

## Risorse idriche in aree urbane: integrazione tra geologia e idrogeologia

*Water resources in urban areas:  
integration between geology and hydrogeology*

---

PICCIN A. (\*)

ABSTRACT – In the Milano area (Lombardia, Po Plain, Northern Italy) geological survey activities (CARG Project – sheet 118 “Milano”), an integration between the geological and the hydrogeological approach has been realized: starting from the subsurface regional geological framework (Regione Lombardia – ENI Agip, 2002) and moving into a more detailed and data supported analysis (MUTTONI *et alii*, 2003), the relations between stratigraphic framework and aquifers were discussed and a model complaining both the thematic approaches was produced, also suitable for mathematical modeling. By means of GIS data processing, considering both well and seismic data, a large amount of information (more than 5k wells) was treated and a rather thick grid of geological sections was realized, showing the stratigraphic architecture of the Plain subsurface. Comparing this framework with the well established hydrogeological model, and despite the two different methodological approaches, some close relationships were highlighted. In particular, the surface dated to 0.87 Ma (“R” surface or Aquifer group B base) considered of climatic origin, represents a good hydrological boundary all over the study area. On the other hand, the more recent surface (Aquifer Group A base, approx. 0.45 Ma), because of the generalized basin sediments coarsening upward and the multi-erosional pattern, is less significant from the hydrogeological point of view. Anyway, the two surfaces isobaths maps were traced, that will be useful to define the detailed geometry of aquifers in the water resources management.

PAROLE CHIAVE: geologia, idrogeologia, pianura, sottosuolo.

KEY WORDS: geology, hydrogeology, Po Plain, subsurface.

### 1. – INTRODUZIONE

Lo studio degli acquiferi di pianura, nella letteratura geologica italiana, è sempre stato appannaggio dell'idrogeologia più che della stratigrafia o della sedimentologia, vuoi per il prevalente interesse che questi corpi rappresentavano per la ricerca e la gestione delle risorse idriche, che per la penuria e la scarsa qualità dei dati geologici disponibili.

Negli ultimi anni tuttavia, anche grazie al Progetto CARG, l'attenzione dei geologi si è focalizzata sullo studio del sottosuolo delle pianure: il nuovo approccio “geologico” al rilevamento del Quaternario, che ha superato la precedente impostazione prevalentemente geomorfologica, unito alla possibilità di acquisire informazioni dirette e di qualità sul sottosuolo, hanno rivoluzionato la conoscenza delle pianure, a partire da quella Padana. Tra il 1998 e il 2002, dapprima in Emilia-Romagna e poi in Lombardia, si sono unite la spinta ad innovare la conoscenza geologica, propria del Progetto CARG, con l'approccio pragmatico di ENI-Agip, basato sull'immenso patrimonio di conoscenza (sezioni sismiche e pozzi per idrocarburi) accumulato in oltre cinquant'anni di esplorazione petrolifera. Gli studi coordinati “Riserve Idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna” (1998) e

---

(\*) Regione Lombardia, DG Territorio e Urbanistica

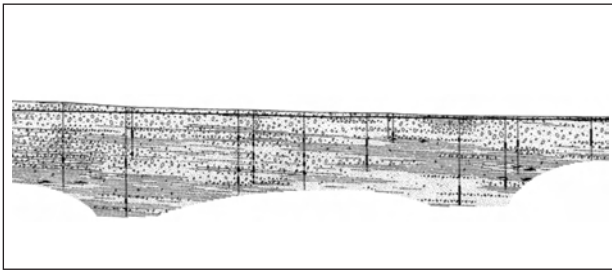


Fig. 1 – Esempio di sezione idrogeologica realizzata nella media pianura lombarda.  
– Example of an hydrogeological section in the Lombardy Po Plain.

“Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia” (2002), hanno fornito un quadro di riferimento moderno alla scala dell'intero bacino padano, che delinea i principali binari su cui è organizzata l'architettura stratigrafica della Pianura Padana post-pleistocenica. Su questa base di partenza, in Lombardia, si sono innestati ulteriori studi di approfondimento, sia per meglio definire alcuni aspetti stratigrafici, sia per studiare le unità di sottosuolo ad una scala di maggior dettaglio.

In particolare, una collaborazione multi-disciplinare tra Regione Lombardia, ENI-Agip, Università di Milano e CNR (MUTTONI *et alii*, 2003) ha consentito di vincolare cronologicamente la principale discontinuità stratigrafica quaternaria riconosciuta in buona parte del bacino padano dagli studi sopracitati (Base Gruppo Acquifero B) e di proporre l'origine climatica, correlandola con l'inizio delle glaciazioni pleistoceniche e, più precisamente, con il segnale climatico MIS22 (circa 870.000 anni B.P.).

## 2. – IL FOGLIO 118 MILANO

Il sottosuolo dell'area milanese è stato studiato per decenni dal punto di vista idrogeologico (v. ad es. BERETTA *et alii*, 1983): i dati su cui si fondavano le ricostruzioni erano tuttavia limitati alle stratigrafie di pozzi per acqua, perforati a distruzione e quindi, in generale, di scarso dettaglio ed attendibilità. Di conseguenza, le correlazioni tra pozzi non potevano che basarsi su analogie litologiche, con limitati vincoli geometrici. L'elevata eterogeneità dei sedimenti di ambiente fluviale che costituiscono il sottosuolo della media pianura lombarda, rende tali correlazioni generalmente poco significative per la comprensione della struttura geologica.

L'avvio dei lavori di rilevamento del Foglio Geologico 118 Milano (Progetto CARG), realizzato da Regione Lombardia con il coordinamento scientifico del Prof. Vincenzo FRANCANI

(Politecnico di Milano), la direzione dei Dott. Andrea PICCIN e Fabrizio BERRA e la collaborazione dei Dott. Daniele BATTAGLIA, Silvia ROSSELLI, Ivo RIGAMONTI e dell'Ing. Paola GATTINONI, ha permesso di studiare in dettaglio il sottosuolo della conurbazione milanese. In quest'ambito sono anche stati realizzati quattro sondaggi geognostici, profondi fino a 180 m e perforati a carotaggio continuo, che si sono aggiunti ad altri 7 sondaggi già realizzati nella media ed alta pianura lombarda.

L'analisi sedimentologica e stratigrafica delle carote estratte, lo studio petrografico delle ghiaie e delle sabbie, le analisi biostratigrafiche e palinologiche e lo studio paleomagnetico, hanno permesso di individuare alcuni punti fermi nella caratterizzazione geologica del sottosuolo.

Questi ancoraggi sono stati poi utilizzati per interpretare le stratigrafie dei pozzi per acqua, dei sondaggi geognostici e delle prove penetrometriche raccolte sul territorio (oltre 5.500 indagini) e informatizzate nella Banca Dati Geologici di Sottosuolo regionale (oltre 51.000 *record* stratigrafici codificati).

Le correlazioni sono state inoltre eseguite seguendo i binari geometrici forniti delle sezioni sismiche Agip, integrate da una sezione sismica ad alta risoluzione, realizzata in collaborazione con il CNR-IDPA nel settore occidentale del Foglio (Bosco in Città, via Novara, Milano).

