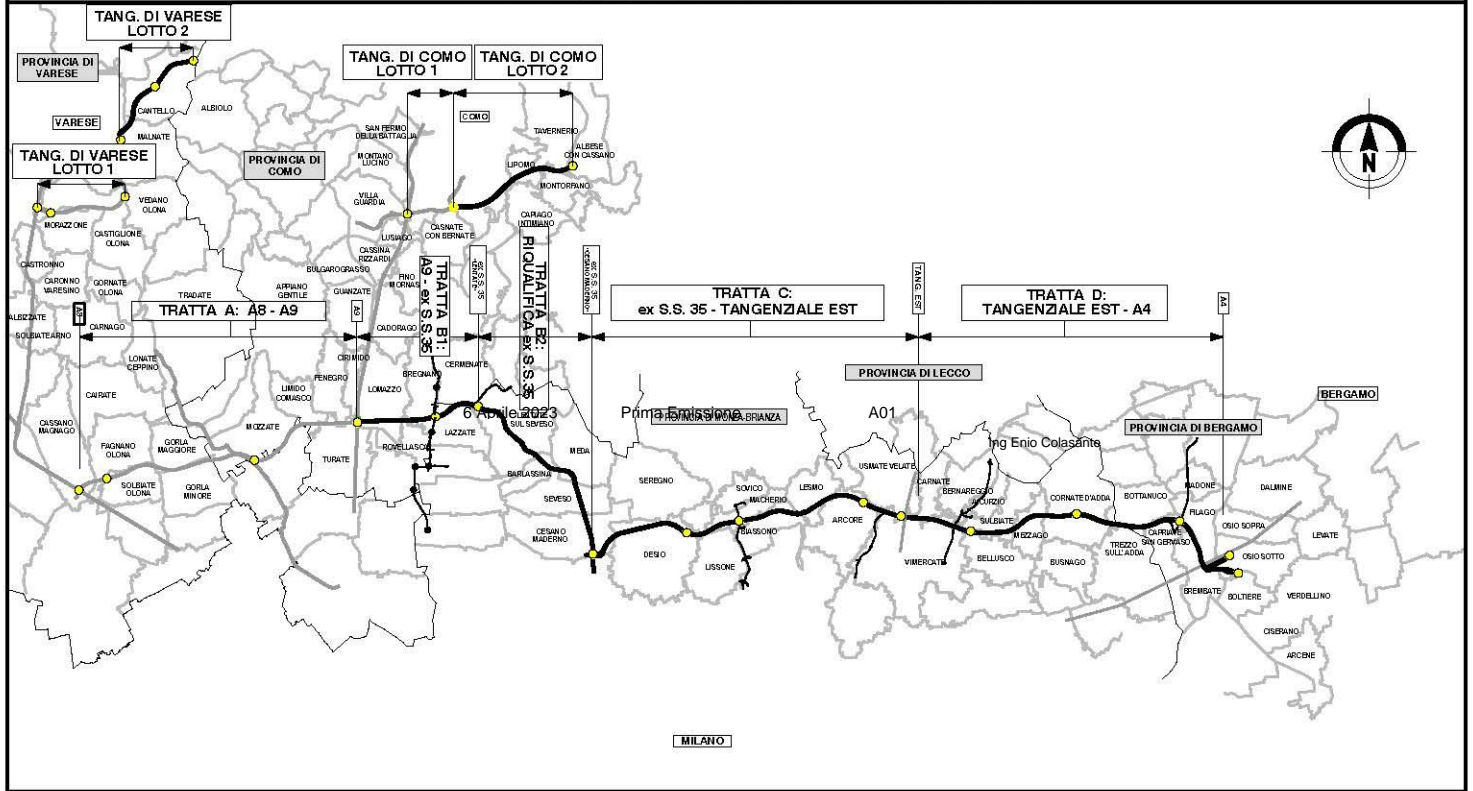


QUADRO DI UNIONE GENERALE



COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE

DALMINE-COMO-VARESE-VALICO DEL GAGGIOLO E OPERE AD ESSO CONNESSE

CODICE C.U.P. F11B06000270007

PROGETTO ESECUTIVO TRATTA B2 RELAZIONE IDROGEOLOGICA

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

FASE PROGETTUALE	AMBITO	TRATTA	CATEGORIA	OPERA	PARTI DI OPERA	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVA	REVISIONE ESTERNA
E	IG	B2	000	GE00	000	RS	001	A

DATA 26 Giugno 2023

SCALA

CONCEDENTE



CONTRAENTE GENERALE

PEDELOMBARDA NUOVA S.c.p.A.

DATA

REVISIONE

6 Aprile 2023	Prima Emissione	A01
26 Giugno 2023	Agg.to contenuti	A02

ELABORAZIONE PROGETTUALE

PROGETTISTI

Ing. Enio Colasante



Redatto

Dott. Giorgio Broglioli

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Carlo Listorti

Visto

Dott. Livia Evangelisti

Approvato

Dott. Marco Sandrucci

CONCESSIONARIO



PROGETTISTA





COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE
DALMINE – COMO – VARESE – VALICO DEL GAGGIOLO
E OPERE CONNESSE

PROGETTO ESECUTIVO

TRATTE B2, C, TRMI10/TRMI17/TRCO06

TRATTA B2

RELAZIONE IDROGEOLOGICA

Sommario

1	INTRODUZIONE.....	5
2	INQUADRAMENTO GENERALE.....	5
3	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E IDROCHIMICO.....	6
3.1	GEOLOGIA.....	6
3.2	GRUPPI IDROSTRATIGRAFICI	9
3.3	ASSETTO PIEZOMETRICO	13
3.3.1	Fattori che influenzano il regime piezometrico annuale.....	13
3.3.2	Andamento storico dei livelli della falda	14
3.3.3	Falde sospese e sorgenti.....	18
3.4	IDROCHIMICA	19
3.4.1	Contaminazioni diffuse.....	19
3.4.2	Contaminazioni concentrate (plume di inquinamento)	24
4	RIELABORAZIONE DATI IDROGEOLOGICI E MODELLO CONCETTUALE IDROGEOLOGICO	30
4.1	DATI IDROGEOLOGICI DI PROGETTO DEFINITIVO	30
4.2	RICOSTRUZIONI PIEZOMETRICHE	34
4.2.1	Falda di progetto	36
4.3	SOGGIACENZA	36
4.4	CONDUCIBILITÀ IDRAULICA.....	37
4.4.1	Permeabilità da letteratura ed esperienze pregresse.....	38
4.4.2	Permeabilità da prove in sito.....	39
4.4.3	Analisi dei dati di permeabilità di Progetto Esecutivo.....	41
5	INTERAZIONE DELL'OPERA CON LA FALDA.....	42
5.1	INTERFERENZA POTENZIALE TRA FALDA E FONDAZIONI.....	42
5.2	INTERFERENZA CON LE OPERE DI CAPTAZIONE LIMITROFE AL TRACCIATO.....	43
5.3	VALUTAZIONE DEI POTENZIALI IMPATTI SULLA FALDA.....	51
5.3.1	Fase di cantiere.....	51
	<i>Aspetti qualitativi</i>	51
	<i>Aspetti quantitativi</i>	53
5.3.2	Fase d'esercizio.....	53
	<i>Aspetti qualitativi</i>	53
	<i>Aspetti quantitativi</i>	53
5.4	CONSIDERAZIONI SULLE MODALITÀ DI UTILIZZO DELLE ACQUE DI FALDA E RELATIVA OTTIMIZZAZIONE SOSTENIBILE.....	53
5.5	VALUTAZIONE DELL'EFFETTO DIGA AD OPERA DEI DIAFRAMMI PROFONDI E RELATIVE MISURE DI OTTIMIZZAZIONE	54
6	MONITORAGGIO QUALI-QUANTITATIVO DELLA FALDA.....	54

6.1	Principi per la realizzazione della rete di monitoraggio per APL.....	55
6.2	Proposta di una rete di monitoraggio per APL.....	55
6.2.1	Rete di monitoraggio qualitativa.....	55
6.2.2	Rete di monitoraggio quantitativa.....	56
6.2.3	Modalità di monitoraggio.....	57
7	ASSETTO IDROGEOLOGICO LUNGO IL TRACCIATO.....	58
	BIBLIOGRAFIA.....	61

1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la relazione idrogeologica di Progetto Esecutivo per la Tratta B2 e la viabilità connessa TRCO06 dell'Autostrada Pedemontana Lombarda e riporta considerazioni circa l'assetto idrogeologico locale sulla base della cartografia geologica ufficiale (fogli CARG 1:50000 Seregno e Vimercate), dei dati bibliografici disponibili, di quelli raccolti presso gli enti competenti (Comuni, Regione, Brianzacque), nonché di altra documentazione tecnica e dei dati raccolti durante le varie campagne di indagine geognostica e geofisica di Progetto Definitivo e dalle indagini di Progetto Esecutivo, presentandone i tratti di maggiore interesse in relazione alla realizzazione dell'opera.

Rimandando l'inquadramento geologico e stratigrafico generale dell'area attraversata alla relazione geologica EGGB2000GE00000RS003a dall'autostrada in oggetto, ove sono individuate le unità Allostratigrafiche affioranti e la descrizione del profilo geologico della tratta B2, si vogliono qui tratteggiare gli elementi caratterizzanti l'assetto idrogeologico generale e di dettaglio, tramite illustrazione testuale e grafica, e rappresentare infine cartografie tematiche che ben manifestino le caratteristiche oscillazioni della falda locale e quelle idrochimiche più rilevanti. Si riporta anche un'analisi delle potenziali interferenze dell'opera con la falda, valutando l'esposizione e vulnerabilità dei pozzi che prelevano le acque in prossimità dell'autostrada, riportando eventuali misure di monitoraggio e mitigazione/compensazione che dovranno essere considerate/integrate/sviluppate in fase esecutiva per contenere al minimo i possibili impatti generati dalla realizzazione della infrastruttura viaria.

2 INQUADRAMENTO GENERALE

L'Autostrada Pedemontana Lombarda è una grande infrastruttura viaria che si va ad inserire nel territorio fortemente urbanizzato dell'hinterland settentrionale di Milano realizzando una connessione che parte dalla provincia di Varese fino ad arrivare a quella di Bergamo.

La tratta B2 si sviluppa in sovrapposizione e sostituzione della SS35 "Milano-Meda", dall'interconnessione con la SS35 in località Lentate sul Seveso all'interconnessione con la SS35 in località Cesano Maderno, per complessivi 9,6 km. La riqualificazione dell'attuale superstrada SS 35 prevede modifiche di asse, altimetria, piattaforma. Sono altresì previste la realizzazione di nuove viabilità a carattere locale.

Il tracciato di progetto della tratta B2 si sviluppa in direzione circa Nord-Sud attraversando i territori dei comuni di Lentate sul Seveso, Barlassina, Meda, Seveso e Cesano Maderno. L'area interessata è situata nella media pianura Padana, a NE della città di Milano. Dal punto di vista morfologico, il territorio risulta sub-pianeggiante, con quote comprese tra 270 m s.l.m. nella zona settentrionale e 200 m s.l.m. in corrispondenza del raccordo con la tratta C, con una pendenza media del 7‰.

Gli elementi idrografici principali sono costituiti dal Fiume Seveso e dal Torrente Certesa. Il reticolo idrografico minore è sviluppato in particolare nelle aree dei pianalti di Meda e delle Groane (cfr. relazione geomorfologica EGGB2000GE00000RS004a per dettagli).

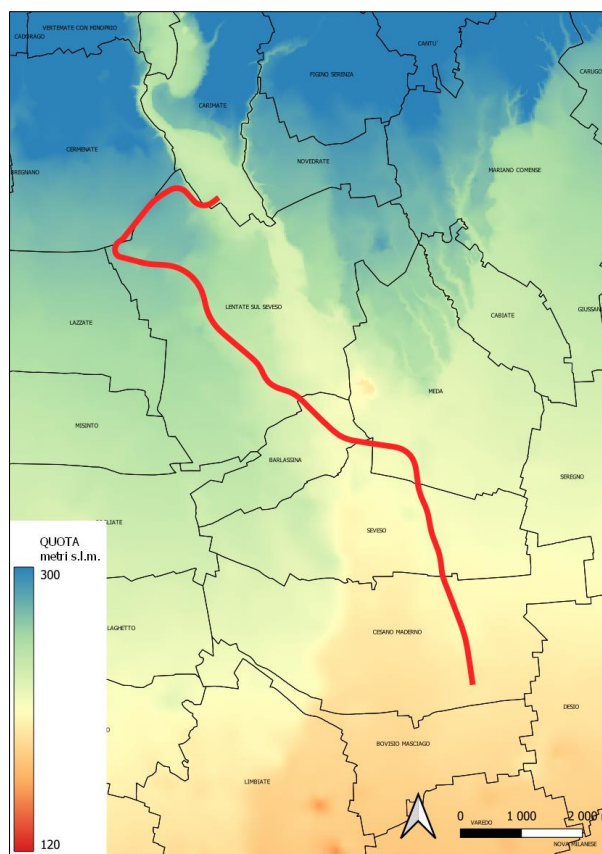


Figura 1 – inquadramento territoriale della tratta B2 e della TRCO06

3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E IDROCHIMICO

3.1 GEOLOGIA

Pur rimandando alla relazione geologica (rif. EGGB2000GE00000RS003a) per maggiori dettagli, è utile ricordare come la tratta B2 si trovi nel settore settentrionale dell’alta pianura Padana, caratterizzato dalla presenza di un’estesa piana connessa agli scaricatori fluvio-glaciali quaternari e più recentemente ai corsi d’acqua attuali.

Questo settore è stato caratterizzato nel Pleistocene da una neotettonica blanda, che ha portato a un lento sollevamento di questa porzione di territorio rispetto a quelle poste in prossimità del Po e di quelle ubicate ad Est del Fiume Oglio. Questo sollevamento ha preservato una rilevante porzione della pianura in esame dalla copertura di depositi dei corsi d’acqua che hanno inciso l’area in tempi successivi (Olocene); questi depositi più recenti rimangono in tal modo confinati in spazi relativamente ristretti disposti in fasce che si allargano progressivamente proseguendo verso Sud, saldandosi insieme a formare l’esteso deposito di alluvioni prevalentemente ghiaioso-sabbiose della pianura lombarda centrale.

I lembi dell’antica pianura costituiti prevalentemente da depositi fluvioglaciali di età compresa tra il Pleistocene Inferiore e Superiore, risultano quindi rilevati di alcuni metri (sono detti per questo motivo “terrazzi”) rispetto ai depositi più recenti, e i loro collegamenti con la piana sottostante sono costituiti da scarpate più o meno incise ed erose che ne consentono una delimitazione ragionevolmente

precisa. Nelle aree maggiormente urbanizzate tuttavia, l'intensa attività antropica ha spesso sensibilmente modificato le caratteristiche morfologiche della zona, livellando le ondulazioni preesistenti e mascherando, talora, la presenza di alcune strutture a terrazzi presenti lungo il corso dei fiumi.

L'area entro cui si sviluppa le tratte B2 è compresa nella Foglio Geologico n. 96 Seregno della nuova cartografia geologica ufficiale d'Italia a scala 1:50.000, di cui si riporta uno stralcio nella figura successiva. Dal rilevamento del Foglio CARG n. 96 Seregno emerge l'evidenza di numerose superfici di discontinuità che separano i sedimenti provenienti dagli antichi bacini idrografici.

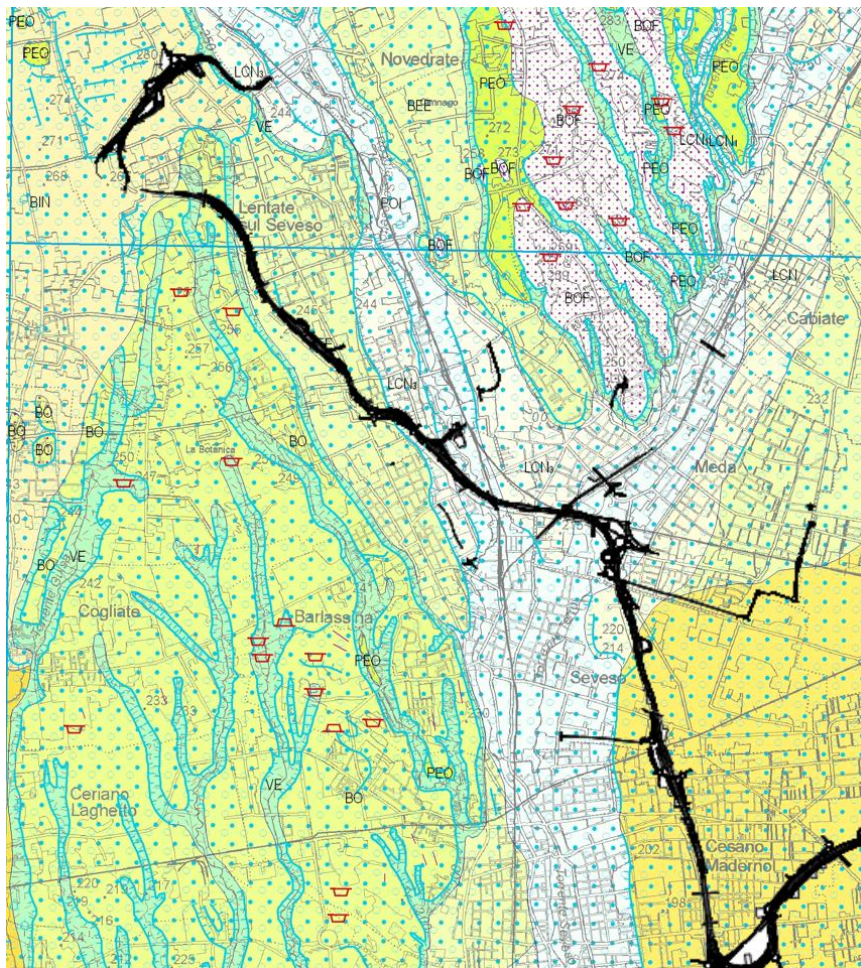


Figura 2– stralcio della carta geologica 1:50000 (CARG) foglio 96 Seregno, lungo il tracciato della tratta B2

Per le unità più recenti (Pleistocene medio e superiore) i bacini di alimentazione sono differenti; ad esempio i depositi dell'Allogruppo di Besnate (BE) interessano buona parte della pianura fino a Carate, Monza e Milano, e sono collegati con le morene frontali del Seveso, mentre gli analoghi depositi provenienti da quello del Lambro ricoprono prevalentemente il settore adiacente, che si colloca più a Est, con quote anche di 15 m inferiori, come ad esempio avviene per il terrazzo pleistocenico di Albiate.

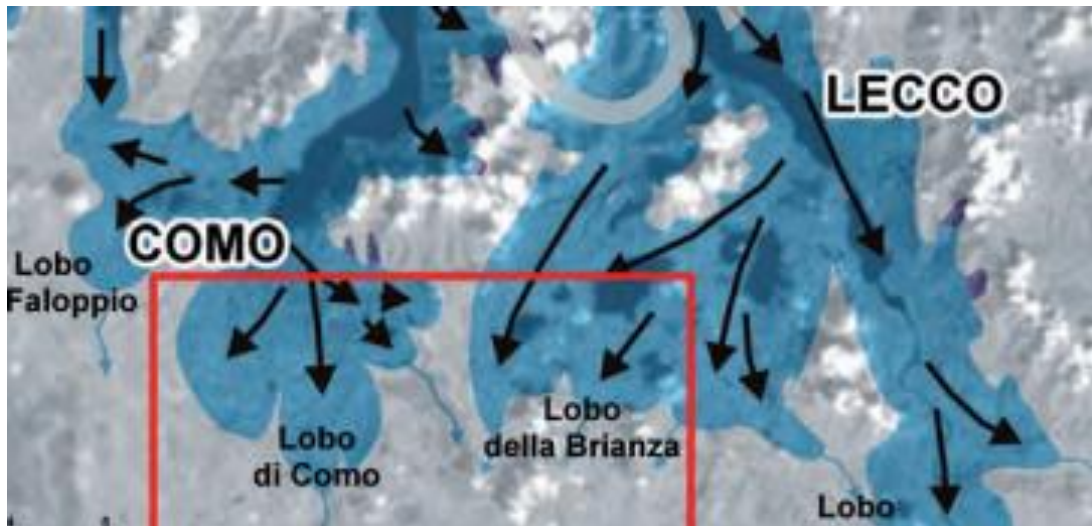


Figura 3: Massima espansione dei ghiacciai nell'ultimo episodio glaciale (LGM), si evidenziano i diversi di alimentazione dei depositi fluvioglaciali presenti nell'area in oggetto (riquadro rosso). (dalle note illustrative del foglio CARG 96 Seregno)

La tratta B2 si sviluppa in direzione circa NNO-SSE e segue dunque la direzione di deposizione principale dei depositi fluvioglaciali, fatto che rende la tratta leggermente più omogenea dal punto di vista geologico rispetto alla tratta C.

Alla base della successione fluvioglaciale del Pleistocene-Medio superiore sopra descritta, sono presenti conglomerati di età Plesitocenico-inferiore/Pliocenica superiore ("Ceppo" Auct.), con spessori massimi nell'area in oggetto fino a 40-50 m (come emerge dalle sezioni del Foglio Seregno e dalle stratigrafie di pozzi per acqua profondi), caratterizzati da alternanza e giustapposizione di settori ben cementati e altri fortemente alterati e degradati. I conglomerati del Ceppo poggiano in discordanza su una successione costituita da un'alternanza di livelli di argille-argille sabbiose di colore grigio verdastro e livelli sabbioso-ghiaiosi (Villafranchiano Auct.). Il tetto dell'unità "Villafranchiana", caratterizzato da un andamento spiccatamente irregolare, non è stato raggiunto dai sondaggi delle campagne di indagine di PD e PE ad oggi disponibili in tratta B2; sulla base delle sezioni geologiche del foglio CARG Seregno e delle stratigrafie di alcuni pozzi profondi limitrofi al tracciato, si colloca ad una profondità attorno a 60 m da p.c. (come si vedrà in tratta C questo limite è stato forse raggiunto presso la g.a. Lesmo 2).

Nella Figura 4 sono rappresentati schematicamente i rapporti fra le unità sedimentarie (alloformazioni) della zona, che vede al disopra di un substrato argilloso-limoso, una copertura di conglomerati il cui tetto è stato variamente inciso nel tempo da corsi d'acqua che hanno colmato le depressioni con depositi alluvionali. I conglomerati hanno natura leggermente differente e diversa età. Il substrato argilloso per un sollevamento tettonico relativamente recente è a quote più elevate nella zona orientale, e i conglomerati che su esso si appoggiano sono più antichi, quindi più alterati dai processi di dissoluzione. Analogamente i depositi alluvionali della zona orientale risultano più antichi e alterati di quelli del bacino del Seveso. Tale fatto comporta un maggiore degrado ed esposizione al dissesto procedendo dalla Valle del Seveso a quella della Molgora, e quindi determina mediamente condizioni geotecniche migliori nella tratta B2 che non nella C.

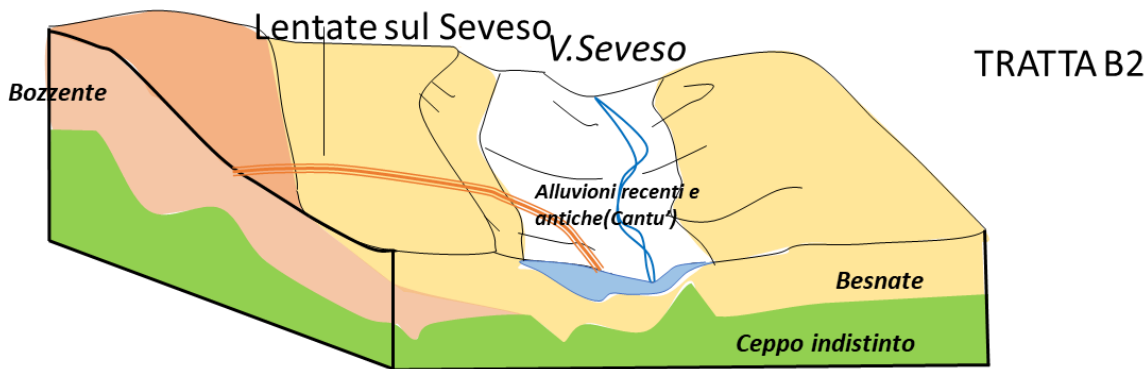


Figura 4: ricostruzione tridimensionale della geologia per la tratta B2

3.2 GRUPPI IDROSTRATIGRAFICI

L'area in oggetto risulta costituita quasi interamente da depositi di origine fluvioglaciale che erano sul foglio geologico Milano a scala 1/100.000 indicati con le denominazioni "Diluvium antico", "Diluvium medio" e "Diluvium recente", corrispondenti a quelle indicate da diversi Autori rispettivamente come fluvioglaciale Mindel, Riss e Wurm.

Un approfondimento delle caratteristiche geologiche e dell'età delle unità che sono state cartografate sul Foglio Milano, ha successivamente portato a una ridefinizione dei gruppi idrostratigrafici, che sono stati suddivisi in gruppo A, B e C da Regione Lombardia e da ENI nel 2001.

Il gruppo C, il più antico e profondo, viene a corrispondere alle "argille cineree con torbe, ghiaie e sabbie" citate da numerosi Autori anche come "Villafranchiano" o "argille sotto il Ceppo".

Il gruppo B comprende alla base ghiaie e conglomerati (noti come "Ceppo Lombardo" nella letteratura), e nella parte superiore ghiaie e sabbie con frequenti livelli argilloso-limosi, mentre al gruppo A, il più superficiale, sono ascritte ghiaie e sabbie prevalenti sugli scarsi livelli fini.

Un'introduzione alla descrizione della struttura idrogeologica basata su questa suddivisione è la rappresentazione semplificata e schematizzata che corrisponde alla parte destra della Figura 3 ripresa da V. Francani e al. (2010) dove sono riportati, a valle delle cerchie moreniche (mA e mB) i terrazzi formati alla base del gruppo C, e superiormente dal Ceppo (CD) e dal gruppo B e C ricoperti in discordanza dai più recenti depositi del gruppo A e dalle alluvioni dei corsi d'acqua (Seveso e Lambro).

