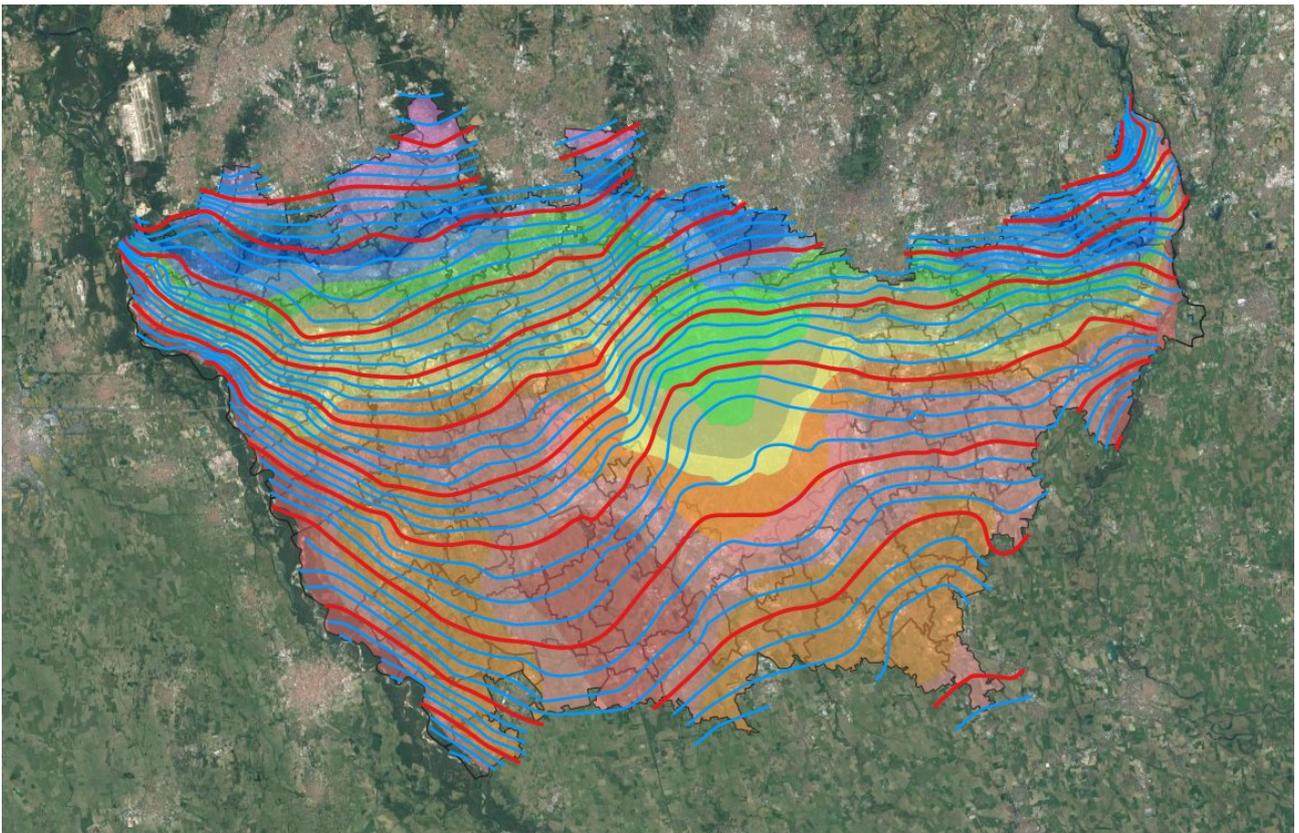


PIEZOMETRIA E SOGGIACENZA INDICATIVA DELLA PRIMA FALDA NEL TERRITORIO DELLA CITTÀ METROPOLITANA DI MILANO MARZO E SETTEMBRE 2022

Paolo Sala^(*)



Settore Risorse idriche e attività estrattive	- Avv. Patrizia Trapani	(Direttore)
Servizio Risorse idriche	- Dott. Alberto Altomonte	(Responsabile)
Servizio Acque reflue	- Dott. Giovanni Tinaro	(Responsabile)
Ufficio Tecnico Acque	- Dott. Paolo Sala ^(*)	(Responsabile)

Premessa

Sono alcuni anni che la ricostruzione della piezometria della prima falda del territorio metropolitano milanese non viene effettuata e pubblicata.