Per tracciare attraverso il Foglio 118 Milano le due principali superfici stratigrafiche intercettate dalle indagini di sottosuolo (Base Gruppo Acquifero A e Base Gruppo Acquifero B), è

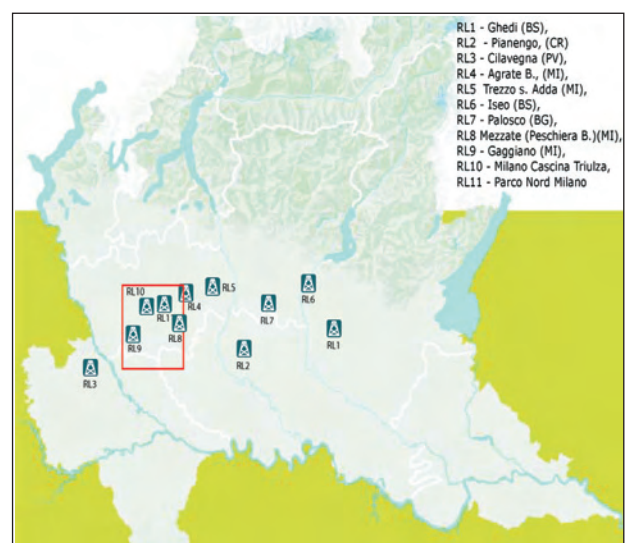


Fig. 2 – Sondaggi geognostici profondi realizzati in Regione Lombardia (in rosso, il Foglio 118 Milano).  
– Deep cores realized in Lombardy within the CARG Project (in the red, the 118 Milano sheet).

stato utilizzato un applicativo appositamente realizzato in ambiente GIS (URCA) che, leggendo la Banca Dati Geologici di Sottosuolo, costruisce le colonne stratigrafiche, le mette in sezione e consente di tracciare le linee di correlazione tra le indagini, trasportandole su ulteriori sezioni che si incrociano.

Solo con questa metodologia è stato possibile considerare tutti i dati disponibili nell'area, che non sono selezionabili a priori in funzione di una loro presunta maggiore o minore attendibilità. Al termine di questo lavoro, che è comunque caratterizzato da un'elevata interattività e richiede la continua interpretazione da parte del geologo, si è ottenuta una fitta griglia di sezioni geologiche, in cui sono distinte le tre principali unità stratigrafiche, delimitate dalle due superfici di discontinuità sopracitate e corrispondenti, in attesa di una denominazione più adeguata e valida a livello di bacino Padano, ai tre Gruppi Acquiferi A, B e C di cui allo studio "Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia". Localmente sono state tracciate anche superfici di discontinuità stratigra-

fica di rango inferiore, che tuttavia non sono estendibili ad aree significative, sia per mancanza di sufficiente riscontro nei dati disponibili, sia probabilmente per il loro limitato significato alla scala del Foglio.

Parallelamente all'interpretazione stratigrafica, e proprio per verificare la possibile integrazione tra questo nuovo approccio e quello più tradizionale, consolidato nella scuola idrogeologica milanese, si è proceduto, a partire dalla medesima Base Dati, all'aggiornamento del modello idrogeologico dell'area. Tale modello si basava su due unità idrogeologiche principali, "Acquifero tradizionale" e "Acquiferi profondi" (MARTINIS & MAZZARELLA, 1971), la prima delle quali è stata successivamente suddivisa in due sottounità informali, "I Acquifero" e "II Acquifero" (FRANCANI & POZZI, 1981), a loro volta integrate con una suddivisione litologica rappresentata dalle "Unità ghiaioso-sabbiosa", "Unità ghiaioso-sabbioso-limosa" ed "Unità a conglomerati e arenarie basali" (AVANZINI *et alii*, 1995).

**Caspita - [Indagini]**

File Modifica Inserisci Record Finestra ?

fid: 0 ide: E8A375404920 Vai a...

Indagini Prove in situ (0) Livelli strat. (14) Campioni (0) [campione n.0] --> Analisi (0) di 0 totali

dist dallo 0	spess	descrizione	Unita geologica	nr. l
-11510	520			10
-12460	950			11
-13885	1425			12
-15000	1115			13
-16500	1500			14

limite di riferim. (cm): -16500 spessore (cm): 1500  Calcola automaticamente lo spessore o il livello nr. livello: 14