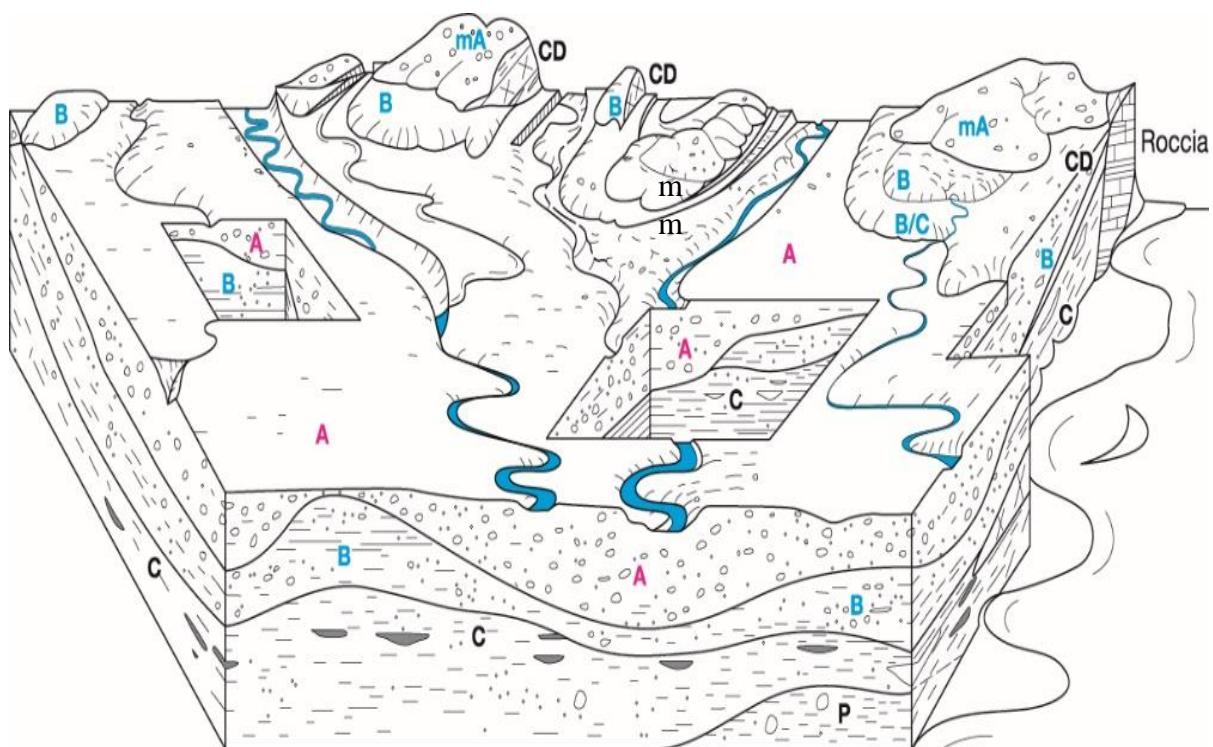


Figura 5: schematizzazione della struttura idrogeologica dell'alta pianura a N di Milano (da Francani e al., 2010).

Nel PTUA 2016 della Regione Lombardia è stata effettuata una revisione dei gruppi idrostratigrafici, adottando una diversa denominazione. Per chiarezza in Figura 6: si riporta un confronto, per l'area briantea, tra i gruppi idrostratigrafici di Regione Lombardia/ENI precedentemente citati e le idrostrutture del PTUA 2016.

UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE (Foglio 1:100000) Milano	ALLOFORMAZIONI (fogli Seregno, 1:50000) CARG Milano	GRUPPI IDROSTRATIGRAFICI (Regione Lombardia/ENI, 2005)	IDROSTRUTTURE (PTUA 2016)
Fluvioglaciale Wurm (Diluvium recente)	Allogruppo di Besnate e Cantù, Sintema del Po	A	ISS (idrostruttura sotterranea superficiale)
Fluvioglaciale Riss-Mindel (Diluvium Medio, Diluvium Antico)	Sintema di Besnate, Sintema di Binago, Sintema della Specola, Allogruppo del Bozzente	B	ISI (idrostruttura sotterranea intermedia)
qCeppo Auct.	Ceppo di Inverigo, Ceppo della Bevera		
Villafranchiano Auct.	Unità di Lazzate (?), Argille di Castel di Sotto	C	ISP (idrostruttura sotterranea profonda)

Figura 6: Confronto tra gruppi idrostratigrafici adottate da Regione Lombardia e Eni nel 2005 e idrostrutture del PTUA 2016

In accordo con gli elaborati del PTUA 2016 (Tavola 02, ridisegnata in Figura 7) nell'area di progetto è presente l'idrostruttura profonda ISP e superficiale ISS, mancando del tutto quella intermedia (ISI),

il cui limite è posto a S di Monza. ISS comprende i gruppi A e B che in questo tratto costituiscono un acquifero indifferenziato (il cosiddetto acquifero A/B, data l'assenza di livelli impermeabili con continuità apprezzabile) caratterizzato da una falda a carattere libero con soggiacenza media compresa (settembre 2014) tra 70 metri (Lentate S.S.) e 25 metri (Seveso - Meda).

A partire dal settore meridionale del Comune di Monza e soprattutto nei territori di Cinisello e Sesto S. Giovanni il PTUA evidenzia la comparsa di livelli fini a bassa permeabilità che determinano l'inizio della separazione idraulica tra idrostruttura superficiale ISS e idrostruttura intermedia ISI (Figura 7).

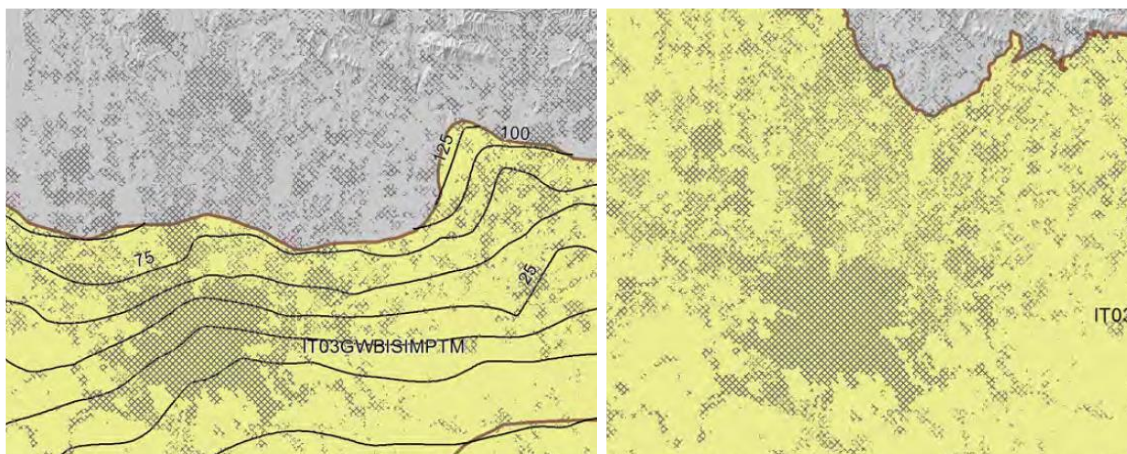


Figura 7: – a sinistra ISI, che non interessa Pedemontana, a destra ISS indifferenziato, nella zona di APL (tratto dalla Tavola 02 del PTUA 2016)

Posto che l'idrostruttura profonda ISP (gruppo C) è protetta dal substrato limoso-argilloso soprastante, è utile concentrare l'attenzione per Pedemontana Lombarda sull'idrostruttura superficiale ISS.

In tratta B2 lo spessore complessivo della idrostruttura ISS (gruppo A e B) è piuttosto rilevante, tendenzialmente compresa tra 50 e 110 m circa.

Di particolare rilevanza il fatto che il tetto di questo gruppo è una superficie di erosione piuttosto irregolare; gli acquiferi sabbiosi "villafranchiani" del gruppo idrostratigrafico C sono distintamente inclinati e possono quindi localmente venire a contatto con gli acquiferi contenuti nei gruppi A - B con possibilità di scambi idrici che, nella zona di progetto, appaiono remotamente possibili, ed eventualmente solo laddove si rileva una minore profondità del tetto del villafranchiano (fino a ca. 40-50 m da p.c. a Lesmo).

Sottounità	Unità idrogeologica		Caratteri idrogeologici	Spessore	
				Alta pianura	Bassa pianura
Alluvioni e fluvioglaciale recente	Acquifero superficiale e o primo acquifero	Acquifero tradizionale	Falde libere, di elevata trasmissività nella parte alta della pianura (Milano compresa)	In media 40 m	Circa 10 m
Fluvioglaciale antico o "Diluvium Medio"	Secondo acquifero		Falde semiconf. nell'alta pianura, confinate nella media e bassa pianura, trasmissività media	In media 80 m	In media 120 m
Fluvioglaciale antico o "Diluvium Antico"					
Ceppo					
Acquifero sotto il Ceppo					
Villafranchiano	Acquifero profondo o terzo acquifero		Falde confinate, trasmissività scarsa	Circa 150 m	

Figura 8: Schema unità idrogeologiche pianura lombarda (da Regione Lombardia: Acque sotterranee in Lombardia gestione sostenibile di una risorsa strategica)

Interessante notare come nell'area briantea, ove è più marcata la presenza di ghiaie cementate e conglomerati (comunemente noti con il nome di "Ceppo"), la durezza delle acque risulti superiore a quella di altre porzioni di territorio limitrofe. Chiaramente questo parametro sottolinea anche la possibilità che nelle aree indicate in colore rossastro vi sia una maggiore componente carbonatica che favorisce sia la cementazione delle ghiaie ma anche, in caso di dissoluzione, la genesi degli Occhi Pollini.

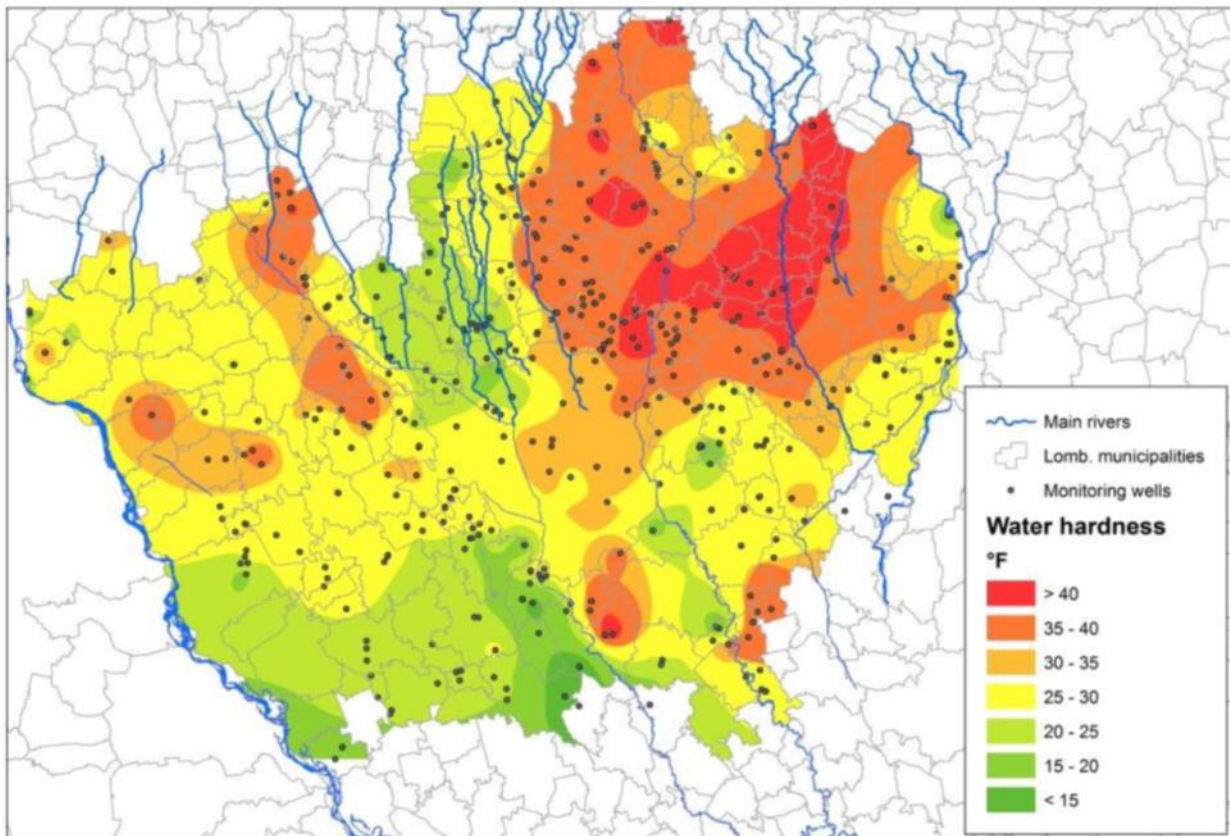


Figura 9: carta della durezza dell'acqua sotterranea, ove si nota che nel territorio brianteo, ove è frequente la presenza di ghiaie cementate e conglomerato, la componente carbonatica è superiore ai territori limitrofi (fonte: La gestione sostenibile delle risorse idriche sotterranee: approcci metodologici e strumenti operativi, 2016, M.Gorla, gruppo CAP)

3.3 ASSETTO PIEZOMETRICO

Come si è visto nel capitolo precedente, è possibile affermare che l'assetto piezometrico che interessa il progetto di APL è quello della falda più superficiale (acquifero "AB" indistinto o idrostruttura ISS).

Nei paragrafi seguenti verranno esaminati i fattori che concorrono alla variabilità della tavola d'acqua, mettendo in luce l'andamento storico della falda, al fine di garantire che il progetto tenga in considerazione debitamente l'assetto idrogeologico locale e la sua evoluzione nel tempo.

3.3.1 Fattori che influenzano il regime piezometrico annuale

Come è ben noto, durante l'anno solare il livello piezometrico della prima falda presenta escursioni metriche che sono legate in particolar modo:

- ✓ al regime pluviometrico
- ✓ alle attività irrigue
- ✓ ai pompaggi da pozzo

È interessante osservare come tutte queste voci di bilancio idrogeologico siano tra loro asincrone.

Infatti, le maggiori precipitazioni annuali nel territorio in oggetto si verificano mediamente nei mesi primaverili ed autunnali, mentre i maggiori apporti irrigui si osservano nei mesi estivi; in questi ultimi

e in particolare ad agosto si rilevano anche i pompaggi meno consistenti dalla falda. Questi elementi si combinano secondo una successione non ben definibile statisticamente nell'area in oggetto. Se la distribuzione delle piogge nel territorio può essere considerata piuttosto omogenea in senso lato, essa produce però infiltrazioni di rilievo solamente ove è assente l'urbanizzazione: queste aree sono dunque "grosso modo" sovrapponibili alle aree agricole, in aggiunta a parchi e altre aree incolte.

Questo fa sì che l'apporto meteorico si sovrapponga spazialmente con quello legato all'irrigazione. Per quanto riguarda i prelievi da falda i pompaggi più rilevanti si osservano presso i centri abitati/industriali più importanti.

L'effetto combinato di queste voci di bilancio determina che il regime della falda risulti disomogeneo a livello spaziale.

Per quanto attiene l'analisi del regime piezometrico dell'area monzese negli anni si rimanda al paragrafo seguente, mentre per le ricostruzioni dell'andamento della falda in prossimità del tracciato si rinvia al paragrafo 3.3.2.

3.3.2 Andamento storico dei livelli della falda

Per comprendere l'evoluzione della falda nel territorio monzese sarebbe stato molto utile poter disporre di almeno un centennio di misurazioni del livello piezometrico, ma purtroppo tali informazioni non risultano sufficientemente complete e/o disponibili, in particolare per il territorio brianteo. Per la città di Milano, invece, esistono alcune serie storiche di lunga durata, quali quelle reperibili a nord della città per la stazione di Comasina (dal 1920 -figura successiva). Come si può vedere dal grafico, in seguito al picco negativo degli anni 1974-75 legato alla pesante industrializzazione del territorio e alla crescita demografica, la falda ha recuperato quote via via superiori, sebbene non ancora ai livelli quasi "naturali" di inizio XX secolo. L'influenza dei cambiamenti nell'uso del suolo nei settori settentrionali di Milano e nei comuni di Sesto S.G. e Cinisello ha quindi determinato una forte alterazione del livello idrico ipogeo in quelle zone. A Monza molto probabilmente tale variazione è da ritenersi "smorzata", a causa di una evoluzione del territorio meno brusca e di condizioni idrogeologiche differenti.

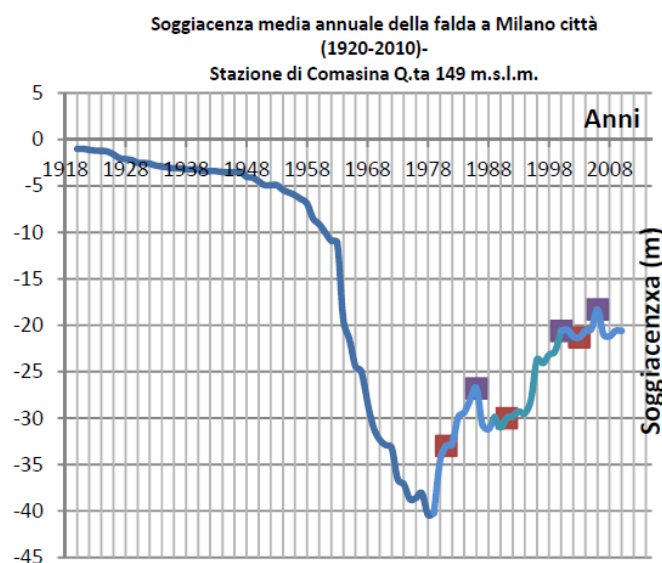


Figura 10: soggiacenza media annuale della falda a Milano, stazione Comasina, dal 1920 al 2010 che mostra la pesante influenza di fattori socioeconomici sull'assetto piezometrico

Per la zona di Milano nord, Sesto S.G. e Cinisello B. il grafico summenzionato esemplifica nel particolare quella che in linea generale è la forte influenza che lo sviluppo socio-economico della città di Milano e del suo hinterland ha avuto sull'andamento della falda, e in particolare:

- Fino agli anni '50 del secolo scorso la falda milanese viene considerata rappresentativa della condizione quasi "naturale" (certamente non del tutto, vista l'esistenza di una già consistente pressione antropica legata all'uso dei pozzi per l'approvvigionamento di acqua potabile), caratterizzata da una soggiacenza di pochi metri dal piano campagna e un andamento quasi "rettilineo" delle isopieze anche in comune di Milano (OSO-ENE). Per Monza non vi sono dati al riguardo, ma è lecito ipotizzare una configurazione seminaturale anche in quel caso.
- Dal 1955 al 1975, in corrispondenza del boom economico, dell'aumento della popolazione e l'insediamento di grandi poli industriali (es. Falck, Breda) si registra un incremento del consumo d'acqua ed un progressivo abbassamento del livello di falda, con depressioni massime anche ben superiori a 20-30 m nella parte settentrionale di Milano. A Monza nel 1966 l'andamento della falda inizia a risentire di tale abbassamento, con perdite di carico più rilevanti verso sud (intorno ai 10 m) e meno rilevanti verso nord (<5m).
- Dal 1975 al 1990 la falda inizia ad innalzarsi in concomitanza con il calo demografico della città di Milano e con la chiusura di alcuni grandi insediamenti industriali idroesigenti.
- A partire dagli anni '90, con la chiusura dei grandi poli industriali e il decremento demografico generalizzato, il consumo d'acqua diminuisce notevolmente, con il conseguente innalzamento del livello di falda. Il decremento nei prelievi totali di falda durante il quarantennio (1967-2003), per Milano e provincia (compresa quindi anche Monza), è stato tale da portare i valori da 4,3 miliardi di m³ a 0.9 miliardi di m³, e quelli industriali da 1.2 miliardi di m³ a 0.3 miliardi di m³.

Focalizzando maggiormente l'attenzione sull'area interessata dal tracciato dell'opera in progetto, sono stati richiesti ed ottenuti i dati relativi alle misure del livello piezometrico effettuate da ARPA su una rete di pozzi; come già anticipato le serie non coprono un lasso temporale particolarmente esteso, ma consentono di valutare l'andamento dei livelli nell'arco degli ultimi anni. Si riportano di seguito i grafici time-plot relativi ai pozzi di maggiore interesse per la tratta B2 dell'asse autostradale, la cui ubicazione è riportata in Figura 11.

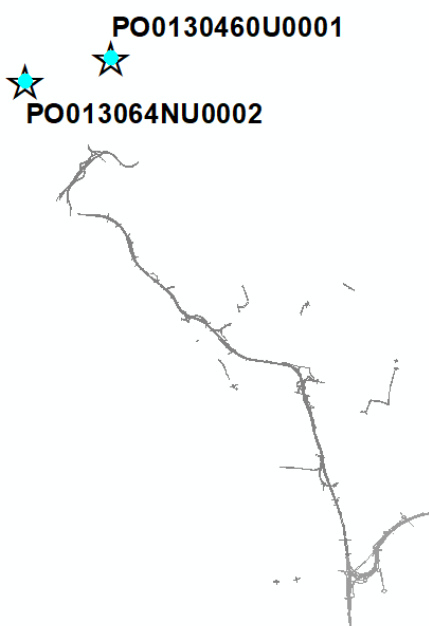


Figura 11 - Ubicazione dei pozzi di interesse per la tratta B2 dell'asse autostradale in progetto per cui ARPA ha fornito le registrazioni dei livelli piezometrici

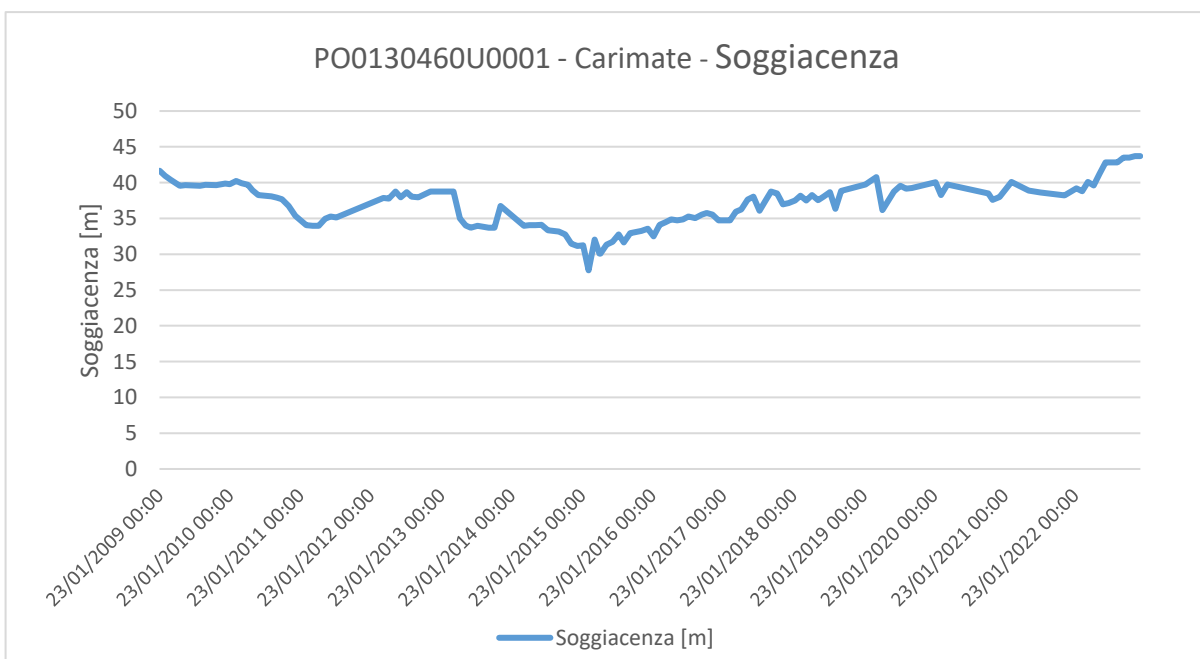
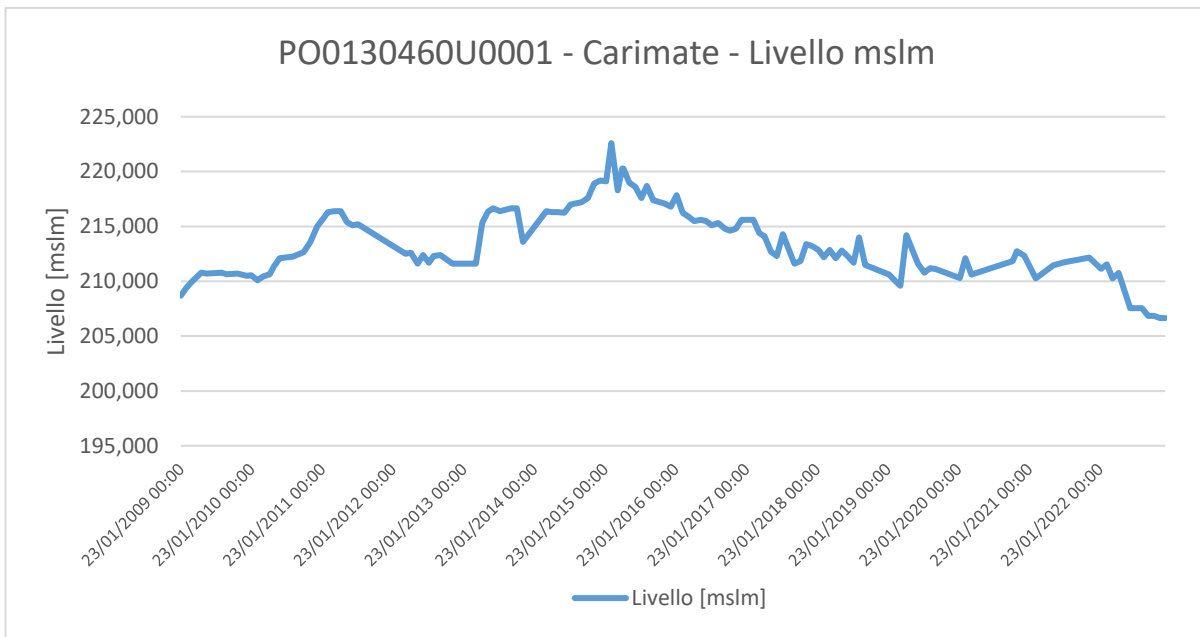


Figura 12 - Andamento del livello piezometrico e della soggiacenza nel pozzo PO0130460U0001 ubicato a Carimate

