S.079.pz | 1556311 | 5038526 | 105,97 |
| XA202R035 | 1553280 | 5039706 | 109,85 | S.082.pz | 1555083 | 5039110 | 108,35 |
| XA202R037 | 1554539 | 5039327 | 108,95 | S.084.pz | 1554297 | 5040026 | 110,82 |
| XA202R038 | 1555081 | 5039022 | 108,16 | S.088.pz | 1554097 | 5039667 | 109,42 |
| XA202V041 | 1556706 | 5038113 | 104,81 | S.094.pz | 1553831 | 5042384 | 117,84 |

Tabella 5.1 – Elenco dei piezometri e delle misure utilizzate per la carta idrogeologica.

5.1 Ubicazione e caratterizzazione dei pozzi e dei fontanili

L'ubicazione dei punti d'acqua (pozzi, fontanili, aree umide, ecc.) è riportata nella cartografia idrogeologica e geologica prodotta.

Il censimento dei pozzi ha comportato il rilievo di 38 punti di prelievo.

Per il censimento dei pozzi è stata effettuata una prima fase di raccolta dati presso le Amministrazioni Comunali interessate dal progetto autostradale. Da questi enti sono stati reperiti gli elenchi dei pozzi e le relazioni geologiche predisposte a supporto della pianificazione comunale con la relativa cartografia.

La banca dati così prodotta è stata controllata ed integrata con i dati forniti dagli Enti di seguito elencati:

- Provincia di Brescia;
- A.S.M. Brescia S.p.A.;
- Cogeme S.p.A.;

I dati presentati derivano quindi da fonti diverse, sono per questo motivo eterogenei e non presentano lo stesso grado di dettaglio.

Va precisato inoltre che la provincia di Brescia non ha un catasto pozzi georeferenziato i quali sono codificati tramite il foglio ed il mappale catastale; è risultato quindi complesso procedere ad un controllo dei pozzi già censiti tramite le Amministrazioni Comunali.

In merito a quanto sopra esposto, in relazione ai pozzi privati, si segnala che può occasionalmente sussistere un margine di errore dipendente dalla correttezza e dall'aggiornamento della fonte. Inoltre è possibile che un numero non quantificabile di pozzi sia effettivamente presente sul territorio studiato ma non sia stato censito

SIGLA POZZO AA111

SIGLA FONTANILE AAaa

AA = codice identificativo del comune, composto da 1,2 oppure 3 lettere in maiuscolo.

| COMUNE | CODICE |
|--------------------------|--------|
| BRESCIA (BS) | BS |
| CASTEGNATO (BS) | CG |
| CAZZAGO SAN MARTINO (BS) | CZ |
| GUSSAGO (BS) | GU |
| OSPITALETTO (BS) | OS |
| RONCADELLE (BS) | RC |
| TRAVAGLIATO (BS) | TR |

111 = al codice identificativo del comune viene aggiunto un numero (fino a tre cifre) per differenziare i vari pozzi presenti nel territorio comunale (può corrispondere ad una numerazione già utilizzata dal comune oppure ad un numero attribuito per questo lavoro).

aa= Al codice identificativo del comune viene aggiunta una lettera minuscola per differenziare i vari fontanili presenti nel territorio comunale.

Tabella 5.2 – Sigla attribuita ai pozzi ed ai fontanili: codici identificativi del comune.

APPROVATO SDP

6 ANALISI DEI LIVELLI DELLA SUPERFICIE PIEZOMETRICA

Nel presente capitolo vengono analizzati e descritti i livelli della superficie piezometrica registrati in corrispondenza dell'asse del Raccordo alla Tangenziale di Brescia.

I livelli piezometrici utilizzati per individuare la posizione della falda in questo tratto fanno riferimento sia a piezometri realizzati da Brebemi sia ai piezometri realizzati da Italferr. I piezometri Brebemi utilizzati sono: S334, S337, 407, 406, 405 ed il periodo di monitoraggio di riferimento è compreso tra ottobre 2007 e dicembre 2009. I piezometri Italferr sono: XA202R190, 2SN304, BS314, 2SN307, 2SN314, 2SN317. Per la redazione del profilo idrogeologico del Progetto Esecutivo sono state considerate quindi anche le misure ai piezometri Italferr relative agli anni 1992, 2002, 2004.

In Tabella 6.1 viene riportato per ogni piezometro Italferr il valore massimo registrato riferito all'anno di monitoraggio ed il numero di misure effettuate.

Alcuni dei piezometri monitorati nella fase di Progetto Definitivo non sono stati però più monitorati in fase di Progetto Esecutivo, perché fuori uso (per svariate cause) a partire già dalla precedente fase progettuale.

Inoltre sono state considerate le misure nei 13 nuovi piezometri realizzati per il Progetto Esecutivo (Tab.6.2).

| SIGLA | N° tot. misure | Massimo (m s.l.m.) | Anno |
|----------------------|----------------|--------------------|------|
| XA202R190 (Italferr) | 8 | 117.97 | 2004 |
| XA202R190 (Italferr) | 13 | 115.36 | 2002 |
| 2SN304 (Italferr) | 13 | 114.29 | 2004 |
| 2SN307 (Italferr) | 13 | 114.06 | 2004 |
| 2SN314 (Italferr) | 10 | 116.57 | 2004 |
| 2SN317 (Italferr) | 9 | 114.80 | 2004 |
| BS314 (Italferr) | n.d. | 115.00 | 1992 |