nome base livello: \_\_\_\_\_

descrizione breve: \_\_\_\_\_

litofacies: \_\_\_\_\_

tipo unita: \_\_\_\_\_ unita: \_\_\_\_\_

descrizione estesa: SABBIA MEDIO-FINE VERDASTRA UMIDA CON LIMO TORBOSO, FRUSTOLI VEGETALI E LIVELLI DI ARGILLA NERA

Litologie Intervallo Presenze Intercalazioni

1ª litologia (L1): 53 - Sabbia media

% 2ª litologia (P2): 2 - con

2ª litologia (L2): L - Limo

% 3ª litologia (P3): 3 - -oso

3ª litologia (L3): PT - Torba

% 4ª litologia (P4): \_\_\_\_\_

4ª litologia (L4): \_\_\_\_\_

Classe granul. ERSAL: \_\_\_\_\_

Fig. 3 – Maschera di inserimento dati nella Banca Dati Geologici di Sottosuolo della Regione Lombardia.  
- Regione Lombardia data-entry mask for subsurface core coding.

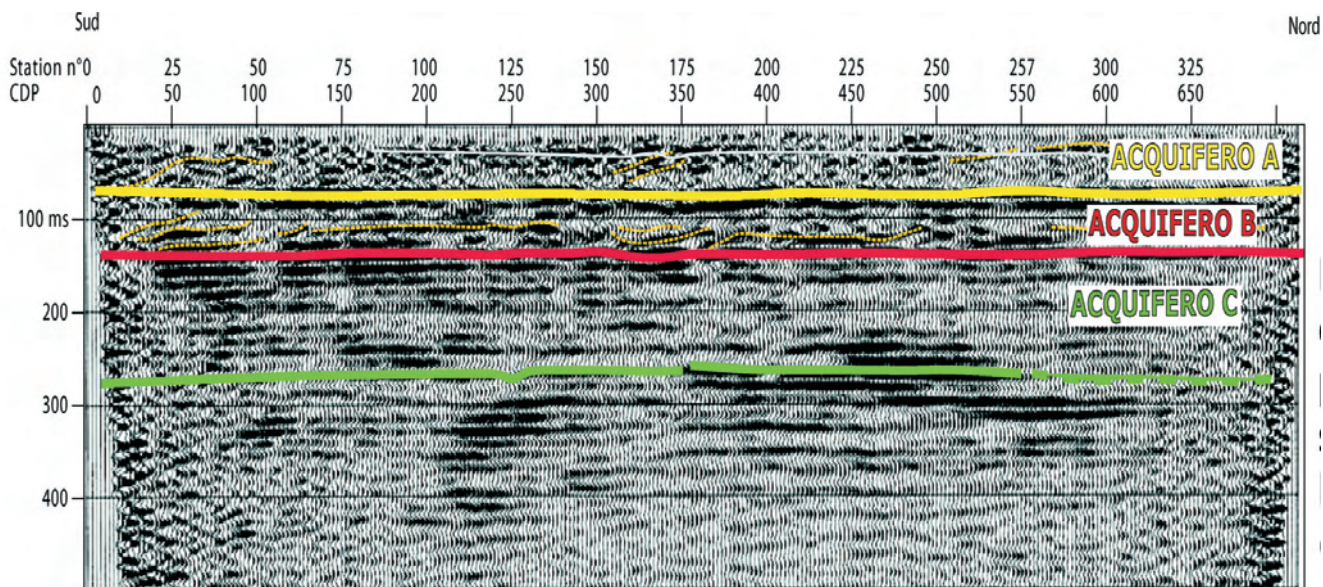


Fig. 4 – Sezione sismica ad alta risoluzione “Bosco in Città”, Milano.  
 - High resolution seismic section, Milano “Bosco in Città”.