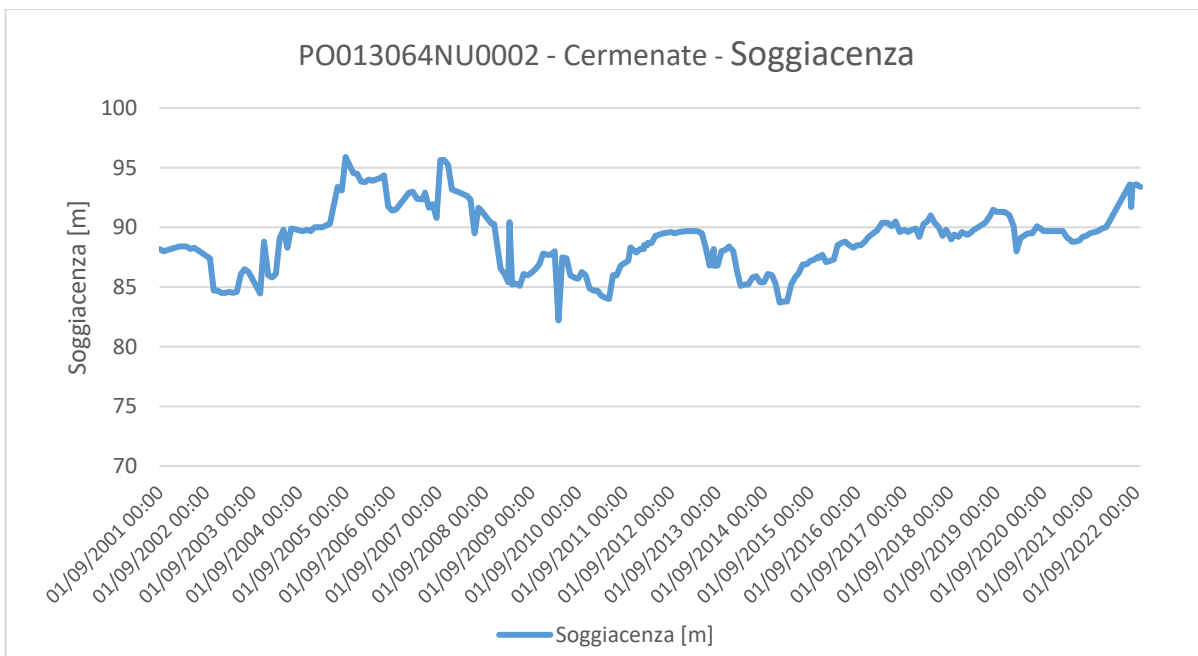
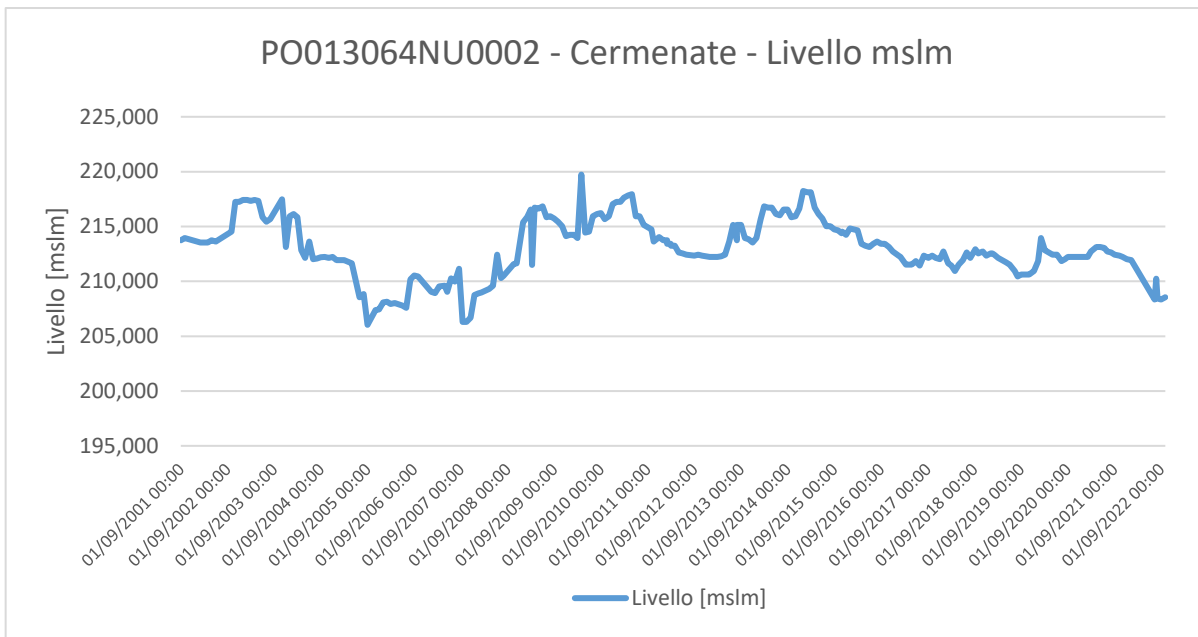


Figura 13 - Andamento del livello piezometrico e della soggiacenza nel pozzo PO013064NU0002 ubicato a Cermentate

Per l'area di interesse rispetto allo sviluppo del tracciato della tratta B2 dell'opera in progetto sono disponibili le registrazioni delle misure di livello piezometrico di due soli pozzi, ubicati peraltro entrambi nella porzione settentrionale, rispettivamente nei comuni di Carimate e Cermentate. Dall'analisi dei grafici time-plot dei livelli e delle soggiacenze registrate nell'arco degli ultimi tredici anni per il pozzo di Carimate e degli ultimi ventidue anni per quello di Cermentate, si rileva come i livelli più elevati siano stati rilevati nel mese di febbraio 2015 nel primo caso ed aprile del 2010 nel secondo.

Sebbene il periodo 2014-2015 appaia a tutti gli effetti come un picco "relativo", favorito da precipitazioni elevatissime (nel 2014 l'altezza di pioggia cumulata è risultata pari a poco meno del

doppio¹ della media centennale²), esso si inserisce all'interno di un trend generale di innalzamento dei livelli di falda rispetto ai minimi storici degli anni '70 del secolo scorso e pertanto i valori registrati potranno probabilmente essere superati in futuro.

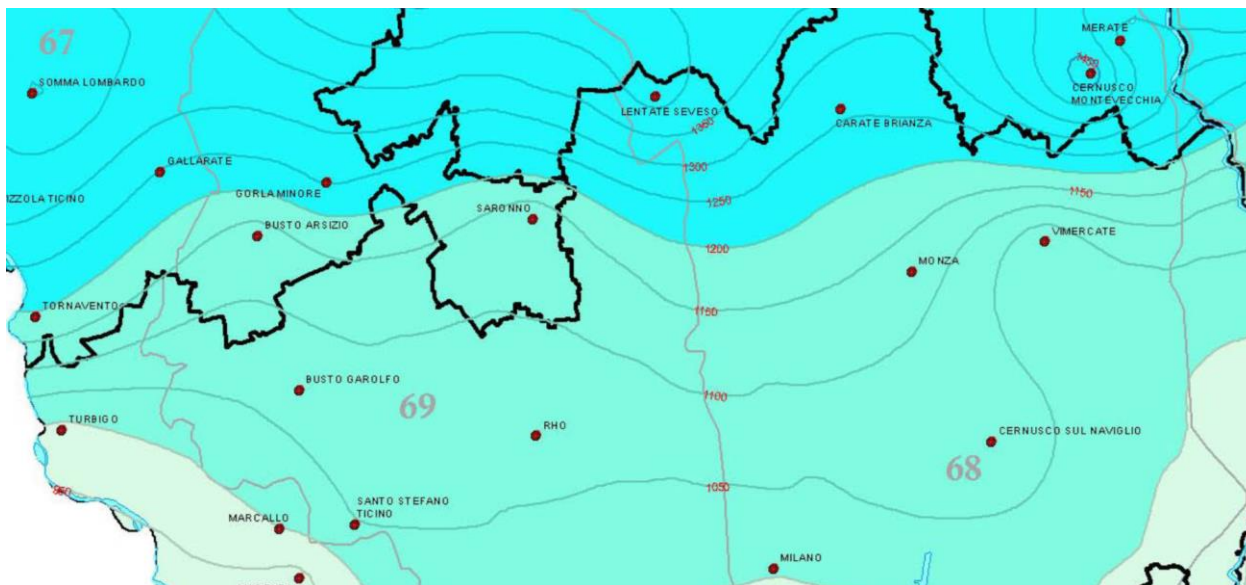


Figura 14: Carta delle precipitazioni medie annue del territorio alpino lombardo centennali 1881-1990 (Ceriani, Carelli – Reg. Lombardia) che a Monza risultano essere pari a ca. 1150 mm di pioggia.

Ai fini progettuali si ritiene in ogni caso sufficientemente cautelativo utilizzare come riferimento la carta piezometrica riferita al mese di settembre 2014, riportata e descritta nel successivo capitolo 0.

In termini di escursione piezometrica, i dati mostrano una maggiore variabilità verso ovest (escursioni annuali al massimo pari a 5 m) che verso est (escursioni annuali tendenzialmente comprese nei 2 m).

3.3.3 Falde sospese e sorgenti

Le falde acquifere sospese sono un fenomeno geologico interessante che si verifica quando un litotipo permeabile (ghiaie o sabbie, oppure uno strato di roccia porosa) è localizzato al di sopra di uno strato poco permeabile, sia esso un livello limoso-argilloso o uno strato di roccia impermeabile. L'acqua si accumula quindi sopra questo strato impermeabile, formando una falda acquifera, che solitamente (ma non sempre) presenta un bacino di alimentazione limitato spazialmente e risulta maggiormente dipendente dalle precipitazioni meteoriche rispetto agli acquiferi "regionali".

La conoscenza delle falde acquifere sospese è però molto lacunosa, dato che non esistono documenti che ne attestino estensione e trasmissività (produttività); talvolta possono generare sorgenti, quando sono presenti terreni e scarpate acclivi (come nella parte settentrionale della provincia di Monza e Brianza).

Nei PGT dei comuni interessati dal passaggio della tratta B2 sono poche le citazioni di questo fenomeno. Si è dunque integrata detta valutazione con la geologia locale, alla ricerca di limiti di

¹ Consultare le tavole di precipitazione cumulata annuale per i capoluoghi di provincia al sito <https://www.istat.it/it/archivio/284518>

² Carta delle precipitazioni minime, medie e massime annue del territorio alpino lombardo 1881-1990. Regione Lombardia, Direzione Generale Territorio ed Urbanistica. Autori M.Ceriani e M.Carelli con la collaborazione di U.Agnelli, N.Bodio, S.Colombo, S.Lauzi, M.Martelli -

permeabilità all'interno delle formazioni geologiche più tipicamente associabili a questi fenomeni, i till o morene.

Purtroppo neanche con piezometri troppo profondi è semplice individuarle, e dunque ci si deve accontentare di effettuare valutazioni qualitative basate sulla pianificazione, notizie locali e la natura dei depositi.

Ne consegue che è stata individuata 1 sola zona in tratta B2, in comune di Lentate sul Seveso, potenzialmente interessata da falde sospese, delle quali non è assolutamente prevedibile né l'estensione né la loro entità (essendo assenti sorgenti misurabili che ne facciano emergere le acque lungo la Pedemontana), e in particolare tra la pk 0 e la 1+700.

Non sono note sorgenti di interesse potenzialmente i cui circuiti di alimentazione risultino interferenti con il progetto in tratta B2.

3.4 IDROCHIMICA

Lo stato della qualità delle acque nella zona considerata è oggetto di numerosi studi, fra i quali molti di ARPA, Provincia di Milano, CAP e Politecnico di Milano (sezione Geologia).

Questi lavori hanno evidenziato l'esistenza di una vasta area interessata da inquinamenti diffusi, quali ad esempio quelli a carico di nitrati e solventi clorurati, e da inquinamenti concentrati (plume di TCE, PCE, TCM o Cr VI, ad esempio).

Nei prossimi paragrafi si riportano alcune cartografie che illustrano la distribuzione di entrambe le tipologie di contaminazione, in vista delle possibili interferenze dello scavo con la distribuzione delle concentrazioni degli inquinanti.

3.4.1 Contaminazioni diffuse

Osservando alcune di queste elaborazioni o cartografie tematiche, si osserva che la zona di progetto è in effetti interessata da valori piuttosto elevati di conducibilità elettrica (cfr. figura successiva).

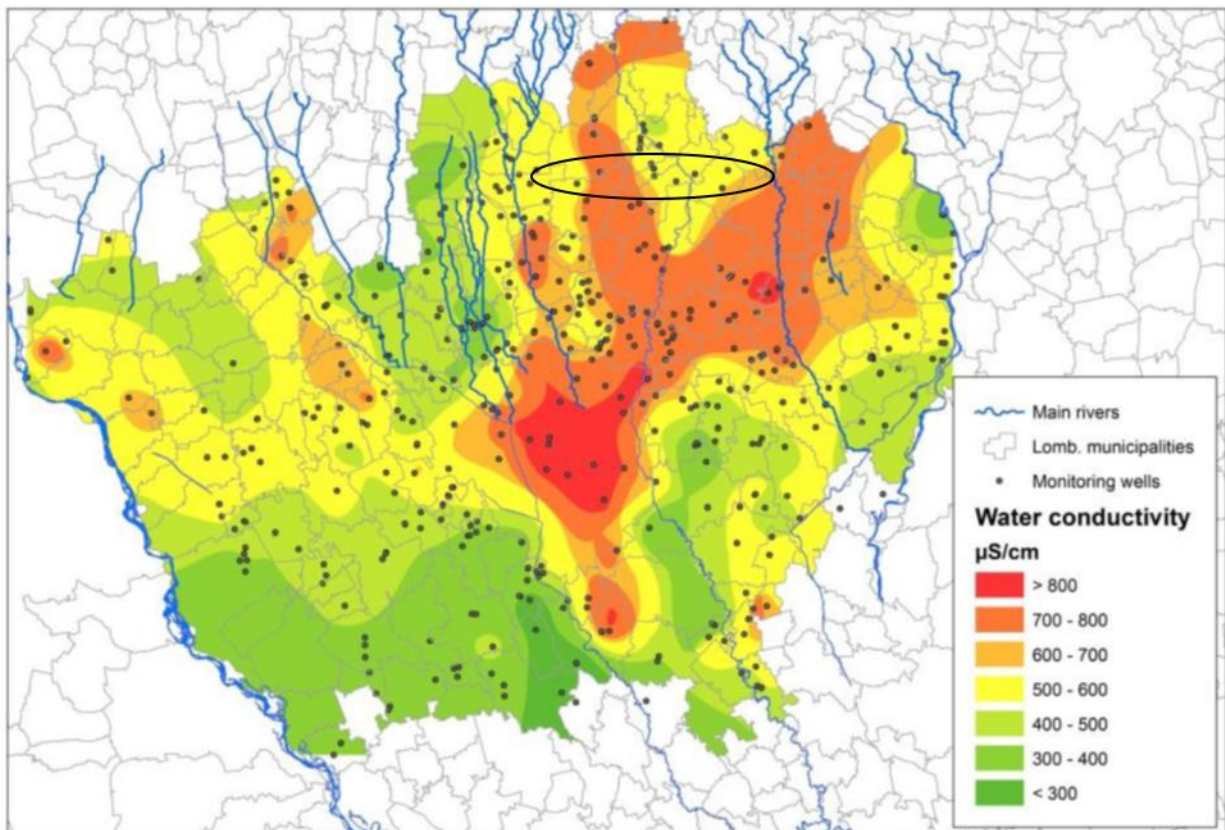


Figura 15: conducibilità elettrica nelle acque di falda, generico parametro indicatore per evidenziare la presenza di composti polari nelle acque (minerali, metalli, reflui urbani, ecc...); nella zona di progetto (ellisse nera) si evince un sensibile inquinamento diffuso e/o una maggiore presenza di ioni disciolti in acqua, anche di origine naturale (vedasi la durezza dell'acqua in Figura 9).

Tra gli inquinamenti diffusi di maggiore rilevanza ci sono infine quelli legati alla presenza di solventi clorurati nelle acque. In Figura 16 si nota come l'area di progetto sia interessata dalla presenza di queste sostanze con concentrazioni non trascurabili.

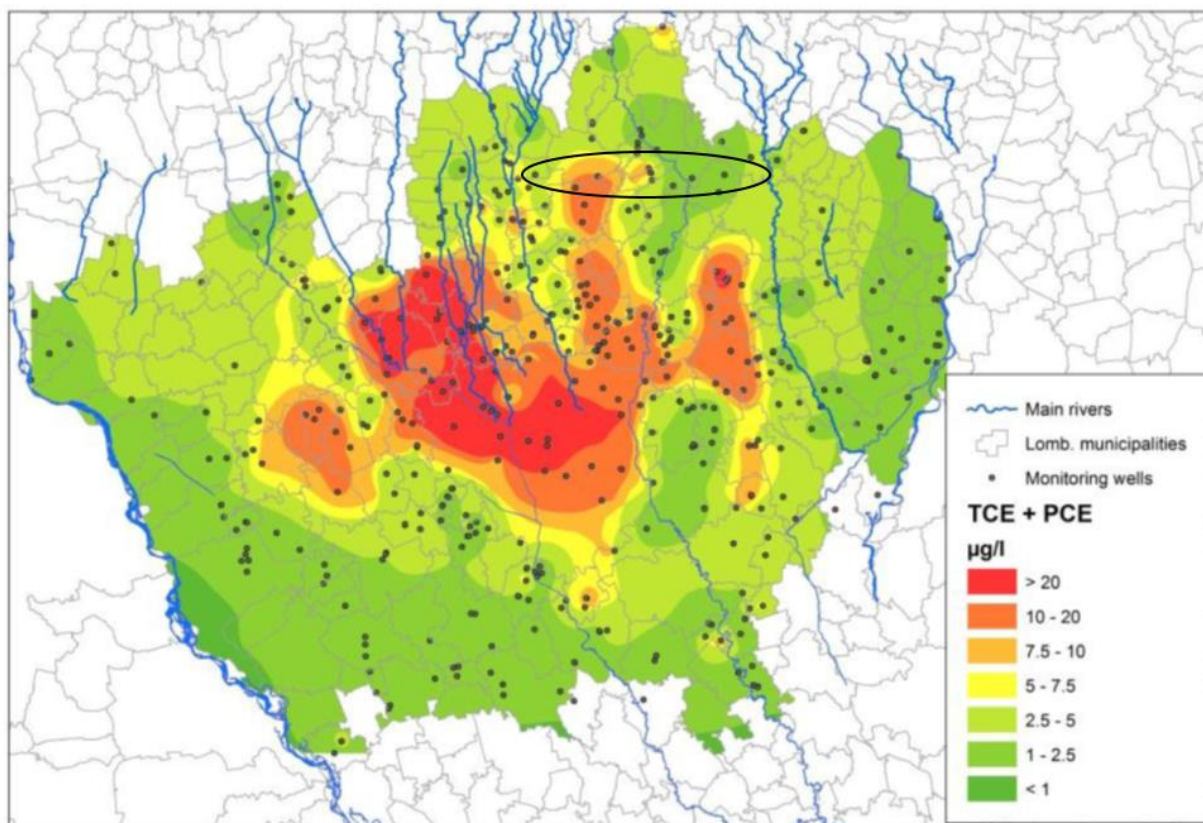


Figura 16: contaminazione diffusa da TCE e PCE nelle acque di falda; la zona di progetto è parzialmente interessata da contaminazioni diffuse di questi solventi

Una “fotografia” recente dello stato di contaminazione delle acque sotterranee è contenuta nel rapporto di ARPA Lombardia intitolato “Stato delle acque sotterranee in Regione Lombardia – Corpi idrici sotterranei—Giugno 2021”. Il documento è frutto del monitoraggio delle acque superficiali e sotterranee che l’agenzia svolge in maniera sistematica sull’intero territorio regionale dal 2001, aggiornato secondo la normativa vigente. La rete di monitoraggio adottata è rappresentata nella Figura 17. Come noto, la qualità delle acque sotterranee può essere influenzata sia dalla presenza di sostanze inquinanti attribuibili principalmente ad attività antropiche (di tipo diffuso o puntuale), sia dalla presenza di sostanze di potenziale origine naturale (ad esempio Arsenico, Ferro, Manganese, Ione Ammonio) che possono compromettere gli usi della risorsa idrica. La qualità dell’acqua prelevata è stata classificata da ARPA come “BUONA” se tutte le sostanze sono presenti in concentrazioni inferiori agli standard di qualità (SQA) e ai valori soglia (VS) riportati nell’Allegato 3 del D.Lgs. 30/2009 così come modificato e integrato dal Decreto Ministeriale 6 luglio 2016. Nel corso del sessennio 2014-2019, a livello regionale, i principali superamenti rivenuti dall’agenzia sono rappresentati dalle sostanze riportate nella Tabella 1.

Il DM del 6 luglio 2016 ha apportato alcune modifiche ai Valori Soglia stabiliti dalla Tabella 3 della parte A dell’Allegato 3 del D. Lgs.30/2009, tra cui le più rilevanti sono - l’inserimento di alcuni Composti Perfluorurati, l’eliminazione dei Valori soglia per il Tricloroetilene (1,5 µg/l), per il Tetracloroetilene (1,1 µg/l), per la Sommatoria degli Organoalogenati (10 µg/l) e l’inserimento del Valore soglia per la somma di Tricloroetilene e Tetracloroetilene (10 µg/l).

Ciò premesso, ARPA ha rilevato come, negli anni del sessennio oggetto dello studio (2014-2019), in buona parte dei Corpi Idrici sotterranei della Lombardia la presenza più significativa riguarda i solventi clorurati, in particolare Triclorometano (anche in acquifero profondo) Tetracloroetilene e Tricloroetilene, in misura minore, nel primo triennio 2014-2016, e con l’entrata in vigore del DM del 6 luglio 2016 la somma di Tricloroetilene e Tetracloroetilene nel secondo triennio 2017-2019.

Arsenico, ma soprattutto Ione Ammonio presentano frequenti superamenti dei Valori Soglia anche nei Corpi Idrici di Media Pianura e in quelli superficiali di Bassa Pianura; superamenti, comunque più contenuti, di Cromo VI si rilevano nei Corpi Idrici di Alta e Media Pianura.

Sostanze chimiche
Ione Ammonio (NH ₄ ⁺)
Tetracloroetilene
Triclorometano
Tricloroetilene + Tetracloroetilene
Tricloroetilene
Arsenico
Cromo VI
Bentazone
Diclorobenzammide 2,6
Atrazina
AMPA
Atrazina-desetil
Terbutilazina (incluso metabolita)
Nitrati

Tabella 1 - Principali superamenti di SQA o VS (sessennio 2014-2019) - fonte: ARPA 2021

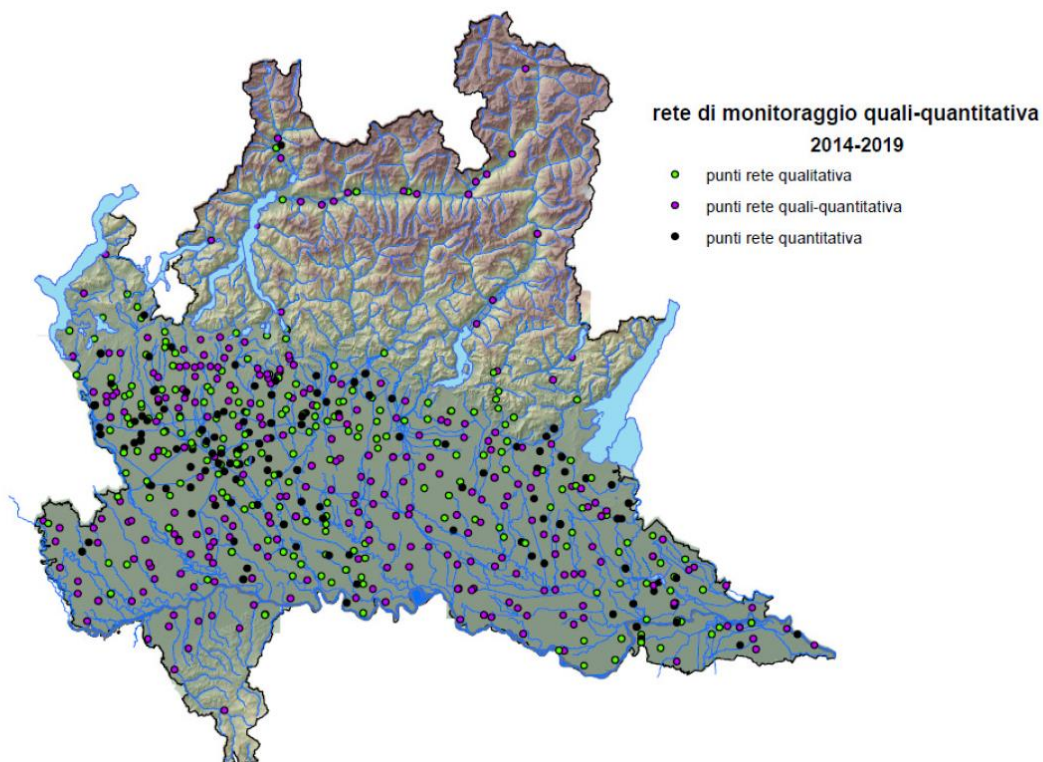


Figura 17 - Rete regionale di monitoraggio quali-quantitativo delle acque sotterranee 2014-2019

L'area oggetto di studio ricade all'interno del territorio in cui la falda acquifera è stata classificata nel Corpo Idrico sotterraneo dell'alta pianura Ticino-Adda, rappresentato dalla sigla GWB-ISS APTA. Il grafico di Figura 18 rappresenta in maniera chiara e sintetica le sostanze contaminate rilevate da ARPA nel periodo di monitoraggio.

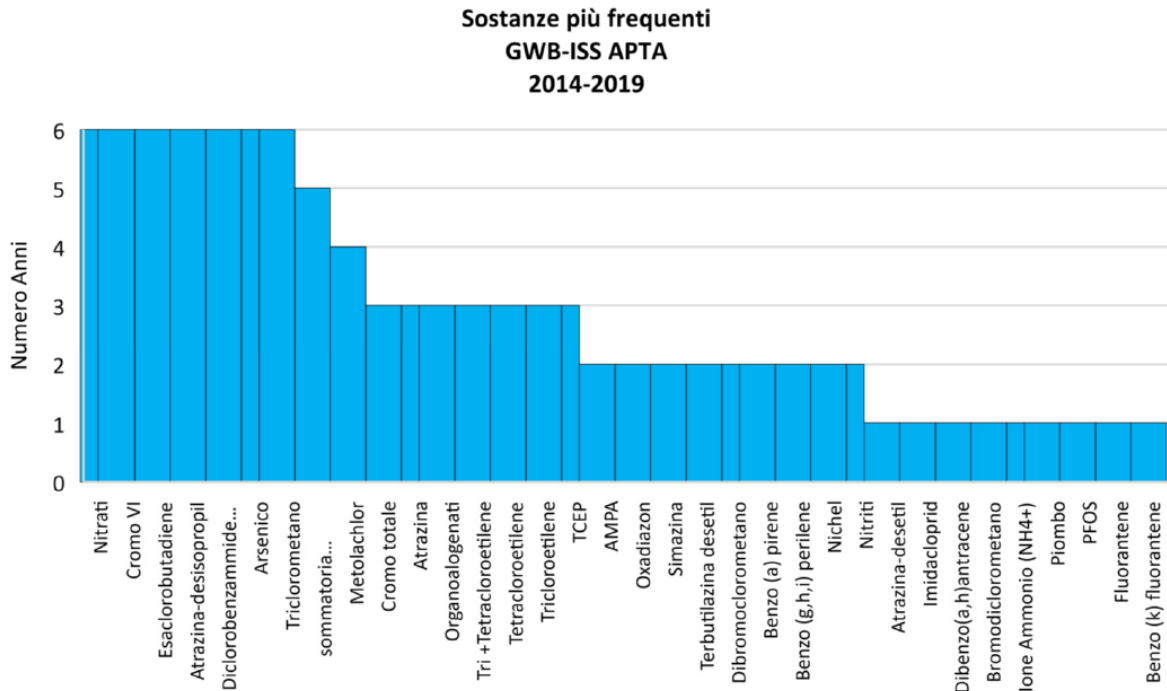


Figura 18 - Grafico relativo alle sostanze di cui si è rilevata la presenza nel corpo idrico sotterraneo GWB-ISS APTA nel corso dei campionamenti del sessennio 2014-2019 - fonte: ARPA 2021

L'attribuzione dello Stato Chimico per ciascun Corpo Idrico sotterraneo è stata calcolata tenendo conto della percentuale di superamenti delle singole sostanze per ciascun Corpo Idrico sotterraneo.