APPROVATO SGP

Tabella 6.1 Livelli massimi registrati nei piezometri Italferr nel tratto di Collegamento con la Tangenziale Sud di Brescia.

| SIGLA | Quota di riferimento (m s.l.m.) | pk | Quota falda (m s.l.m.) | Data |
|---------|---------------------------------|------|------------------------|--------|
| SE18Apz | 140,40 | 89 | 119,85 | gen-10 |
| SE1Apz | 137,60 | 442 | 112,70 | gen-10 |
| SE3Apz | 140,30 | 774 | 113,25 | gen-10 |
| SE4Apz | 140,90 | 1128 | 117,75 | gen-10 |
| SE6Apz | 141,00 | 1448 | 117,40 | gen-10 |
| SE7Apz | 140,30 | 1800 | 121,60 | gen-10 |
| SE9Apz | 138,20 | 2008 | 112,60 | gen-10 |

Società di Progetto
Brebemi SpA



| SIGLA | Quota di riferimento (m s.l.m.) | pk | Quota falda (m s.l.m.) | Data |
|---------|---------------------------------|------|------------------------|--------|
| SE11Apz | 131,30 | 4564 | 105,70 | gen-10 |
| SE12Apz | 129,00 | 5788 | 113,65 | gen-10 |
| SE13Apz | 127,30 | 6815 | n.r. | n.r. |
| SE14Apz | 127,00 | 6965 | n.r. | n.r. |
| SE16Apz | 126,60 | 7053 | n.r. | n.r. |
| SE17Apz | 124,80 | 7391 | n.r. | n.r. |

Tabella 6.2 Livelli registrati nei piezometri Brebemi per il Progetto Esecutivo nel tratto di Collegamento con la Tangenziale Sud di Brescia.

Nella tabella 6.3 seguente sono riportati i dati delle letture freaticometriche relative a tutti i piezometri realizzati a supporto sia del Progetto Definitivo sia del Progetto Esecutivo.

In particolare, per ogni piezometro è restituita:

- la sigla;
- la quota di riferimento;
- la progressiva chilometrica;
- i valori massimi, minimi e medi, sia in quota relativa (soggiacenza) sia in quota assoluta;
- la massima escursione registrata negli anni di osservazione.

| SIGLA | Quota di riferimento (m s.l.m.) | pk | N° tot. misure | SOGGIACENZA (m da p.c.) | | | Δz_{max} (m) | FREATIMETRIA (m s.l.m.) | | |
|---------|---------------------------------|------|----------------|-------------------------|--------|-------|----------------------|-------------------------|---------|--------|
| | | | | massimo | minimo | media | | minimo | massimo | media |
| S.334pz | 141.63 | 1338 | 26 | 31.20 | 25.85 | 28.50 | 5.35 | 110.43 | 115.78 | 113.13 |
| S.337pz | 140.23 | 2008 | 26 | 29.90 | 24.75 | 27.13 | 5.15 | 110.33 | 115.48 | 113.10 |
| pz406 | 127.84 | 6563 | 17 | 16.70 | 10.65 | 12.65 | 6.05 | 111.14 | 117.19 | 115.19 |
| pz405 | 126.02 | 7361 | 16 | 14.25 | 11.50 | 13.05 | 2.75 | 111.77 | 114.52 | 112.97 |
| pz407 | 131.58 | 4840 | 15 | 18.75 | 15.50 | 17.30 | 3.25 | 112.83 | 116.08 | 114.28 |

Tabella 6.3 – Valori massimi, minimi e medi di soggiacenza e piezometria rilevati in tutte le stazioni disponibili.

7 PROFILI IDROGEOLOGICI

I dati piezometrici lungo il tracciato autostradale derivanti dalle campagne d'indagine direttamente condotte a tale scopo (Brebemi e Italferr) abbracciano un intervallo temporale di circa cinque anni, al quale si aggiunge l'anno 1992 delle sole misure Italferr.

A fini dell'accertamento della significatività delle misure disponibili, possono essere svolti raffronti generali sia con le serie storiche delle precipitazioni nell'area lombarda di cui alla figura 3.6 sia con le ricostruzioni delle piezometrie in alcune delle aree d'interesse, disponibili in letteratura (Rif. 0).

A tale riguardo, si ritiene di potere proporre le seguenti considerazioni:

- tra il 1976 e il 1980 e nella prima metà degli anni '90 si sono verificate numerose e consecutive annualità con significativi incrementi delle precipitazioni totali;
- la fine degli anni '70 segna un periodo di massimo relativo dei livelli di falda raffrontabile con i massimi relativi registrati negli ultimi cinque anni (Bonomi T., Unimib: comunicazione personale);
- fanno eccezione i livelli di falda misurati nell'anno 2009 che, a scala regionale, segnalano livelli localmente superiori ai massimi relativi della fine degli anni '70 (Bonomi T., Unimib: comunicazione personale).

Nei profili idrogeologici di cui al Rif. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** sono indicati, oltre ai livelli piezometrici Brebemi, i livelli piezometrici forniti da Italferr.

Nei profili vengono riportate:

- la quota del piano stradale di progetto;
- i piezometri Brebemi di tutte le campagne d'indagine (1^a, 2^a, 3^a e 4^a fase e fase di PE);
- i piezometri Italferr relativi alla campagna d'indagine 1992, 2002 e 2004;
- i massimi livelli dell'acqua registrati ai piezometri Italferr per le fasi di monitoraggio 1992, 2002 e 2004;
- il livello massimo, minimo e medio dell'acqua registrato ai piezometri Brebemi;
- il livello piezometrico da considerare in fase di cantiere;
- il livello piezometrico da considerare in fase di esercizio.

