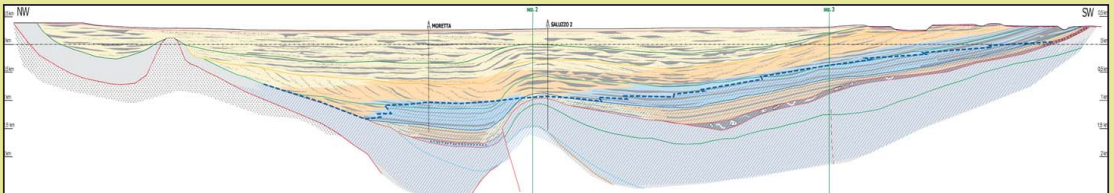
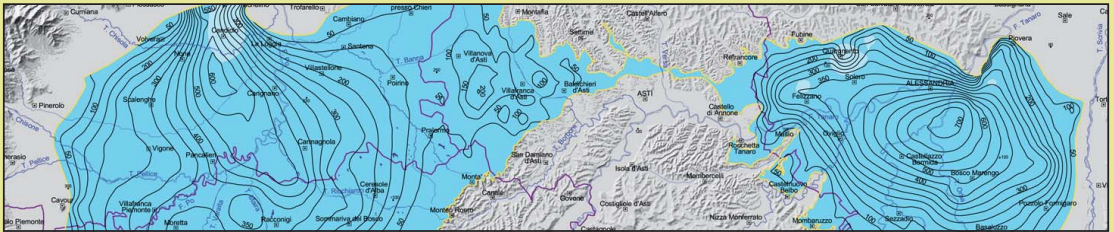




Consiglio Nazionale delle Ricerche
ISTITUTO DI GEOSCIENZE E GEORISORSE
TORINO



A. Irace, P. Clemente, M. Natalicchio, L. Ossella, S. Trenkwaller, D.A. De Luca,
P. Mosca, F. Piana, R. Polino & D. Violanti

Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana occidentale



Consiglio Nazionale delle Ricerche
ISTITUTO DI GEOSCIENZE E GEORISORSE - TORINO



GEOLOGIA E IDROSTRATIGRAFIA PROFONDA DELLA PIANURA PADANA OCCIDENTALE

A cura di

A. Irace, P. Clemente, M. Natalicchio, L. Ossella, S. Trenkwalder,
D. A. De Luca, P. Mosca, F. Piana, R. Polino & D. Violanti

La Nuova Lito

A. Irace, P. Clemente, M. Natalicchio, L. Ossella, S. Trenkwalder, D. A. De Luca, P. Mosca,
F. Piana, R. Polino & D. Violanti

Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana occidentale

(Torino - ottobre 2009)

Responsabili scientifici:

Idrogeologia: Domenico A. De Luca³
Geologia e Stratigrafia: Fabrizio Piana², Riccardo Polino²
Micropaleontologia: Donata Violanti³

Coordinamento tecnico:

Andrea Irace²

Redazione scientifica:

Andrea Irace², Paolo Clemente^{2,3}

Geologia e Stratigrafia:

Andrea Irace², Marcello Natalicchio², Pietro Mosca², Fabrizio Piana², Riccardo Polino²

Idrogeologia:

Paolo Clemente^{2,3}, Domenico A. De Luca³, Luca Ossella²

Micropaleontologia

Stefania Trenkwalder², Donata Violanti³

Progetto CNR-DST cofinanziato da REGIONE PIEMONTE nell'ambito del
Bando sulla Ricerca Scientifica n° 35 del 28/08/03

Responsabile di Progetto per la Regione Piemonte:

Orazio Ruffino¹

Coordinamento generale per la Regione Piemonte:

Maria Governa¹, Massimiliano Petricig¹

Enti di appartenenza:

- 1 - REGIONE PIEMONTE - Direzione Ambiente
Via Principe Amedeo, 17 - 10123 Torino
- 2 - CNR – Istituto di Geoscienze e Georisorse - Unità Operativa di Torino
Via Valperga Caluso, 35 - 50125 Torino
Andrea Irace (*a.irace@csg.to.cnr.it*)
Stefania Trenkwalder (*s.trenkwalder@csg.to.cnr.it*)
Pietro Mosca (*p.mosca@csg.to.cnr.it*)
Fabrizio Piana (*f.piana@csg.to.cnr.it*)
Riccardo Polino (*polinori@gmail.com*)
- 3 - Università degli Studi di Torino - Dipartimento di Scienze della Terra
Via Valperga Caluso, 35 - 50125 Torino
Paolo Clemente (*paolo.clemente@unito.it*)
Marcello Natalicchio (*marcello.natalicchio@unito.it*)
Domenico Antonio De Luca (*domenico.deluca@unito.it*)
Donata Violanti (*donata.violanti@unito.it*)
Luca Ossella (*ossella@libero.it*)

Progetto grafico, impaginazione e stampa:

© La Nuova Lito Firenze 2009
ISBN 978-88-904554-0-7

INDICE

RIASSUNTO	Pag. 5
ABSTRACT	» 6
1. INTRODUZIONE	» 7
2. OBIETTIVI	» 7
3. BASE DATI	» 7
4. METODOLOGIA DI PROGETTO	» 12
4.1 L'APPLICAZIONE DELL'ANALISI DI BACINO ALLO STUDIO DEGLI ACQUIFERI A SCALA REGIONALE	» 12
4.2 FLUSSO DI LAVORO DEL PROGETTO – DESCRIZIONE DEI CONCETTI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI UTILIZZATI	» 13
4.2.1 INTRODUZIONE	» 13
4.2.2 CONCETTI GEOLOGICI UTILIZZATI	» 13
4.2.2.1 Superfici di discontinuità stratigrafica	» 13
4.2.2.2 Sintemi	» 15
4.2.2.3 Associazioni di litofacies	» 16
4.2.2.4 Contesti deposizionali	» 18
4.2.3 CONCETTI IDROGEOLOGICI UTILIZZATI	» 18
4.2.3.1 Gruppi Acquiferi	» 18
4.2.3.2 Unità idrogeologiche e rispettivo ruolo idrogeologico	» 21
4.2.3.3 La superficie di interfaccia acqua dolce - acqua salmastra/salata	» 22
5. GEOLOGIA	» 22
5.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	» 22
5.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO	» 22
5.3 BACINI DI SAVIGLIANO E ALESSANDRIA	» 23
5.3.1 ASSETTO GEOLOGICO E CONFIGURAZIONE GEOMETRICA	» 23
5.3.2 QUADRO STRATIGRAFICO	» 27
5.3.2.1 Sintemi M1 e M2 (Messiniano superiore)	» 27
5.3.2.2 Sintema P1 (Pliocene inferiore)	» 29
5.3.2.3 Sintema P2 (Pliocene inferiore-medio)	» 32
5.3.2.4 Sintema P3 (Pliocene medio-superiore)	» 35
5.3.2.5 Sintema Q1 (Pleistocene inferiore)	» 37
5.3.2.6 Sintema Q2 (Pleistocene medio-Olocene)	» 39
5.4 IL BACINO PADANO	» 39
5.4.1 ASSETTO GEOLOGICO E CONFIGURAZIONE GEOMETRICA	» 39
5.4.2 QUADRO STRATIGRAFICO	» 39
5.4.2.1 Super-sintema P1-2 (Pliocene inferiore-medio)	» 39
5.4.2.2 Sintema P3 (Pliocene medio-superiore)	» 41
5.4.2.3 Sintema Q1 (Pleistocene inferiore)	» 42
5.4.2.4 Sintema Q2 (Pleistocene medio-Olocene)	» 43
5.5 MICROPALEONTOLOGIA	» 43
5.5.1 INTRODUZIONE	» 43
5.5.2 METODI	» 44
5.5.3 RISULTATI	» 44
6. IDROSTRATIGRAFIA	» 51
6.1 PREMESSA	» 51
6.2 GRUPPI ACQUIFERI ED UNITA' IDROGEOLOGICHE	» 51

6.2.1 BACINI DI SAVIGLIANO E ALESSANDRIA	Pag. 52
6.2.1.1 Gruppo Acquifero A	» 52
6.2.1.2 Gruppo Acquifero B	» 54
6.2.1.3 Gruppo Acquifero C	» 54
6.2.1.4 Gruppo Acquifero D	» 59
6.2.1.5 Gruppo Acquifero E	» 65
6.2.1.6 Gruppo Acquifero F	» 65
6.2.1.7 Gruppo Acquifero G	» 73
6.2.2 BACINO PADANO	» 73
6.2.2.1 Gruppo Acquifero A	» 73
6.2.2.2 Gruppo Acquifero B	» 74
6.2.2.3 Gruppo Acquifero C	» 74
6.2.2.4 Gruppo Acquifero D-E	» 75
6.3. INTERFACCIA ACQUA DOLCE-ACQUA SALMASTRA/SALATA	» 75
6.3.1 INTRODUZIONE	» 75
6.3.2 RICOSTRUZIONE DELLA SUPERFICIE DI INTERFACCIA ACQUA DOLCE -ACQUA SALMASTRA/SALATA NEL SOTTOSUOLO PIEMONTESE	» 77
6.4. SISTEMI DI FLUSSO	» 81
6.4.1 AREE DI RICARICA	» 82
6.4.2 DIREZIONE DI DEFLUSSO E AREE DI RICARICA	» 84
6.4.2.1 Bacino di Savigliano	» 84
6.4.2.2 Bacino di Alessandria	» 85
6.4.2.3 Bacino Padano	» 86
6.5 CRITERI DI ELABORAZIONE DELLA CARTOGRAFIA E METODOLOGIA DI LETTURA	» 89
6.5.1 CARTE DELLA PROFONDITÀ DELLA SUPERFICIE BASALE	» 91
6.5.2 CARTE DELLO SPESSORE COMPLESSIVO	» 91
6.5.3 CARTA DELLO SPESSORE DEL GRUPPO ACQUIFERO PERMEATO DA ACQUA DOLCE	» 91
6.5.4 CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DELLE UNITÀ IDROGEOLOGICHE DELLA PARTE INFERIORE DEL GRUPPO ACQUIFERO	» 92
6.5.5 CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DELLE UNITÀ IDROGEOLOGICHE DELLA PARTE SUPERIORE DEL GRUPPO ACQUIFERO	» 92
6.5.6 CARTA DELLO SPESSORE TOTALE DEI SEDIMENTI PERMEATI DA ACQUE DOLCI	» 92
6.5.7 CARTA DELLO SPESSORE UTILE	» 93
7. BANCA DATI	» 94
7.1 DATI SUPERFICIE	» 94
7.2 DATI SOTTOSUOLO	» 96
7.3 CARTE TEMATICHE	» 97
8. APPENDICE: GLOSSARIO DI TERMINI IDROGEOLOGICI	» 98
9. BIBLIOGRAFIA	» 108
TAVOLE ALLEGATE	» 111
Allegato 1	Allegato 48
Allegato 24	Allegato 49
Allegato 28	Allegato 56
Allegato 32	Allegato 59
Allegato 40	Allegato 60
Allegato 41	Allegato 61

RIASSUNTO

La crescente necessità di individuare nuove fonti di approvvigionamento idrico ha indirizzato la Regione Piemonte, il CNR Istituto di Geoscienze e Georisorse di Torino e il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Torino a realizzare il presente progetto di ricerca, finalizzato allo studio degli acquiferi "molto profondi" e alla valutazione dei relativi volumi utili di acqua dolce, mediante un approccio stratigrafico moderno basato sull'analisi di bacino applicata a scala regionale.

Fino al recente passato, il quadro idrogeologico del sottosuolo piemontese rappresentava, in linea di massima, il risultato di ricostruzioni geologiche bi-dimensionali realizzate a scala locale e fondate su correlazioni di dati puntuali (stratigrafie di pozzi in qualche caso integrate con dati geofisici o di superficie).

Le conoscenze di dettaglio delle caratteristiche idrostratigrafiche della pianura piemontese riguardavano solo gli acquiferi costituiti da depositi continentali quaternari e da subordinati depositi marini pliocenici presenti nei primi 200-300 m dal piano campagna, corrispondenti alle profondità massime raggiunte dalle perforazioni di pozzi per acqua.

Sulla base di tali conoscenze, le successioni sedimentarie presenti sarebbero principalmente caratterizzate da tre differenti sistemi acquiferi: un acquifero "superficiale", la cui potenza è variabile tra 10 e 80 m, contenente una falda idrica superficiale generalmente di tipo libero, un sistema acquifero multistrato, ospitante falde in genere in pressione, definito comunemente come "profondo" (fino ai 200-300 metri) e un sottostante e meno conosciuto sistema acquifero "molto profondo", anch'esso permeato da acque dolci fino a profondità superiori ai 1000 m.