Applicando tale metodologia a tutti gli anni del sessennio 2014-2019, è stato successivamente adottato il criterio di “Stato prevalente” e, nei casi di giudizio discordante tra i due trienni di monitoraggio 2014-2016 e 2017-2019, il giudizio di Stato più recente prevale sui meno recenti, considerato anche come la classificazione intermedia 2014-2016 dei Corpi Idrici Sotterranei è stata svolta ai sensi del D.Lgs. 30/2009, modificato in seguito dal DM 6 luglio 2006.

Secondo l'art. 1 c. 2 del D.M. 6 luglio 2016, “laddove elevati livelli di fondo di sostanze o ioni, o loro indicatori, siano presenti per motivi idrogeologici naturali, tali livelli di fondo nel pertinente corpo idrico sono presi in considerazione nella determinazione dei valori soglia”; la definizione di questi valori è affidata alle Regioni (art. 2, comma c. 1 D.Lgs. 30/2009). La determinazione dei livelli di fondo assume pertanto una rilevanza prioritaria in fase di classificazione delle acque sotterranee.

Quindi, per il sessennio 2014-2019 è stato formulato un doppio giudizio di Stato chimico che tiene conto anche dei VFN e dei nuovi Valori Soglia per i parametri di classificazione Arsenico e Ione Ammonio, relativi alle stazioni della rete di monitoraggio delle acque sotterranee, approvati con D.G.R. 3903 del 23.11.2020.

Nel caso del corpo idrico GWB-ISS APTA in cui ricade il tracciato dell'opera in progetto, la qualità ottenuta applicando entrambe le valutazioni è risultata in ogni caso “NON BUONO”.

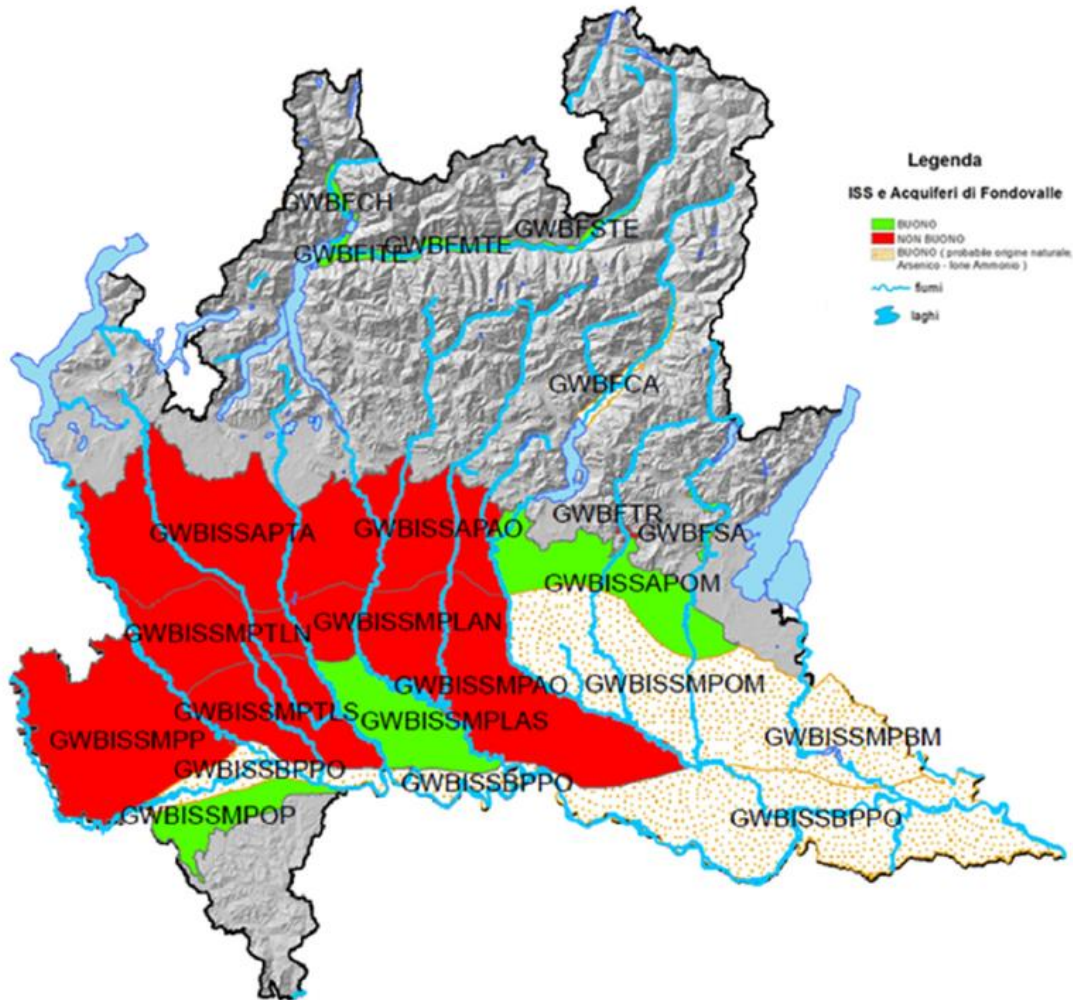


Figura 19 - Classificazione della qualità dei corpi idrici sotterranei – idrostruttura sotterranea superficiale – periodo 2014-2019 – fonte: ARPA 2021

Con riferimento all'anno 2019, il più recente tra quelli oggetto del report, si conferma lo stato NON BUONO per il corpo idrico GWB-ISS APTA, dovuto principalmente alle concentrazioni rilevate a carico del Triclorometano, facente parte della famiglia degli alifatici clorurati, sostanze particolarmente usate, soprattutto in passato, nei cicli produttivi presenti in particolare nelle province di Monza e Brianza, Milano e Varese.

3.4.2 Contaminazioni concentrate (plume di inquinamento)

Cartografie storiche edite dalla Provincia di Milano (anno 2002) riportano una classica rappresentazione dei plume di inquinamento che convergono verso la depressione piezometrica creata da Milano nel campo di falda.

È interessante notare come dall'esame la zona di progetto non possa essere considerata per numero di inquinamenti concentrati ("plume") una delle più critiche nell'ambito milanese.

Tuttavia, oltre agli inquinamenti diffusi evidenziati nel capitolo precedente, vi sono altre zone già evidenziate da studi precedenti in cui sono presenti pennacchi di contaminazione che dalla cartografia del 2002 potrebbero interferire, seppur marginalmente con il progetto.

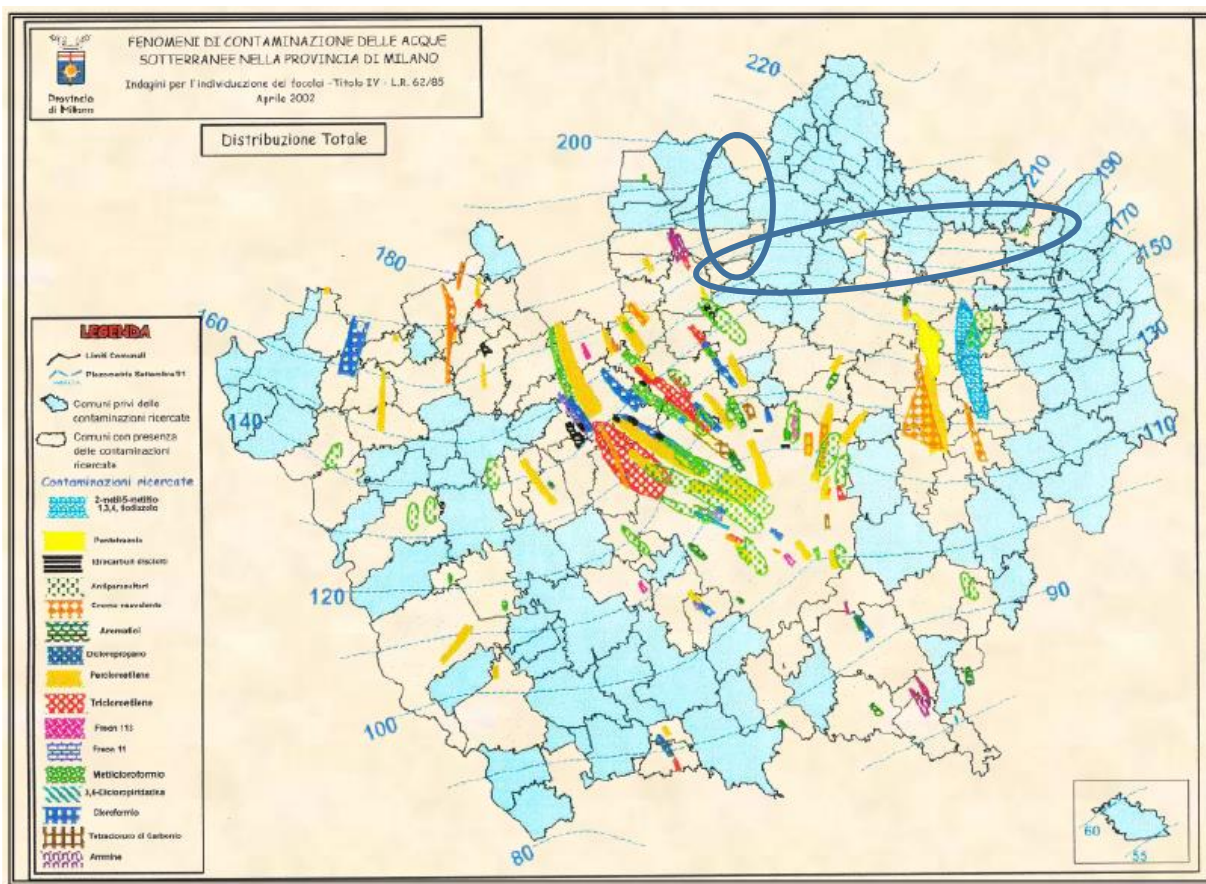


Figura 20: rappresentazione della ex provincia di Milano (contenente anche l'attuale provincia di Monza) in cui si evidenziano i tanti pennacchi di inquinamento convergenti verso la città di Milano, dovuto alla forte alterazione del campo di falda prodotto dal capo

Studi più recenti (Regione Lombardia e ARPA – Progetto ARPA PLUMES e AMIIGA 2016-2018) hanno aggiornato il quadro conoscitivo relativo ai pennacchi di inquinamento concentrate per alcuni composti, in particolare i solventi clorurati. Apparentemente l'autostrada in progetto transita poco a monte dei principali pennacchi di inquinamento per il PCE.

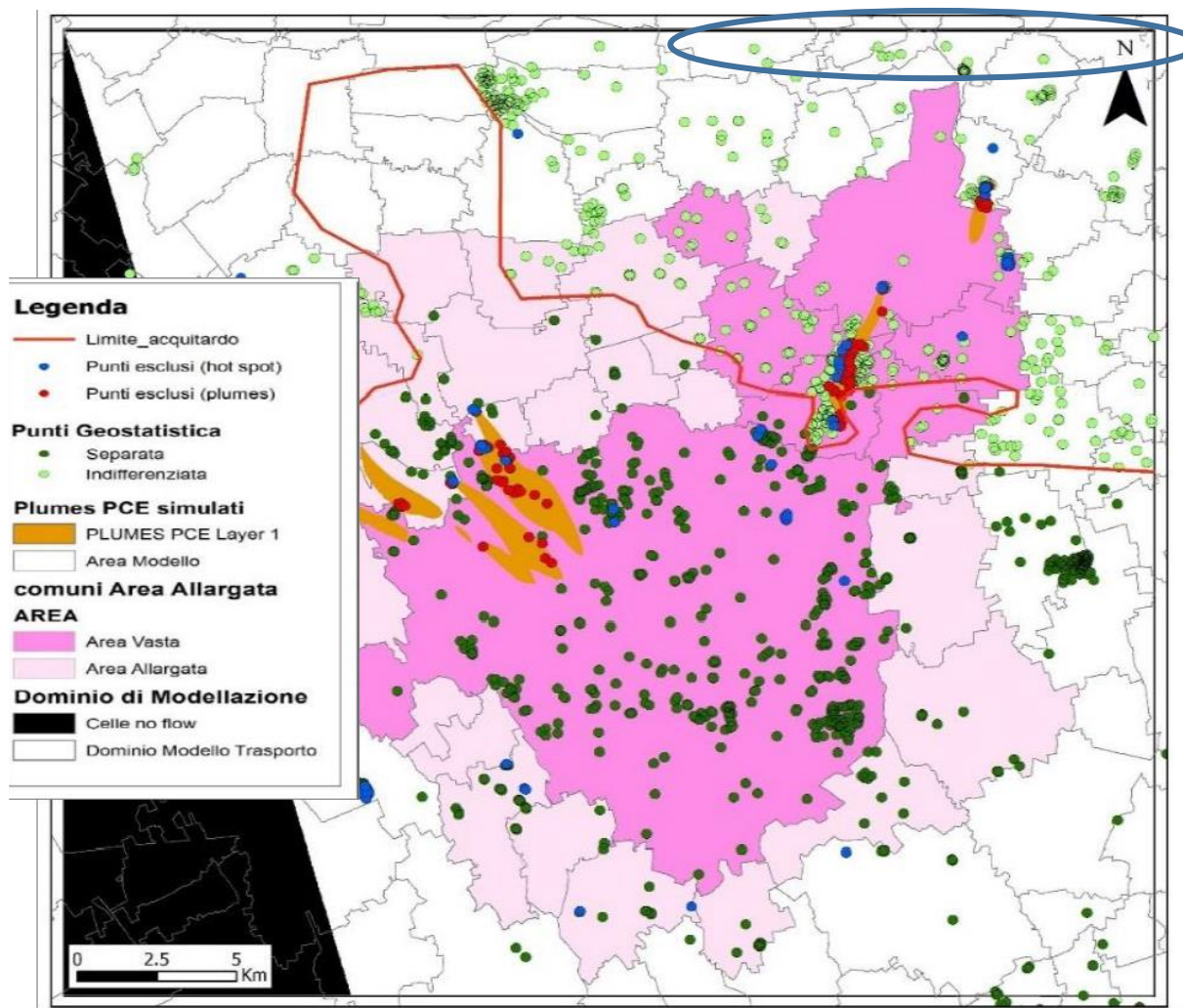


Figura 21 individuazione e simulazione dei pennacchi di inquinamento durante (progetti ARPA PLUMES e AMIIGA, Regione Lombardia, ARPA, Politecnico di Milano, 2016-2018).

Questo fatto appare sicuramente positivo in quanto non si verificherebbero interazioni fra fondazioni e i contaminanti citati.

Per quanto riguarda la distribuzione puntuale delle concentrazioni di contaminanti, sempre nel rapporto ARPA 2021 già citato in precedenza sono riportate delle carte in cui sono indicati in colore verde i valori inferiori o pari all'LOQ - limite di quantificazione - (è stato considerato il massimo dei LOQ), mentre in colore arancio sono rappresentati i punti della rete aventi concentrazioni superiori al LOQ (valori quantificati), ma comunque inferiori o uguali ai VS. Infine, in colore rosso sono riportati i punti aventi concentrazioni superiori ai VS. Come già evidenziato, le aree più critiche sono costituite dai territori delle province di Milano e di Monza e Brianza e da una parte dei territori di Varese, Bergamo e Brescia (a vocazione industriale).

Il DM 6 luglio 2016 ha sostituito i precedenti VS rispettivamente pari a 1,5 µg/l e 1,1, µg/l per Tetracloroetilene e Tricloroetilene, adottando un VS unico per la somma dei due parametri pari a 10 µg/l; inoltre, nel 2017 Regione Lombardia ha disciplinato l'inquinamento diffuso da solventi clorurati (Tetracloroetilene, Tricloroetilene e Triclorometano) nelle acque sotterranee dell'Area Vasta comprendente i Comuni di Brugherio, Cinisello Balsamo, Cologno Monzese, Milano, Monza, Nova Milanese e Sesto San Giovanni e, infine, approvato le misure di risanamento e la disciplina dell'inquinamento diffuso per l'Area Vasta. Di seguito si riportano le carte realizzate da ARPA per i contaminanti principali.

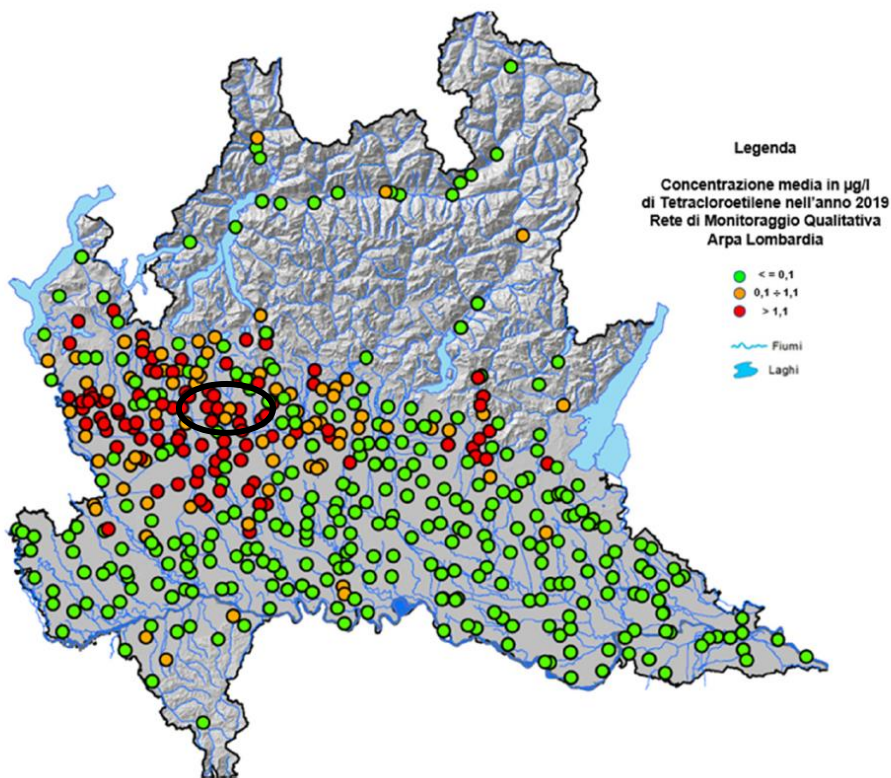


Figura 22 - Distribuzione puntuale delle concentrazioni medie di Tetracloroetilene - anno 2019 - fonte: ARPA 2021

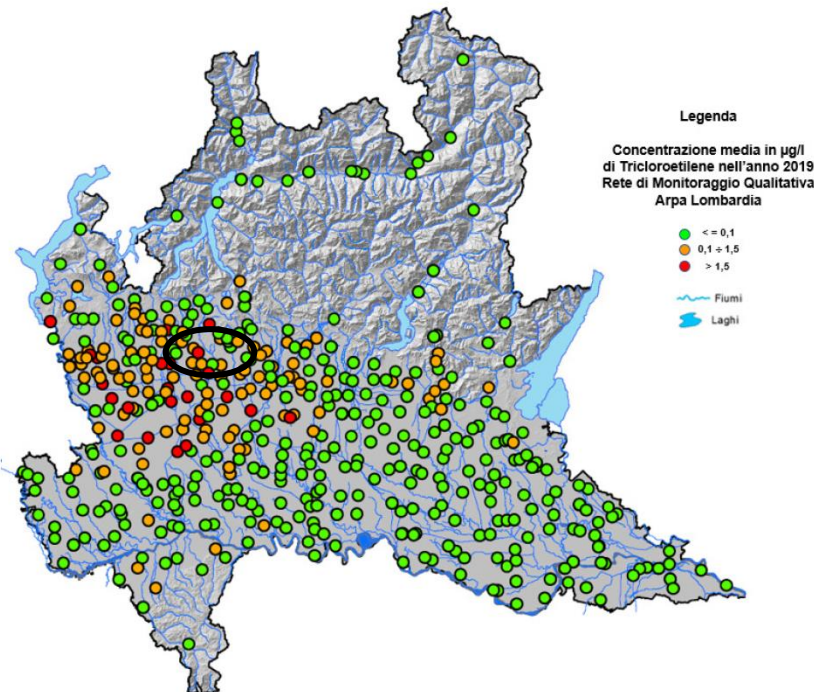


Figura 23 - Distribuzione puntuale delle concentrazioni medie di Tricloroetilene - anno 2019 - fonte: ARPA 2021

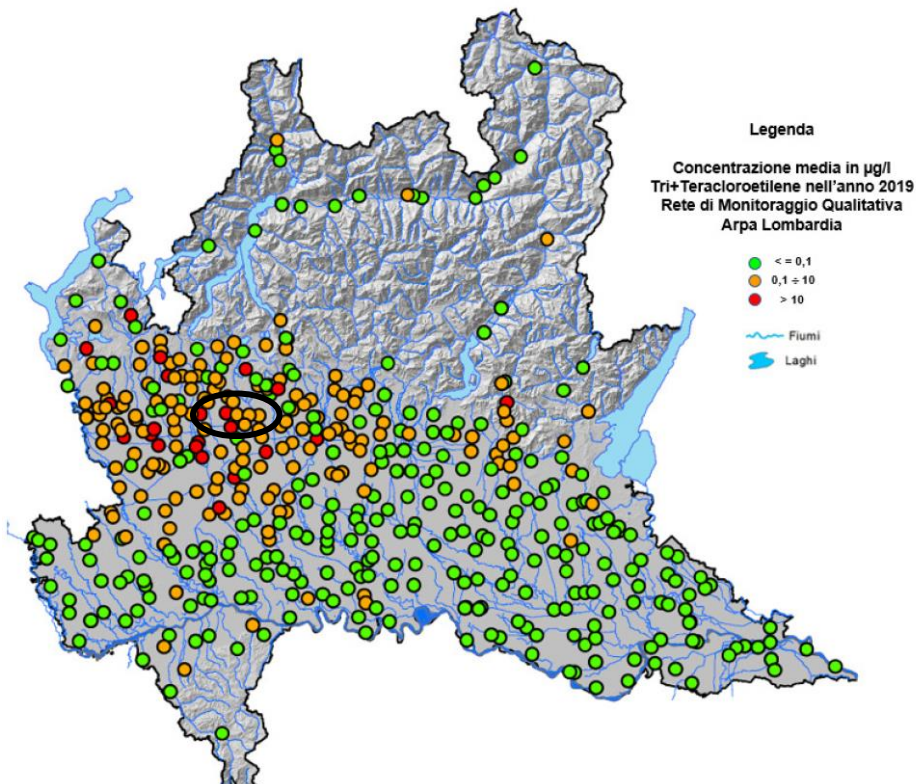


Figura 24 - Distribuzione puntuale delle concentrazioni medie di somma Tricloroetilene + Tetracloroetilene - anno 2019 - fonte: ARPA 2021

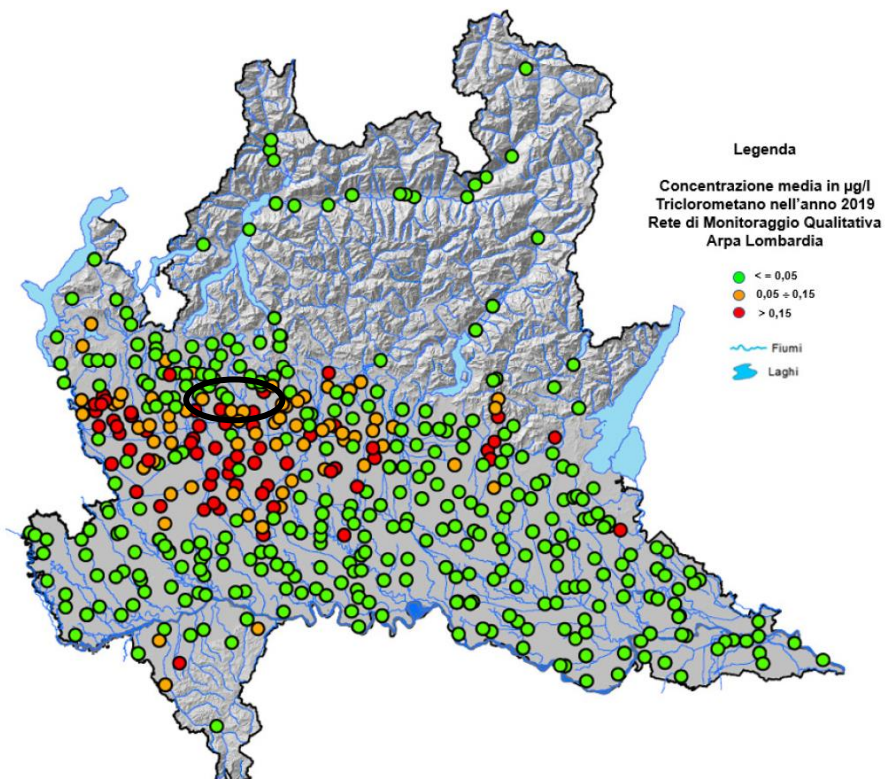


Figura 25 - Distribuzione puntuale delle concentrazioni medie di somma Triclorometano - anno 2019 - fonte: ARPA 2021

In ultimo, è importante dedicare un piccolo approfondimento alle sostanze perfluoroalchiliche, monitorate in regione Lombardia a partire dal 2017 e in maniera sistematica dal biennio 2018-2019.