Si precisa che:

- il periodo di monitoraggio Brebemi va da ottobre 2007 a dicembre 2009,
- livelli Italferr 1992 si riferiscono ai soli livelli massimi;
- il periodo di monitoraggio Italferr 2002 va dal 23 novembre 2001 al 12 novembre 2002 e da gennaio 2004 a 29 settembre 2004;
- il periodo di monitoraggio Italferr 2004 va dal 26 gennaio 2004 al 29 settembre 2004;
- per "massimo livello" si intende in assoluto la misura minore di soggiacenza registrata nel periodo di riferimento; ciò comporta che ogni piezometro può presentare il suo massimo in giorni differenti; in sostanza quindi l'involuppo dei massimi non rappresenta la posizione di alcuna superficie freatica reale;
- per "minimo livello" si intende in assoluto la misura maggiore di soggiacenza registrata nel periodo di riferimento; ciò comporta che ogni piezometro può presentare il suo minimo in giorni differenti; in sostanza quindi l'involuppo dei minimi non rappresenta la posizione di alcuna superficie freatica reale;
- vengono considerati anche i piezometri posti ad una distanza non superiore a 250 metri dall'asse autostradale; a questi piezometri è stata applicata una correzione delle letture piezometriche che considera un gradiente medio della superficie piezometrica, lungo la linea di massima pendenza, del 2‰.

Queste serie di valori indicano una differenza tra la quota di progetto stradale ed il minimo valore di soggiacenza registrato che risulta variabile da zona a zona oltre che da un anno di monitoraggio ad un altro.

A seguito dei rilievi freaticometrici effettuati nel corso del Progetto Esecutivo è emerso localmente un incremento dei livelli disponibili a tutto il 2008 (tabella 7.1).

| Da pk | A pk | CONFRONTO INVILUPPO MASSIMI DI PD E INVILUPPO MASSIMI DI PE | CONFRONTO INVILUPPO MASSIMI DI PE E FALDA PROGETTO PD |
|-------|-------|---|---|
| 0+000 | 0+300 | Inviluppo dei massimi di PD<inviluppo dei massimi di PE | inviluppo dei massi di PE<Falda di Progetto di PD |
| 0+300 | 0+690 | Inviluppo dei massimi di PD<inviluppo dei massimi di PE | inviluppo dei massi di PE>Falda di Progetto di PD |
| 0+690 | 6+689 | Inviluppo dei massimi di PD<inviluppo dei massimi di PE | inviluppo dei massi di PE<Falda di Progetto di PD |
| 6+689 | 7+913 | Inviluppo dei massimi di PD<inviluppo dei massimi di PE | inviluppo dei massi di PE>Falda di Progetto di PD |

Tabella 7.1 – Confronto tra la linea di inviluppo dei massimi di PE con quella dei massimi di PD e la linea di progetto di PD.

La variabilità spaziale degli innalzamenti osservati può essere spiegata dall'interazione dei flussi di ricarica del dominio di pianura con la variabilità delle trasmissività idrauliche presenti. Quest'ultima variabilità è dovuta a locali complessità della caratteristiche tessitureali presenti negli spessori dell'acquifero.

Si è ritenuto perciò opportuno, con riguardo sia alla vita utile dell'opera sia alle incertezze irrisolvibili sulle possibili previsioni progettuali a lungo termine di bilancio idrologico di cui al paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, procedere ad un aggiornamento della falda di riferimento (inviluppo dei massimi osservati) e quindi della falda di cantiere e della falda di progetto stabilita nella fase di Progetto Definitivo.

Dal profilo è possibile osservare che i livelli piezometrici misurati indicano una profondità della falda sempre superiore a 9 metri dal piano campagna.

7.1 I livelli piezometrici lungo il profilo autostradale

Di seguito viene proposta una suddivisione degli intervalli tra quota del piano stradale di progetto e quota di falda, relativamente alle misure Italferr del 1992 e 2002/2004 e Brebemi del 2007÷2009.

Per poter riassumere la situazione in modo sintetico si è ricavata la differenza " Δ " tra la quota del piano stradale di progetto e la quota di falda per le diverse tratte autostradali. Assumendo come valori limite $\Delta = 3$ m (dato ricorrente nel documento "Programma di tutela e uso delle acque", Regione Lombardia, marzo 2006) e $\Delta = 9$ m, si sono individuate quattro classi di intervalli:

- $\Delta > 9$ m;
- $6 < \Delta \leq 9$ m;
- $3 < \Delta \leq 6$ m;
- $\Delta \leq 3$ m;

| Misure Italferr 1992 | | Differenza tra quota stradale di progetto e quota falda di riferimento | | | |
|----------------------|--------------------|--|---------------------|---------------------|-----------------|
| da progressiva (km) | a progressiva (km) | $\Delta > 9m$ | $6 < \Delta \leq 9$ | $3 < \Delta \leq 6$ | $\Delta \leq 3$ |
| 0 | 0+700 | nessun dato | | | |
| 0+700 | 1+100 | | | | |
| 1+100 | 7+912 | nessun dato | | | |

| Misure Italferr 2002/2004 | | Differenza tra quota stradale di progetto e quota falda di riferimento | | | |
|---------------------------|--------------------|--|---------------------|---------------------|-----------------|
| da progressiva (km) | a progressiva (km) | $\Delta > 9m$ | $6 < \Delta \leq 9$ | $3 < \Delta \leq 6$ | $\Delta \leq 3$ |
| 0+000 | 6+900 | | | | |
| 6+900 | 7+912 | nessun dato | | | |