Vi sono molteplici motivi, anche legati all'impiego di uomini e mezzi in un areale piuttosto vasto e densamente urbanizzato.

Si deve pensare anzitutto che i criteri idrogeologici tradizionali richiederebbero una rete di controllo dove la maglia dei punti di misura del livello piezometrico (pozzi e piezometri) abbia un distanziamento intorno ai 2 km: nel nostro caso questo comporterebbe una rete di circa 450 punti di misura.

La seconda condizione è che i suddetti punti di misura interessino tutta e sola la prima falda: vanno quindi esclusi i pozzi multifalda e, a maggior ragione, quelli di falda intermedia e profonda.

La realtà dell'impiego delle risorse idriche a scopo potabile negli ultimi decenni ha però sviato l'interesse dalla prima falda, spesso contaminata o comunque di qualità non accettabile: ne è conseguito un progressivo abbandono dei pozzi potabili di prima falda (o misti: prima/seconda falda).

E poiché la rete di controllo degli Enti è in buona parte basata sui pozzi pubblici, affidati ai Gestori del Servizio Idrico Integrato (S.I.I.), il numero di tali punti a disposizione si è progressivamente ridotto, inficiandone via via la rappresentatività.

A distanza di otto anni dall'ultima piezometria ufficiale (2014), inclusa nel Geoportale di Regione Lombardia, si è sentita l'esigenza di tornare a produrre tale documento di rilevante importanza, anche perché fortemente richiesto da un notevole numero di operatori in vari ambiti: urbanizzazione, scavi di varia tipologia e opere in sotterraneo, utilizzo delle risorse idriche di prima falda, bonifiche e barriere idrauliche, scarichi su suolo e sottosuolo.

Per quanto attiene l'ultimo, notevole impulso ha avuto in questi anni la geotermia a bassa entalpia con utilizzo di acqua di prima falda (pompe di calore ad acqua), che nella sola città di Milano comprende ormai circa 650 impianti concentrati soprattutto nelle aree del centro, con evidente necessità di termini di riferimento chiari ed aggiornati circa l'andamento della falda stessa.

Si è quindi provveduto ad una revisione della rete di rilievo piezometrico precedentemente utilizzata, ricorrendo anche ad altre tipologie di punti di controllo.

Anche perché i Gestori del S.I.I. (e i Comuni) si sono maggiormente dotati nel corso degli anni di altri punti di misura, spesso legati a specifiche esigenze di monitoraggio della falda superficiale: si pensi a questo proposito ai piezometri realizzati in città di Milano da Metropolitana Milanese per il monitoraggio delle linee metropolitane e per l'acquedotto, o dal Settore Fognature del Comune di Milano.

Per integrare i dati della rete tradizionale di rilievo piezometrico sono stati inseriti anche i livelli dei piezometri di controllo legati alle attività estrattive e relativi a una ventina di cave di inerti, sparse per buona parte del territorio.

La rete di rilievo piezometrico che ne è scaturita conta circa 200 punti realmente misurati nel marzo e settembre del corrente anno, ripristinando grosso modo le dimensioni della rete precedente, ma ancora non ottimale sotto lo stretto profilo dei criteri dettati dall'idrogeologia.

Nei prossimi paragrafi vengono quindi sintetizzate le caratteristiche di tale rete, precisate alcune modalità di redazione della piezometria ed indicati alcuni limiti di utilizzo conseguenti.

Rete di rilievo piezometrico

La rete di rilievo piezometrico, ovvero il complesso di pozzi e piezometri insiti nella prima falda e atti alla misurazione della soggiacenza di falda (profondità in metri rispetto ad una quota di riferimento in superficie) ovvero del livello piezometrico (quota assoluta in metri sul livello del mare) comprende, come già accennato, circa 200 punti non uniformemente distribuiti.

Infatti una novantina di punti riguardano la sola città di Milano, dove la densità di urbanizzazione e di opere e il conseguente monitoraggio hanno comportato il proliferare dei punti di controllo.