La ricerca si è concentrata sui tre principali bacini messiniano-quaternari piemontesi (il Bacino di Savigliano e il Bacino di Alessandria a sud, e la terminazione occidentale del Bacino Padano, a nord) con approccio multidisciplinare: geologico stratigrafico, strutturale, micropaleontologico ed idrogeologico. L'integrazione delle diverse competenze ha consentito di migliorare notevolmente l'affidabilità della ricostruzione idrostratigrafica, permettendo di sviluppare, per la prima volta, un modello tridimensionale dell'intera successione pliocenico-quaternaria piemontese.

In particolare, l'applicazione di un approccio stratigrafico, basato sull'interpretazione di linee sismiche a riflessione e di dati di pozzo integrata con datazioni e analisi micropaleontologiche, ha permesso di ricostruire un quadro deposizionale più organico ed aggiornato dei bacini piemontesi e di ricostruire tridimensionalmente le geometrie dei corpi sedimentari, le tipologie e la distribuzione delle litofacies e dei principali ambienti sedimentari (continentale, transizionale, marino), nonché la localizzazione delle principali strutture tettoniche. Tali informazioni, indispensabili per l'analisi idrogeologica, hanno fornito la base dati per l'individuazione delle diverse tipologie di acquiferi, per l'attribuzione del grado di permeabilità e per il calcolo dei volumi d'acqua disponibili.

L'analisi idrogeologica ha quindi raggiunto nuovi importanti obiettivi:

- l'individuazione, nelle successioni sedimentarie profonde piemontesi, della distribuzione delle principali formazioni acquifere e di quelle a bassa permeabilità;
- l'identificazione delle aree potenziali di ricarica, delle direzioni di flusso e delle zone di recapito dei flussi profondi dell'acqua all'interno dei differenti acquiferi;
- l'analisi della distribuzione delle acque salate in profondità;
- il riconoscimento della posizione e geometria a grande scala della superficie di separazione tra acque dolci e acque salate profonde e di conseguenza la stima, nei tre bacini studiati, dello spessore complessivo della successione potenzialmente utile per la captazione di acque sotterranee: i relativi valori oscillano da poche decine di metri e 900 metri.

Abstract

Owing to the increasing demand of groundwater and the necessity of the Regione Piemonte Administration to have a reliable tool for a comprehensive knowledge of all fresh-groundwater resources, a regional hydrostratigraphic study on fresh-water aquifers of the whole upper Messinian-Quaternary succession has been carried out in the northern and southern sectors of Piemonte, NW Italy. This study focuses on the three main fresh-water reservoirs in Piemonte, the Savigliano and Alessandria Basins, to the south, and the western termination of the Padane Basin to the north, and enlarges the investigations down to 1500-2000 m depth, still unexplored for fresh water research purposes.

The integrated approach here adopted to define the hydrostratigraphic framework of the fresh-water aquifers, was based on the reconstruction of the 3D stratigraphic regional framework, through integration of subsurface and surface data, and development of a conceptual methodology, suitable to assign hydrogeologic value to the recognized stratigraphic units.

In the present work, the Aquifer Groups represent the “fundamental” hydrostratigraphic units, since they physically correspond to synthems, that have been recognized both in the subsurface and on rock outcrops.

Each Aquifer Group is characterized by Hydrogeologic Units (HU) defined on the basis of lithofacies associations that display homogeneous hydrogeologic properties (e.g. permeability ratio, storage coefficient). Four main typologies of Hydrogeologic Units have been distinguished, on the basis of their hydrogeologic role: HU I) unconfined aquifers, HU II) multi-layered “discontinuous” aquifers, HU III) multi-layered “continuous” aquifers, HU IV) aquitards/aquicludes.

It has been assumed that, due to its peculiar stratigraphic architecture (i.e. internal stratal organization) each Aquifer Group has a distinctive response to the regional groundwater flow system. In this sense, each main type of Hydrogeologic Unit will present a peculiar and distinctive instance in each single Aquifer Group. Consequently, the Aquifer Groups can be subdivided into lower rank hydrostratigraphic units, here defined as “Synthemic Hydrogeologic Units”, i.e. Hydrogeologic Units that inherit the peculiar architectural properties of the Aquifer Group they belong to. In other words, each main type of Hydrogeologic Unit will present a distinct instance in each different Aquifer Groups.

Following these criteria, twenty Synthemic Hydrogeologic Units, grouped into seven Aquifer Groups were recognized within the Savigliano and Alessandria Basins, and eleven Synthemic Hydrogeologic Units, grouped into four Aquifer Groups were recognized in the Padane Basin.

The reconstruction of the hydrostratigraphic model allowed to portray, for the first time, the geometry and architecture of the Aquifer Groups of the whole upper Messinian-Quaternary successions in Piemonte and to reconstruct the regional distribution and characteristics of potentially exploitable aquifers.

The use of stratigraphic constraints (i.e. distribution of depositional settings and lithofacies associations) led to the reconstruction of the geometry of the fresh-salt water interface, also in those areas with scarce well data, and to better estimate the maximum thickness of deep fresh-aquifers that, up to date, are still unexploited.

Moreover, the resulting hydrostratigraphic framework led to the delineation, at the regional scale, of main groundwater flow directions within Aquifer Groups and identification of the direct and indirect recharge areas.

The hydrostratigraphic reconstruction here proposed, markedly improves the knowledge on Italian Piemonte subsurface hydrogeology, and cast the bases for future development of water exploitation and water flow modelling.

1. INTRODUZIONE

Questo lavoro è il risultato di un progetto di ricerca, mirato alla caratterizzazione dell'idrostratigrafia degli acquiferi permeati da acqua dolce della Regione Piemonte. Il progetto, realizzato attraverso la collaborazione fra il CNR-Istituto di Geoscienze e Georisorse-Unità Organizzativa di Torino, il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Torino e la Regione Piemonte-Direzione Pianificazione Ricerche Idriche, intende fornire uno strumento di conoscenza e valutazione per la gestione delle risorse idriche "molto profonde" del Piemonte, ossia di quelle ubicate oltre i 200-300 metri di profondità, al di sotto delle attuali opere di captazione.

Gli acquiferi della regione piemontese, contenuti in depositi marini e continentali di età messiniana, pliocenica e quaternaria del sottosuolo della Pianura Padana occidentale, sono infatti tradizionalmente suddivisi in tre differenti sistemi: un acquifero "superficiale", di potenza variabile tra 10 e 80 m, contenente una falda idrica di tipo libero; un sistema acquifero multistrato "profondo" (fino ai 200-300 metri) ospitante falde in pressione e infine un sottostante e meno conosciuto sistema acquifero "molto profondo", esteso fino a profondità superiori ai 1000 m.

Questo progetto ha permesso di ricostruire l'assetto stratigrafico ed idrostratigrafico delle risorse idriche "molto profonde" e di stimare lo spessore complessivo della successione sedimentaria potenzialmente utile per la captazione di acque dolci. Esso ha inoltre consentito di implementare le conoscenze relative agli acquiferi "superficiali" e "profondi" già in via di sfruttamento, i quali rivestono un ruolo fondamentale nella ricarica degli acquiferi "molto profondi".

Il lavoro è stato sviluppato con un approccio multidisciplinare: l'integrazione delle competenze geologico-stratigrafiche, geologico-strutturali, micropaleontologiche e idrogeologiche ha consentito di fornire, per la prima volta in Piemonte, un modello geologico tridimensionale regionale della geometria e struttura interna degli acquiferi "profondi" e "molto profondi", e di sviluppare i conseguenti modelli idrogeologici e di flusso.

Le analisi sono state condotte in tre distinti settori del sottosuolo piemontese: il Bacino di Savigliano e il Bacino di Alessandria a sud, la terminazione occidentale del Bacino Padano a nord (Fig.1 e 2).

2. OBIETTIVI

Gli obiettivi specifici del presente lavoro sono stati:

- a) la definizione dei limiti e dell'architettura dei corpi sedimentari che costituiscono gli acquiferi "profondi" e "molto profondi" ottenuta attraverso la ricostruzione di un modello geologico-stratigrafico (scala 1:250.000 per i bacini meridionali e scala 1:500.000 per il Bacino Padano);
- b) la definizione della posizione e geometria a grande scala della superficie d'interfaccia acqua dolce - acqua salmastra/salata, che rappresenta il limite fisico inferiore degli acquiferi "profondi" e "molto profondi" potenzialmente utili;
- c) la definizione dei sistemi di flusso caratterizzanti gli acquiferi "profondi" e "molto profondi" analizzati

3. BASE DATI

Sono stati utilizzate le seguenti categorie di dati di sottosuolo e di superficie:

- linee sismiche a riflessione pubblicate in Mosca (2006) per il Piemonte meridionale, e profili geologici pubblicati (Pieri & Groppi, 1981; Cassano *et al.*, 1986; Biella *et al.*, 1997) per il Piemonte settentrionale;

- stratigrafie di pozzi esplorativi AGIP (pozzi profondi);
- stratigrafie di pozzi per acqua;
- cartografia geologica;
- dati di terreno.

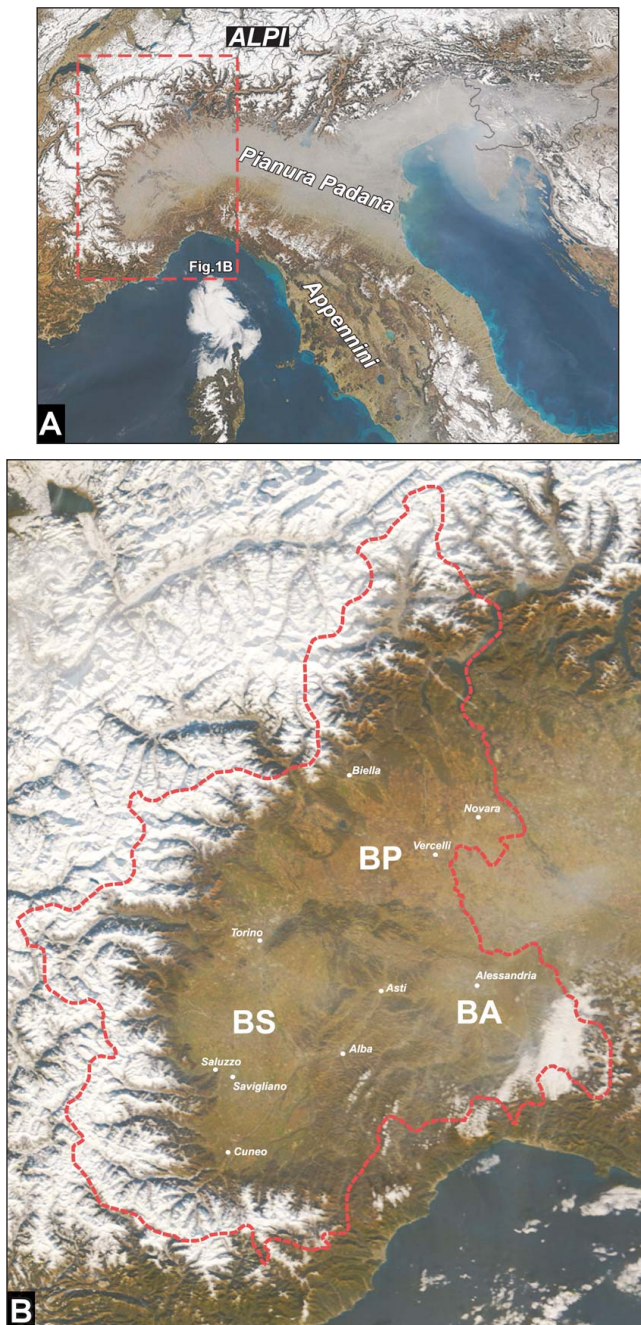


Fig. 1: (A) Immagine satellitare MODIS dell'Italia settentrionale e dei principali domini geomorfologici. (B) Dettaglio della Regione Piemonte e delle tre aree di pianura (cuneese e alessandrina a sud e vercellese a nord) corrispondenti al Bacino di Savigliano (BS), al Bacino di Alessandria (BA) ed alla terminazione occidentale del Bacino Padano (BP).