APPROVATO BDP

Società di Progetto
Brebemi SpA

| Misure Brebemi 2007/2009 | | Differenza tra quota stradale di progetto e quota falda di riferimento | | | |
|--------------------------|--------------------|--|---------------------|---------------------|-----------------|
| da progressiva (km) | a progressiva (km) | $\Delta > 9m$ | $6 < \Delta \leq 9$ | $3 < \Delta \leq 6$ | $\Delta \leq 3$ |
| 0+000 | 1+400 | nessun dato | | | |
| 1+400 | 7+912 | | | | |

7.2 Indicazioni sulle quote di progetto e di cantiere

La superficie piezometrica da considerare in fase di progetto è stata assegnata in maniera differente per i diversi tratti dell'autostrada, in funzione della tipologia progettuale (rilevato, trincea), della storia idrogeologica delle diverse aree e dalla quantità di dati disponibili per le diverse tratte.

Occorre comunque ribadire che i dati bibliografici sono nel complesso numericamente scarsi, del tutto insufficienti nella loro distribuzione areale, spesso riferiti ad una grandezza non utile ai fini progettuali (in molti pozzi idrici viene registrato il livello dinamico e non quello statico) e, infine, talvolta sintetizzati in cartografie troppo generiche per avere una qualche utilità pratica.

Le serie di dati misurati a disposizione, limitati ad un periodo inferiore a 10 anni, non coprono un intervallo temporale sufficientemente esteso per svolgere significative simulazioni statistiche circa le variazioni della superficie piezometrica a scala pluriennale. La difficoltà di prevedere analiticamente l'andamento futuro della posizione della superficie piezometrica dipende fondamentalmente dalla impossibilità di conoscere i due elementi principali che ne condizionano l'oscillazione, vale a dire l'andamento climatico (in particolare la distribuzione delle precipitazioni e delle temperature) e l'entità e la distribuzione dello sfruttamento antropico.

Le considerazioni che seguono sono state svolte immaginando pertanto un regime climatico non troppo dissimile dall'attuale ed un uso del territorio sostanzialmente in linea con quello che ha caratterizzato l'area negli ultimi decenni.

Per definire la falda di progetto e di cantiere è stato fatto riferimento, cautelativamente, ad una linea fittizia corrispondente alle misure massime ai piezometri Italferr (periodo di monitoraggio anni 1992, 2002, 2004) e Brebemi (periodo di monitoraggio dal 2007 al 2009).

In sintesi, la superficie piezometrica di progetto e quella di cantiere vengono indicate nella tabella 7.2, nella quale vengono inoltre segnalate le principali considerazioni che hanno guidato le scelte della quota di progetto e di cantiere.

| TRATTA | QUOTA DI PROGETTO | QUOTA DI CANTIERE | CONSIDERAZIONI |
|--|--|--|---|
| Raccordo alla Tangenziale Sud di Brescia | Almeno 1 m al di sopra dei valori massimi registrati ai piezometri nel periodo 1992, 2002, 2004, 2007÷2009 | Pari alla massima quota registrata nel periodo 1992, 2002, 2004, 2007÷2009 | Trend storico di oscillazione della falda normale di tipo "b" e/o "c" di figura 4.2 Ampio franco tra opera e posizione della falda |

Tabella 7.2 – Sintesi della falda di progetto e cantiere.

8 INTERFERENZA CON LE OPERE PROFONDE

Per quello che riguarda il Raccordo alla Tangenziale di Brescia il progetto prevede la costruzione di una trincea tra la progressiva chilometrica pk 0+191 e pk 2+807 mentre la restante parte è ubicata a raso od in rilevato; le quote dello scavo saranno in ogni caso tali da non interferire con la superficie piezometrica e quindi non vi sarà, in questo tratto, interferenza tra opera e falda.

Nelle tabelle seguenti sono riassunte le differenze tra la quota di progetto e rispettivamente la falda in fase di esercizio ed in fase di cantiere.

| Falda di esercizio | | Differenza tra quota stradale di progetto e quota falda di esercizio | | | |
|---------------------|--------------------|--|---------------------|---------------------|-----------------|
| da progressiva (km) | a progressiva (km) | $\Delta > 9m$ | $6 < \Delta \leq 9$ | $3 < \Delta \leq 6$ | $\Delta \leq 3$ |
| 0+000 | 7+300 | | | | |
| 7+300 | 7+913 | | | | |

| Falda di cantiere | | Differenza tra quota stradale di progetto e quota falda di cantiere | | | |
|---------------------|--------------------|---|---------------------|---------------------|-----------------|
| da progressiva (km) | a progressiva (km) | $\Delta > 9m$ | $6 < \Delta \leq 9$ | $3 < \Delta \leq 6$ | $\Delta \leq 3$ |
| 0+000 | 7+300 | | | | |
| 7+300 | 7+913 | | | | |

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



| | | | | |
|--|--------------------------------|------------------------|------------|--------------------|
|  | Doc. N. 60390-00009-A00.doc | 04RODII10000900000200A | REV. 00 | FOGLIO 30 di 37 |
|--|--------------------------------|------------------------|------------|--------------------|

9 CARATTERISTICHE QUALITÀ FISICO-CHIMICA DELLE ACQUE DI FALDA

Viene di seguito fornita una caratterizzazione chimico-fisica delle acque sotterranee delle aree attraversate dal progetto, con particolare riferimento alle aree dove il tracciato si sviluppa nel sottosuolo. La caratterizzazione viene svolta sulla base di dati di letteratura.