Relativamente alle acque sotterranee, il D.M. 06/07/2016 (recepimento Direttiva 2014/80/UE), ha introdotto Valori Soglia (VS) per 5 sostanze appartenenti a diverse classi di utilizzo, tra cui l'Acido Perfluorottansolfonico (PFOS). I VS relativi a tali sostanze sono riportati nella Tabella 2 seguente:

SOSTANZA	Valore Soglia (µg/l)
PFOS (Acido perfluorottansolfonico)	0,03 (30 ng/l)
PFPeA (Acido perfluoropentanoico)	3 (3.000 ng/l)
PFHxA (Acido perfluoroesanoico)	1 (1.000 ng/l)
PFBS (Acido perfluorobutansolfonico)	3 (3.000 ng/l)
PFOA (Acido perfluorottanoico)	0,5 (500 ng/l)

Tabella 2 - Valori soglia fissati per le sostanze perfluoroalchiliche nelle acque sotterranee

È stato dunque avviato da ARPA Lombardia a partire da marzo 2018 e con termine dicembre 2018, un piano di monitoraggio per cui sono stati individuati 57 punti di monitoraggio relativi alle acque sotterranee; a tale proposito sono state prese in considerazione alcune potenziali fonti di pressione, discariche attive, discariche chiuse, principali distretti industriali d'interesse nei cui cicli produttivi potrebbero essere presenti o essere stati presenti in passato PFAS. Sono inoltre stati selezionati alcuni punti in corrispondenza delle principali chiusure di bacino. Sono stati considerati prioritariamente i punti della rete regionale appartenenti alla falda più superficiale.

Nel 2019 è proseguito il monitoraggio dei PFAS sui 57 punti individuati nel 2018, la cui individuazione è riportata in Figura 26 - Ubicazione delle stazioni di monitoraggio acque sotterranee della rete dedicata alle sostanze perfluoroalchiliche a sx e PFOS a dx- Fonte: ARPA 2021; pur rilevando la presenza di tali sostanze in numerosi punti di monitoraggio, si è rilevato un solo superamento emerso dal monitoraggio effettuato nel 2019.

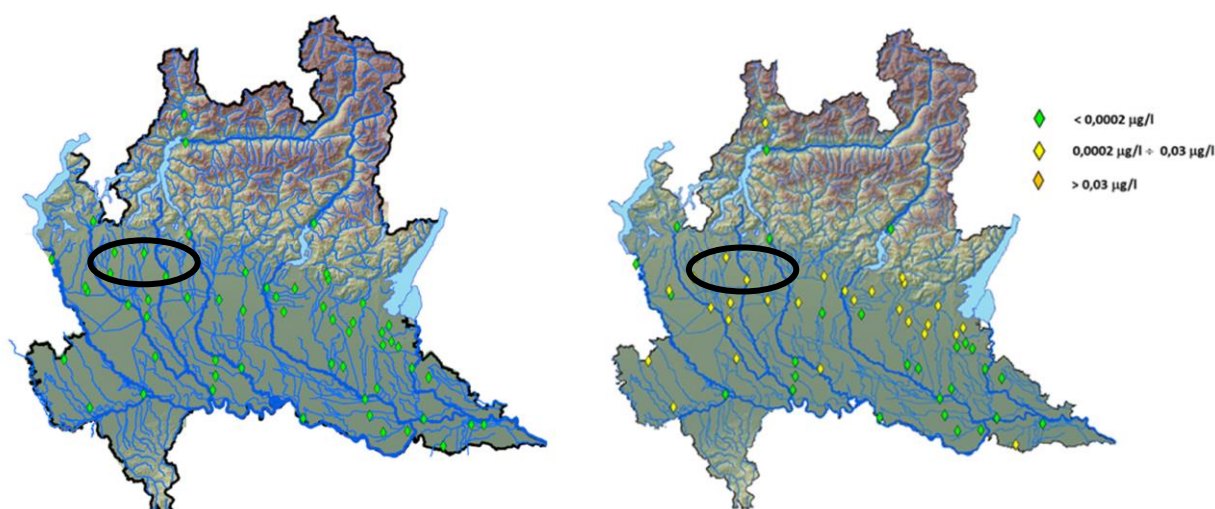


Figura 26 - Ubicazione delle stazioni di monitoraggio acque sotterranee della rete dedicata alle sostanze perfluoroalchiliche a sx e PFOS a dx- Fonte: ARPA 2021

In termini generali è dunque possibile affermare che le acque sotterranee nel territorio brianteo sono soggette a inquinamenti diffusi da solventi clorurati che devono essere tenuti in considerazione per garantire le prestazioni delle fondazioni profonde nel tempo.

4 RIELABORAZIONE DATI IDROGEOLOGICI E MODELLO CONCETTUALE IDROGEOLOGICO

Oltre alle indagini realizzate nell'ambito del Progetto Definitivo, per la redazione del Progetto Esecutivo è stata condotta una campagna di indagini integrative molto estesa, volta ad approfondire le conoscenze già acquisite circa le condizioni geologico-tecniche del sottosuolo, ma anche a caratterizzarne con maggior dettaglio gli aspetti idrogeologici.

Nei paragrafi a seguire si illustrano i dati raccolti durante il progetto per gli aspetti inerenti alla circolazione idrica nel sottosuolo.

4.1 DATI IDROGEOLOGICI DI PROGETTO DEFINITIVO

In primo luogo, rispetto ai dati di PD sono stati acquisiti dati più recenti e numerosi per quanto concerne i valori di livello piezometrico, sia attraverso richieste presso i gestori del servizio idrico integrato (Brianza Acque) ed Enti pubblici (ARPA Lombardia), sia attraverso misure di campo appositamente effettuate nei punti di monitoraggio ubicati lungo lo sviluppo del tracciato dell'opera in progetto. Come mostrano i grafici degli andamenti nel tempo dei livelli piezometrici già illustrati e commentati nel paragrafo 3.3.2, in generale si osserva un importante incremento dei livelli nel corso degli ultimi decenni, con un "alto relativo" rilevato a cavallo tra il 2014-2015, ben rappresentato dalla piezometria del 2014 (settembre), presa a riferimento per il PE, rispetto ai dati del marzo 2008 utilizzati in PD.

Si osservano infatti carichi superiori nel 2014 di ben 10 m rispetto al 2008 nel settore settentrionale, 5 m in quello meridionale.

PIEZOMETRO	DATE									Quota assoluta m s.l.m.m.
	14/10	16/10	17/10	20/10	21/10	23/10	28/10	04/11	17/11	
SB2 02	assente		assente		assente				assente	267.8
SB2 04	assente		assente		assente				assente	268.8
SB2 06	assente		assente		assente				assente	258.2
SB2 07	assente		assente		assente				assente	251.0
SB2 10	assente		assente		assente				assente	238.4
SB2 12								-24.80	-24.98	243.6
SB2 14								-25.10	-25.19	239.9
SB2 15								-26.00	-26.20	240.0
SB2 17								assente	assente	236.0
SB2 19								assente	assente	231.6
SB2 21								-25.50	-25.61	231.5
SB2 22								assente		223.0
SB2 24								assente		215.8
SB2 24A								-19.20	-19.78	216.0
SB2 25			assente		-32.30	-32.58	-32.96	-33.00	-33.00	-220.0
SB2 27						-31.70	-31.85	-32.10	-32.12	216.0
SB2 29		-29.47	-31.20	-33.50	-34.90	-34.90	assente		assente	222.4
SB2 35							assente		assente	214.1
SB2 36							assente		assente	219.5
SB2 38	-18.91	-19.20	-19.89		assente		assente		assente	219.0
SB2 41				assente		assente	assente		assente	213.1
SB2 42	assente	assente		assente			assente		assente	214.5
SB2 44		assente		assente		assente	assente		assente	215.3
SB2 47	assente			assente		assente	assente		assente	208.3
SB2 50				-18.25		-18.80	-19.20		assente	207.4
SB2 51				-17.80		-19.04	-19.78		assente	205.5
SB2 56							assente		assente	208.7
SB2 58			-15.90	assente		assente	assente		assente	202.5
SB2 60						assente			assente	199.6

PIEZOMETRO	DATE									Quota assoluta m s.l.m.m.
	14/10	16/10	17/10	20/10	21/10	23/10	28/10	04/11	17/11	
SB2 64						-28.60	-29.70		assente	200.1
SB2 65			-18.87		assente		assente		assente	195.1
SB2 66						-18.30	assente		assente	194.0
SB2 68			-15.30		assente		assente		assente	197.1
SB2 70							-19.37		assente	196.9

Nelle figure seguenti si riportano immagini di confronto tra la piezometria di riferimento per il PD (marzo 2008) con quella del PE del 2014 (settembre). Si notano immediatamente direzioni del flusso di falda differenti, ma ancor più significativa risulta essere la differenza dei livelli misurati che, come



Figura 28 - confronto tra falda di PD e riferimento progettuale di PE, che mostra nel settore meridionale 5 m di carico piezometrico addizionali nel settembre 2014 rispetto al marzo 2008

4.2 RICOSTRUZIONI PIEZOMETRICHE

Al fine di supportare adeguatamente la progettazione si riportano nel seguito, con brevi commenti, alcune ricostruzioni piezometriche. Le carte piezometriche sono state effettuate ad hoc con i dati disponibili (per gennaio 2023 con i dati Brianzacque e ARPA Lombardia, Figura 30) in alcuni casi, mentre in altri sono riportate le piezometrie ufficiali già pubblicate sul Geoportale di Regione Lombardia (2014, fonte PTUA, Figura 29).

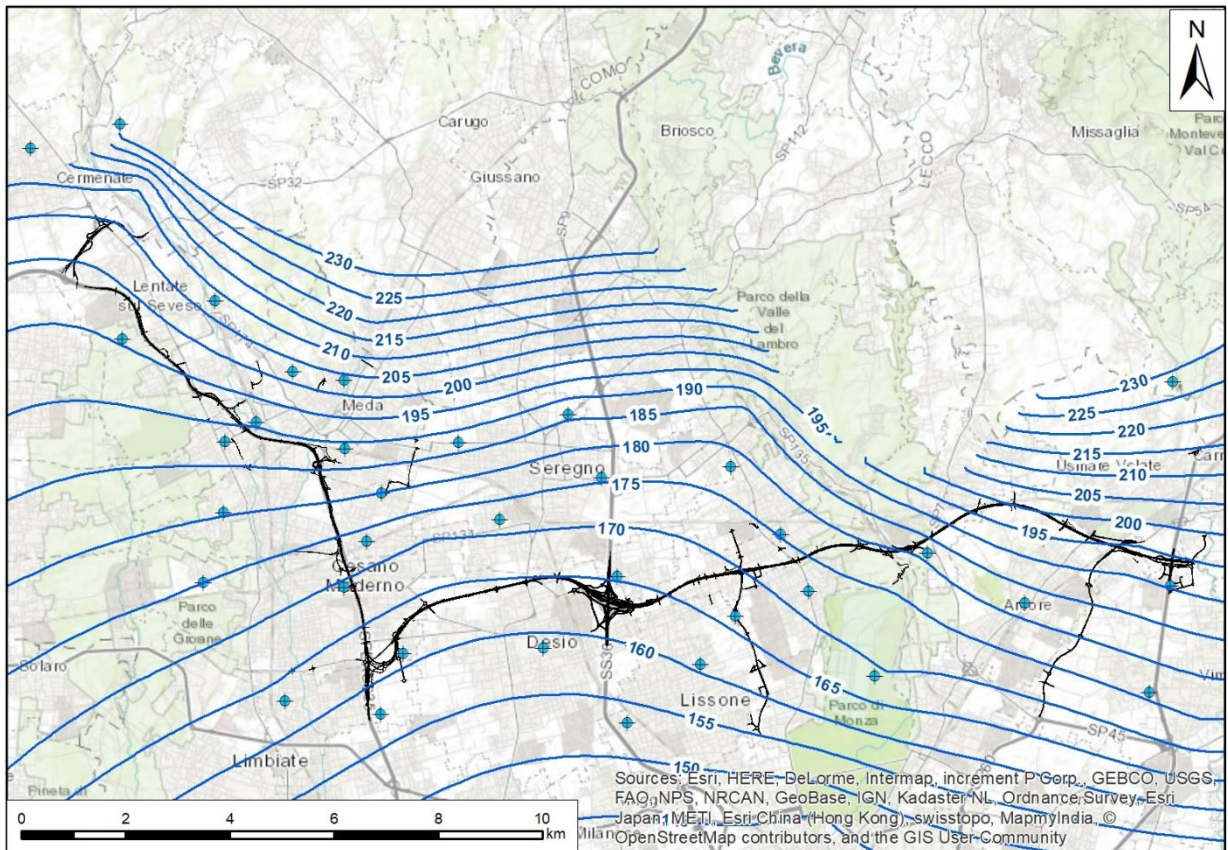


Figura 29 - Carta piezometrica elaborata sulla base dei livelli misurati nel mese di settembre 2014 – Fonte dati: PTUA

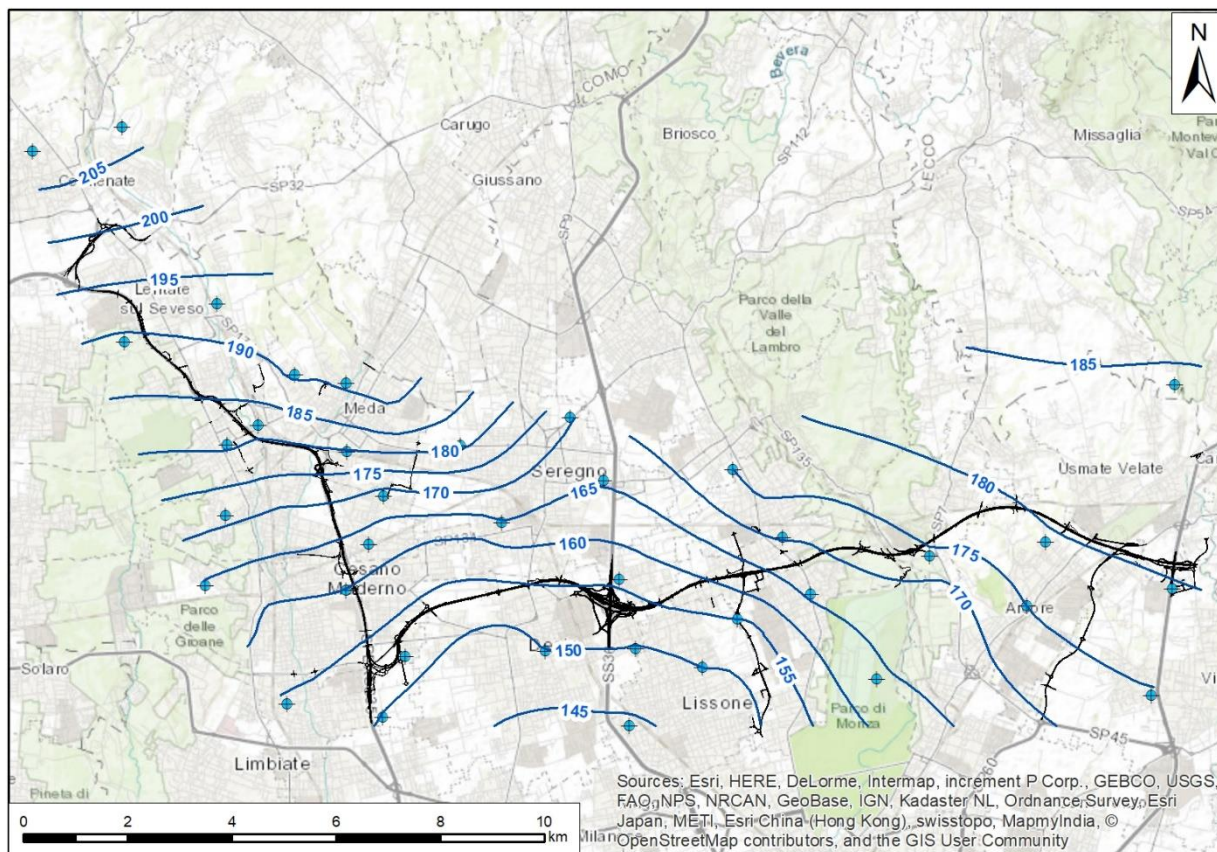


Figura 30 - Carta piezometrica elaborata sulla base dei livelli misurati nel mese di gennaio 2023 - Fonte dati: Brianzacque e ARPA Lombardia

Come già anticipato in precedenza, dal raffronto tra le due carte piezometriche per il tracciato della tratta B2 si riscontrano le differenze più significative nel settore centro-meridionale dell'opera, laddove il livello rilevato nel 2014 risulta superiore a quello del 2023 con differenze nell'ordine dei 10 metri. Nel tratto settentrionale più estremo del tracciato, le differenze di livello si riducono a circa 5 metri.

La direzione del tracciato rispetto alla falda è, nel tratto della TRCO06 in corrispondenza dello svincolo e fino al viadotto Novedratese, quasi ortogonale alle linee di flusso, sulla porzione del tracciato più meridionale è diretta sostanzialmente lungo le linee di flusso.

L'asse principale tra Lentate sul Seveso e Meda, in direzione NO-SE, è quasi ortogonale o comunque trasversale alle linee di flusso, ma fortunatamente le soggiacenze estremamente rilevanti in questo tratto non consentono una interferenza marcata tra opere e falda.

Da Meda verso S, nella metà di tracciato più meridionale ove la Pedemontana svolta in direzione S-SSE, vede l'autostrada dirigersi al pari delle linee di flusso in questa direzione.

4.2.1 Falda di progetto

In conclusione, per quanto concerne il livello di falda, sulla base delle elaborazioni effettuate e delle valutazioni che ne sono scaturite si conferma che per il dimensionamento delle opere in oggetto possono essere assunti due livelli a riferimento progettuale:

- 1) **Falda di riferimento:** livello da adottare per il dimensionamento delle opere durante la fase transitoria di cantiere e realizzazione dell'opera, per le opere provvisori, **gennaio 2023**³.
- 2) **Falda di progetto** a lungo termine: livello da adottare per il dimensionamento delle opere a lungo termine, in fase di esercizio. Tale valore sarà assunto pari al livello di falda del **settembre 2014** ritenuto il livello pubblicato ufficialmente dagli Enti più elevato degli ultimi 10 anni

4.3 SOGGIACENZA

Per verificare le potenziali interferenze della falda con le opere, è stata ricostruita la soggiacenza della falda in tratta B2, ricavata dalla differenza tra il DTM regionale e la falda di settembre 2014 (dato di riferimento progettuale); nell'idrostruttura ISS la falda risulta particolarmente profonda, attestandosi tra i 70 m di Lentate s.S. e i 25 m di profondità da piano campagna nella valle del f. Seveso e t. Certesa.

³ In attesa dei dati della campagna completa su tutta l'autostrada di luglio 2023, potenzialmente influita da precipitazioni rilevanti nei mesi di maggio e giugno 2023

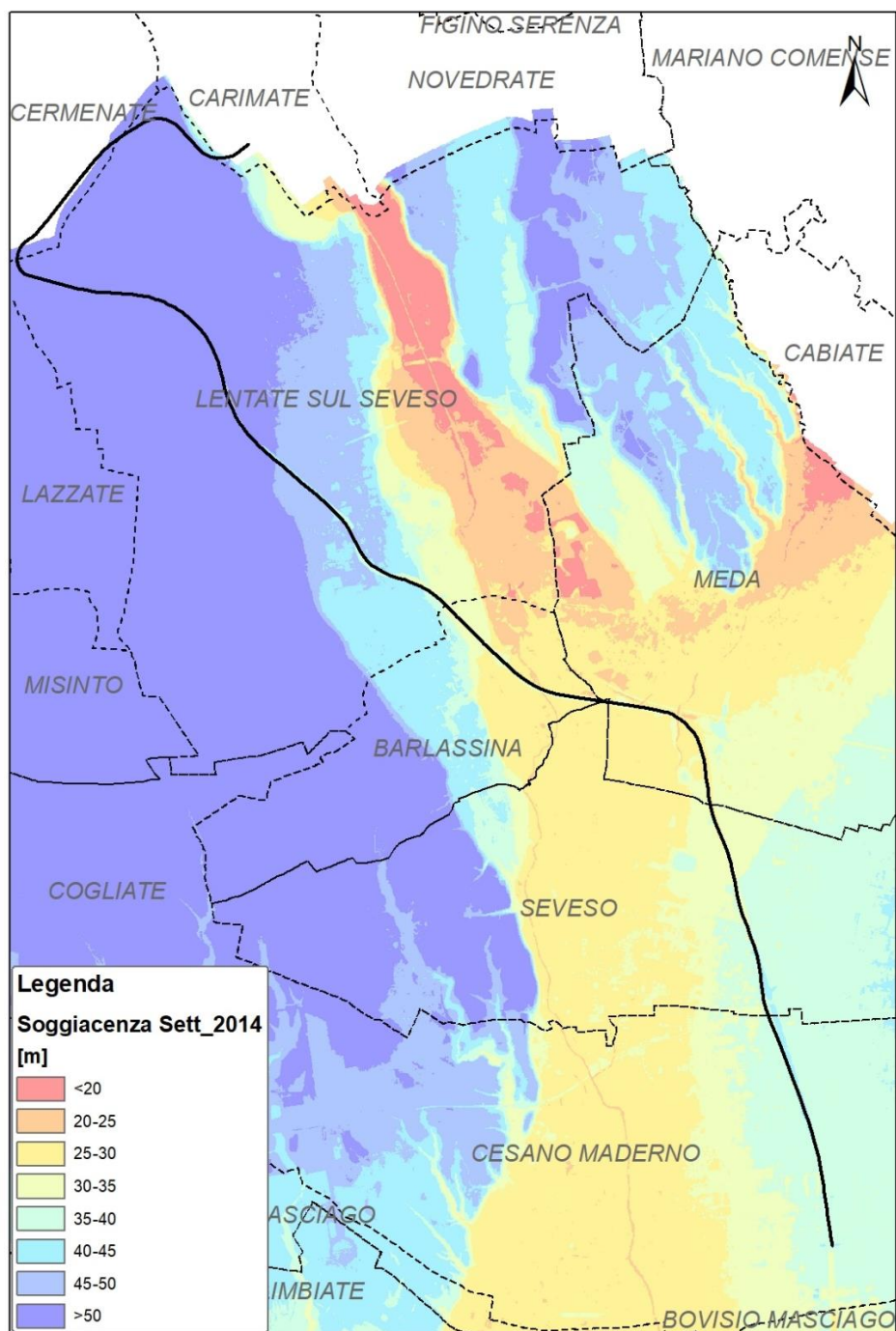


Figura 31: soggiacenza della falda in tratta B2, ricavata dalla differenza tra il DTM regionale e la falda di settembre 2014 (dato di riferimento progettuale); nell'idrostruttura ISS la falda risulta particolarmente profonda, attestandosi tra i 70 m di Lentate s.S. e i 25 m di profondità da piano campagna nella valle del f. Seveso e t. Certesa

4.4 CONDUCEBILITÀ IDRAULICA

La conducibilità idraulica o permeabilità è un parametro essenziale per comprendere quanto velocemente avvenga la filtrazione e il moto di acqua nei terreni oggetto di studio. È un parametro altresì fondamentale per valutare la produttività di un acquifero, attraverso il calcolo della trasmissività.

4.4.1 Permeabilità da letteratura ed esperienze pregresse

Per la sua caratteristica variabilità, la distribuzione spaziale della permeabilità di un terreno, legata alla litologia ma anche alla presenza di matrice fine e allo stato di addensamento dei granuli, non è ricostruibile in base alla letteratura, se non da quella descrittiva dei dati utilizzati per modellazioni matematiche nelle quali è necessario descrivere la distribuzione spaziale dei parametri idrogeologici.

Per contro, sono comunemente utilizzati come riferimento per valutazioni orientative, valori ripresi dai più noti testi di idrogeologia.

Nella tabella di Figura 32 si riportano alcune classiche attribuzioni dei valori del parametro ai depositi alluvionali.

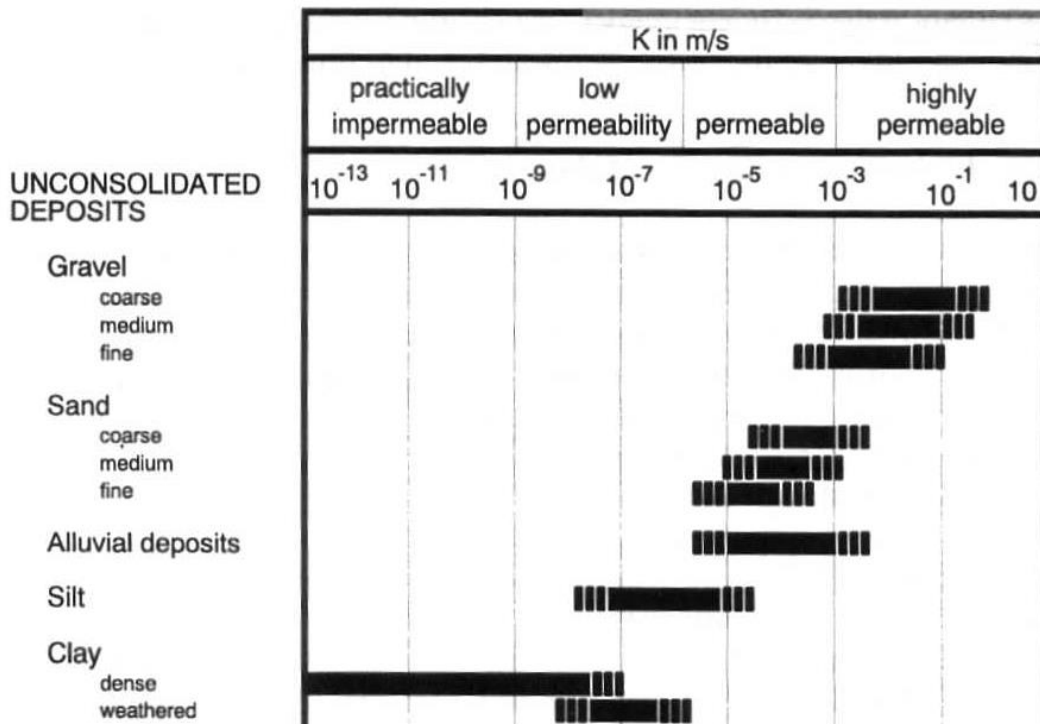


Figura 32: valori tipici della permeabilità dei terreni comunemente utilizzati da letteratura idrogeologica (Emilio Custodio e Manuel Ramon Llamas (2005) - *Idrologia Sotterranea*, Flaccovio ed., Palermo)

Esperienze pregresse degli scriventi confermano le “forbici” di valori qui rappresentati; le prove condotte in campo (in particolare prove di pompaggio) in diversi contesti del milanese e in Brianza, consentono di ritenere tale campo di valori ragionevolmente rappresentativo anche per APL.

4.4.2 Permeabilità da prove in sito

Nel Progetto Definitivo sono state realizzate 57 prove Lefranc lungo l'asse di progetto della tratta B2, riportate in Tabella 3 che presentano una distribuzione mostrata nel grafico di Figura 33.