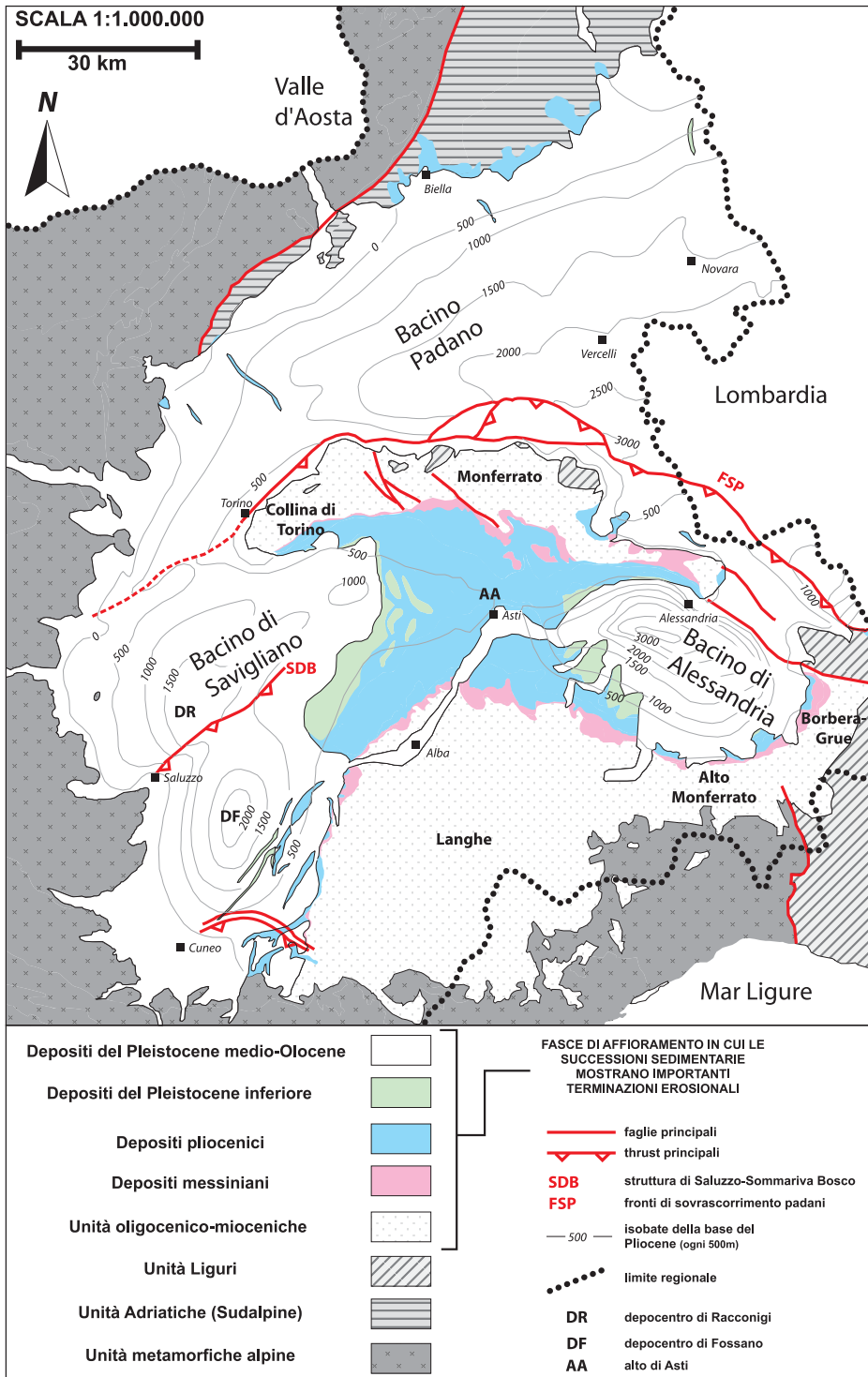


Fig. 2: Schema geologico semplificato della Regione Piemonte, in cui sono rappresentati le unità metamorfiche della catena alpina, le unità Adriatiche (Subalpine), le unità Liguri-Appenniniche, le successioni oligocenico-mioceniche, plioceniche e quaternarie affioranti e i depocentri plio-quaternari sepolti in cui risiedono i principali acquiferi della Regione (modificato da Bigi et al., 1990).

Linee sismiche a riflessione

E' stato utilizzato un *grid* di linee sismiche a riflessione (Fig. 3) di proprietà dell'ENI-Agip pubblicato in Mosca (2006), per una copertura totale di circa 750 km, rete che ricopre le aree di pianura cuneese ed alessandrina e parte dei rilievi collinari circostanti.

L'utilizzo di tale *grid* ha consentito di approfondire lo studio delle successioni messiniano-quadernarie e di ricostruirne un quadro più dettagliato in termini di identificazione e correlazione delle superfici di discontinuità di importanza regionale, di interpretazione degli ambienti sedimentari e di ricostruzione della distribuzione delle litofacies. L'interpretazione più approfondita della sismica a riflessione, relativa alle successioni messiniano-quadernarie, ha consentito di elaborare una nuova rete di profili geologici del sottosuolo cuneese ed alessandrino (Fig. 12 e sezioni geologiche negli Allegati 1-8) .

Per quanto riguarda il Bacino Padano, alla mancanza di dati sismici si è supplito con l'utilizzo di profili geologici profondi (Pieri & Groppi, 1981; Cassano *et al.*, 1985; Biella *et al.*, 1997; Fantoni *et al.*, 2002)

Stratigrafie di pozzi esplorativi ENI-AGIP (pozzi profondi)

Sono state utilizzate le stratigrafie di 33 pozzi (Fig. 3) per idrocarburi AGIP (1972) e AGIP (1994).

Per il Bacino di Savigliano: Saluzzo 1 e 2, Moretta 1, Sommariva del Bosco 1.

Per il Bacino di Alessandria: Valgera 1, Asti 1, Quargnento 1, Novi Ligure 1, Novi Ligure 2, Novi Ligure 2bis.

Per il Bacino Padano sono risultate più attendibili le stratigrafie dei pozzi Cavaglietto 1, Cavaglietto 2, Galliate 1, Balzola 1, San Benigno, Cameri 1, Volpedo 2, Desana 1, Sali Vercellese, Villafortuna 5, Romentino1, Pernate 1 e S. Gemano Vercellese 1. Inoltre sono state considerate anche le stratigrafie dei pozzi Balzola 2, Balzola 3 Borgo d'Ale 1, Salussola 1, Asigliano 1, Crescentino 1 (seppur ritenute meno attendibili) e quelle dei pozzi Mortara 1, Sartirana 1, Frascarolo 1 ed Ottobiano 1 (ubicati in Lombardia). Da tali pozzi si ottengono dati di tipo stratigrafico, log elettrici, potenziale spontaneo e l'interfaccia acqua dolce-acqua salmastra/salata.

L'utilizzo integrato di linee sismiche a riflessione e stratigrafie ENI-AGIP ha permesso di ricostruire tridimensionalmente i corpi sedimentari corrispondenti agli acquiferi "profondi" e "molto profondi".

Va specificato che, se per i bacini di Savigliano ed Alessandria erano disponibili tutte le categorie di dati sopra elencate, per la porzione occidentale del Bacino Padano è mancata la disponibilità dei dati sismici; di conseguenza, mentre per i primi due settori è stato possibile ricostruire un modello relativamente dettagliato, alla scala 1:250.000, per il Bacino Padano il modello è stato ricostruito con minor dettaglio, ovvero alla scala 1:500.000. Inoltre, i dati dei pozzi profondi dei Bacini di Savigliano ed Alessandria hanno consentito di spingere lo studio fino al Messiniano, mentre i dati stratigrafici profondi del Bacino Padano hanno permesso di elaborare un modello esteso solamente fino alla base del Pliocene.

Si rimarca inoltre che, per i settori più occidentali dell'area studiata, la mancanza di dati di sottosuolo non ha consentito una ricostruzione accurata delle geometrie profonde; in ogni caso, per quanto riguarda il prolungamento occidentale sepolto della struttura della Collina di Torino, posto al confine tra il Bacino di Savigliano e il Bacino Padano, un quadro stratigrafico preliminare è stato comunque delineato e potrà essere approfondito con futuri lavori di dettaglio.

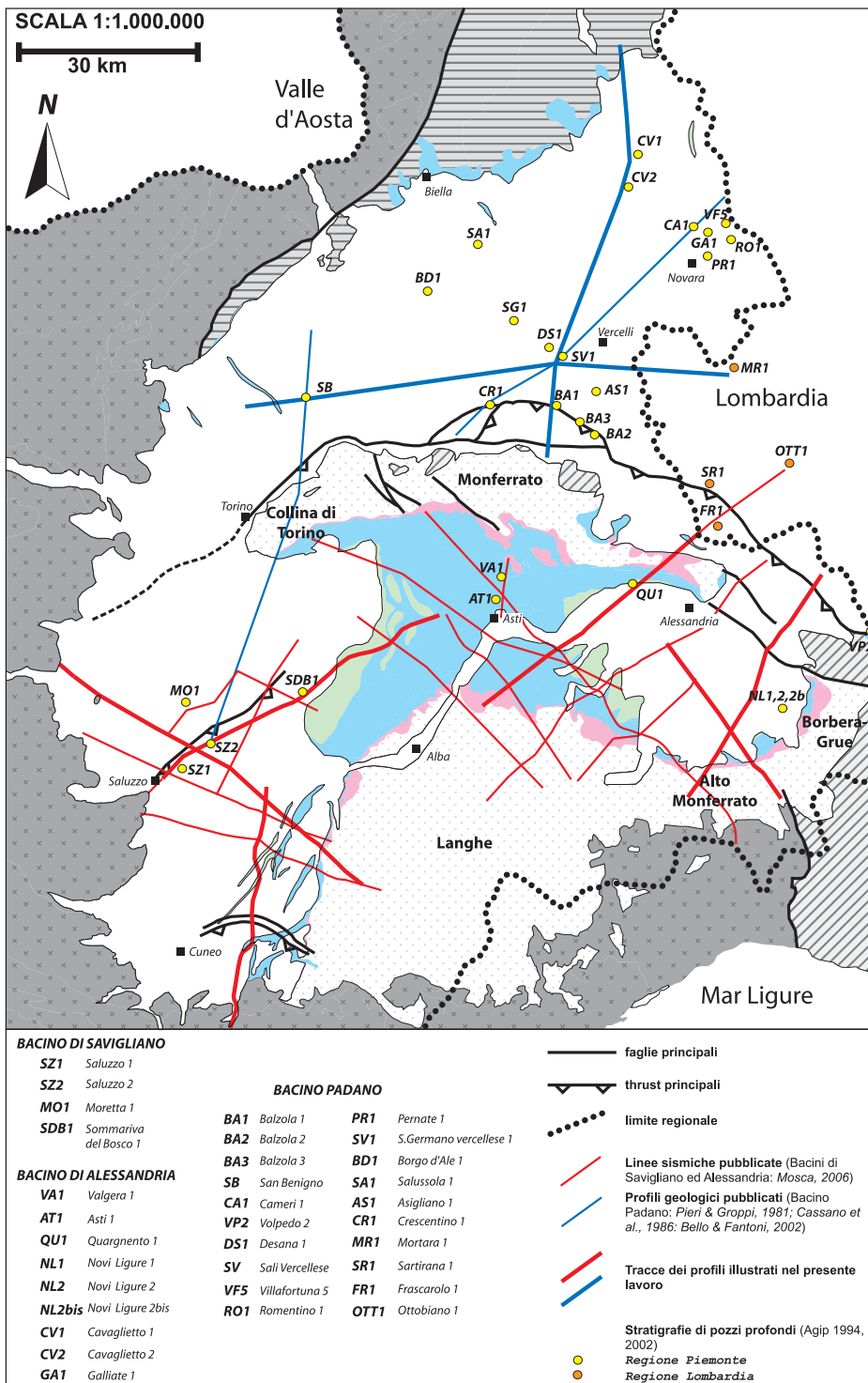


Fig. 3: Ubicazione delle linee sismiche a riflessione e dei pozzi esplorativi profondi utilizzati.

Stratigrafie di pozzi per acqua

A causa della scarsa risoluzione della parte superiore dei profili sismici (primi 100-200 m dal piano campagna), la ricostruzione in tre dimensioni dei corpi sedimentari pleistoceno-olocenici, prevalentemente corrispondenti agli acquiferi "superficiali", è stata realizzata attraverso l'analisi di circa 6000 stratigrafie di pozzi per acqua (banca dati dell'Università di Torino e della Regione Piemonte), trivellati fino a profondità nell'ordine dei 200 m.