La conoscenza della qualità delle acque sotterranee in corrispondenza delle opere in progetto permette di determinare lo stato di fatto *ante operam*, informazione di base per verificare qualsiasi interferenza negativa provocabile o provocata (ad opera realizzata). Inoltre rende possibile la valutazione della migliore tecnica di smaltimento delle acque che dovranno essere prelevate dal sottosuolo in fase di cantiere.

9.1 Riferimenti normativi

Si richiamano i principali riferimenti normativi in merito alla qualità ed alla gestione delle acque sotterranee, in particolare in riferimento alla disciplina degli scarichi e delle perforazioni finalizzate al controllo degli acquiferi.

Decreto legislativo 152/06 Norme in materia ambientale

D.Lgs. 152/06 Capo III Art. 101 Criteri generali della disciplina degli scarichi

Comma 1 Tutti gli scarichi sono disciplinati in funzione del rispetto degli obiettivi di qualità dei corpi idrici e devono comunque rispettare i valori limite previsti nell'Allegato 5 alla parte terza del presente decreto. L'autorizzazione può in ogni caso stabilire specifiche deroghe ai suddetti limiti e idonee prescrizioni per i periodi di avviamento e di arresto e per l'eventualità di guasti nonché per gli ulteriori periodi transitori necessari per il ritorno alle condizioni di regime.

D.Lgs. 152/06 Capo III Art. 103 Scarichi sul suolo

Comma 1 È vietato lo scarico sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo [...]

D.Lgs. 152/06 Capo III Art. 104 Scarichi nel sottosuolo e nelle acque sotterranee

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

Comma 2 In deroga a quanto previsto al comma 1, l'autorità competente, dopo indagine preventiva, può autorizzare gli scarichi nella stessa falda delle acque utilizzate per scopi geotermici, delle acque di infiltrazione di miniere o cave o delle acque pompate nel corso di determinati lavori di ingegneria civile, ivi comprese quelle degli impianti di scambio termico.

Regolamento Regionale n. 2 del 24 marzo 2006. Disciplina dell'uso delle acque superficiali e sotterranee, dell'utilizzo delle acque a uso domestico, del risparmio idrico e del riutilizzo dell'acqua in attuazione dell'Art. 52, comma 1, lettera c) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26.

Titolo I Art. 5 Perforazioni finalizzate al controllo degli acquiferi

Comma 1 I soggetti che, per finalità proprie o per obblighi derivanti da leggi, regolamenti o atti della pubblica amministrazione, realizzano e gestiscono manufatti per il controllo piezometrico della falda e della qualità dell'acqua comunicano alla provincia competente l'ubicazione, le caratteristiche costruttive, la stratigrafia di tali manufatti e, ove richiesto, i dati periodicamente rilevati.

Comma 2 Qualora le perforazioni siano funzionali all'abbassamento della falda per l'esecuzione di opere, con esclusione delle perforazioni finalizzate ad interventi di sistemazione idrogeologica, alla comunicazione di cui al comma 1 sono allegati:

- a) *relazione tecnica generale;*
- b) *progetto di massima delle perforazioni;*
- c) *cartografia idonea a individuare la localizzazione della perforazione (corografia su carta tecnica regionale in scala 1:10000 e planimetria catastale)*

Comma 3 Decorsi trenta giorni dal ricevimento della comunicazione di cui al comma 1 senza che l'ufficio abbia comunicato parere contrario o richiesto ulteriori adempimenti, l'interessato può dare inizio ai lavori adottando le cautele necessarie a prevenire effetti negativi derivanti dall'eventuale messa in comunicazione di falde diverse.

Comma 4 Nel termine di cui al comma 3, l'ufficio può prescrivere l'adozione di particolari modalità di esecuzione delle opere ai fini della tutela dell'acquifero sotterraneo.

Comma 5 Entro trenta giorni dalla conclusione dei lavori di perforazione, l'interessato trasmette alla provincia competente la stratigrafia dei terreni attraversati.

Società di Progetto
Brehemi SpA



Comma 6 Nei casi di cui al comma 1 l'eventuale emungimento d'acqua non è soggetto a concessione né al pagamento del canone.

Regolamento Regionale n.4 del 24 marzo 2006. Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'art. 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26.

Art. 8 Prevenzione dell'inquinamento delle acque di prima pioggia e di lavaggio.

Comma 2 Nel caso di versamenti accidentali, la pulizia delle superfici interessate dovrà essere eseguita immediatamente, a secco o con idonei materiali inerti assorbenti qualora si tratti rispettivamente di versamento di materiali solidi o pulverulenti o di liquidi.