ID	n. prova	da [m da pc]	a [m da pc]	K [m/s]	ID	n. prova	da [m da pc]	a [m da pc]	K [m/s]
SB2_01	2	13.5	14	1.62E-06	SB2_40	1	8.5	9	1.48E-05
SB2_03	2	13.5	14	1.39E-06	SB2_48	2	15	15.5	2.22E-05
SB2_03	1	7.5	8	1.39E-06	SB2_48	1	6	6.5	2.22E-05
SB2_05	2	13.5	14	7.01E-07	SB2_49	2	15	15.5	1.42E-05
SB2_05	1	7.5	8	7.01E-07	SB2_49	1	6	6.5	3.17E-05
SB2_08	1	12	12.5	1.07E-06	SB2_52	2	15	15.5	6.34E-06
SB2_08	2	6	6.5	4.44E-07	SB2_52	1	6	6.5	1.90E-05
SB2_09	2	6	6.5	1.36E-06	SB2_54	2	14.5	15	1.04E-05
SB2_09	1	6	6.5	1.01E-06	SB2_54	1	6	6.5	1.11E-05
SB2_11	2	16.5	17	4.04E-06	SB2_55	2	15	15.5	9.51E-06
SB2_11	1	6	6.5	4.04E-06	SB2_55	1	6	6.5	5.12E-06
SB2_13	1	15	15.5	2.77E-05	SB2_57	2	15	15.5	1.02E-05
SB2_20	2	15	15.5	1.66E-05	SB2_57	1	6	6.5	4.16E-05
SB2_20	1	9	9.5	4.44E-06	SB2_59	1	6	6.5	6.83E-06
SB2_23	1	6	6.5	1.66E-05	SB2_19	1	7.5	8	7.40E-06
SB2_23	1	6	6.5	1.07E-05	SB2_61	2	15	15.5	1.66E-05
SB2_26	2	15	15.5	4.44E-06	SB2_61	1	6	6.5	1.66E-05
SB2_26	1	7.5	8	6.05E-06	SB2_62	1	6	6.5	8.32E-06
SB2_28	2	15	5.5	9.86E-06	SB2_63	2	15	15.5	2.30E-05
SB2_57	1	6	6.5	9.79E-08	SB2_63	1	6	6.5	4.44E-05
SB2_30	2	15	15.5	1.09E-05	SB2_67	2	15	15.5	6.66E-06
SB2_30	1	7.5	8	1.11E-05	SB2_62	2	15	15.5	7.83E-06
SB2_34	2	15	15.5	1.02E-05	SB2_69	1	6	6.5	2.22E-05
SB2_34	1	7.5	8	1.39E-06	SB2_71	1	15	15.5	1.07E-05
SB2_37	2	12	12.5	4.76E-05	SB2_71	1	7.5	8	7.01E-06
SB2_37	1	6	6.5	6.66E-05	SB2_37	2	12	12.5	4.76E-05
SB2_39	2	12	12.5	1.28E-05	SB2_12	1	25.5	26	2.42E-05
SB2_39	1	9	9.5	1.02E-05	SB2_60	1	12.8	12.3	8.58E-06
SB2_40	2	15	15.5	1.26E-05					

Tabella 3: prove Lefranc realizzate in Progetto Definitivo lungo la tratta B2

A completamento di queste informazioni, nel Progetto Esecutivo sono state realizzate altre 46 prove Lefranc e una prova Lugeon, in corrispondenza di un livello di conglomerato lapideo ben cementato (Tabella 4)

ID	tipo prova	n. prova	da [m da pc	a [m da p	K [m/s]
ESB2_S01	Lefranc CV	1	5.5	6	4.30E-06
ESB2_S01	Lefranc CV	2	20.5	21	2.20E-06
ESB2_S02	Lefranc CV	1	4.5	5	1.50E-06
ESB2_S02	Lefranc CV	2	30.5	31	4.00E-06
ESB2_S03	Lefranc CV	1	6.5	7	3.30E-05
ESB2_S03	Lefranc CV	2	14	14.5	1.90E-04
ESB2_S04	Lefranc CV	1	5.5	6	2.20E-04
ESB2_S04	Lefranc CV	2	15	15.6	1.10E-06
ESB2_S05	Lefranc CV	1	5	5.5	2.50E-05
ESB2_S05	Lefranc CV	2	13	14	1.30E-04
ESB2_S06	Lefranc CV	1	4	5	3.50E-06
ESB2_S06	Lefranc CV	2	15.5	16	2.80E-04
ESB2_S08	Lefranc CV	1	18.5	19.5	3.80E-06
ESB2_S08	Lefranc CV	2	29	30	5.40E-06
ESB2_S11	Lefranc CV	1	14	15	7.10E-06
ESB2_S11	Lefranc CV	2	32	33	1.80E-05
ESB2_S12	Lefranc CV	1	19	20	8.50E-06
ESB2_S12	Lefranc CV	2	29	30	3.80E-06
ESB2_S13	Lefranc CV	1	14.75	15.25	1.00E-05
ESB2_S13	Lefranc CV	2	26	26.5	1.01E-05
ESB2_S15	Lefranc CV	1	28	28.6	1.50E-05
ESB2_S16	Lefranc CV	1	15	16	7.60E-06
ESB2_S16	Lefranc CV	2	29	30	4.70E-06
ESB2_S18	Lefranc CV	1	16	17	2.40E-05
ESB2_S18	Lefranc CV	2	28	29	2.90E-06
ESB2_S19	Lefranc CV	1	16	17	2.10E-05
ESB2_S19	Lefranc CV	2	27	28	1.30E-05
ESB2_S21	Lefranc CV	1	7	8	2.10E-05
ESB2_S23	Lefranc CV	1	4	5	1.10E-05
ESB2_S23	Lefranc CV	2	14	15	1.10E-05
ESB2_S24	Lefranc CV	1	21	21.5	7.70E-06
ESB2_S24	Lefranc CV	2	31.2	31.7	2.00E-07
ESB2_S29	Lefranc CV	1	11.7	12.2	1.10E-05
ESB2_S33	Lefranc CC	1	22.5	24	2.50E-03
ESB2_S33	Lugeon	1	36	40	3.60E-07
ESB2_S09	Lefranc CC	1	21	21.7	1.00E-05
ESB2_S10	Lefranc CC	1	16.5	17	2.36E-05
ESB2_S13	Lefranc CC	1	14.6	15.1	1.00E-05
ESB2_S13	Lefranc CC	2	26.2	26.7	1.01E-05
ESB2_S14	Lefranc CC	1	20.2	20.7	8.64E-06
ESB2_S14	Lefranc CC	2	31	31.6	5.00E-06
ESB2_S17	Lefranc CC	1	16	16.7	6.48E-06
ESB2_S17	Lefranc CC	2	28.5	29	5.94E-06
ESB2_S25	Lefranc CC	1	10.8	11.3	3.37E-05
ESB2_S31	Lefranc CC	1	12.95	13.45	3.90E-05
ESB2_S31	Lefranc CC	2	22.7	23.2	1.10E-04
ESB2_S32	Lefranc CC	1	37.5	39	8.77E-04

Tabella 4: prove di permeabilità in foro (Lefranc e Lugeon) realizzate in Progetto Esecutivo lungo la tratta B2

Complessivamente, in PD e PE sono state eseguite 104 prove. La distribuzione dei valori emersi dalle prove è riportata graficamente in Figura 33 e risultano compresi tra 2×10^{-7} m/s e 2.5×10^{-3} m/s; si nota come i valori più alti ($> 1 \times 10^{-4}$ m/s) sono rinvenuti mediamente nei primi 15-20 m da p.c., mentre i valori più bassi oltre i 25-30 m da p.c. Si nota inoltre come nel PD i dati siano stati raccolti principalmente a profondità “standard” (5 e 15 m da p.c.) mentre nel PE si è cercato di rappresentare orizzonti diversi per ogni sondaggio.

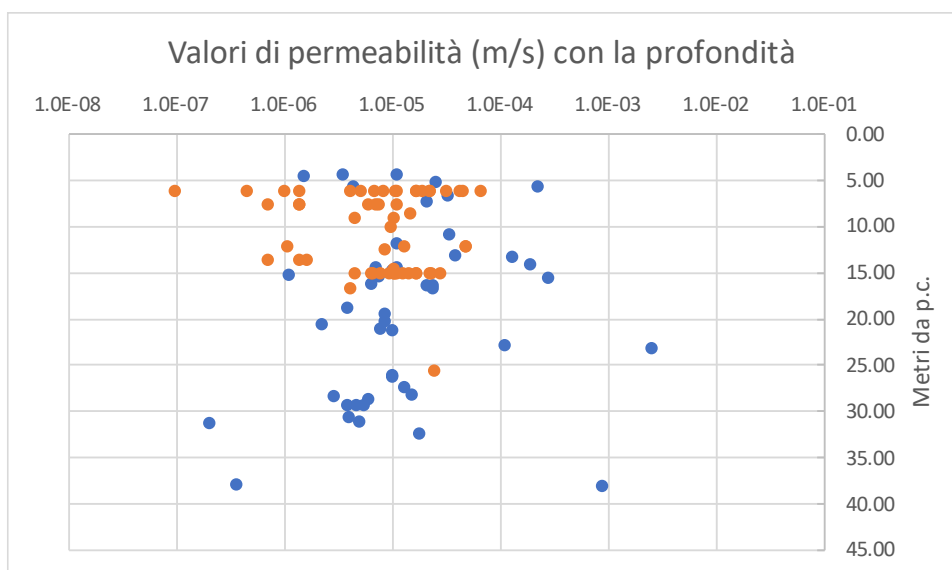


Figura 33: valori desunti dalle prove Lefranc condotte lungo l'asse di progetto della tratta B2 in PD (punti arancioni) e in PE (punti blu)

4.4.3 Analisi dei dati di permeabilità di Progetto Esecutivo

Esaminando con ulteriore dettaglio i dati di permeabilità di PE, si sono messi in evidenza i range di K per le litologie rappresentate nelle stratigrafie da parte delle imprese che hanno realizzato i sondaggi (Tabella 5).

Litologia	Min di K [m/s]	Max di K [m/s]
conglomerato alterato	1.10E-06	1.90E-04
conglomerato lapideo	3.60E-07	1.30E-04
ghiaia con limo e sabbia	3.80E-06	1.10E-05
ghiaia sabbioso-limosa	2.90E-06	2.50E-03
limo sabbioso	3.50E-06	3.50E-06
sabbia con limo	5.40E-06	5.40E-06
sabbia limosa con ghiaia	2.00E-07	2.20E-04
sabbia limosa con ghiaia e ciottoli	2.80E-04	2.80E-04
Totale complessivo	2.00E-07	2.50E-03

Tabella 5: range dei valori di K per litologia rappresentata nelle stratigrafie di PE

Per quanto riguarda l'andamento dei valori di permeabilità lungo il tracciato eseguiti in PE (Figura 34 – in ascisse un progressivo numerico lungo tracciato da N a S)

La distribuzione dei valori di permeabilità derivanti dalle prove eseguite non evidenzia particolari variazioni lungo il tracciato, ad eccezione di un locale incremento dei valori a fine tratta, dove sono

presenti spessori rilevanti (fino a 3 m) di ghiaie con scarsa matrice fine, nei depositi di buona qualità rinvenibili a Cesano Maderno.

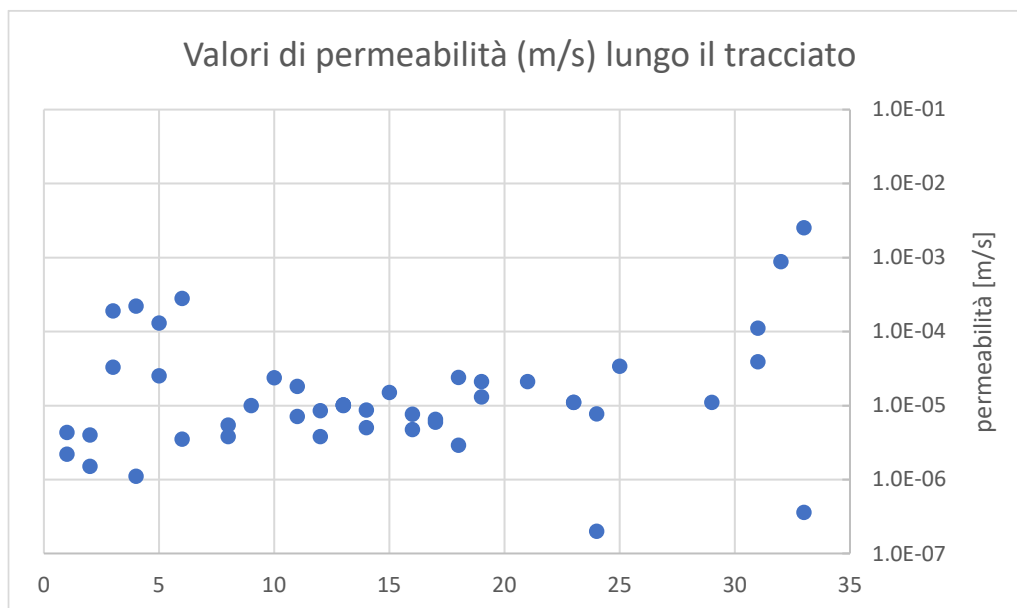


Figura 34 - Grafico in cui sono rappresentati i valori di conducibilità idraulica [m/s] ottenuti nei punti di indagine ubicati lungo il tracciato (in ascisse un progressivo numerico generale, da N a S).

5 INTERAZIONE DELL'OPERA CON LA FALDA

La realizzazione di una rilevante infrastruttura viaria può interferire con le acque sotterranee, nel caso in cui queste siano sufficientemente vicine al piano campagna.

Non è questo il caso di Pedemontana e, soprattutto, della tratta B2 che, attraversando tratti della media e alta pianura lombarda nei quali la soggiacenza della falda può anche superare i 60 m da piano campagna, risulta tendenzialmente lontana dalla più importante risorsa idrica dell'area di pianura lombarda.

5.1 INTERFERENZA POTENZIALE TRA FALDA E FONDAZIONI

In linea teorica gli impatti con la falda possono essere sostanzialmente di due tipi: interferenza con il flusso di falda, che può causare una locale deformazione delle linee di flusso, e alterazione delle proprietà chimico-fisiche delle acque, qualora vi siano rilasci di sostanze indesiderate nel sottosuolo.

I due aspetti potrebbero eventualmente integrarsi, ad esempio quando significative deviazioni delle linee di flusso nel corso degli scavi possano produrre cambiamenti locali nella distribuzione degli inquinanti.

Nel valutare l'interazione del progetto con l'assetto idrogeologico locale, è necessario quindi esaminare la struttura idrogeologica del sottosuolo, esaminando per prima cosa l'impatto sulle risorse più pregiate e sfruttate per altri usi (ad es. idropotabile, quale prima necessaria valutazione) nei comparti acquiferi di interesse per il progetto.

In tratta B2 non sono previste interferenze tra scavi/opere e falda, dato che la soggiacenza della falda di progetto è molto rilevante. La falda è talmente lontana dal piano campagna che non sono neanche attese interferenze di rilievo con le fondazioni.

I tratti nei quali le fondazioni risultano più vicine alla falda sono ubicati nei pressi della g.a. Colombo a Lentate s.S. (apparentemente la falda di progetto è a pochi metri dalla quota di intestazione dei diafarammi/pali) e a Meda, in corrispondenza di ponti sul fiume Seveso e torrente Certesa.

Dal momento che la falda di gennaio 2023 riporta quote sensibilmente inferiori a quella di progetto (ca. 10 m di carico in meno), è estremamente probabile che non vi siano interferenze in nessun caso, eccezion fatta per possibili falde sospese nel primo tratto dell'autostrada, tra le chilometriche 0 e 1+700.

Nei seguenti paragrafi si riportano maggiori dettagli inerenti alle captazioni ritenute più esposte a risentire dell'interferenza tra falda e nuove infrastrutture in progetto, mentre a seguire si illustrano i potenziali rischi da ridurre in fase di cantiere e di esercizio dell'opera.

5.2 INTERFERENZA CON LE OPERE DI CAPTAZIONE LIMITROFE AL TRACCIATO

La valutazione preliminare della potenziale interferenza tra i pozzi esistenti e le opere in progetto è stata effettuata già nell'ambito della progettazione definitiva (PD) e ha posto in evidenza l'esistenza di alcune possibili criticità.

Al fine di aggiornare le valutazioni allora effettuate, è stata inoltrata una richiesta a BrianzaAcque, gestore del servizio idrico integrato nei comuni interessati dal tracciato dell'opera in progetto, che ha fornito l'elenco e l'ubicazione dei pozzi censiti attualmente presenti nell'area di interesse. I dati forniti afferiscono a 144 punti di captazione (Figura 35).

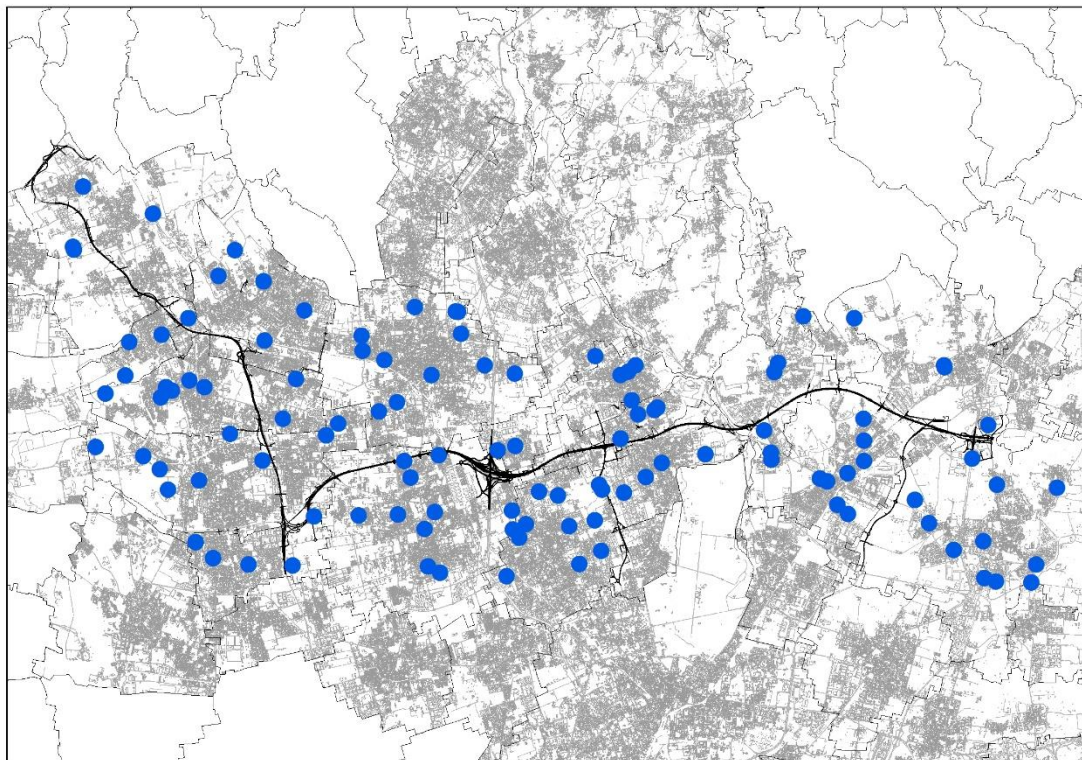


Figura 35 - Ubicazione dei pozzi forniti da Brianza Acque nel 2023

Per ciascuno dei pozzi è stato effettuato un primo screening realizzando in ambiente GIS un “buffer” rappresentativo della Zona di Rispetto, preliminarmente rappresentata per tutti i punti dall’applicazione del criterio geometrico che, ai sensi dell’Art. 94 comma 6 del D.Lgs. 152/06, definisce una distanza radiale dal pozzo pari a 200 m⁴. Dalla sovrapposizione tra i “buffer” così ottenuti e il tracciato delle opere in progetto si è potuto verificare dove sia attesa una effettiva interferenza tra opere e pozzi, per un totale di 16 punti (tabella 6); la loro ubicazione è rappresentata in Figura 36.

⁴ Il criterio geometrico si applica nei casi in cui le autorità competenti non abbiano identificato l’estensione della zona di salvaguardia dei pozzi (ad esempio applicando il criterio temporale o idrogeologico). Nella fattispecie si è verificato che per alcuni pozzi è stata identificata la zona di salvaguardia ma per i casi esaminati questa risultava inferiore a quella del criterio geometrico, l’applicazione del quale risulta pertanto “cautelativa”; in ogni caso nessuno dei pozzi per cui Brianza Acque ha indicato l’esistenza di una zona di salvaguardia definita mediante criterio temporale o idrogeologico rientra tra quelli che determinano una potenziale interferenza con l’opera.

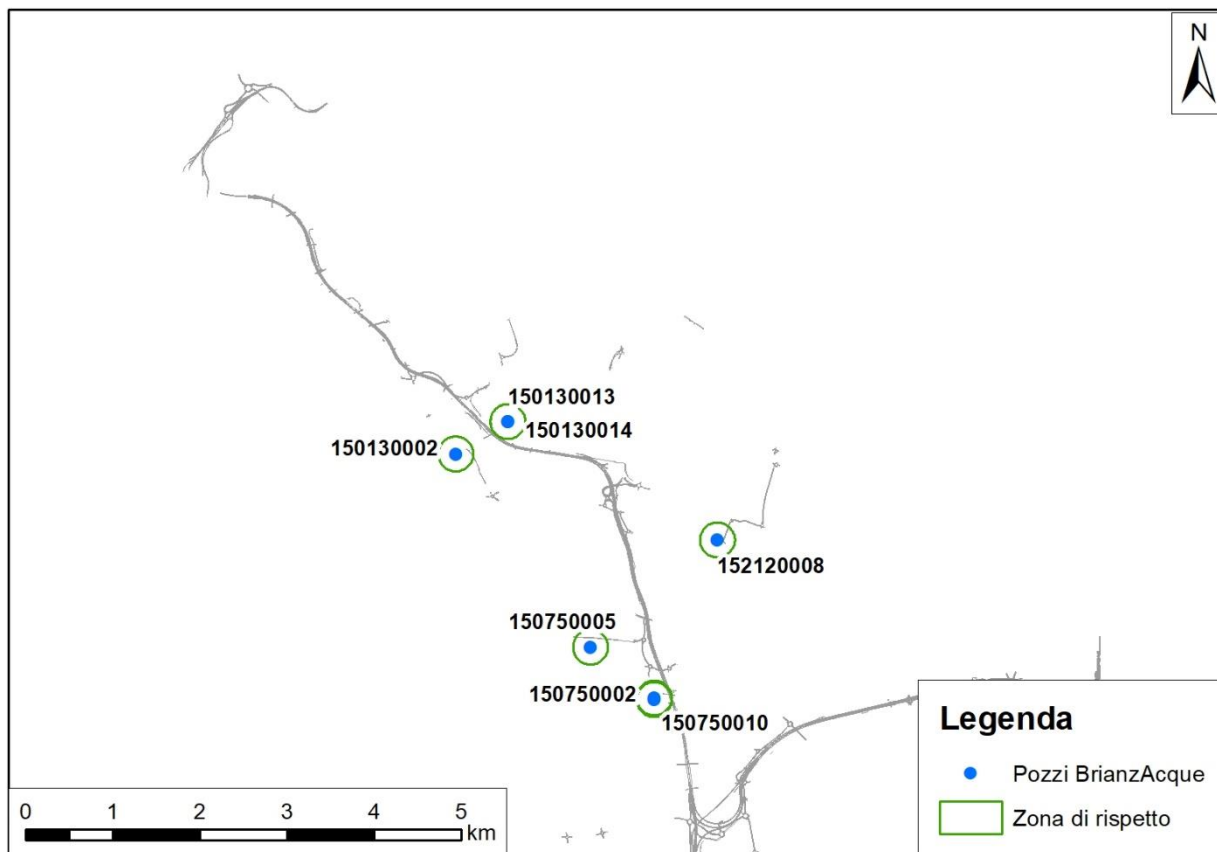


Figura 36 - Ubicazione dei pozzi per cui si è riscontrata l'interferenza tra la Zona di Rispetto e il tracciato dell'opera in progetto lungo la tratta B2

ID_POZZO	X_WGS_UTM	Y_WGS_UTM	IMPIANTO	TIPOLOGIA	entro_200m	entro_100m	entro_75m	entro_50m	entro_25m	entro_10m	FLUSSO
152120008	513154,279	5054892,447	PozzoMeredoPrealpiSeveso	Geometrico	SI	SI	SI	SI	SI	SI	valle
150750005	511698,407	5053665,408	PozzoPacinottiLamarmoraCesano	Geometrico	SI	SI					valle
150750002	512429,792	5053065,52	PozzoMilleCesano	Geometrico	SI	SI					lato
150750010	512431,182	5053082,332	PozzoMilleCesano	Geometrico	SI	SI					lato
150130002	510154,966	5055878,054	PozzoCavourBarlassina	Geometrico	SI						lato
150130013	510750,884	5056249,385	PozzoMilitareBarlassina	Geometrico	SI						monte
150130014	510751,249	5056249,371	PozzoMilitareBarlassina	Geometrico	SI						monte

Tabella 6 - Elenco dei pozzi che presentano una interferenza con l'opera sulla base dell'applicazione del criterio geometrico per la definizione delle Zone di Rispetto in tratta B2

Per i pozzi per cui si è configurata la potenziale interferenza è stata dunque calcolata la distanza effettiva tra l'ubicazione del pozzo e il punto più vicino dell'impronta delle opere in progetto; per la maggior parte dei pozzi tale valore risulta di poco inferiore al limite definito dal criterio geometrico, mentre per uno di essi l'ubicazione dell'opera risulta inferiore a 10 metri, determinando così l'interferenza anche con la Zona di Tutela Assoluta (Figura 37).