Cartografia geologica e letteratura specialistica

Il quadro geologico di base utilizzato per l'interpretazione e la caratterizzazione dei dati sismici, idrogeologici e paleontologici è stato fornito da:

- cartografia geologica esistente, ovvero Modello Strutturale d'Italia alla scala 1:500.000 (Bigi *et al.*, 1990), prima edizione dei Fogli Ivrea, Pinerolo, Varallo, Cuneo e Varese (Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, 1912, 1913, 1927, 1931, 1932), seconda edizione dei Fogli Biella, Carmagnola, Torino, Vercelli, Mortara, Novara, Alessandria, Asti e Voghera (Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, 1966, 1969a,b,c,d,e, 1970a,b, 1971) e Foglio Trino della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, (Dela Pierre *et al.*, 2003);
- letteratura specialistica (lavori di sintesi, rassegne di dati geologici, biostratigrafici e idrogeologici, locali e regionali).

Dati di terreno

L'analisi di facies, il campionamento e l'analisi micropaleontologica (diretta alla caratterizzazione dell'età e dell'ambiente di deposizione dei sedimenti) di alcune sezioni di particolare interesse ai fini del progetto, hanno consentito la correlazione tra le successioni messiniano-plioceniche sepolte e quelle affioranti in superficie. Tali analisi sono state esclusivamente effettuate negli attuali margini meridionali dei bacini Plio-Quaternari di Savigliano e di Alessandria, ove le successioni sono esposte in affioramento.

4. METODOLOGIA DI PROGETTO

4.1 L'APPLICAZIONE DELL'ANALISI DI BACINO ALLO STUDIO DEGLI ACQUIFERI A SCALA REGIONALE

La conoscenza della geometria a grande scala e dell'architettura interna delle unità idrostratigrafiche profonde, consente di formulare previsioni sul posizionamento dei corpi sedimentari aventi caratteristiche idonee a contenere le risorse idriche. Questa conoscenza è perseguibile attraverso l'applicazione di un approccio stratigrafico basato sull'analisi di bacino applicata a scala regionale. Questa metodologia è largamente applicata anche per scopi petroliferi e per la ricostruzione tettonico sedimentaria dei bacini. Essa si basa principalmente sull'interpretazione di linee sismiche a riflessione, sulla correlazione di pozzi utili a tarare l'affidabilità di tali interpretazioni e sulla generalizzazione tridimensionale delle conoscenze acquisite attraverso l'analisi dei dati di superficie. L'analisi di bacino permette la ricostruzione tridimensionale, su ampie regioni (anche nelle aree di pianura ove le successioni sedimentarie risultano sepolte), delle geometrie complessive dei corpi sedimentari, delle tipologie e della distribuzione delle facies e litofacies caratteristiche dei principali ambienti deposizionali (continentale, transizionale, marino profondo), nonché la localizzazione delle principali strutture tettoniche. Tali informazioni sono indispensabili per l'analisi idrogeologica, in quanto forniscono la base dati per la valutazione delle risorse, l'individuazione delle diverse tipologie di acquiferi, l'attribuzione del grado di permeabilità, il calcolo dei volumi d'acqua disponibili e la modellazione del flusso dei fluidi sotterranei.

4.2 FLUSSO DI LAVORO DEL PROGETTO - DESCRIZIONE DEI CONCETTI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI UTILIZZATI

4.2.1 INTRODUZIONE

Sono descritti di seguito il flusso di lavoro che ha caratterizzato gli studi interdisciplinari condotti nell'ambito del progetto, le accezioni di progetto di alcuni concetti comunemente utilizzati in geologia e in idrogeologia, le relazioni logiche tra i concetti utilizzati di fatto nel progetto e le relative istanze di progetto. L'insieme di tali relazioni, concetti e istanze è rappresentato graficamente in Fig. 4 e Fig. 5.

Eventuali differenze con le accezioni dei concetti geologici e idrogeologici utilizzate in altri progetti sull'idrostratigrafia profonda (Regione Emilia-Romagna, Regione Lombardia - AGIP, 1998; 2002) sono inoltre specificate e commentate.

4.2.2 CONCETTI GEOLOGICI UTILIZZATI

4.2.2.1 Superfici di discontinuità stratigrafica

Nello studio delle successioni sedimentarie particolare attenzione è stata rivolta all'identificazione e correlazione di superfici di discontinuità, come definite in Clari *et al.* (1995), ossia "superfici fisiche che separano rocce sedimentarie più antiche da altre più recenti, lungo le quali evidenze basate su criteri geometrici (discordanze angolari; superfici erosionali), sedimentologici–diagenetici (bruschi salti verticali di facies; presenza di livelli di alterazione o di bioturbazioni) e biostratigrafici permettono di evidenziare un'interruzione nella sedimentazione di qualunque durata".

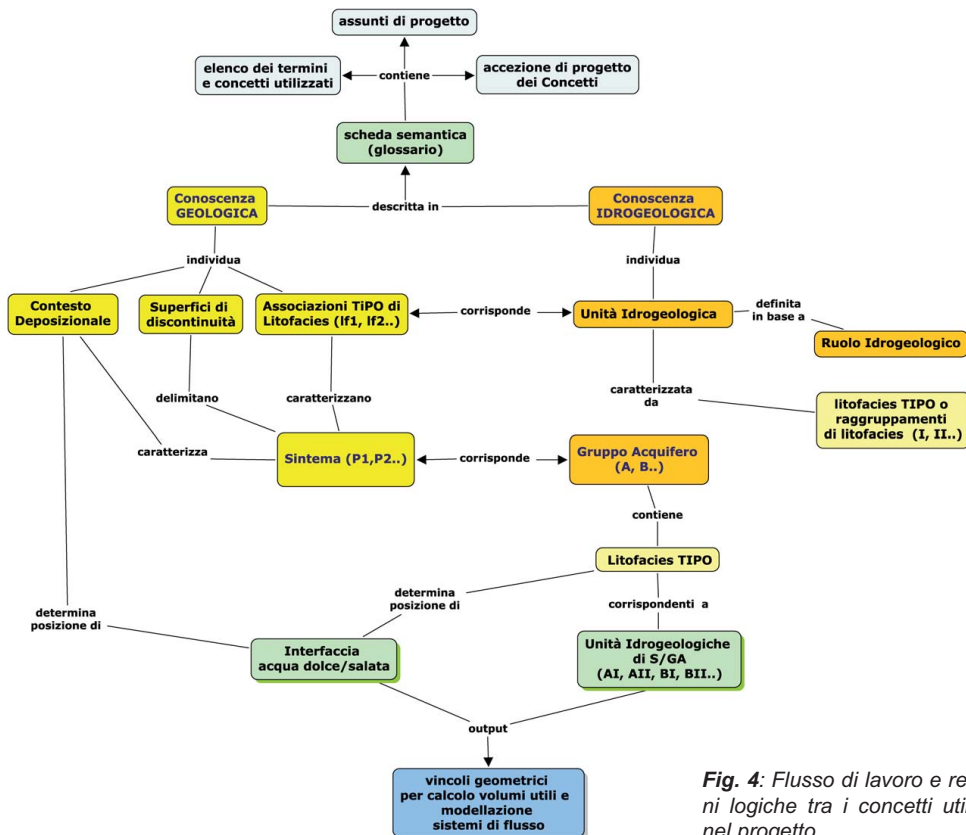


Fig. 4: Flusso di lavoro e relazioni logiche tra i concetti utilizzati nel progetto.

Nei Bacini di Savigliano ed Alessandria, le discontinuità sono state individuate avvalendosi dell'interpretazione della sismica a riflessione, condotta utilizzando i principi della stratigrafia sismica (sensu Mitchum *et al.*, 1977; Badley, 1987).

In tal senso particolare attenzione è stata rivolta alle caratteristiche delle terminazioni dei riflettori sismici ed alle loro relazioni geometriche (Fig. 6).

Nel Bacino Padano le principali superfici di discontinuità sono state individuate sulla base dei dati di pozzo (presenza di lacune cronostratigrafiche, bruschi salti verticali di facies) e delle discordanze geometriche fra i prismi sedimentari, come riconoscibili nei profili geologici pubblicati (Pieri & Groppi, 1981; Cassano *et al.*, 1986; Biella *et al.*, 1997; Fantoni *et al.*, 2002).

La taratura temporale delle discontinuità tracciate è stata principalmente effettuata sulla base delle stratigrafie dei pozzi Eni-Agip, per le successioni sepolte, e di dati biostratigrafici

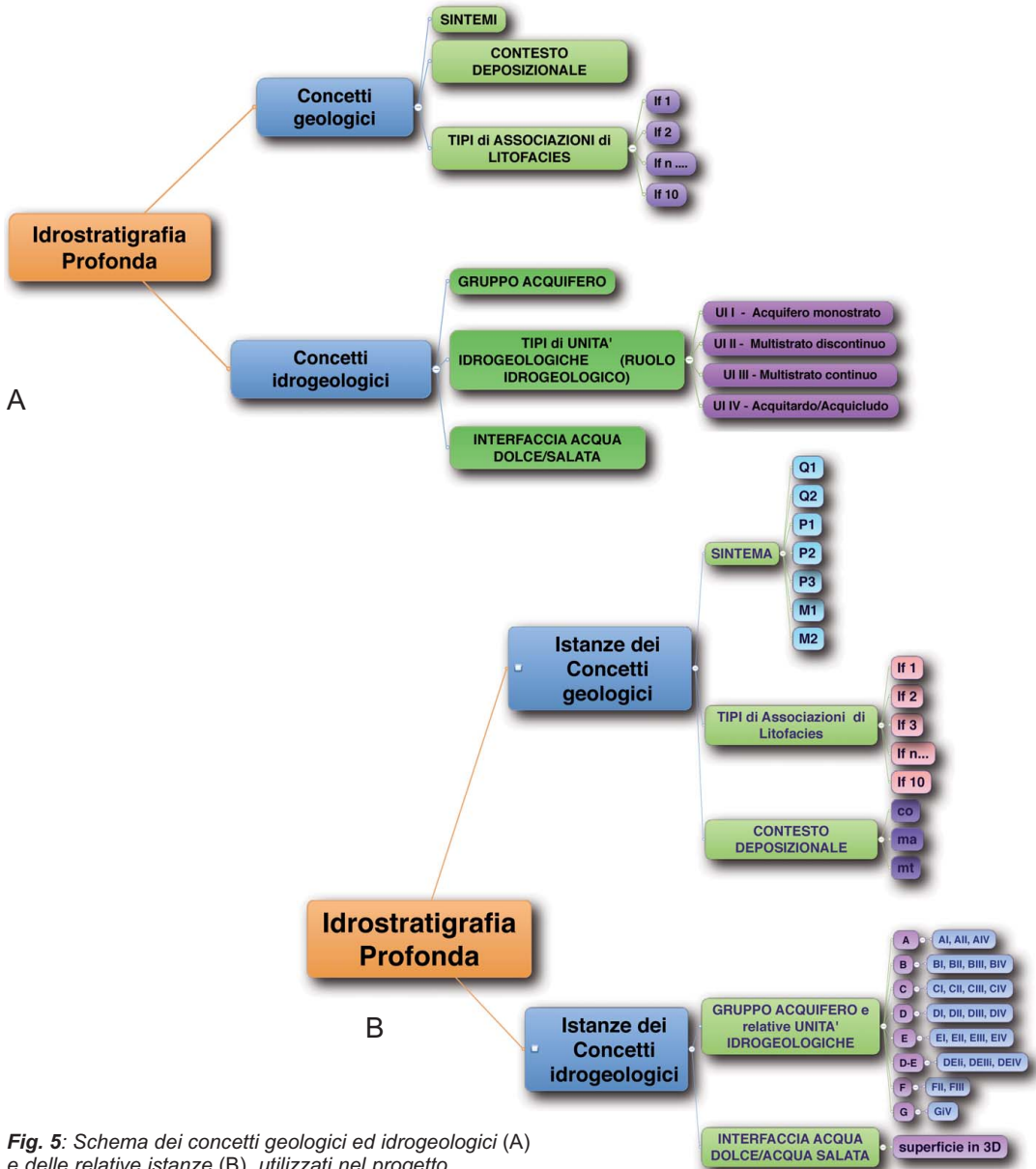


Fig. 5: Schema dei concetti geologici ed idrogeologici (A) e delle relative istanze (B), utilizzati nel progetto.

di letteratura, per le successioni affioranti. Questi ultimi sono stati integrati da nuove analisi biostratigrafiche effettuate su alcuni campioni prelevati lungo gli attuali margini meridionali dei bacini di Savigliano ed Alessandria, ad esempio nei pressi degli abitati di Benevagienna, Carrù, e Mondovì, lungo il Torrente Pesio, lungo la Stura di Demonte, nei pressi di Montaldo Bormida, tra il Fiume Belbo ed il Torrente Orba, di S.Cristoforo, tra i Torrenti Orba e Lemme e nei pressi di Tassarolo, tra i Torrenti Lemme e Scrivia (capitolo 5.5 - "Micropaleontologia" e capitolo 7 - "Banca Dati", cartella "Dati Superficie", sottocartella "Campioni Terreno").