9.2 Tratta in provincia di Brescia

Nella tabella 9.3 sono riportati i parametri macrodescrittori delle caratteristiche delle acque ad uso idropotabile di alcuni comuni. Si notano valori relativamente alti di solfati e nitrati.

| ID | Comune | LONGITUDINE | LATTUDINE | Cloruri (mg/l) | Solfati (mg/l) | Nitrati (mg/l) | Manganese (µg/l) | Ferro (µg/l) | Ione ammonio (mg/l) | Conducibilità elettrica a 20 °C | Anno di riferimento |
|-------|-------------|-------------|-----------|----------------|----------------|----------------|------------------|--------------|---------------------|---------------------------------|---------------------|
| | BRESCIA | 1596060 | 5046080 | 7.23 | 23 | 12 | <5 | <25 | <0.05 | 557 | 2002 |
| CS1 | CASTREZZATO | 1576452 | 5040679 | 6.90 | 38 | 28 | <5 | <25 | <0.05 | 442 | 2002 |
| | COMEZZANO | 1574308 | 5035632 | 9.85 | 43 | 31 | <5 | <25 | <0.05 | 522 | 2002 |
| TR1 | TRAVAGLIATO | 1584265 | 5042055 | 18.20 | 43 | 44 | <5 | <25 | <0.05 | 493 | 2002 |
| U1 | URAGO D'O. | 1568653 | 5040167 | 7.45 | 21 | 21 | <5 | <25 | <0.05 | 416 | 2002 |
| CH7 | CHIARI | 1571237 | 5042743 | 7.5 | 34 | 25 | | | <0.05 | 390 | 2006 |
| CH1 | CHIARI | 1571820 | 5042166 | 7 | 33 | 23 | | | <0.05 | 360 | 2006 |
| CH210 | CHIARI | 1572149 | 5045797 | 8.3 | 42 | 40 | | | <0.05 | 488 | 2006 |
| CH90 | CHIARI | 1572564 | 5043668 | 6.0 | 38 | 26 | | | <0.05 | 435 | 2006 |
| CH160 | CHIARI | 1569700 | 5044097 | 8.9 | 39 | 36 | | | <0.05 | 501 | 2006 |
| CH2 | CHIARI | 1572682 | 5043169 | 6.0 | 36 | 26 | | | <0.05 | 460 | 2006 |
| RU3 | RUDIANO | 1569095 | 5038974 | 7.5 | 47 | 25 | | 0 | 0 | 506 | 1985-1991 |
| | RUDIANO | 1569422 | 5037073 | 8.0 | 44 | 22 | | 10 | 0 | 472 | 1985-1991 |
| | RUDIANO | 1569220 | 5037662 | 13.5 | 43 | 24 | | 0 | 0 | 517 | 1985-1991 |

Tabella 9.3 – Valori medi dei parametri macrodescrittori.

| | | | | |
|--|--------------------------------|-------------------------|------------|--------------------|
|  | Doc. N. 60390-00009-A00.doc | 04RODII100009000000200A | REV. 00 | FOGLIO 32 di 37 |
|--|--------------------------------|-------------------------|------------|--------------------|

Nello studio "Acque sotterranee in Lombardia" effettuato dalla Regione Lombardia nel 2001, l'area di studio viene definito con stato di degrado della risorsa idrica di media entità (frequenza di pozzi inquinati tra 20% e 50%), causato principalmente da nitrati ed antiparassitari.

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



| | | | | |
|--|--------------------------------|-------------------------|------------|--------------------|
|  | Doc. N. 60390-00009-A00.doc | 04RODII100009000000200A | REV. 00 | FOGLIO 33 di 37 |
|--|--------------------------------|-------------------------|------------|--------------------|

10 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Come illustrato al paragrafo 2 della presente relazione, l'indagine condotta fornisce un inquadramento idrogeologico dell'area della pianura padana interessata dal progetto autostradale di Raccordo alla Tangenziale di Brescia, opera connessa al collegamento tra le città di Brescia e Milano.

Lo studio è stato affrontato secondo una procedura collaudata che prevede, in sintesi: l'esame delle condizioni dell'area, la conseguente ricostruzione dello stato di fatto e, infine, una fase previsionale che metta in relazione l'opera in progetto con il probabile andamento dell'assetto idrogeologico dell'area.

Se è certo che quest'ultimo punto costituisce la fase più delicata dell'intero studio, è altrettanto chiaro che esso ha maggiori possibilità di successo solo se si basa su un'analisi dello stato di fatto e su una ricostruzione storica delle variazioni intervenute nel tempo quanto più accurate possibili. La massa di informazioni originali raccolte (pozzi, piezometri, fontanili) sta a testimoniare quanta importanza sia stata assegnata alla fase conoscitiva.

L'interpretazione dei dati raccolti ha consentito di distinguere aree che mostrano "storie" e comportamenti idrogeologici differenti, sulla base dei quali (così come in funzione della quantità e qualità dei dati disponibili nelle diverse zone e delle caratteristiche dell'opera in progetto nei differenti tratti) sono stati adottati criteri prudenziali diversi relativamente al margine di sicurezza da assegnare nei rapporti tra superficie piezometrica futura ed opera in progetto.

Considerata la notevole estensione dell'area di studio e la conseguente necessità di operare con una vasta quantità e differenti tipologie di dati, nel corso della progettazione è stato ritenuto di non potere effettuare uno studio dettagliato del bilancio idrologico (modellistica numerica a scala regionale) e, per converso, di dovere fare riferimento ai risultati di quanto disponibile in letteratura e, in particolare, agli esiti del recente studio regionale redatto e pubblicato dalla Regione Lombardia, il PTUA - Programma di Tutela ed Uso delle Acque (Rif. 0).

A ciò si aggiunga che le interpretazioni dei livelli piezometrici non possono comunque prescindere dalle condizioni globali di bilancio esistenti nel momento storico a cui si riferiscono. In altre parole, analoghe configurazioni piezometriche possono derivare dal reciproco interagire di cause tra loro anche molto diverse (e.g.: intensità, distribuzione e tipologia della produzione agricola, estensione delle superfici impermeabili, pressione antropica, regime climatico, ecc.).