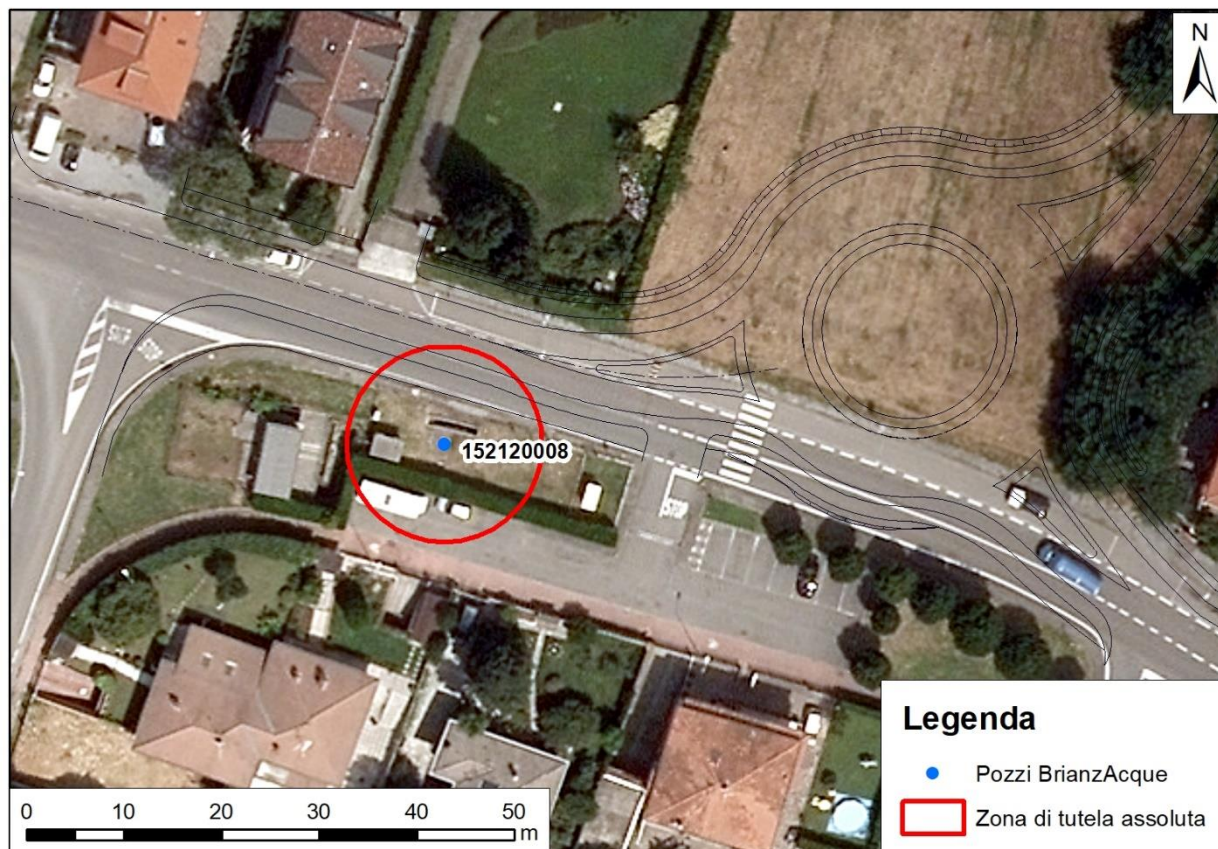


Figura 37 - Ubicazione del pozzo con interferenza tra la Zona di Tutela Assoluta e il previsto tracciato dell'opera viaria, nella fattispecie rappresentata da un raccordo per la viabilità secondaria; vista l'attuale posizione stradale del pozzo, è necessario un confronto ulteriore con Brianzacque per decidere come gestire questa interferenza

Sebbene dal punto di vista normativo sia esclusa qualsivoglia attività in zona di tutela assoluta, il caso dell'interferenza riscontrata per il pozzo 152120008 merita una riflessione.

Il pozzo è infatti già ubicato in ambito stradale. La viabilità secondaria di Pedemontana dovrebbe semplicemente raccordarsi alla viabilità esistente, ove è già presente il pozzo, a piano campagna.

Inoltre, il pozzo presenta ampia protezione dal punto di vista idrogeologico. Osservando infatti la stratigrafia, si osserva un livello argilloso importante (15 m di spessore) al di sopra dei filtri del pozzo. Non sono attesi dunque problemi reali nell'effettuare il raccordo, ma è comunque necessario discutere la questione con Brianzacque, onde trovare una soluzione ragionevole al problema.

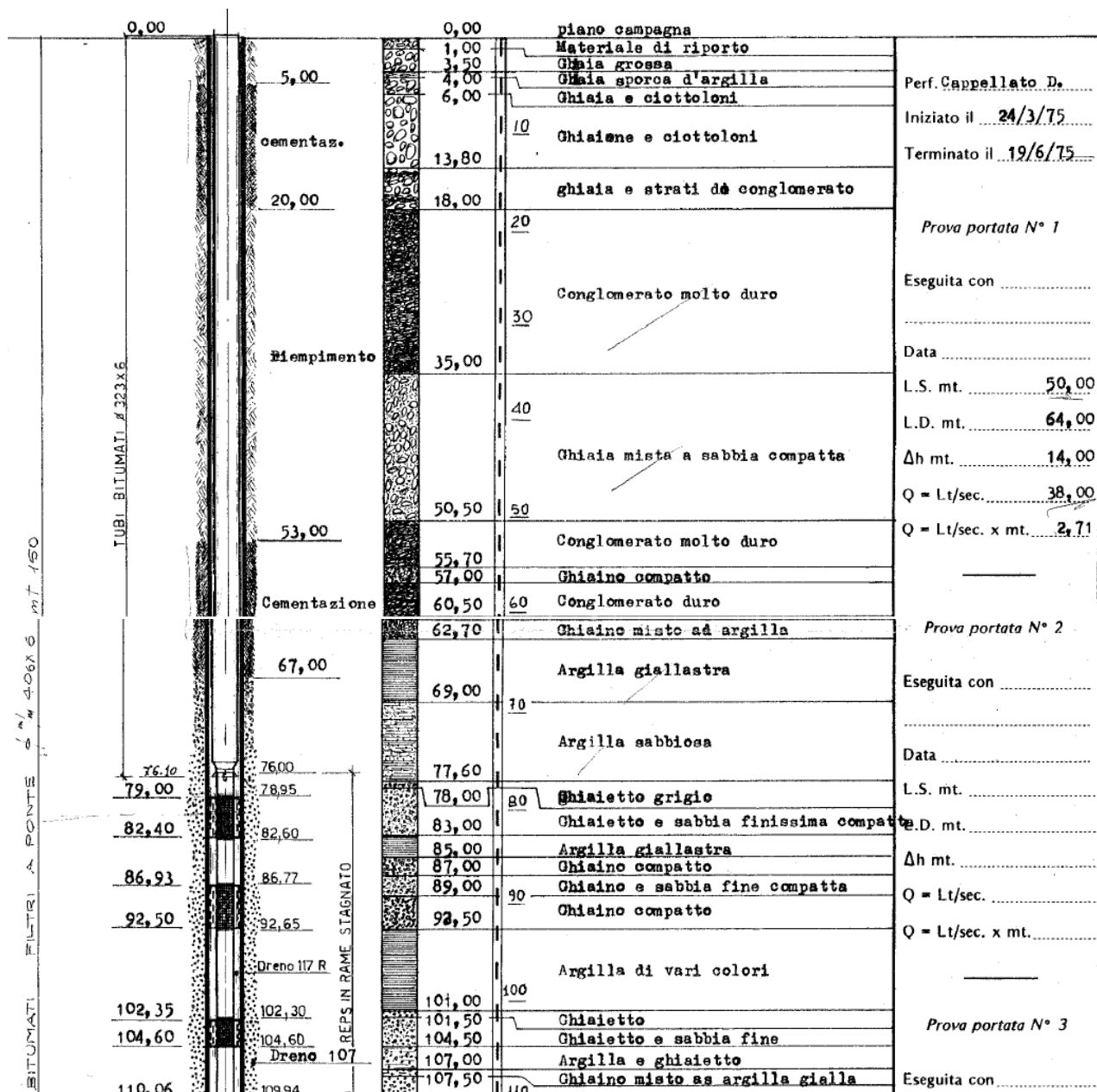


Figura 38: stratigrafia dell'unico pozzo di tratta B2 la cui zona di tutela assoluta interferirebbe con il progetto; esso è però protetto dal punto di vista idrogeologico e, alla luce anche dell'esistente viabilità, la connessione con le opere di APL non rappresenterebbe un problema reale; il tema è comunque da discutere con Brianzacque

Per quanto riguarda invece le altre interferenze tra i pozzi e le opere in progetto, a carattere meno rilevante già che riguardano la sola Zona di Rispetto, va ricordato che il criterio geometrico adottato è da considerarsi come una prima valutazione (in attesa di conoscere eventuali delimitazioni di carattere temporale), che in genere risulta essere peraltro piuttosto cautelativa, posto che non considera gli aspetti di carattere idrogeologico, che invece rivestono come noto una grande importanza nella valutazione dell'effettiva criticità che potrebbe scaturire dalle attività di cantiere e di esercizio dell'opera. Diviene quindi necessario effettuare un approfondimento dell'analisi della interferenza che comprenda ad esempio la valutazione della profondità dei filtri dei pozzi e del livello acquifero intercettato, la presenza di lenti di materiali poco permeabili che, se di adeguato spessore ed interposte tra il piano campagna e il primo filtro, potrebbero isolare e proteggere le acque intercettate dal pozzo riducendone significativamente la vulnerabilità. Va inoltre considerata l'ubicazione del pozzo rispetto all'opera e alla direzione di propagazione del deflusso della falda intercettata dai filtri; due pozzi posti alla medesima distanza dall'opera ma rispettivamente a monte

e valle idrogeologico presenteranno infatti una criticità differente, più elevata per il pozzo posto a valle rispetto a quello di monte. Anche le caratteristiche dell'opera e del cantiere, variabili a seconda dei tratti, determinano un potenziale pericolo per la falda che aumenta nei casi in cui le opere di fondazione sono spinte a profondità elevate: opere in sotterraneo spinte a qualche decina di metri di profondità comportano a parità di condizioni idrogeologiche un rischio maggiore rispetto a opere realizzate in rilevato o con fondazioni superficiali.

Di seguito si riporta in forma sintetica l'esito della verifica di dettaglio condotta per tutti i pozzi per i quali si è manifestata dalla fase di screening una interferenza con le opere in progetto, effettuata considerando:

- gli aspetti idrogeologici (ad es. presenza di livelli impermeabili / vulnerabilità della falda captata)
- l'analisi della stratigrafia dei singoli pozzi ed in particolare della profondità dei filtri
- l'ubicazione degli stessi rispetto all'opera e tenendo conto della direzione di deflusso della falda
- le caratteristiche e la profondità in sotterraneo dell'opera/fondazioni.

A seconda del grado di vulnerabilità del pozzo si è quindi indicata la necessità di apportare modifiche al progetto, di adottare misure compensative e/o attività specifiche quali ad esempio il monitoraggio della qualità delle acque (Tabella 7).

POZZI AD USO POTABILE						
CODICE	COMUNE	DISTANZA DALL'OPERA [m]	DETTAGLI UBICAZIONE	CONSIDERAZIONI	NECESSITÀ DI MODIFICHE PROGETTUALI RISPETTO AL PD	INTERVENTI COMPENSATIVI e/o ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO PREVISTE
152120008	Seveso	< 10 m	a valle idrogeologico della tangenziale di Meda	interferenza della viabilità secondaria con la Zona di Tutela Assoluta del pozzo esistente, che è già ubicato in ambito viario, al quale si raccorderebbe APL. E' protetto dal punto di vista idrogeologico. Da discutere con Brianzacque se rifare il pozzo altrove o, trattandosi di intervento superficiale, mantenerlo nel luogo attuale	DA VALUTARE - SI in linea teorica, ma già in ambito viario e protetto dal punto di vista idrogeologico; necessaria discussione con Brianzacque	Necessaria la verifica dell'esatta posizione e geometria del tratto di viabilità in oggetto e modifica del tracciato per evitare l'interferenza con il pozzo esistente, che è già impattato da viabilità esistente; monitoraggio non si riesce a fare per vicinanza, ma è protetto da assetto idrogeologico
150750005	Cesano	< 100 m	a valle di un tratto di viabilità secondaria	il tratto di viabilità secondaria in progetto è posto ad una distanza inferiore a 100 m rispetto al pozzo esistente, a valle flusso rispetto al tracciato dell'opera. Dall'analisi della stratigrafia del sondaggio e dalle caratteristiche del pozzo emerge che il filtro più superficiale è ubicato alla profondità di 32 m dal p.c. e non sono presenti a quote superiori spessori di materiali fini; ne deriva pertanto un'elevata vulnerabilità del pozzo	NO	In considerazione della elevata soggiacenza della falda (circa 30 m dal p.c. nel dato di progetto riferito a Settembre 2014) e della distanza tra il pozzo e il tracciato dell'opera, oltreché delle caratteristiche dell'opera che non prevede nel tratto in esame interventi profondi nel sottosuolo, nonostante l'elevata vulnerabilità intrinseca del pozzo, non si ritiene necessaria la sua dismissione o la modifica del tracciato. Come misura di compensazione sarà necessario prevedere il monitoraggio della qualità della falda mediante la realizzazione di un piezometro posto ad interasse tra il tracciato della strada e il pozzo
150750002	Cesano	< 100 m	ubicazione laterale rispetto all'asse principale	il tratto del tracciato principale dell'opera risulta ad una distanza inferiore a 100 m rispetto al pozzo esistente in esame che in considerazione della direttrice di deflusso principale è ubicato lateralmente alla stessa. Dall'analisi della stratigrafia del sondaggio e dalle caratteristiche del pozzo emerge che il filtro più superficiale risulta alla profondità di 35 m dal p.c. e non sono presenti a quote inferiori spessori di materiali fini; considerato dunque il quadro informativo descritto ne deriva una moderata vulnerabilità del pozzo	NO	In considerazione della elevata soggiacenza della falda (circa 35 m dal p.c. nel dato di progetto riferito a Settembre 2014), della distanza tra il pozzo e il tracciato dell'opera, oltreché l'ubicazione laterale del pozzo rispetto all'asse stradale, nonostante la discreta vulnerabilità intrinseca del pozzo, non si ritiene necessaria la sua dismissione o la modifica del tracciato. Come misura di compensazione sarà necessario prevedere il monitoraggio della qualità della falda mediante la realizzazione di un piezometro posto ad interasse tra il tracciato della strada e il pozzo
150750010	Cesano	< 100 m	ubicazione laterale rispetto all'asse principale	il tratto del tracciato principale dell'opera risulta ad una distanza inferiore a 100 m rispetto al pozzo esistente in esame che in considerazione della direttrice di deflusso principale è ubicato lateralmente alla stessa. Dall'analisi della stratigrafia del sondaggio e dalle caratteristiche del pozzo emerge che il filtro più superficiale risulta alla profondità di 47 m dal p.c. e non sono presenti a quote inferiori spessori di materiali fini; considerato dunque il quadro informativo descritto ne deriva una discreta vulnerabilità del pozzo	NO	In considerazione della elevata soggiacenza della falda (circa 35 m dal p.c. nel dato di progetto riferito a Settembre 2014), della distanza tra il pozzo e il tracciato dell'opera, oltreché l'ubicazione laterale del pozzo rispetto all'asse stradale, nonostante la discreta vulnerabilità intrinseca del pozzo, non si ritiene necessaria la sua dismissione o la modifica del tracciato. Come misura di compensazione sarà necessario prevedere il monitoraggio della qualità della falda mediante la realizzazione di un piezometro posto ad interasse tra il tracciato della strada e il pozzo
150130002	Barlassina	< 200 m	ubicazione laterale rispetto a un tratto di viabilità secondaria	il tratto di viabilità secondaria in progetto interferisce con la Zona di Rispetto di un pozzo esistente, ubicato a meno di 200 m dall'opera in progetto. Il pozzo dal punto di vista idrogeologico risulta tuttavia ubicato lateralmente allo sviluppo dell'opera e considerata anche l'elevata soggiacenza della falda nell'area (circa 30 m dal p.c.) pertanto, pur avendo il pozzo il filtro più superficiale a circa 55 m dal p.c. e risultando questo non protetto da spessori a bassa permeabilità più superficiali, la vulnerabilità risulta comunque molto contenuta	NO	non si ravvisa la necessità di particolari misure compensative alla luce della direzione di falda e della natura delle attività, a piano campagna
150130013	Barlassina	< 200 m	a monte idrogeologico rispetto all'asse principale	il tratto in esame interferisce con la Zona di Rispetto di un pozzo esistente che, tuttavia, risulta ubicato a monte idrogeologico e ad una distanza superiore ai 100 m dal tracciato dell'opera in progetto. Inoltre, dall'esame della stratigrafia e delle caratteristiche del pozzo si rileva che il filtro più superficiale è posto a 72 m dal p.c. e che al di sopra di questo è presente uno spessore significativo (circa 10 m) di argille compatte color ocra che contribuiscono a proteggere il tratto filtrato. La vulnerabilità del pozzo risulta pertanto scarsa	NO	non si rileva la necessità di attuare particolari misure compensative
150130014	Barlassina	< 200 m	a monte idrogeologico rispetto all'asse principale	il tratto in esame interferisce con la Zona di Rispetto di un pozzo esistente che, tuttavia, risulta ubicato a monte idrogeologico e ad una distanza superiore ai 100 m dal tracciato dell'opera in progetto. Inoltre, dall'esame della stratigrafia e delle caratteristiche del pozzo si rileva che il filtro più superficiale è posto a circa 120 m dal p.c. e che al di sopra di questo sono presenti diversi spessori di litologie a bassa permeabilità, tra cui quello più significativo (circa 10 m) di argille compatte color ocra. La vulnerabilità del pozzo risulta pertanto assai scarsa	NO	non si rileva la necessità di attuare particolari misure compensative

Tabella 7 - Analisi di dettaglio delle interferenze tra i pozzi per l'approvvigionamento idrico potabile e le opere in progetto per tratta B2

5.3 VALUTAZIONE DEI POTENZIALI IMPATTI SULLA FALDA

Ogni attività antropica produce inevitabilmente un impatto sull'ambiente. A maggior ragione questo può essere vero per una infrastruttura di rilevante entità, quale una autostrada.

Fortunatamente per quanto attiene la falda nel caso della tratta B2 di Pedemontana, le soggiacenze risultano sempre troppo elevate per poter comprometterne lo stato, se non in limitati tratti ove le fondazioni profonde risultano più vicine alla falda di progetto (ma mai risulterebbero in essa immerse, a maggior ragione se si considera la falda di gennaio 2023, circa 10-15 m più profonda di quella del 2014, falda di progetto).

Lo spessore insaturo che eventuali rilasci sarebbero costretti a superare è infatti di molte decine di metri (anche più di 40-60 m nel tratto settentrionale, 20-40 m verso S), prima di raggiungere la falda. La vulnerabilità è dunque bassa ovunque, tranne che nella valle del Seveso e Certesa, e nei casi delle fondazioni più profonde di alcuni ponti a S, ove aumenta sensibilmente. In questi tratti le profondità raggiunte dalle fondazioni possono avvicinare maggiormente acqua ed opere, ma non è previsto un contatto diretto e dunque uno spessore insaturo è sempre previsto.

5.3.1 Fase di cantiere

Aspetti qualitativi

Le principali condizioni di criticità sono legate alla fase di realizzazione dell'opera quando l'allestimento del cantiere e delle successive lavorazioni possono determinare potenziali impatti sull'ambiente. Per quanto concerne il rischio per le opere di captazione presenti nel territorio interessato dall'esecuzione dell'infrastruttura viaria in tratta B2, come si è già valutato nel dettaglio nel precedente paragrafo 5.2, ad eccezione di un punto che deve essere oggetto di discussione, non risulta una potenziale interazione significativa che richieda la modifica del tracciato originario o la sostituzione del pozzo interferente. Le caratteristiche dei pozzi (ubicazione rispetto all'opera, profondità dei filtri, ecc.) e quelle idrogeologiche dell'acquifero (ad esempio la presenza di livelli poco permeabili a protezione dei tratti filtrati) determinano condizioni di vulnerabilità piuttosto contenute e limitate. In ogni caso, come meglio illustrato nel successivo capitolo 6, è opportuno prevedere alcune isolate misure di prevenzione e monitoraggio al fine di prevenire ogni possibile rischio di contaminazione delle acque sotterranee e, nel malaugurato caso di incidenti, rilevarne tempestivamente gli eventuali effetti e intervenire altrettanto celermente per contenerli evitandone così la propagazione.

Posto che non sono attese interferenze dirette tra falda e opere o fondazioni in tratta B2, durante la realizzazione di diaframmi o pali di fondazione risulta comunque necessario controllare che non avvengano rilasci di sostanze indesiderate nella porzione di terreno insaturo al di sopra della falda, a causa delle attività di costruzione. Alcuni dei potenziali rilasci di sostanze indesiderate includono:

- fluidi di perforazione: durante le operazioni di perforazione per la realizzazione dei diaframmi o dei pali di fondazione vengono solitamente utilizzati fluidi di perforazione, come fanghi bentonitici o polimerici, per stabilizzare il foro e rimuovere i detriti. Questi fluidi possono contenere additivi chimici e talvolta possono verificarsi perdite o fuoriuscite nei terreni circostanti, potenzialmente influenzando la qualità dell'acqua di falda.
- Materiali di tenuta e/o sigillatura: durante la costruzione di diaframmi o pali di fondazione, vengono spesso utilizzati materiali di tenuta o sigillatura, come bentonite, calce o cemento. Questi materiali possono contenere sostanze chimiche che, se rilasciate in falda a causa di perdite o dispersioni, possono compromettere la qualità dell'acqua sotterranea.

- Carburanti e lubrificanti: La presenza di attrezzature e macchinari nel cantiere comporta l'utilizzo di carburanti e lubrificanti, come diesel, olio motore o grasso. Possibili perdite o sversamenti di tali sostanze possono contaminare il suolo e infiltrarsi nelle acque di falda.
- Rifiuti e materiali inquinanti: Durante la costruzione, possono essere generati rifiuti e materiali inquinanti, come schiumogeni, vernici, solventi, adesivi, residui di cemento o metalli pesanti. Se questi materiali vengono gestiti in modo improprio o smaltiti in modo inadeguato, possono causare l'inquinamento delle acque di falda.

Per mitigare i rilasci di sostanze indesiderate in falda durante la realizzazione di diaframmi o pali di fondazione sono essenziali misure preventive e pratiche di gestione adeguatamente predisposte. Alcune delle azioni che possono essere adottate includono:

- Adozione di misure di controllo per limitare il dilavamento di polveri e potenziali sostanze inquinanti che poi possano percolare nel sottosuolo.
- Utilizzo di metodi di perforazione e tecniche costruttive appropriati per ridurre al minimo la dispersione di fluidi di perforazione e materiali di tenuta e costipazione nel sottosuolo
- Implementazione di un sistema di gestione dei rifiuti adeguato per la corretta gestione e smaltimento dei materiali inquinanti generati durante la costruzione.
- Adozione di buone pratiche ambientali nel cantiere, come l'uso di attrezzature a basso impatto ambientale, il controllo delle perdite di carburante e aree di stoccaggio fluidi e lavaggio ruote, così come una adeguata formazione del personale sulle procedure di sicurezza e gestione ambientale.
- Impostazione di una rete di monitoraggio piezometrico e qualitativa dedicata al controllo preventivo di eventuali rilasci in falda di sostanze indesiderate, a tutela dei pozzi idropotabili

In questo modo, è possibile garantire una corretta gestione degli impatti ambientali e la salvaguardia delle risorse idriche sotterranee durante la realizzazione di diaframmi o pali di fondazione.

In termini generali è utile comunque ricordare che le acque sotterranee nel territorio in esame sono storicamente interessate da inquinamenti di provenienza industriale (in particolare solventi clorurati e metalli), agricola e civile (fitofarmaci e nitrati). Come si è visto nel paragrafo 3.4 questi inquinamenti possono essere diffusi o concentrati nei cosiddetti "pennacchi". Posto che qualunque intervento antropico altera perlomeno temporaneamente l'ambiente, anche le lavorazioni per la realizzazione dell'autostrada possono comportare alterazioni localizzate all'attuale stato alterato della falda. Si riportano di seguito alcune brevi considerazioni al riguardo.

Interferenza con inquinamenti diffusi e pennacchi di inquinamento conosciuti

Le indicazioni fornite dalla cartografia esistente sono poco dettagliate e non mostrano evidenze di plume veri e propri ma di un generico inquinamento, in particolare da solventi clorurati, in gran parte della provincia. L'esecuzione degli scavi non si ritiene possa interferire più di tanto sullo stato qualitativo e contaminazione delle falde in tratta B2, se non potenzialmente durante la realizzazione delle fondazioni più profonde nella valle del Seveso e Certesa.

Questo discorso appare evidente per gli inquinamenti diffusi, che non possono certo essere interferiti dall'opera vista la loro distribuzione su estensione provinciale o regionale, quasi alla stregua dei cosiddetti "valori di fondo" naturali di alcune sostanze.

Per quanto attiene invece i pennacchi di inquinamento oggi conosciuti non si ritiene l'opera particolarmente influente sul loro andamento. Osservando infatti le cartografie contenute nel paragrafo 3.4.2 si rilevano in prossimità del tracciato plume conosciuti di solventi solamente a valle

dal punto di vista idrogeologico rispetto al progetto. Dato che sono però presenti industrie nell'alta Brianza, si ritiene tale dato non esauriente, e si preferisce adottare un atteggiamento cautelativo, anche per garantire la salubrità delle fondazioni in termini di acque aggressive per gli inquinamenti diffusi esistenti (vedi paragrafo 6 – monitoraggio).

Aspetti quantitativi

Come già anticipato nei paragrafi precedenti e nel capitolo 5.1, in tratta B2 non è attesa interferenza tra opere e falda di progetto, ancora meno se si considera la falda di riferimento gennaio 2023.

Le fondazioni profonde più vicine alla falda sono quelle riferite alle g.a. Colombo e Cesano Maderno e ai ponti dalla valle del Seveso fino a fine tratta, il cui franco rispetto alla falda di progetto risulta compreso entro 5 m (rispetto alla falda 2023, almeno una decina di metri di più).

In ogni caso, dato che in tratta B2 la direzione di flusso della falda risulta sostanzialmente quella dello sviluppo autostradale, si ritiene che non vi possa essere interferenza significativa con il deflusso sotterraneo delle acque.

5.3.2 Fase d'esercizio

Aspetti qualitativi

Nella fase di esercizio dell'opera, vista la rilevante profondità della falda in tratta B2, non si rilevano potenziali pericoli in grado di determinare un impatto sulle acque sotterranee e dunque sulle opere di captazione delle stesse. Le eventuali sostanze pericolose per l'ambiente che possono essere disperse sulle carreggiate e in generale sulla superficie stradale e che per opera delle acque meteoriche vengono mobilizzate e trasportate, sono infatti affidate ad un sistema di raccolta, trattamento e smaltimento appositamente progettato per garantire la loro gestione in sicurezza, prevenendo così il rischio di dispersione nell'ambiente.

Aspetti quantitativi

Non sono attese interferenze significative neppure a lungo termine, per l'allineamento tra opera e direzione di flusso della falda e la consistente profondità di quest'ultima.

5.4 CONSIDERAZIONI SULLE MODALITÀ DI UTILIZZO DELLE ACQUE DI FALDA E RELATIVA OTTIMIZZAZIONE SOSTENIBILE

In linea teorica, nel contesto dei cantieri e delle costruzioni, le acque di falda possono essere una risorsa preziosa per soddisfare le esigenze idriche durante le attività di scavo e costruzione. Tuttavia, è fondamentale valutare attentamente le modalità di utilizzo di queste acque e cercare di ottimizzarne l'uso in modo sostenibile.

Le valutazioni sulle modalità di utilizzo di acque di falda in cantiere richiedono una valutazione accurata dell'entità e della qualità delle acque sotterranee disponibili. È necessario valutare la portata e la ricarica delle falde acquifere nella zona circostante al cantiere, nonché la qualità dell'acqua per garantire che sia adatta all'uso previsto.