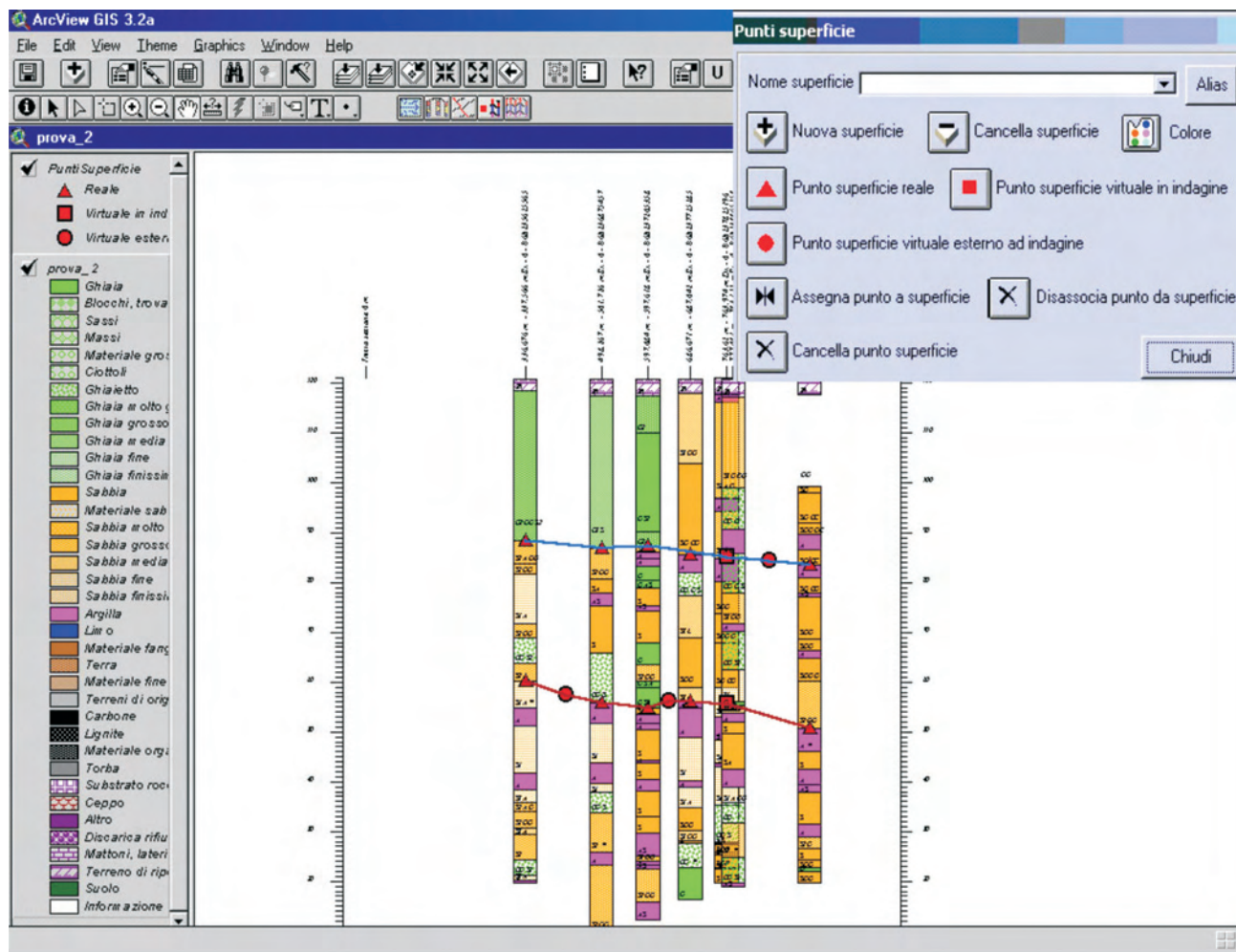


Fig. 5 – Finestra di visualizzazione e di editing sezioni geologiche (Applicativo URCA – GIS, Regione Lombardia).  
 - Visualisation and editing view, GIS “URCA” application.