In fase previsionale è fondamentale la determinazione delle variazioni che potrà subire l'ambiente ove si colloca l'opera; queste variazioni nel caso in esame possono essere (sostanzialmente) ricondotte a modifiche all'uso del territorio e a variazioni climatiche.

Per quanto attiene alle variazioni d'uso del territorio connesse all'attività umana, è stato ipotizzato che l'attuale tendenza all'antropizzazione prosegua così come avvenuto negli ultimi decenni e che le pratiche agricole non subiscano modifiche sostanziali.

Quanto agli aspetti climatici, poiché le incertezze, a qualunque scala si voglia considerare il problema, sono difficilmente quantificabili, è stato considerato che, per la durata nominale dell'opera, sia ragionevole non considerare scenari significativamente differenti da quello attuale.

Si ritiene implicito che future scelte di gestione e utilizzo del territorio che vadano in direzione sostanzialmente differente rispetto alle ipotesi sopra enunciate, così come rapide variazioni climatiche a scala globale e/o regionale, potrebbero comportare mutamenti rispetto a quanto ragionevolmente previsto in Progetto Esecutivo.

Si ipotizza comunque che tali circostanze siano talmente complesse da rendere la previsione quantitativa dei loro effetti un obiettivo teorico di rango accademico.

Società di Progetto
Brebemi SpA



| | | | | |
|--|--------------------------------|-------------------------|------------|--------------------|
|  | Doc. N. 60390-00009-A00.doc | 04RODII100009000000200A | REV. 00 | FOGLIO 34 di 37 |
|--|--------------------------------|-------------------------|------------|--------------------|

In ogni caso, è opportuno chiarire che i margini di sicurezza applicati derivano da una serie di “scelte”, motivate da valutazioni oggettive e soggettive delle caratteristiche idrogeologiche del sito, operate con le opportune cautele che l’importanza di un’opera come quella in progetto richiede.

A tale riguardo, si chiarisce pertanto che:

- il profilo idrogeologico è stato definito sulla base di tutti i dati disponibili lungo il tracciato stradale. Questi dati sono estesi ad un intervallo temporale significativo per svolgere dei confronti con serie storiche di precipitazioni e freaticimetrie, ma non consentono rigorose determinazioni di tipo statistico-probabilistico;
- l’entità e la completezza della base dati disponibili risultano senza alcun dubbio congruenti a quelle che qualificano le progettazioni idrogeologiche d’interventi di analoga importanza collocati in aree prive di adeguate conoscenze pregresse;
- la falda freatica è in ogni caso caratterizzata da una soggiacenza sufficientemente elevata nei riguardi delle quote di progetto stradale.

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



| | | | | |
|--|--------------------------------|-------------------------|------------|--------------------|
| | Doc. N. 60390-00009-A00.doc | 04RODII100009000000200A | REV. 00 | FOGLIO 35 di 37 |
|--|--------------------------------|-------------------------|------------|--------------------|

11 BIBLIOGRAFIA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

11.1 Documentazione di progetto

Consorzio B.B.M. – “Profilo Idrogeologico Longitudinale dal km 0+000 al km 4+000 - Tav. 1/2” Doc.N. 60438-00009-A00.dwg.

Consorzio B.B.M. – “Profilo Idrogeologico Longitudinale dal km 3+900 al km 7+913 - Tav. 2/2” Doc.N. 60439-00009-A00.dwg.

Consorzio B.B.M. – “Relazione geologica” Doc. N. 60389-00009-A00.doc.

Consorzio B.B.M. – “Carta idrogeologica” Doc. N. 60393-00009-A00.doc.

11.2 Riferimenti bibliografici

AA.VV. (2007). Acque Sotterranee. Progetto Riclic. Atti del convegno “I cambiamenti climatici e le variazioni spaziali e temporali delle risorse idriche nella Regione Lombardia”. Milano 21 Novembre 2007.

Airoldi R., Peterlongo G., Casati P., De Amicis M. (1997). Oscillazioni del livello della falda idrica sotterranea milanese nel periodo 1990-1995. Rivista Acque Sotterranee, n. 53.

ARPA della Lombardia, Provincia di Bergamo, C.N.R. sezione di Bergamo. Monitoraggio delle acque sotterranee della Provincia di Bergamo. Rete provinciale pozzi anni 1999-2000-2001.

Autorità di Bacino del fiume Po. Linee generali di assetto idrogeologico e quadro degli interventi Bacino dell’Adda Sottolacuale.

Autorità di Bacino del fiume Po. Linee generali di assetto idrogeologico e quadro degli interventi Bacino dell’Oglio.

Barnaba P.F. (1998). Considerazioni sui lineamenti idrogeologici del sud-est milanese: risorse idriche e falda superficiale. Rivista Acque Sotterranee, n. 58.

Boni A., Cassinis G., Cavallaro E., Cerro A., Fugazza F., Zezza F., Venzo S., Mediolì F. (1968). Carta geologica d’Italia – F. 47 Brescia – Scala 1:100000. Servizio Geologico d’Italia.

Bonomi T., Cavallin A., Verro R. (1997). Banca dati idrogeologica: elaborazioni per la caratterizzazione del sottosuolo nella pianura bresciana. Acqua e Aria, 6. Disat, Bicocca.

Braga G., Bellinzona G., Bernardelli L., Casnedi R., Castoldi E., Cerro A., Cotta Ramusino S., Gianotti R., Marchetti G., Peloso G.F. (1976). Indagine preliminare sulle falde acquifere profonde della porzione di pianura padana compresa nelle province di Brescia, Cremona, Milano, Piacenza, Pavia e Alessandria. «Quaderni dell’Istituto di Ricerca sulle Acque» n. 28, Istituto di Ricerca sulle Acque, Roma.