L'ottimizzazione sostenibile dell'utilizzo delle acque di falda in cantiere può essere raggiunta attraverso l'adozione di misure di risparmio idrico. Ciò implica l'utilizzo di attrezzature e tecnologie efficienti dal punto di vista idrico, come l'impiego di apparecchiature a basso consumo per il lavaggio o la riduzione delle perdite idriche tramite sistemi di controllo e monitoraggio.

È inoltre importante considerare l'opportunità di utilizzare fonti alternative di approvvigionamento idrico nei cantieri. Ad esempio, l'acqua piovana può essere raccolta e utilizzata per scopi non potabili, come l'abbattimento polveri o il raffreddamento delle macchine. L'uso di acque reflue trattate può anche ridurre la dipendenza dalle acque di falda.

La gestione sostenibile delle acque di falda in cantiere richiede una collaborazione attiva tra i responsabili del progetto. È essenziale adottare misure preventive e piani di gestione delle acque che minimizzino l'impatto sulle falde acquifere locali e promuovano l'efficienza idrica.

Nei cantieri di tratta B2 la falda risulta estremamente profonda, e dunque poco appetibile per un suo uso industriale.

5.5 VALUTAZIONE DELL'EFFETTO DIGA AD OPERA DEI DIAFRAMMI PROFONDI E RELATIVE MISURE DI OTTIMIZZAZIONE

L'effetto c.d. "diga" in relazione alle acque sotterranee si riferisce al fenomeno in cui un diaframma o una barriera artificiale influisce sul flusso delle acque sotterranee, comportando cambiamenti significativi nell'assetto idrogeologico locale, impedendo il deflusso libero delle acque.

L'effetto diga determina un accumulo di acqua a monte del diaframma, creando un aumento del carico piezometrico a monte, e un corrispondente decremento del carico a valle dell'opera che sbarrano il transito delle acque sotterranee.

E' dunque essenziale valutare attentamente gli effetti di un diaframma sulla falda acquifera prima di costruirlo, al fine di comprendere come influenzerà il regime idrico della zona circostante, prevedendo eventuali conseguenze negative.

Lungo la tratta B2, come anticipato nel par. 5.3, non sono attesi fenomeni di barriera della falda causati dalle fondazioni né dalle opere.

6 MONITORAGGIO QUALI-QUANTITATIVO DELLA FALDA

Come si evince dalla lettura dei capitoli precedenti, non si ritiene che la realizzazione dell'autostrada in tratta B2 possa produrre rilevanti alterazioni nello stato quantitativo e qualitativo della falda interessata dal cantiere, né durante le attività di costruzione, né ad opera completata.

In ogni caso, per il principio di cautela e, dato che ogni opera può generare un cambiamento nell'assetto naturale e antropico del territorio che la ospita, si deve porre massima attenzione sullo stato dei recettori ambientali, e cioè l'aria, il terreno/sottosuolo, l'acqua e, in seconda battuta e in caso di zone fortemente antropizzate quali quella in oggetto, nel valutare potenziali impatti sulle risorse che sono fonte primaria di benessere o ricchezza per il tessuto socioeconomico del territorio che accoglie l'opera.

In questo documento, ai fini di garantire la protezione dei pozzi potabili, sono presi in considerazione gli aspetti più salienti per il comparto idrogeologico, considerato che la falda costituisce la risorsa naturale più rilevante per il territorio brianzese, essendo essa l'unica fonte di approvvigionamento idrico idropotabile e industriale ampiamente sfruttabile e sfruttata (ad eccezione di alcune sorgenti nell'alta Brianza).

In tratta B2, pur di entità minore che in tratta B1, il monitoraggio degli aspetti qualitativi non va comunque dimenticato, attraverso la pianificazione di una rete di controllo mirata ai pochi punti maggiormente sensibili.

Nella prima emissione del Progetto Esecutivo viene fornito l'indirizzo generale per il monitoraggio quali-quantitativo della falda. Gli assunti qui riportati dovranno essere confermati in una seconda fase, in particolare per approfondimenti legati ad un confronto con Brianzacque, gestore unico del S.I.I. provinciale.

6.1 Principi per la realizzazione della rete di monitoraggio per APL

Considerando la falda acquifera come bersaglio del potenziale impatto connesso alla realizzazione dell'opera è opportuno predisporre una rete di monitoraggio adeguata a valutare i potenziali impatti in termini sia qualitativi, sia quantitativi.

Nel primo caso sarà necessario predisporre una rete di piezometri che prioritariamente consenta di salvaguardare il recettore sensibile, l'acquifero sede di pozzi per approvvigionamento idropotabile, interponendo questi piezometri tra l'area del cantiere e i bersagli posti a valle idrogeologico della stessa, i summenzionati pozzi idropotabili. Il monitoraggio dovrà quindi riguardare principalmente i piezometri che fungeranno da "sentinella" per rilevare con congruo anticipo eventuali contaminazioni che possano interessare i pozzi posti a valle; i pozzi stessi sono regolarmente posti sotto controllo e quindi a loro volta dovranno essere oggetto di monitoraggio. Per poter eventualmente escludere Pedemontana da possibili accuse di inquinamento, magari ad essa non imputabili, può anche valere la pena di valutare la predisposizione di punti di controllo a monte dell'autostrada.

Per quanto attiene il monitoraggio quantitativo per valutare eventuali deviazioni locali al deflusso naturale della falda, come già detto in tratta B2 non si attendono impatti e non risulterà effettuare detto monitoraggio, come già spiegato nei paragrafi precedenti.

6.2 Proposta di una rete di monitoraggio per APL

Come anticipato, per tratta B2 il piano di monitoraggio deve perseguire solo uno dei due obiettivi "classici", relativi all'alterazione della qualità e dell'assetto quantitativo della falda, e cioè il primo. Assunto che la falda è troppo profonda per determinare interferenze tra flusso idrico ipogeo e infrastruttura occorre invece controllare che durante la realizzazione la nuova autostrada non venga prodotta alterazione idrochimica nella risorsa idrica utilizzata ai fini idropotabili.

La rete di monitoraggio per tratta B2 deve quindi essere progettata al fine di soddisfare gli obiettivi di qualità nei limitati tratti nei quali le fondazioni possono indurre un disturbo nell'acquifero. La proposta di PE dovrà comunque essere adeguatamente discussa con il gestore del S.I.I. Brianzacque.

6.2.1 Rete di monitoraggio qualitativa

Per quanto riguarda la qualità delle acque sotterranee sarà necessario prevedere alcuni piezometri ubicati a monte idrogeologico dell'opera, idonei a fungere da "bianco" di controllo e valutare che l'eventuale contaminazione che si dovesse rilevare a valle non dipenda in realtà da altre fonti di pressione e/o sorgenti indipendenti dal cantiere dell'infrastruttura viaria, mentre altri dovranno essere ubicati lungo la direttrice di deflusso in posizione di interesse tra lo sviluppo previsto dell'opera e i pozzi potabili che hanno evidenziato una interferenza e una vulnerabilità non

trascurabile (vedi Tabella 7). Oltre al monitoraggio dei piezometri dovranno essere costantemente monitorati anche i pozzi, che già di norma sono soggetti a regolari controlli di qualità.

Posto che non sono noti plume di inquinamento definiti lungo tratta B2, si prevede di prediligere la realizzazione di nuovi punti di controllo ove siano presenti pozzi idropotabili particolarmente esposti e opere in sotterraneo a minore distanza dalla falda, come riassunto nella seguente tabella.

Sicuramente sono da ritenersi prioritari i piezometri posto a valle di APL, indicativamente in numero di 3 da ubicarsi nelle aree sotto riportate, mentre per quelli a monte dovrà esserne valutata la reale necessità e fattibilità (potenzialmente si tratta di altri 2 piezometri).

Tabella 8 – proposta per n. 14 piezometri (eventuali 14 altri piezometro a monte) per il controllo qualitativo della falda

		DISTANZA DALL'OPERA [m]	DETTAGLI UBICAZIONE	NUMERO E TIPOLOGIA PUNTI DI MISURA	MONIT. QUALITÀ	CONSIDERAZIONI
		< 10 m	a valle idrogeologico della tangenziale di Meda			ubicazione in ambito già stradale, semplice raccordo a piano campagna e filtri pozzo protetti
		< 100 m	a valle di un tratto di viabilità secondaria			filtri ad oltre 30 m da p.c. e semplice intervento a p.c di riqualificazione di strada esistente
		< 100 m	ubicazione laterale rispetto all'asse principale	1 piezometro a valle di APL	1	non si riesce ad ubicare piezometro a monte di APL per direzione relativa tra APL e falda (la stessa)
		< 100 m	ubicazione laterale rispetto all'asse principale	nessuno, si sfrutta quello del pozzo n.2		
		< 200 m	ubicazione laterale rispetto a un tratto di viabilità secondaria			direzione del flusso ipogeo non può portare inquinamento al pozzo, posto lateralmente con filtri a ca. 30 m da p.c., alla luce anche
		< 200 m	a monte idrogeologico rispetto all'asse principale			non vi è possibile compromissione dell'area di cattura del pozzo, posto a monte dal punto di vista idrogeologico
		< 200 m	a monte idrogeologico rispetto all'asse principale			non vi è possibile compromissione dell'area di cattura del pozzo, posto a monte dal punto di vista idrogeologico
		fondazioni pot. prossime a falda	g.a. Colombo	1 piezometro a valle di APL e 1 piezometro a monte	2	vicinanza falda a fondazioni profonde e direzione di flusso quasi ortogonale
		fondazioni pot. prossime a falda	g.a. Cesano Maderno	1 piezometro a valle di APL e 1 piezometro a monte	2	vicinanza falda a fondazioni profonde

In totale sono dunque raccomandabili 3 piezometri a valle di APL e 2 eventualmente a monte, da discutere con Brianzacque.

6.2.2 Rete di monitoraggio quantitativa

Non si ritiene necessario monitorare aspetti quantitativi per la falda, che non interferisce direttamente con le fondazioni e, qualora ciò avvenisse per un inatteso innalzamento della falda oltre le quote di riferimento della falda in progetto, in maniera poco determinante (concorrenza della direzione di deflusso delle acque con il naturale deflusso delle acque nel settore meridionale del tracciato, quello

a maggior vicinanza alla tavola d'acqua, a scongiurare un eventuale effetto barriera, in ogni caso molto limitato anche in potenza).

6.2.3 Modalità di monitoraggio

I monitoraggi dovranno essere avviati ante-operam per fornire la “fotografia” della condizione pregressa alla installazione del cantiere e all’avvio delle attività. Dovranno poi essere effettuati con cadenze regolari sia il monitoraggio dei livelli di falda sull’intera rete di punti, sia il prelievo dei campioni destinati alle analisi qualitative di laboratorio. Le frequenze di misura dei livelli e di campionamento delle acque potranno essere differenti e saranno stabilite in base alle previsioni inerenti alle tempistiche del cantiere. Mentre le misure di livello saranno effettuate su tutti i punti disponibili così da consentire una migliore ricostruzione locale degli andamenti della falda, il prelievo dei campioni sarà effettuato solo sui piezometri “spia” posti a monte dei pozzi a fini idropotabili e, eventualmente con frequenze inferiori, sui piezometri di “bianco” posti a monte idrogeologico dell’opera.

Il monitoraggio ha due obiettivi: valutare se APL produrrà effetti quantitativi sulla falda, ove si verificheranno le interferenze tra flusso idrico ipogeo e infrastruttura e controllare che durante la realizzazione e, successivamente in esercizio, la nuova autostrada non produca alterazione idrochimica nella risorsa idrica utilizzata ai fini idropotabili.

Di seguito si propone una tabella di analiti da valutare in fase di realizzazione dell’opera, quando le attività di monitoraggio ante-operam saranno state definite.

Tabella 9: analiti da valutare per il monitoraggio in fase di progetto esecutivo

Metalli	Altri
Arsenico	Idrocarburi totali
Cromo tot.	BTEX
Cadmio	Sommatoria organoalogenati
Mercurio	Sommatoria fitofarmaci
Nichel	Sommatoria IPA
Piombo	Sommatoria PCDD, PCDF
Rame	PCB
Zinco	Tensioattivi
Inquinanti inorganici	PFAS
Nitriti	Parametro chimico fisico
Nitrati	Temperatura
Solfati	pH
Cloruri	Conducibilità Elettrica

In ottica di ottimizzare anche la frequenza di campionamento è ragionevole articolare maggiormente la cadenza di campionamento, differenziando quella prima e dopo gli scavi (ante e post operam) da quella in corso d’opera (più frequente – ad es. mensile o quindicinale, a seconda della distanza relativa tra il piezometro e i pozzi idropotabili e tra questi e le fondazioni profonde);

In prima analisi si possono prevedere campagne di monitoraggio semestrali per il periodo ante-operam, che in maniera elastica (ovvero legato al cronoprogramma dei lavori) nei tratti in fase di realizzazione deve infittirsi proporzionalmente fino ad una frequenza mensile o addirittura quindicinale/settimanale durante l’esecuzione dei lavori, e in particolare la realizzazione delle fondazioni profonde, sia in atto in quei settori nei quali la vulnerabilità dei pozzi idropotabili sia massima.

Terminato il periodo critico, il monitoraggio può gradualmente tornare a cadenze inferiori durante i sei mesi successivi alla chiusura del cantiere in un dato tratto, per poi tornare ad una cadenza semestrale nei 3 anni successivi alla chiusura dei cantieri.

7 ASSETTO IDROGEOLOGICO LUNGO IL TRACCIATO

In questo paragrafo vengono riportati, al fine di supportare la progettazione, le condizioni idrogeologiche attese lungo il tracciato di progetto.

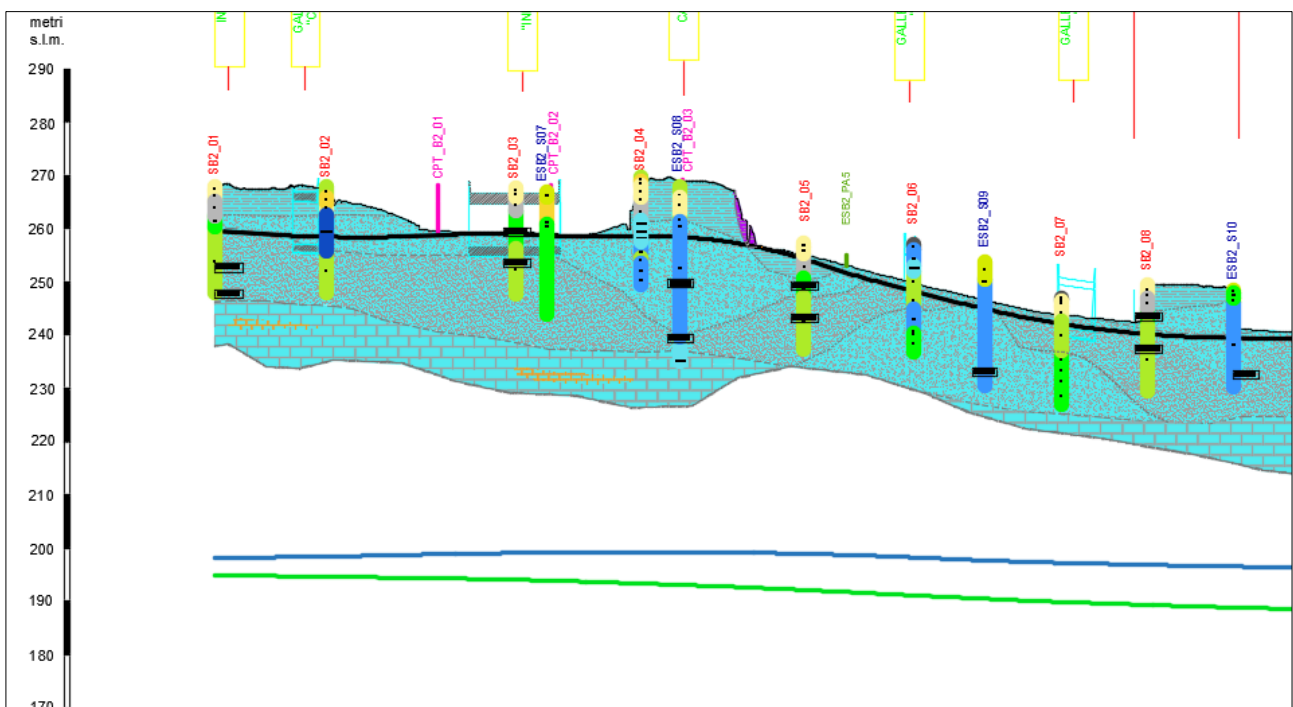
La falda, come già anticipato nei paragrafi precedenti, risulta particolarmente profonda lungo la tratta B2, ancora di più che su tratta C.

Non sono attese zone nelle quali essa può interferire con le fondazioni più profonde.

Si riportano comunque nel seguito l'analisi, tratto per tratto, delle zone a maggiore vicinanza dell'opera con la falda.

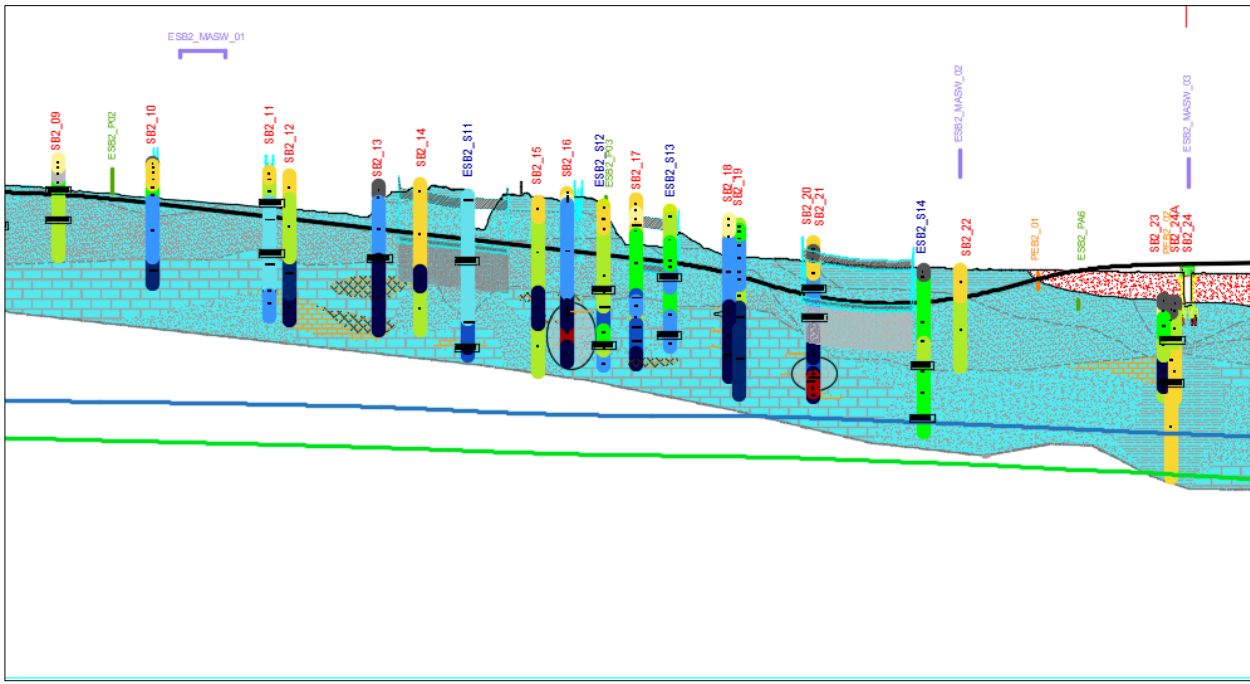
Le linee orizzontali rappresentano la falda di progetto (in blu – settembre 2014) e quella più recente interpolata (gennaio 2023). Le indicazioni cautelative qui riportate si riferiscono alla falda di progetto. La piezometria più recente risulta spesso tra 10 e 20 m più profonda di quella di progetto.

Da km 0 a km 1+700



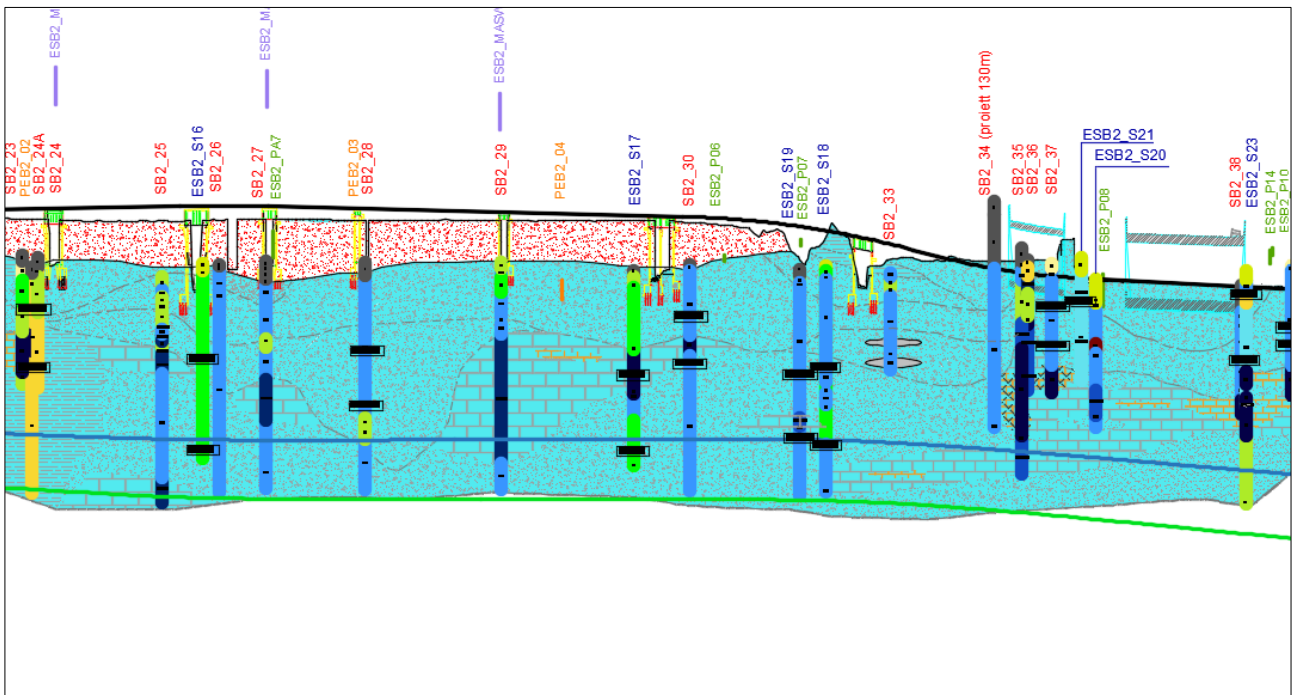
- Il livello piezometrico della prima falda è localizzato a profondità variabili tra 50 e 70 m da piano campagna (livello fondamentale della pianura) e non sussistono interferenze con lo scavo e con le fondazioni delle opere
- Possibile locale presenza di falde acquifere sospese

Da km 1+700 a km 4+400



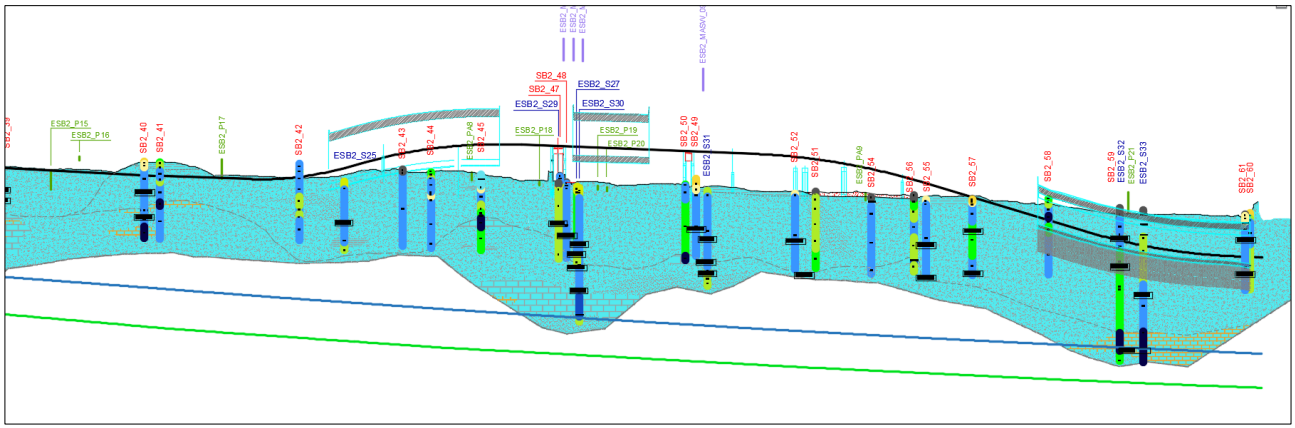
- prima falda a profondità comprese tra 50 e 30 m, rispettivamente a N e S, assenza di interferenza tra falda e opere
- vicinanza tra le fondazioni della g.a. Colombo e la falda (entro 5 m da falda di progetto 2014)

Da km 4+400 a km 6+000



- Livello piezometrico compreso tra 25 e 35 m, assenza di interferenza tra falda e opere ma vicinanza entro 5 m della falda di progetto (9-2014) con le fondazioni delle opere più profonde

Da km 6+000 a km 9+600



- Livello piezometrico tra 30 e 35 m da p.c.; vicinanza tra falda di progetto (9-2014) e fondazioni delle opere (cvf Stuzo-de Medici e G.A. Cesano Maderno entro 5 m)

BIBLIOGRAFIA

- Provincia di Milano, Assessorato all'Ambiente e Politecnico di Milano, D.S.T.M.-Geologia Applicata - Le risorse idriche sotterranee nella Provincia di Milano - Vol.I: Lineamenti idrogeologici
- Milano, dicembre 1.995 Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000, foglio 096 Seregno – Servizio Geologico d'Italia
- Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio – Comune di Lentate sul Seveso
- Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio – Comune di Barlassina
- Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio – Comune di Meda
- Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio – Comune di Seveso
- Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio – Comune di Cesano Maderno
- Lorenzo C., Consonni M., Colombo L., Gattinoni P. - Problemi di stabilità per le infrastrutture nelle aree interessate da cavità (Occhi Pollini) nei sedimenti pleistocenici della pianura lombarda; Mem. Descr. Carta Geol. D'It. XCIX (2015), pp. 315 - 326
- Strini A. (2001) - Gli Occhi Pollini della Brianza orientale. Genesi ed evoluzione del fenomeno nel quadro geologico regionale. Tesi di dottorato di ricerca, Università degli Studi di Milano.
- Strini A. (2004) - Erosione sotterranea e sprofondamenti nell'alta pianura lombarda: gli Occhi Pollini
- Tomasi F., Strini A. (2017) – Il territorio di Milano nella nuova cartografia geologica, la storia geologica recente; presentazione dei fogli 118 Milano e 096 Seregno, Milano 17/05/2017