Qui si tratta prevalentemente di piezometri del Comune e di MM, mentre i pozzi pubblici della sola prima falda sono ormai pochi e soprattutto in stato di quiescenza.

I piezometri, fra l'altro, hanno un vantaggio sostanziale, che è quello di fornire un dato praticamente indisturbato della falda in cui sono insiti, a differenza dei pozzi il cui prelievo deve essere interrotto per un certo tempo per raggiungere un livello di falda attendibile (livello statico).

Nel territorio metropolitano, al di fuori della città, sono situati gli oltre cento punti di misura rimanenti, con una distribuzione abbastanza uniforme.

Oltre trenta sono rappresentati da pozzi pubblici opportunamente scelti e dei quali il Gestore provvede, almeno stagionalmente, alla misura del livello piezometrico.

Una cinquantina di punti di controllo sono invece costituiti da altrettanti piezometri di monitoraggio delle attività estrattive, le cui Società provvedono regolarmente al rilievo dei livelli piezometrici e alla comunicazione degli stessi a Città metropolitana di Milano.

Molte di esse hanno anche fornito la quota del pelo libero del lago di cava, consentendo per quelli più rilevanti di valutarne l'effetto di distorsione piezometrica sulla falda superficiale.

Al fine di "agganciare" la piezometria superficiale ai due fiumi principali Ticino e Adda, che ne costituiscono anche i limiti di chiusura occidentale ed orientale, sono stati utilizzati i livelli idrometrici delle stazioni esistenti, reperibili sul portale degli Enti regolatori dei Grandi Laghi (laghi.net).

L'esigenza di colmare non poche lacune areali ha indotto poi all'utilizzo di punti integrativi: si tratta per lo più di pozzi pubblici il cui livello piezometrico è stato rilevato fino a 2-3 anni fa, opportunamente ritarato in base all'oscillazione media registrata in questi anni nei pozzi all'intorno.

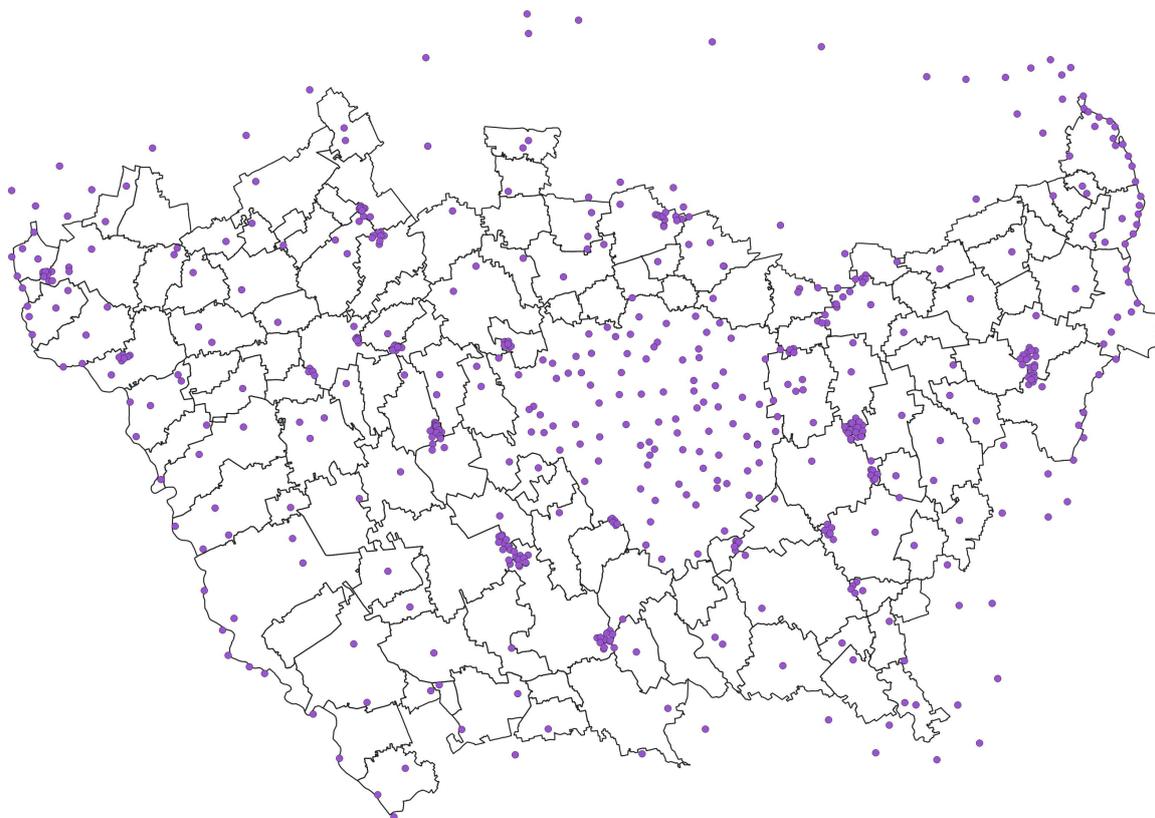
Infine, onde fissare i limiti di chiusura settentrionale e meridionale della piezometria, sono stati acquisiti i dati di alcuni pozzi pubblici significativi delle Province contermini, eventualmente ritarati con lo stesso procedimento dei pozzi precedenti.