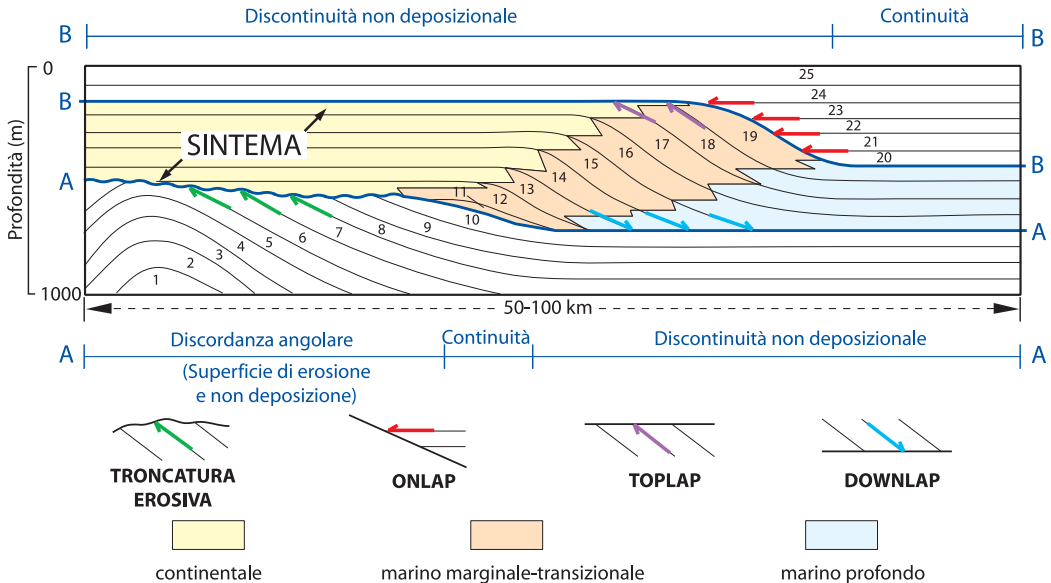


Fig. 6: Sezione stratigrafica ideale (modificata da Mitchum et al., 1977; Badley, 1987; Ricci Lucchi et al., 1982) in cui è schematizzato il concetto di sintema: pacco di strati tra le superfici di discontinuità A e B. Da sinistra verso destra, la discontinuità inferiore A cambia connotazione, passando da discordanza angolare a paraconcordanza, fino a discontinuità non deposizionale. Così anche la superficie superiore B, che passa da discontinuità non deposizionale a paraconcordanza. La figura riporta la terminologia adottata per descrivere le terminazioni dei riflettori sismici. Sono inoltre rappresentati i contesti deposizionali ed i limiti fra di essi.

4.2.2.2 Sintemi

La correlazione regionale delle superfici di discontinuità ha consentito di distinguere e tracciare unità stratigrafiche a limiti inconformi corrispondenti a sintemi (Chang, 1975; Fig. 6).

Definizione:

Un sintema rappresenta un corpo sedimentario complesso delimitato da superfici di discontinuità stratigrafica, costituito da gruppi di strati con geometria e litologia variabili ma legati geneticamente, ossia depositi in contesti deposizionali diversi e contigui ed in continuità di sedimentazione. Le superfici di strato possono toccare ma non intersecare le superfici di discontinuità stratigrafica a base ed a letto dei sintemi.

Valenza idrogeologica del sintema:

L'uso di questo tipo di unità presenta il vantaggio di disporre di pacchi rocciosi delimitati da superfici con elevato valore cronostatigrafico, in quanto i sedimenti fra esse compresi, seppur appartenenti a contesti deposizionali diversi, sono stati depositi entro lo stesso intervallo temporale e, quindi, registrano nel loro insieme gli stessi fattori eustatici, climatici e tettonici che hanno controllato la loro deposizione. Si assume quindi che questa omogeneità genetica corrisponda ad un'omogeneità di comportamento idrogeologico.

La correlazione tra le successioni sepolte e quelle affioranti ha consentito di ricostruire il quadro stratigrafico-deposizionale del sottosuolo della Regione Piemonte (Fig. 7) ed in particolare di distinguere, all'interno dei depositi pliocenico-quadernari, cinque sintemi:

sintema P1 (Pliocene inferiore, basale),
sintema P2 (Pliocene inferiore-medio),
sintema P3 (Pliocene medio-superiore),
sintema Q1 (Pleistocene inferiore) e
sintema Q2 (Pleistocene medio-Olocene).

Tuttavia, nel bacino padano il dataset a disposizione non ha consentito una distinzione a scala dell'intero bacino fra i sintemi P1 e P2, i quali sono stati pertanto accorpati in unico super-sintema denominato P1-P2 (Pliocene inferiore-medio).

Nei bacini di Savigliano ed Alessandria sono stati studiati anche i depositi del Messiniano superiore, in quanto precedenti studi avevano evidenziato in essi la presenza, seppur ridotta, di volumi di acque dolci. Inoltre, lo studio di questi depositi è stato utile per la ricostruzione della fisiografia pre-pliocenica dei bacini. Tali depositi sono stati distinti in 2 sintemi M1 ed M2 (Messiniano superiore).

La distribuzione dei sintemi riconosciuti è illustrata nei profili geologici interpretativi di Fig. 12, nelle Figg. 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20 e negli Allegati 9, 11, 12, 16, 17, 21, 22, 26, 27, 31, 32, 36, 37, 42, 44, 45, 49, 50, 54, 55. Per la conversione dei dati sismici (espressi in tempi) in dati di profondità sono stati utilizzati i seguenti valori medi di velocità: 1600-1800 m/s per i sintemi Q1 e Q2, 1800-2000 m/s per i sintemi P1, P2 e P3, 3500 m/s per il sintema M2 e 2000 m/s per il sintema M1.

L'analisi congiunta dei dati sismici, di pozzo e superficiali ha permesso di distinguere, oltre ai sintemi, anche le principali associazioni di litofacies e i principali contesti deposizionali (Fig. 8), che sono illustrati nelle sezioni geologiche che attraversano il Bacino di Savigliano (Allegati 1,2,3), nelle sezioni attraverso il Bacino di Alessandria (Allegati 4,5,6) e attraverso il Bacino Padano (Allegati 7,8).

4.2.2.3 Associazioni di litofacies

Le associazioni litofacies (If) sono state distinte sulla base di due fattori (Fig. 8c):

- la percentuale relativa dei loro costituenti granulometrici principali, ovvero il rapporto del grossolano (ghiaie e sabbie) rispetto al fine (peliti e marne);
- il grado di continuità laterale dei corpi litologici, nel caso delle alternanze: sono stati considerati continui i corpi con persistenza laterale oltre i 2 Km e discontinui i corpi con persistenza laterale inferiore 2 Km.

Sulla base di questi criteri sono state individuate 8 differenti associazioni di litofacies. La If1 corrisponde a sabbie e ghiaie con subordinate intercalazioni pelitiche. Le If 2, 3 e 4 corrispondono ad alternanze discontinue (continuità laterale delle intercalazioni inferiore ai 2 km) con percentuali variabili delle componenti granulometriche. Le If 5, 6 e 7 corrispondono ad alternanze continue (continuità laterale delle intercalazioni superiore ai 2 km) con percentuali variabili delle componenti granulometriche. La If 8 corrisponde ad una massa di fondo pelitica con subordinate intercalazioni di sabbie e ghiaie.

Sono inoltre state distinte altre 2 associazioni di litofacies (If 9 e If 10), esclusive del sintema messiniano M1, corrispondenti a complessi di evaporiti risedimentate. Esse sono contraddistinte da una massa di fondo pelitica al cui interno sono rispettivamente immersi in maniera caotica blocchi di evaporiti (If 9) e intercalati corpi stratificati di gessoruditi e gessareniti (If 10).

SINTEMI	SIGLA
PLEISTOCENE MEDIO-OLOCENE	Q2
PLEISTOCENE INFERIORE	Q1
PLIOCENE MEDIO-SUPERIORE	P3
PLIOCENE INFERIORE-MEDIO	P2
PLIOCENE INFERIORE	P1
MESSINIANO SUPERIORE	M2
	M1

limite Miocene/Pliocene

BACINI SAVIGLIANO-ALESSANDRIA

Scala cronostatigrafica		UNITA' AFFIORANTI CGI 1:100,000	UNITA' SEPOLTE	SINTEMI
OLOCENE	0,01 Ma			
PLEISTOCENE	superiore	DEPOSITI FLUVIALI E FLUVIO-GLACIALI		Q2
	medio			
	inferiore 1,8 Ma	"VILLAFRANCHIANO SUPERIORE"		Q1
PLIOCENE	superiore 2,6 Ma			
	medio 3,6 Ma	"VILLAFRANCHIANO INFERIORE" "ASTIANO"		P3
	inferiore	"VILLAFR." "ASTIANO" "PIAC."		P2
	5,3 Ma	"PIACENZIANO"	M/P	P1
MIOCENE	Messiniano superiore	"MESSINIANO" "CASSANO-SPINOLA" "MESSINIANO" "F. GESSOSO-SOLE"		M2 M1

BACINO PADANO

Scala cronostatigrafica		UNITA' AFFIORANTI CGI 1:100,000	UNITA' SEPOLTE	SINTEMI e SUPERSINTEMI
OLOCENE	0,01 Ma			
PLEISTOCENE	superiore	DEPOSITI FLUVIALI, GLACIALI E FLUVIO-GLACIALI		Q2
	medio			
	inferiore 1,8 Ma	"VILLAFR."		Q1
PLIOCENE	superiore 2,6 Ma			
	medio 3,6 Ma	"VILLAFR." "ASTIANO"		P3
	inferiore	"ASTIANO" "PIACENZIANO"		P1-2
	5,3 Ma		M/P	
MIOCENE	Messiniano superiore			

////// LACUNE STRATIGRAFICHE

CGI 1:100,000: Carta Geologica d'Italia

M/P : Limite Miocene-Pliocene

Fig. 7: Quadro stratigrafico-deposizionale dei Bacini di Savigliano ed Alessandria e del Bacino Padano.

Particolare attenzione è stata rivolta alla ricostruzione della distribuzione areale e delle variazioni latero-verticali delle associazioni di litofacies, elementi indispensabili per la definizione del modello idrogeologico (capitolo 6).

4.2.2.4 Contesti Deposizionali

Sono stati distinti tre principali gruppi di contesti deposizionali (Fig. 8a):

- continentale (co), comprensivo della piana alluvionale, piana costiera e deltizia;
- marino marginale-transizionale (mt), comprensivo degli ambienti litorali, infralitorali (piattaforma interna) e di fronte deltizio;
- marino aperto (ma), comprensivo degli ambienti circolitorali (piattaforma esterna), epibatiali e di prodelta.

I contesti deposizionali e le associazioni di litofacies sono stati utilizzati come importanti vincoli integrativi nella ricostruzione a grande scala della geometria e distribuzione della superficie di interfaccia acqua dolce-acqua salmastra/salata (§ 4.2.3.3).

4.2.3 CONCETTI IDROGEOLOGICI UTILIZZATI

L'intelaiatura stratigrafica ricavata dalla ricostruzione geologica ha consentito di sviluppare un modello idrogeologico concettuale, che si basa su due concetti principali: il Gruppo Acquifero e l'Unità Idrogeologica (Figg. 4 e 5).