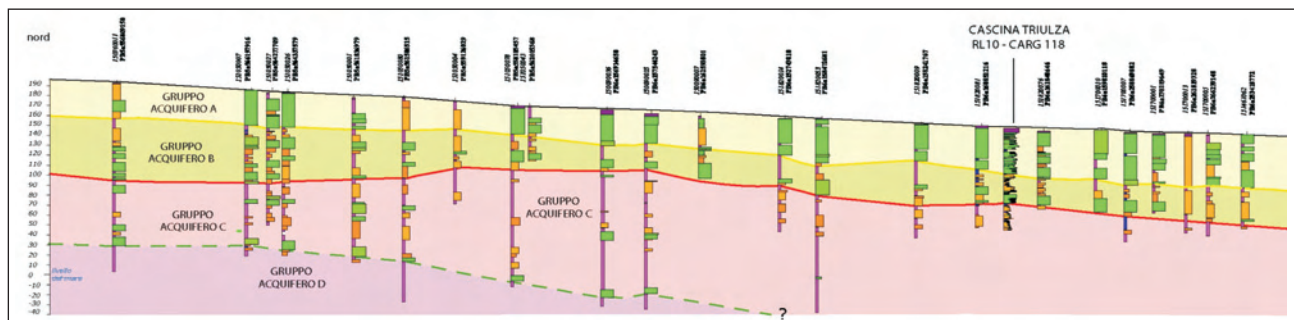


Fig. 6 – Esempio di sezione idrostratigrafica preliminare realizzata per il Foglio 118 Milano.  
 - *Example of an hydrostratigraphic preliminary section in the 118 Milano sheet.*

La verifica e l'aggiornamento delle sezioni idrogeologiche prodotte nell'area milanese per diversi studi applicativi realizzati nell'ultimo decennio e il loro confronto con l'interpretazione stratigrafica precedentemente descritta, ha portato a verificare l'ottima corrispondenza tra la superficie di base del Gruppo Acquifero B e la base del II Acquifero (fig. 7), mentre più difficile

risulta trovare la corrispondenza tra la base del Gruppo Acquifero A e la superficie di separazione tra I e II Acquifero. Mentre, infatti, la prima superficie rappresenta la risposta ad una importante variazione climatica, che cambia completamente le condizioni di erosione e di sedimentazione nell'intero bacino padano, la seconda superficie (riferibile a circa 450.000 anni B.P.) è verosi-