La figura di pagina seguente riporta l'intera rete dei punti di misura del livello piezometrico di Prima Falda come sopra delineati.

Si ravvisa immediatamente la maggiore densità di punti nell'ambito della città di Milano.

È inoltre ben visibile una concentrazione di punti in alcune aree del territorio metropolitano, dove sono presenti attività estrattive arealmente rilevanti e con lago di cava significativo: una parte dei punti rappresentano lo scontornamento del lago con le quote del pelo libero, onde far sì che la piezometria tenga conto della presenza stessa del lago.

Infine sono presenti numerosi punti aggiuntivi lungo le aste fluviali, per rappresentare opportunamente il recapito della falda verso i fiumi stessi, della cui creazione si tratta nel prossimo paragrafo.



Rete dei punti di misura del livello piezometrico di Prima falda

Le carte piezometriche

Per la redazione delle carte piezometriche sono quindi state utilizzate tutte le misure acquisite e relative a pozzi e piezometri pubblici, ai piezometri e laghi di cava, agli idrometri.

Va sottolineato anzitutto che qualche dato relativo a pozzi e piezometri ha dovuto essere scartato (o ricalcolato) in quanto eccessivamente difforme, soprattutto nelle misure di settembre: a parte errori di misura o trascrizione, è possibile che effetti locali di minore trasmissività di falda comportino abbassamenti eccessivi del livello in condizioni di magra, quale è stata quella verificatasi a fine estate del corrente anno ma già preannunciata in primavera.

Per i laghi di cava di dimensione rilevante il dato della quota del lago (pelo libero) è stato riportato sull'intero contorno del lago, per raccordare al meglio la falda superficiale con il lago stesso e rappresentare gli effetti di drenaggio a monte e di alimentazione a valle.

Per quanto concerne le aste fluviali del Ticino e dell'Adda, gli idrometri esistenti sono in misura insufficiente: a monte e a valle sul primo; a monte, uno intermedio e a valle sul secondo.

Per tale motivo si è creata un'ideale rete di punti di raccordo fra falda superficiale e fiumi inserendo un certo numero di punti intermedi, quotati (non misurati) a partire dalle quote del Data Base Topografico (DBT): l'errore che si ottiene con tale procedura è di molto inferiore a quello che si otterrebbe non inserendo i punti intermedi.

La stessa cosa si può dire per l'utilizzo dei dati di pozzi pubblici la cui misurazione del livello piezometrico è stata interrotta 2-3 anni fa: in tal caso l'ultimo dato è stato ritarato sulla scorta delle oscillazioni intervenute in questi anni nei livelli dei pozzi circostanti. Anche per questi si è verificato che l'errore ottenibile è inferiore a quello riveniente dalla mancanza del dato e da un'interpolazione fra punti eccessivamente distanti.

Per la costruzione delle carte piezometriche è stato utilizzato un idoneo software basato sul metodo di interpolazione "kriging". Le dimensioni delle celle del modello sono in ragione della scala di lavoro: maggiori per l'intero ambito metropolitano, minori per la sola città di Milano.