4.2.3.1 Gruppi Acquiferi

Ogni sintema individuato è stato concettualmente considerato come un "Gruppo Acquifero" cioè un corpo sedimentario complesso avente le seguenti caratteristiche:

- *è costituito da gruppi di strati con geometria e litologia variabili, depositi in contesti deposizionali contigui ed in continuità di sedimentazione;* i limiti di un Gruppo Acquifero, coincidono con le superfici di discontinuità stratigrafica a base ed a letto dei sintemi;
- *mostra caratteristiche distintive a grande scala (distribuzione delle associazioni di facies, geometria esterna, giacitura, tessitura, geometria ed organizzazione interna, permeabilità) tali da comportare omogeneità nella risposta al flusso idrico nel modello idrogeologico concettuale.*

In questo senso il Gruppo Acquifero risulta essere simile, ma non coincidente, nella sua accezione, a quello proposto nei lavori di geologia degli Acquiferi Padani della Regione Emilia-Romagna e della Regione Lombardia (AGIP, 1998, 2002); è simile in quanto corrisponde anch'esso a una Unità Idrostratigrafica Sequenziale, ma si discosta dal significato assunto in questi lavori poiché non viene definito in base alla presenza di livelli basali a bassa permeabilità (acquicludo/acquitardo). Nel caso della pianura piemontese infatti i singoli livelli a bassa permeabilità non mostrano generalmente spessori e soprattutto continuità tali da costituire singolarmente limiti idrogeologici significativi a scala regionale.

A livello di bacino i flussi idrici avvengono principalmente con componente parallela alla superfici di strato, quindi, a scala regionale essi sono prevalentemente confinati all'interno del medesimo Gruppo Acquifero, anche se significativi scambi verticali tra i diversi gruppi sono possibili; in buona parte dei bacini studiati, infatti, non sono stati riscontrati acquicludi estesi regionalmente, che avessero funzione di separazione idrogeologica completa.

Nei Bacini di Savigliano e Alessandria sono stati individuati sette Gruppi Acquiferi (Fig. 9A), corrispondenti ai sette sintemi analizzati ed appartenenti alle successioni tardo mioceniche-oloceniche. I Gruppi Acquiferi sono indicati con una sigla (dalla A alla G) a partire dal sintema più recente. Nel Bacino Padano sono stati distinti quattro sintemi principali a

co	CONTINENTALE Comprendivo della piana alluvionale, costiera e deltizia.
mt	MARINO MARGINALE - TRANSIZIONALE Comprendivo degli ambienti litorali, infralitorali (piattaforma interna) e di fronte deltizio.
ma	MARINO APERTO Comprendivo degli ambienti circalitorali, epibatiali e di prodelta.

SIMBOLOGIA	Associazioni di Litofacies (If)	
	If 1	sabbie e ghiaie con subordinate intercalazioni pelitiche (peliti 0-20%, sabbie + ghiaie 80-100%)
	If 2	alternanze discontinue di sabbie e ghiaie prevalenti con peliti (peliti 20-40%, sabbie+ ghiaie 60-80%)
	If 3	alternanze discontinue di peliti e sabbie e ghiaie (peliti 40-60%, sabbie+ ghiaie 40-60%)
	If 4	alternanze discontinue di peliti prevalenti con sabbie e ghiaie (peliti 60-80%, sabbie+ghiaie 20-40%)
	If 5	alternanze continue di sabbie e ghiaie prevalenti con peliti (peliti 20-40%, sabbie+ ghiaie 60-80%)
	If 6	alternanze continue di peliti e sabbie e ghiaie (peliti 40-60%, sabbie+ ghiaie 40-60%)
	If 7	alternanze continue di peliti prevalenti e sabbie (peliti 60-80%, sabbie 20-40%)
	If 8	peliti con subordinate intercalazioni di sabbie e ghiaie (peliti 80-100%, sabbie 0-20%)
	If 9	depositi caotici a blocchi di evaporiti e carbonati immersi in una matrice pelitica (peliti 60-70%)
	If 10	alternanze di gessoruditi e gessareniti e peliti

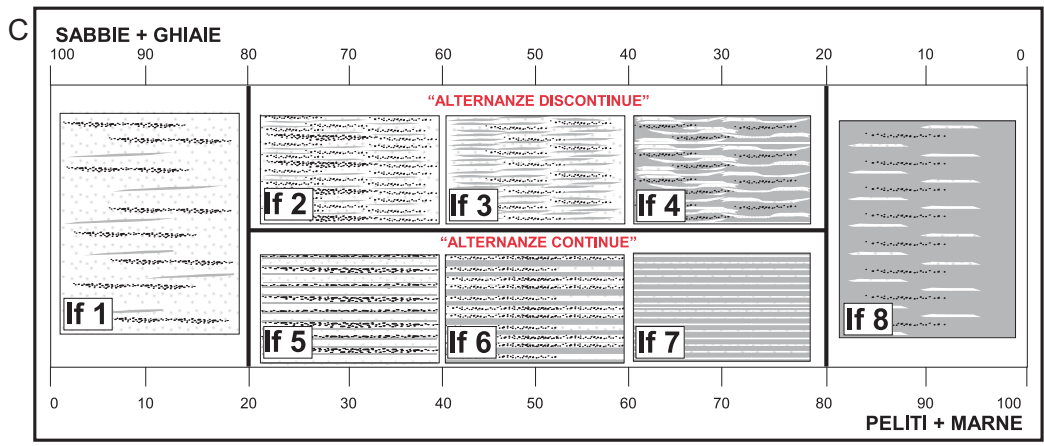


Fig. 8: Tipologie principali dei contesti deposizionali (A) e delle associazioni di litofacies riconosciute (B). Lo schema (C) rappresenta i criteri per la definizione delle associazioni di litofacies If1-If8.

cui sono stati fatti corrispondere altrettanti Gruppi Acquiferi relativi alle sole successioni plioceniche-oloceniche (Fig. 9B). A differenza dei Bacini meridionali nel Bacino Padano il Gruppo Acquifero D+E rappresenta il compendio dei sistemi P1 e P2 secondo la classificazione adottata dall'analisi stratigrafica.

A

BACINI SAVIGLIANO-ALESSANDRIA

Scala cronostratigrafica		UNITA' AFFIORANTI CGI 1:100.000	UNITA' SEPOLTE	SINTEMI	GRUPPI ACQUIFERI	UNITA' IDROGEOLOGICHE DI GRUPPO ACQUIFERO
OLOCENE	0.01 Ma	DEPOSITI FLUVIALI E FLUVIO-GLACIALI		Q2	A	A I A II A IV
	superiore					
PLEISTOCENE	medio	"VILAFRANCHIANO SUPERIORE"		Q1	B	B I B II B III
	inferiore					
PLIOCENE	1.8 Ma					
	superiore	"VILAFRANCHIANO INFERIORE"		P3	C	C I C II C III
	2.6 Ma	"ASTIANO"				
	medio	"VILAFR." "ASTIANO" "PIAC."		P2	D	D I D II D III D IV
	3.6 Ma					
MIOCENE	inferiore	"PIACENZIANO"	M/P	P1	E	E I E II E III E IV
	5.3 Ma	"MESSINIANO"		M2	F	F II F III
MIOCENE	Messiniiano superiore	"CASSANO-SPINOLA" "MESSINIANO" "F. GESSOSO-SOLF."		M1	G	G IV

B

BACINO PADANO

Scala cronostratigrafica		UNITA' AFFIORANTI CGI 1:100.000	UNITA' SEPOLTE	SINTEMI	GRUPPI ACQUIFERI	UNITA' IDROGEOLOGICHE DI GRUPPO ACQUIFERO
OLOCENE	0.01 Ma	DEPOSITI FLUVIALI E FLUVIO-GLACIALI		Q2	A	A I A II A IV
	superiore					
PLEISTOCENE	medio	"VILAFR."		Q1	B	B II B IV
	inferiore					
PLIOCENE	1.8 Ma					
	superiore	"VILAFR."		P3	C	C II C III C IV
	2.6 Ma	"VILAFR." "ASTIANO"				
	medio			P1-P2	D - E	D-E I D-E III D-E IV
	3.6 Ma					
MIOCENE	inferiore	"ASTIANO" "PIACENZIANO"	M/P			
	5.3 Ma					
MIOCENE	Messiniiano superiore					

Fig. 9: Schemi riassuntivi delle corrispondenze tra Sintemi, Gruppi Acquiferi ed Unità Idrogeologiche di Gruppo Acquifero presenti nei Bacini di Alessandria e Savigliano (A) e nel Bacino Padano (B). E' importante sottolineare che in questa rappresentazione i rapporti tra le Unità Idrogeologiche di Gruppo Acquifero sono puramente schematici.

4.2.3.2 Unità Idrogeologiche e rispettivo ruolo idrogeologico

Un altro concetto fondamentale del modello idrogeologico è quello di Unità Idrogeologica. Essa corrisponde ad una *singola associazione di litofacies o a raggruppamenti (/associazioni) di associazioni di litofacies con caratteristiche idrogeologiche (grado e tipo di permeabilità) omogenee a scala regionale* (Francani, 1985).

In base al ruolo idrogeologico (acquifero monostrato, acquifero multistrato od acquitar-do/acquicludo) è stato possibile distinguere 4 classi fondamentali di unità idrogeologiche, a configurare quattro classi a diverso potenziale di sfruttamento idrico, decrescente dalla classe I alla classe IV (Fig. 10).

SIMBOLOGIA	Associazioni di Litofacies (If)	UNITA' IDROGEOLOGICHE (UI)	RUOLO IDROGEOLOGICO	
	If 1 sabbie e ghiaie con subordinate intercalazioni pelittiche (peltiti 0-20%, sabbie 80-100%)	UI I	<i>ACQUIFERO MONOSTRATO</i>	
	If 2 alternanze discontinue di sabbie e ghiaie prevalenti con peltiti (peltiti 20-40%, sabbie+ ghiaie 60-80%)		UI II	<i>ACQUIFERO MULTISTRATO DISCONTINUO</i>
	If 3 alternanze discontinue di peltiti e sabbie e ghiaie (peltiti 40-60%, sabbie+ ghiaie 40-60%)			
	If 4 alternanze discontinue di peltiti prevalenti con sabbie e ghiaie (peltiti 60-80%, sabbie+ghiaie 20-40%)			
	If 5 alternanze continue di sabbie e ghiaie prevalenti con peltiti (peltiti 20-40%, sabbie+ ghiaie 60-80%)		UI III	<i>ACQUIFERO MULTISTRATO CONTINUO</i>
	If 6 alternanze continue di peltiti e sabbie e ghiaie (peltiti 40-60%, sabbie+ ghiaie 40-60%)			
	If 7 alternanze continue di peltiti prevalenti e sabbie (peltiti 60-80%, sabbie 20-40%)			
	If 8 peltiti con subordinate intercalazioni di sabbie e ghiaie (peltiti 80-100%, sabbie 0-20%)			
	If 9 depositi caotici a blocchi di evaporiti e carbonati immersi in una matrice pelittica (peltiti 60-70%)			
	If 10 alternanze di gessoruditi e gessareniti e peltiti			

Fig. 10: Schema illustrante le corrispondenze fra associazioni di litofacies e le Unità Idrogeologiche, in base al ruolo idrogeologico.

In alcuni casi una singola associazione di litofacies individuata corrisponde ad una Unità Idrogeologica (ad es. la litofacies If1 corrisponde alla Unità Idrogeologica UI 1). In altri casi, più associazioni di litofacies sono state raggruppate in una singola Unità Idrogeologica (ad es. le If2, If3, If4 appartengono alla stessa Unità Idrogeologica UI 2).

L' Unità Idrogeologica di tipo I costituisce un'unico acquifero monostrato, caratterizzato da buona permeabilità. Le tipologie di Unità Idrogeologica II e III rappresentano, invece, sistemi acquiferi multistrato (secondo l'accezione UNESCO, 1978) con caratteristiche di permeabilità e immagazzinamento minori rispetto alla I; esse si differenziano in base al diverso grado di continuità laterale delle alternanze tra livelli acquiferi e acquitardi/acquicludi, per cui all'unità tipo II corrispondono alternanze discontinue (continuità laterale dei corpi litologici inferiore ai 2 km), mentre all'unità tipo III corrispondono alternanze continue (continuità laterale dei corpi litologici superiore ai 2 km).

La tipologia IV è contraddistinta da un comportamento da acquitaro o, in casi meno frequenti, da acquicludo.

Ogni Gruppo Acquifero può contenere una o più tipologie di Unità Idrogeologiche, che, identificate al suo interno, ne rappresentano le Unità Idrogeologiche peculiari definibili come UIG (*Unità Idrogeologica di Gruppo Acquifero*). Le UIG presentano caratteristiche diverse in funzione del Gruppo Acquifero di appartenenza; per questo motivo, queste verranno sempre classificate con una sigla composta da una lettera riferita al Sintema/Gruppo Acquifero in cui ricadono e da un numero romano relativo alla tipologia di Unità Idrogeologica a cui appartengono (Fig. 9).