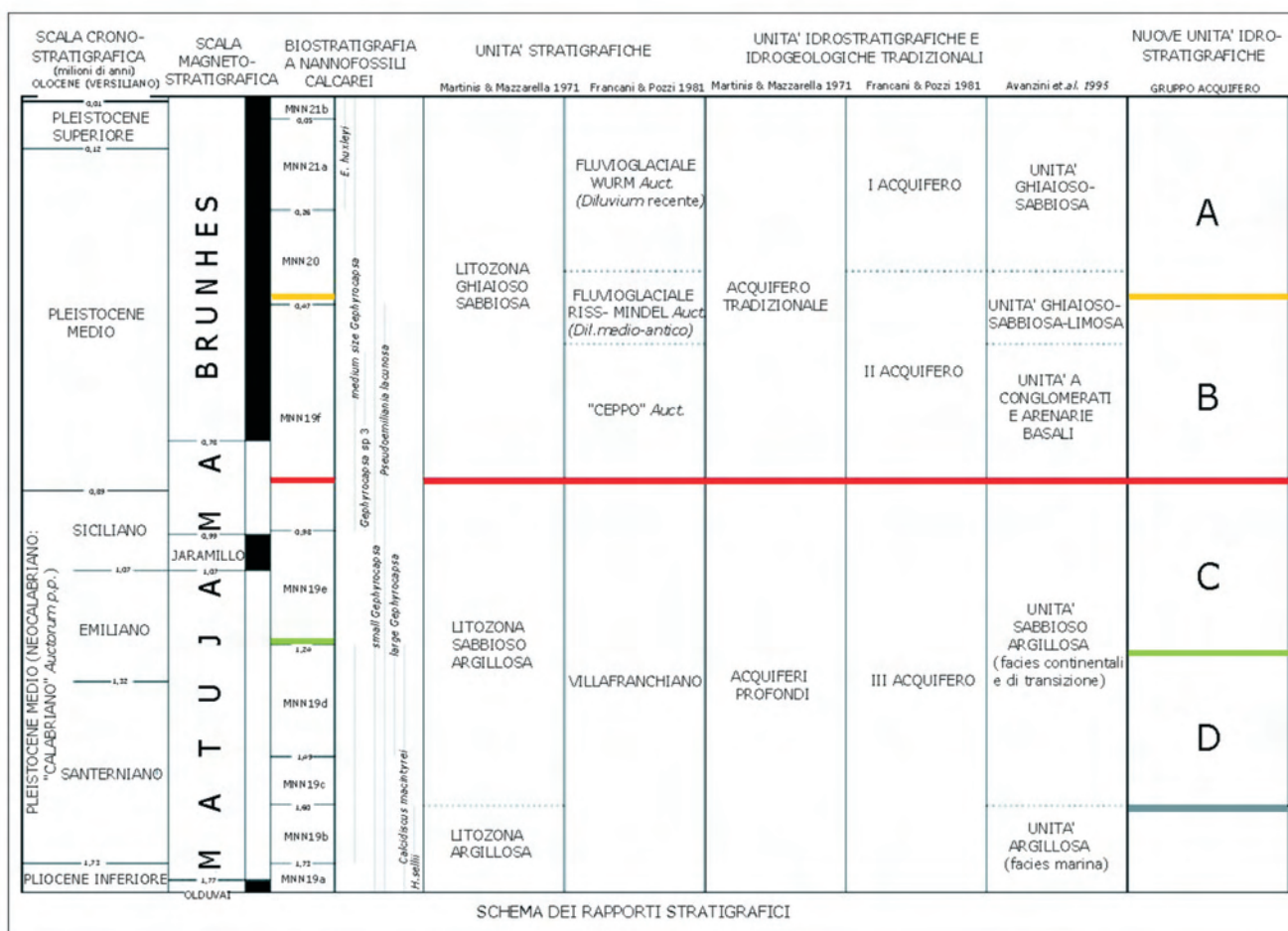


Fig. 7 – Tavola sinottica delle unità di sottosuolo dell'area milanese (mod. da Regione Lombardia, ENI – AGIP, 2002).  
 - *Hydrogeological and stratigraphic units comparison (modified from Regione Lombardia, ENI – AGIP, 2002).*

milmente la risposta ad un evento tettonico, che può avere avuto effetti diversi nei diversi settori del bacino.

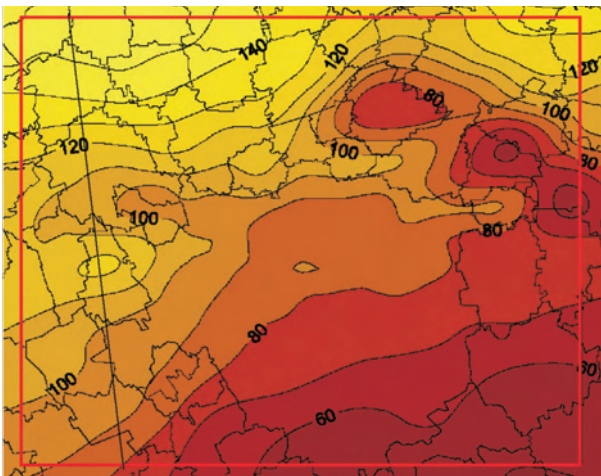
Inoltre, la granulometria generalmente più grossolana dei sedimenti che caratterizzano il Gruppo Acquifero A e il loro ambiente deposizionale - schiettamente fluviale in questo particolare settore del bacino e caratterizzato quindi da superfici di erosione a geometria complessa - rendono difficoltoso distinguere i diversi corpi geologici in sottosuolo ed aumentano quindi i gradi di libertà nell'interpretazione. Da rilevare, infine, che anche il significato idrogeologico di questa superficie è, almeno nell'area del Foglio 118 Milano, piuttosto limitato, in quanto gli acquiferi appartenenti al I e al II Acquifero sono spesso intercomunicanti.