I limiti di chiusura dell'area del modello sono: il fiume Ticino ad ovest e il Fiume Adda ad est, i già citati pozzi delle Province contermini a nord e a sud.

Per il modello di maggiore dettaglio della città di Milano i limiti di chiusura sono costituiti dai punti di misura esterni alla città e tutt'intorno ad essa: in tal modo vi è un perfetto raccordo fra piezometria dell'ambito metropolitano e di quello cittadino.

Quanto in precedenza descritto delinea anche i termini di rappresentatività delle carte piezometriche realizzate per i periodi di marzo e settembre 2022.

Ne consegue anzitutto che esse illustrano un andamento medio della superficie piezometrica della prima falda alla scala considerata, non tenendo conto di possibili interferenze locali delle quali non comprendono i dati.

Ad esempio: mentre è ben considerato il raccordo della piezometria con i fiumi Ticino e Adda, non è stato possibile tenere debito conto dei salti dei terrazzi morfologici prospicienti i fiumi stessi, per eccessiva carenza di dati.

Le carte riguardanti l'intero territorio metropolitano - Tav. 1 (marzo) e Tav. 2 (settembre) - sono state realizzate con equidistanza delle isopieze pari a 2.5 metri, al di sotto della quale l'errore possibile aumenta a livelli ritenuti non accettabili.

Ciò vuol dire che anche le medesime linee delle isopieze sono indicative in ordine all'intervallo prescelto e non possono essere assunte in senso assoluto, soprattutto nelle aree a minore densità di punti di misura.

Le carte che comprendono la sola città di Milano - Tav. 3 (marzo) e Tav. 4 (settembre) - hanno invece equidistanza delle isopieze pari a 1 metro, grazie al maggior numero e densità di punti di misura.

Quanto alla differenza fra i livelli misurati a marzo e a settembre, e conseguentemente all'andamento delle relative superfici piezometriche, non si notano variazioni molto elevate.

Infatti, se è vero che i livelli di settembre sono frutto di un periodo di grande siccità, va però tenuto conto che già quelli di marzo risentivano di un inverno/primavera a scarse precipitazioni.

Occorre anche considerare che comunque l'effetto delle precipitazioni si risente con un certo ritardo anche sulla falda superficiale, essendo correlato al tempo necessario all'infiltrazione e alla ricarica della falda stessa.

Le carte della soggiacenza indicativa

I dati utilizzati per la redazione delle carte piezometriche sono anche alla base delle carte della soggiacenza: questa viene però definita "indicativa" in quanto le approssimazioni e le cautele conseguenti sono decisamente maggiori.

Infatti, mentre per le piezometrie l'interpolazione avviene fra quote assolute (livello piezometrico), per le carte della soggiacenza l'interpolazione si realizza su misure di profondità rispetto al piano campagna: ne deriva una profonda dipendenza dalla topografia e dalla sua variabilità.

Le elaborazioni presentate sono quindi “indicative dei valori di soggiacenza e si è anche preferito non tracciare limiti netti fra le classi.

Non solo, ma ogni qualvolta si rende necessario un dato preciso e affidabile di soggiacenza, soprattutto per opere di un certo livello e impegno economico, occorre imprescindibilmente effettuare approfondimenti a partire dal dato cartografico proposto.

I limiti esposti e la non grande differenza fra i dati di marzo e di settembre hanno reso pleonastica la realizzazione di due cartografie separate: si è optato quindi per l’elaborazione relativa a marzo, meno affetta da dati estremi.

Vengono quindi presentate per il marzo 2022: la carta della soggiacenza indicativa dell’intero territorio metropolitano (Tav. 5) e due carte contenenti piezometria + soggiacenza indicativa per il territorio metropolitano (Tav. 6) e per la città di Milano (Tav. 7).

In quest’ultima ovviamente il dettaglio è maggiore come per la piezometria.

Valgono infine anche per queste cartografie tutte le considerazioni di realizzazione e dei limiti di utilizzo già espresse per le carte della piezometria.