4.2.3.3 La superficie di interfaccia acqua dolce – acqua salmastra/salata.

Definizione:

La superficie di “interfaccia acqua dolce - acqua salmastra/salata” rappresenta l’attuale limite fisico tra gli acquiferi permeati da acqua dolce (di origine continentale) e quelli permeati da acque salate connate (di prevalente origine marina). La ricostruzione della sua geometria e distribuzione riveste un obiettivo di notevole importanza poiché essa coincide con la base degli acquiferi potenzialmente utili per la captazione.

La distribuzione dell’interfaccia in relazione ai maggiori fattori di controllo geologico:

Fino al recente passato, nella regione piemontese, il riconoscimento della posizione e geometria a grande scala della superficie di separazione tra acque dolci e acque salate profonde rappresentava il risultato di ricostruzioni fondate su correlazioni di dati puntuali (stratigrafie di pozzi profondi e sorgenti), che non tenevano conto della variabilità spaziale delle caratteristiche stratigrafico-sedimentologiche, funzione dell’evoluzione tettonico-sedimentaria dei bacini messiniano-quadernari piemontesi.

Nel presente progetto, al fine di delineare con maggior accuratezza la geometria della superficie d’interfaccia acqua dolce - acqua salmastra/salata si è tenuto conto, come verrà descritto in dettaglio nel Capitolo 6.3, anche di fattori che hanno un importante ruolo di controllo sulla struttura tridimensionale di tale superficie (Figg. 4 e 5). Essi sono:

- a) i contesti deposizionali;
- b) le associazioni di litofacies;
- c) la posizione geometrica attuale degli acquiferi.

5. GEOLOGIA

5.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La maggior parte degli acquiferi permeati da acqua dolce della Regione Piemonte sono contenuti nei depositi Pliocenico-Quaternari presenti nel sottosuolo delle pianure cuneese e alessandrina a sud ed in quella vercellese a nord (Figg. 1 e 2).

La pianura cuneese è delimitata dalle Alpi ad ovest e a sud, dai rilievi collinari delle Langhe ad est e dalla Collina di Torino a nord. Tale pianura è caratterizzata da un’altimetria gradualmente decrescente dai 500 m s.l.m. nei suoi settori meridionali, a circa 200 m s.l.m. nei settori più settentrionali.

La pianura alessandrina, compresa tra i rilievi collinari delle Langhe a sud e del Monferrato a nord, è caratterizzata da elevazioni comprese fra 200 m s.l.m. a sud e 100 m s.l.m. a nord, ed è drenata dal bacino del Fiume Tanaro con i suoi tributari; verso nord-est è fisiograficamente collegata alla pianura lombarda in corrispondenza dei rilievi del tortonese.

La pianura del vercellese è compresa fra le Alpi ad ovest e a nord ed i rilievi collinari del sistema Collina di Torino-Monferrato a sud, mentre è fisiograficamente collegata alla pianura lombarda verso est. Presenta un’altimetria gradualmente decrescente dai 350 m s.l.m. dei suoi settori occidentali e settentrionali a circa 100 m s.l.m. nei settori più orientali.

5.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il settore occidentale della Pianura Padana ed i suoi rilievi collinari sono localizzati in corrispondenza dell’attuale zona di giunzione strutturale tra i sistemi alpino ed appenninico, i cui cinematismi e caratteri evolutivi sono stati oggetto di una ricca produzione bibliografica.

In questa regione una potente successione sedimentaria, nota come Bacino Terziario Piemontese (BTP), è stata deposta nel Cenozoico durante l’evoluzione post-collisionale tra Europa ed Adria al di sopra di unità a diversa pertinenza paleogeografia (Gelati & Gnaccolini, 1988; Castellarin, 1994; Mutti *et al.*, 1995; Roure *et al.*, 1996). Attualmente, dif-

ferenti successioni di età oligocenico-miocenica, prevalentemente terrigene e di ambiente marino, sono esposte nel settore meridionale del Bacino Terziario Piemontese (suddiviso in Langhe, Alto Monferrato e Borbera-Grue) e a nord nella Collina di Torino e del Monferrato (Fig. 2). La prosecuzione laterale ed i rapporti geometrici e stratigrafici tra queste successioni sono mascherate dai depositi pliocenico-olocenici accumulati nei bacini di Savigliano ed Alessandria (Mosca, 2006).

A nord del sistema Collina di Torino-Monferrato il Bacino Padano identifica, a partire dall'Oligocene, un'avanzossa sviluppata su crosta insubrica in seguito alla propagazione di un sistema di fronti tettonici nord-vergenti posti sul lato meridionale e di un simmetrico sistema di fronti sud-vergenti posizionati sul lato settentrionale (Fig. 11).

Come osservabile nella Fig. 11, le successioni a sud del sistema Collina di Torino-Monferrato ed i loro compositi substrati definiscono un bacino di piggy-back sovrascorso verso nord sulle successioni terziarie del Bacino Padano.

Verranno ora illustrati i caratteri fisiografici e l'architettura stratigrafico-deposizionale dei bacini di Savigliano ed Alessandria (per i quali il dataset a disposizione ha consentito un'analisi dettagliata a partire dal Messiniano superiore) e del Bacino Padano.

5.3 BACINI DI SAVIGLIANO E ALESSANDRIA

5.3.1 ASSETTO GEOLOGICO E CONFIGURAZIONE GEOMETRICA

Il Bacino di Savigliano (Figg. 2 e 11), il cui asse maggiore di allungamento ha direzione N-S, risulta delimitato:

- ad ovest e a sud dalle unità metamorfiche delle Alpi Occidentali, che si approfondiscono morfologicamente verso est e nord;
- ad est dalle successioni delle Langhe, caratterizzate da una stratificazione regionale immergente verso ovest;

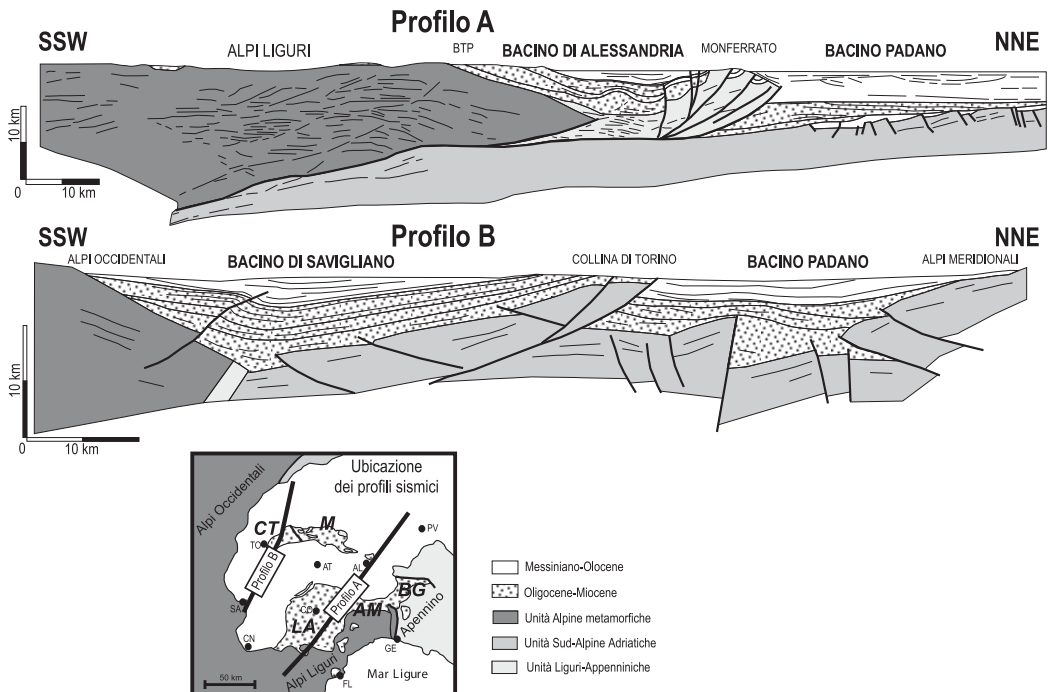


Fig. 11: Profili geologici schematici attraverso i principali elementi strutturali della Pianura Padana occidentale (modificato da: Cassano et al., 1986; Falletti et al., 1995; Mosca, 2006).

In entrambi i bacini i depositi messiniano-olocenici definiscono sinclinali regionali (Fig. 11), con spessori massimi di circa 2000 m per il Bacino di Savigliano e 2500 m per il Bacino di Alessandria, nei depocentri sepolti, spessori che tendono a diminuire progressivamente verso gli attuali margini e verso le aree di affioramento (Figg. 1, 11 e 12). In tali fasce di affioramento, le successioni (in gran parte di origine marina) mostrano importanti terminazioni erosionali e risultano tiltate verso la parte centrale dei bacini; questa configurazione implica che gli originari margini deposizionali settentrionali e meridionali siano stati erosi durante fasi di sollevamento post-deposizionali.

Lungo il margine occidentale del Bacino di Savigliano (Fig. 12, Profilo 1), le successioni messiniano-pleistoceniche mostrano relazioni di *onlap* progressivi sia sulle successioni mioceniche deformate e tiltate verso est (corrispondenti alla prosecuzione nel sottosuolo delle successioni esposte nell'attuale margine occidentale delle Langhe), sia localmente sulle unità alpine; questa configurazione suggerisce che tale area rappresenti un margine originario sepolto.

Il Bacino di Savigliano e il Bacino di Alessandria sono separati dalla zona di Asti, nella quale le successioni messiniano-oloceniche raggiungono spessori massimi dell'ordine di 700 m; in particolare, in tale zona, mancano per erosione i depositi pleistocenici e le successioni plioceniche risultano affioranti (Fig. 3; Fig. 12, Profili 2 e 4).

L'intervallo temporale qui considerato è caratterizzato dallo sviluppo di thrust nord-vergenti (Mosca, 2006).

Il bacino di Savigliano è caratterizzato principalmente dalla struttura Saluzzo-Sommariva del Bosco (Fig. 2; Fig. 12, Profilo 1). Tale struttura è costituita da un sistema di faglie inverse con direzione WSW-ESE ed immersione verso SE, cui è associata un'anticlinale con vergenza settentrionale ed asse immergente ad Est. Attiva già a partire dal Miocene medio, l'anticlinale ha agito da soglia fisiografica rendendo possibile l'instaurarsi di due depocentri relativi, uno a Sud (depocentro di Fossano) ed uno a Nord allungato in direzione NE-SW (depocentro di Raconigi). Queste due aree, meno pronunciate durante il Messiniano, si sono sviluppate maggiormente nel Plio-Pleistocene. In questo intervallo temporale sono rimasti delimitati verso Ovest e verso Sud dall'arco alpino occidentale, mentre verso Est hanno cambiato notevolmente la loro fisiografia.