Dall'interpolazione delle tracce di queste due superfici nella griglia di sezioni geologiche studiate, sono state infine derivate le relative mappe delle isobate (fig. 8), utili per definire la geometria degli acquiferi nell'impostazione di modelli matematici per la gestione delle risorse idriche.

## BIBLIOGRAFIA

- REGIONE EMILIA-ROMAGNA, ENI-AGIP (1998) – *Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna*. A cura di G. DI DIO, S.EL.CA. (Firenze), p. 120.
- REGIONE LOMBARDIA, ENI-AGIP (2002) – *Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia*. A cura di C. CARCANO & A. PICCIN, S.EL.CA. (Firenze).
- MUTTONI G., CARCANO C., GARZANTI E., GHIELMI M., PICCIN A., PINI R., ROGLEDI S. & SCIUNNACH D. (2003) – *Onset of major Pleistocene glaciations in the Alps*. *Geology* 31, 989–992.
- SCARDIA G., MUTTONI G. & SCIUNNACH D. (2006) – *Subsurface magnetostratigraphy of Pleistocene sediments from the Po Plain (Italy): Constraints on rates of sedimentation and rock uplift*. *GSA Bulletin* 118, no. 11-12, p. 1299-1312.
- BERETTA G.P., FRANCANI V. & SCESI L. (1983) - *Struttura idrogeologica della Provincia di Milano*. In: A. CAVALLIN, V. FRANCANI & S. MAZZARELLA: “*Studio idrogeologico della pianura compresa tra Adda e Ticino*”. Costruzioni n. 326-327, Milano.
- AVANZINI M., BERETTA G., FRANCANI V. & NESPOLI M. (1995) - *Indagine preliminare sull'uso sostenibile delle falde profonde nella Provincia di Milano*. CAP MILANO (Consorzio per l'Acqua Potabile).
- FRANCANI V. & POZZI R. (1981) – *Condizioni di alimentazione delle riserve idriche del territorio milanese*. *La Rivista della Strada*, L 303, Milano.
- MARTINIS B. & MAZZARELLA S. (1971) – *Prima ricerca idrica profonda nella pianura lombarda*. *Mem. Ist. Geol. e Min. Univ. Padova*, 28, Padova.

Base Acquifero A



Base Acquifero B (“Acquifero tradizionale”)

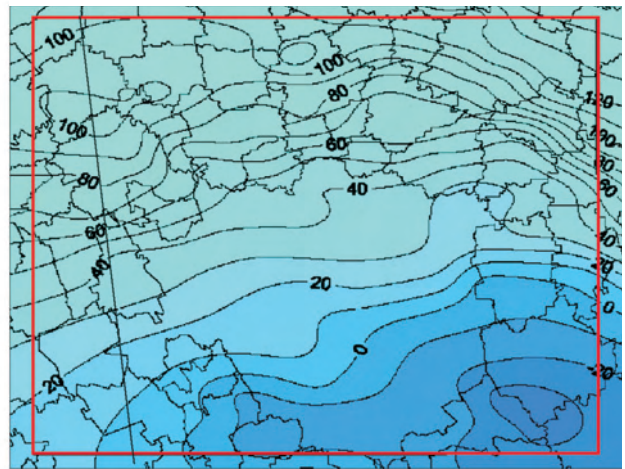


Fig. 8 – Mappe delle isobate delle superfici di base Gruppi Acquiferi A e B relative al Foglio 118 Milano (valori in m s.l.m.).  
- *Aquifer Groups A and B base surfaces isobaths maps for the 118 Milano sheet (values in m a.s.l.)*.