Da ultimo, se si sovrappongono le piezometrie ora elaborate per l’anno 2022 con quelle realizzate in precedenza, dal 2014 andando a ritroso, si notano sostanzialmente due tipi di variazioni.

Una quantitativa, dovuta all’innalzamento o abbassamento della falda (rispettivamente corrispondenti allo spostamento delle linee isopiezometriche verso valle o verso monte), più significativa nelle aree settentrionali e più livellata in quelle meridionali.

Un’altra morfologica, determinata parzialmente dalla diversa risposta delle fluttuazioni piezometriche nelle diverse zone del territorio, ma soprattutto condizionata dalla quantità dei dati a disposizione per le elaborazioni.

Quest’ultima asserzione, che potrebbe voler dire che le variazioni della piezometria risentono maggiormente dei dati a disposizione che non delle fluttuazioni dei livelli di falda misurati, spinge verso la necessità di ridefinire una vera e propria “Rete di rilievo piezometrico” stabile e consolidata nel tempo che tenda ad un limite ottimale di punti di misura ben distribuiti sul territorio e in gestione condivisa fra vari Soggetti ed Enti.

Ringraziamenti

Il lavoro effettuato è stato reso possibile grazie ai dati forniti da svariati soggetti, sia in ambito di convenzioni o prescrizioni normative che di fattiva collaborazione o pubblicazione di dati:

- Gestori del Servizio Idrico Integrato
- Enti regolatori dei Grandi Laghi
- Società titolari di attività estrattive
- Altri Soggetti privati

A tutti va un sentito ringraziamento per aver permesso la realizzazione di documenti di significativo valore e utilizzo nel campo ambientale e delle opere civili.

Parimenti si ringraziano i colleghi del Servizio Cave per la collaborazione e l’Ing. Maurizio Montella per il supporto informatico.

TAVOLE ALLEGATE

- TAVOLA 1 - Carta della Piezometria (m s.l.m.) della Prima Falda nel territorio della Città metropolitana di Milano (Marzo 2022)
- TAVOLA 2 - Carta della Piezometria (m s.l.m.) della Prima Falda nel territorio della Città metropolitana di Milano (Settembre 2022)
- TAVOLA 3 - Carta della Piezometria (m s.l.m.) della Prima Falda nel territorio della Città di Milano (Marzo 2022)
- TAVOLA 4 - Carta della Piezometria (m s.l.m.) della Prima Falda nel territorio della Città di Milano (Settembre 2022)
- TAVOLA 5 - Carta delle classi di Soggiacenza indicativa della Prima Falda (in metri) nel territorio della Città metropolitana di Milano (Marzo 2022)
- TAVOLA 6 - Carta della Piezometria (m s.l.m.) e delle classi di Soggiacenza indicativa della Prima Falda (in metri) nel territorio della Città metropolitana di Milano (Marzo 2022)
- TAVOLA 7 - Carta della Piezometria (m s.l.m.) e delle classi di Soggiacenza indicativa della Prima Falda (in metri) nel territorio della Città di Milano (Marzo 2022)

SHAPE-FILES DISPONIBILI

- 1 - Carta della Piezometria (m s.l.m.) della Prima Falda nel territorio della Città metropolitana di Milano (Marzo 2022) : ***[Piezometria-CMMI_mar2022-sup.shp](#)***
- 2 - Carta della Piezometria (m s.l.m.) della Prima Falda nel territorio della Città metropolitana di Milano (Settembre 2022) : ***[Piezometria-CMMI_set2022-sup.shp](#)***
- 3 - Carta della Piezometria (m s.l.m.) della Prima Falda nel territorio della Città di Milano (Marzo 2022) : ***[Piezometria-Milano_mar2022-sup.shp](#)***
- 4 - Carta della Piezometria (m s.l.m.) della Prima Falda nel territorio della Città di Milano (Settembre 2022) : ***[Piezometria-Milano_set2022-sup.shp](#)***
- 5 - Carta delle classi di Soggiacenza indicativa della Prima Falda (in metri) nel territorio della Città metropolitana di Milano (Marzo 2022) : ***[Soggiacenza-indicativa-CMMI_mar2022-sup.shp](#)***