Ceriani M., Carelli M. (2000). Carta delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino della Regione Lombardia”. Regione Lombardia – Struttura Rischi Idrogeologici e Sismici.

Coatti E., Mancuso M., Piazza L., Lavelli C. (1999). Carta idrogeologica e dei principali elementi di impatto ambientale della fascia dei fontanili compresa tra i fiumi Adda e Oglio – Università degli Studi di Milano Dipartimento Scienze della Terra – CNR Centro per la Dinamica Alpina e quaternaria – Provincia di Bergamo Area V Territorio e Ambiente.

Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca, (1999) – Gli orizzonti della Bonifica nella Provincia di Bergamo. Il Nuovo Piano di Classifica del Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca.

Cozzaglio A. (1932) – Carta geologica d’Italia – F. 47 Brescia – Scala 1:100000. R. Ufficio Geologico.

Società di Progetto
Brebemi SpA



| | | | | |
|--|--------------------------------|-------------------------|------------|--------------------|
|  | Doc. N. 60390-00009-A00.doc | 04RODII100009000000200A | REV. 00 | FOGLIO 36 di 37 |
|--|--------------------------------|-------------------------|------------|--------------------|

Desio A., Gelati R., Comizzoli G., Passeri D. (1962) Carta geologica d'Italia – F.45 Milano. Servizio Geologico d'Italia.

Desio A., Comizzoli G., Gelati R., Passeri L.D. (1966) Carta geologica d'Italia – F. 46 Treviglio. Servizio Geologico d'Italia.

Finazzi M., Bacchi (2004). Studio della variabilità delle precipitazioni intense a vasta scala spaziale. Tesi di Laurea, DICATA, Università degli Studi di Brescia.

Francani V., Denti E., Sala P., Scesi L. (1987) – Studio idrogeologico del Comune di Brescia. A.S.M., Brescia.

Francani V., Zuppi G.M., Denti E., Sala P. e Scesi L. (1988). Studi Idrogeologici sulla Pianura Padana. Litotipografia Grafiche Somalia S.n.c., Cormano.

Francani V., Forti P., Denti E., Sala P., Avanzini M., Turri E. (1991). Studio idrogeologico della parte meridionale delle Prealpi Bresciane.

Francani V., Alberti L. (2007). La problematica della gestione delle risorse idriche sotterranee in comune di Milano e le possibili soluzioni. Convegno Geologia Urbana di Milano.

Italferr S.p.A. (2007). Linea A.V./A.C. TORINO-VENEZIA Tratta Milano-Verona – Lotto funzionale Treviglio-Brescia - Progetto Definitivo – Relazione Idrogeologica.

Maugeri M. (2008). Progetto Kyoto Lombardia. Ricerca sui cambiamenti climatici e il controllo dei gas serra in Lombardia (2004-2007). Presentazione dei risultati, Milano 9 giugno 2008.

Natale L., Cavallini A., Bonomi T. (2008). Le risorse idriche lombarde. Convegno “Cambiamenti climatici – Acqua – Siccità: quali proposte per quale futuro” Pavia 14 Ottobre 2008.

Pozzi R., Francani V. (1977). I problemi idrogeologici della gestione delle risorse idriche di Milano e del suo hinterland. La rivista della strada, anno IVL, n. 426.

Provincia di Milano, Direzione Centrale Ambiente (2000). Le risorse idriche sotterranee nella Provincia di Milano, Vol. 2: Stato qualitativo delle acque anni 1990-1996-1997.

Provincia di Bergamo, Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Milano, Centro di Studio per la Geodinamica Alpina e Quaternaria del CNR. (2000). Carta Geologica della Provincia di Bergamo.

Provincia di Bergamo (2003). Relazione sullo stato dell'ambiente ed aspetti sanitari correlati in Provincia di Bergamo

Provincia di Bergamo (2005). Primo aggiornamento della Relazione sullo stato dell'ambiente ed aspetti sanitari correlati in Provincia di Bergamo.

Provincia di Milano, Assessorato all'Ambiente e Politecnico di Milano D.S.T.M. (1995) – Geologia Applicata. Le risorse idriche sotterranee nella Provincia di Milano Vol. I : Lineamenti idrogeologici.

Provincia di Milano, Assessorato all'Ambiente (1996). Le problematiche idrogeologiche delle aree altamente industrializzate: l'esempio di Milano.

Regione Lombardia, Risorse idriche e Servizi di pubblica utilità (2001). Acque sotterranee in Lombardia, gestione sostenibile di una risorsa strategica.

Regione Lombardia, ENI Divisione Agip, (2002). Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia. A cura di Cipriano Carcano e Andrea Piccin. S.EL.CA. (Firenze).

Regione Lombardia, Direzione Generale Servizi di Pubblica Utilità – Unità Organizzativa Risorse Idriche, (2006). Programma di Tutela e Uso delle Acque.

Società di Progetto
Brebemi SpA



| | | | | |
|--|--------------------------------|------------------------|------------|--------------------|
|  | Doc. N. 60390-00009-A00.doc | 04RODII10000900000200A | REV. 00 | FOGLIO 37 di 37 |
|--|--------------------------------|------------------------|------------|--------------------|

Vercesi P.L., (1993). Aspetti quali-quantitativi delle risorse idriche sotterranee del bresciano. In «Natura Bresciana» Ann. Mus. Civ. Sc. Nat. n. 29, Brescia.

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA