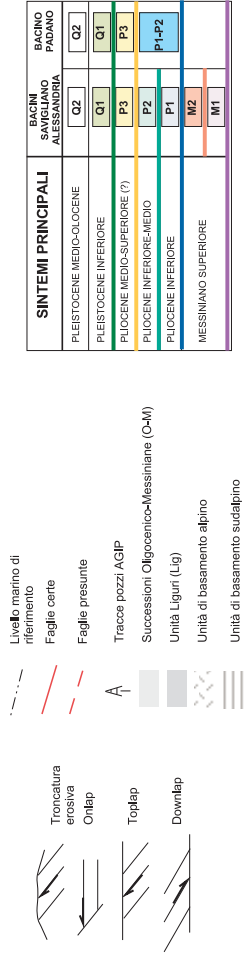
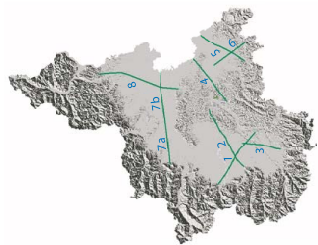
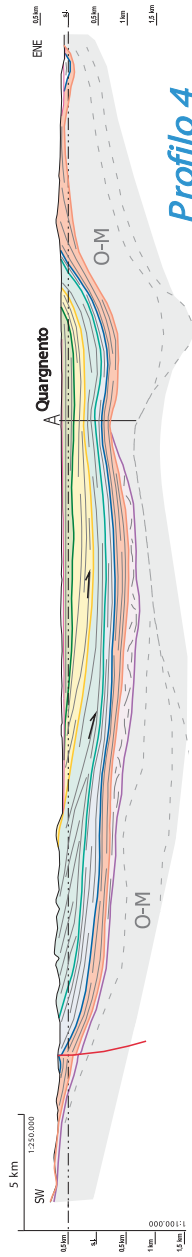
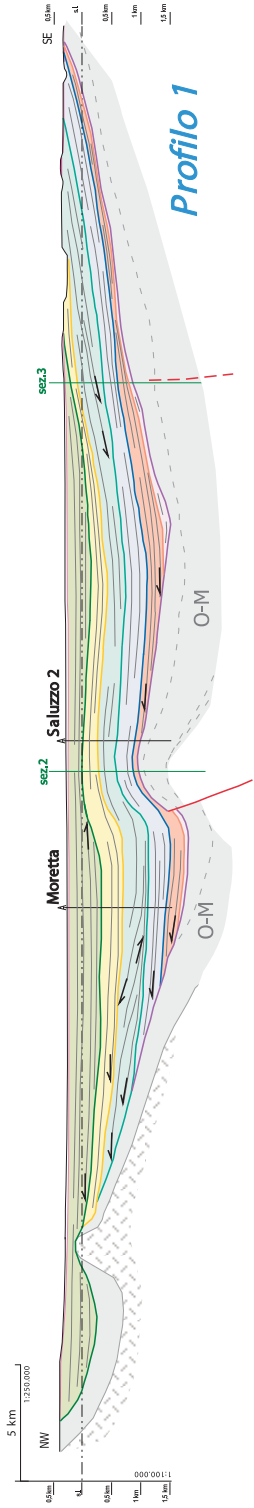
Nella porzione meridionale del depocentro di Fossano (Fig. 2; Fig. 12, Profilo 3), nel sottosuolo tra Fossano e Cuneo-Modovì, sono stati inoltre individuati dei fronti compressivi nord vergenti, attivi nello stesso intervallo temporale.

Verso nord è presente il prolungamento in sottosuolo del fronte della Collina di Torino; tuttavia è difficile fornire interpretazioni attendibili sulle geometrie e sulle continuità laterali dei corpi sedimentari, a causa della scarsità di dati in nostro possesso.

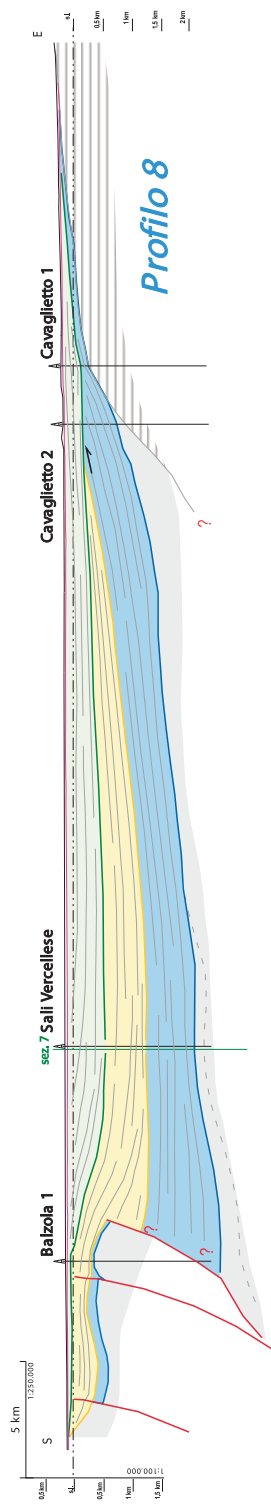
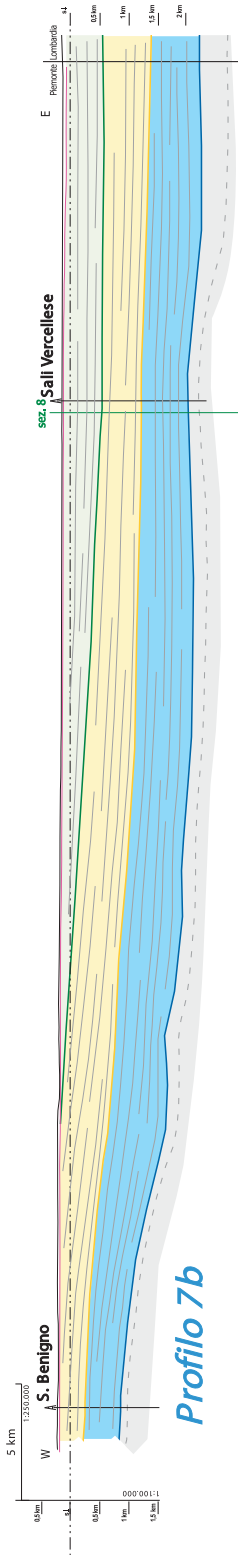
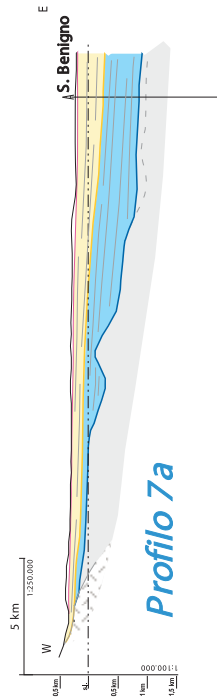
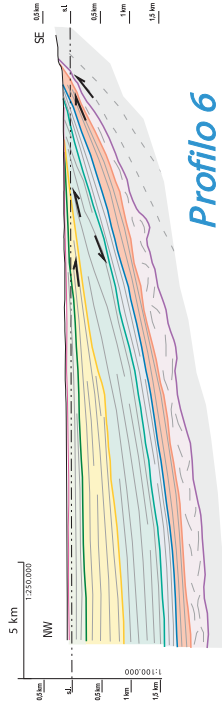
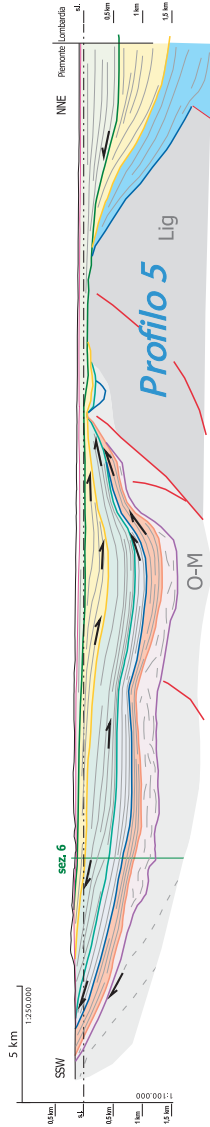
Nel Bacino di Alessandria le strutture dominanti sono rappresentate dai sistemi di faglie inverse, thrust ed alti strutturali associati (Fig. 2; Fig. 12, Profili, 4 e 5) presenti nel sottosuolo, sulla verticale di Quargnento e in corrispondenza della zona di "platea" presente fra Tortona e Montecastello. In particolare, in corrispondenza della zona di "platea", le successioni del Messiniano (sintemi M1 ed M2) e del Pliocene inferiore (sistema P1) si chiudono verso NE alle spalle dei thrust nord-vergenti, mentre le successioni del Pliocene medio-Pleistocene (sintemi P2, P3 e Q1) sigillano le strutture, proseguono fisicamente al di sopra di queste, per aumentare di spessore verso nord nel Bacino Padano (Fig. 12, Profilo 5).

Fig. 12: Profili geologici interpretativi, in cui sono illustrati lo spessore, la geometria esterna e l'architettura interna dei sintemi riconosciuti nei Bacini di Savigliano ed Alessandria e nel Bacino Padano. Questi profili derivano da un'analisi dettagliata delle successioni messiniano-quadernarie, basata su un'interpretazione più approfondita della sismica a riflessione di proprietà dell'ENI-Agip pubblicato in Mosca (2006; profili 1-6) e dei profili geologici profondi (Pieri & Groppi, 1981; profili 7 e 8).

(segue a pag.26)



SINTEMI PRINCIPALI	ESSEY SAVIGLIANO ALESSANDRIA	BACINO PADANO
PLEISTOCENE MEDIO-OLIGOCENE	Q2	Q2
PLEISTOCENE INFERIORE	Q1	Q1
PLIOCENE MEDIO-SUPERIORE (?)	P3	P3
PLIOCENE INFERIORE-MEDIO	P2	P2
PLIOCENE INFERIORE	P1	P1+P2
MESSINIANO SUPERIORE	M2	M1



Nella zona di Asti (Fig. 2) è possibile individuare un alto strutturale attivo durante il Miocene medio-superiore che ha agito da soglia tra i due bacini fino al Messiniano inferiore post-evaporitico, per poi rallentare ed interrompere momentaneamente la sua attività durante la parte terminale del Messiniano e la parte basale del Pliocene; nei profili sismici i depositi di questa età sembrano infatti sigillare e livellare questa struttura.

Quest'ultima ha ripreso ad agire come alto relativo a partire dal Pliocene inferiore-medio, come suggerito dal progressivo ispessimento da questo settore verso ovest, nel Bacino di Savigliano, e verso est, nel Bacino di Alessandria dei depositi del Pliocene inferiore-medio, del Pliocene medio e del Pleistocene (Fig. 12, Profilo 2).

5.3.2 QUADRO STRATIGRAFICO

I dati e le interpretazioni sopra descritti hanno permesso di individuare e correlare attraverso i bacini di Savigliano ed Alessandria sette sintemi principali (Fig. 7), delimitati da superfici di discontinuità di estensione regionale:

- sintema M1 (Messiniano superiore)
- sintema M2 (Messiniano superiore)
- sintema P1 (Pliocene inferiore)
- sintema P2 (Pliocene inferiore-medio)
- sintema P3 (Pliocene medio-superiore)
- sintema Q1 (Pleistocene inferiore)
- sintema Q2 (Pleistocene medio-Olocene)

5.3.2.1 Sintemi M1 e M2 (Messiniano superiore)

I sintemi M1 e M2 sono costituiti da sedimenti riferibili al Messiniano superiore post-evaporitico. Il sintema M1 è costituito sia da estesi complessi caotici, sia da corpi stratificati, interpretati come evaporiti risedimentate (Mosca, 2006; Fig. 13 e Fig. 12, Profili 1, 3, 4, 5, 6). I depositi caotici sono costituiti da masse e blocchi (da decametrici ad ettometrici) di evaporiti e carbonati immersi in una matrice fine. Nel sottosuolo tali depositi costituiscono una fascia che va dal settore settentrionale del Bacino di Savigliano alla zona di Asti e sono ampiamente distribuiti nel Bacino di Alessandria (pozzi Valgera 1, Novi Ligure 1, 2 e 2bis; Allegati 4, 5 e 6); sono inoltre presenti nel settore sud-orientale del Bacino di Savigliano (Allegati 1 e 3).

I corpi stratificati sono costituiti da conglomerati ed areniti gessose; essi sono distribuiti secondo una fascia E-W nel Bacino di Savigliano (SEZ. GEOL. 1 e 2; pozzi Sommariva del Bosco 1 e Moretta 1) e all'estremità NE del Bacino di Alessandria.

Tale sintema raggiunge spessori massimi pari a 400 m nel settore centrale del Bacino di Alessandria, e pari a 150 m nei settori centro-settentrionale ed occidentale del Bacino di Savigliano (Fig. 13). Da queste aree i depositi del sintema M1 si rastremano verso gli attuali margini dei bacini. La superficie basale del sintema M1 rappresenta un'importante superficie di discontinuità, correlabile con la "discordanza intra-messiniana", riconosciuta a scala mediterranea (sensu Gelati *et al.*, 1987; Roveri *et al.*, 2001; Rossi *et al.*, 2002; Roveri & Manzi, 2006). Tale discordanza taglia le evaporiti primarie (Fig. 13; Fig. 12, Profilo 1), preservate nella loro posizione stratigrafica primaria, sia in affioramento (bordo nord-occidentale del BTP e.g. Sturani, 1973; Irace, 2004; Irace *et al.*, 2005), sia nel sottosuolo (a nord di Saluzzo sulla struttura di Sommariva-Bosco, pozzo Saluzzo 2; al bordo meridionale del Monferrato, pozzi Asti 1 e Valgera 1), che si sono deposte in corrispondenza di aree topograficamente più rilevate del bacino messiniano (margini di bacino o alti intrabacinali), sviluppatesi già a partire dal Miocene medio. In questi settori la discontinuità basale del sintema M1 corrisponde ad una discordanza angolare a carattere erosivo, mentre passa a concordanza verso i depocentri sepolti (Fig. 12, Profili 1, 2, 5 e 6).

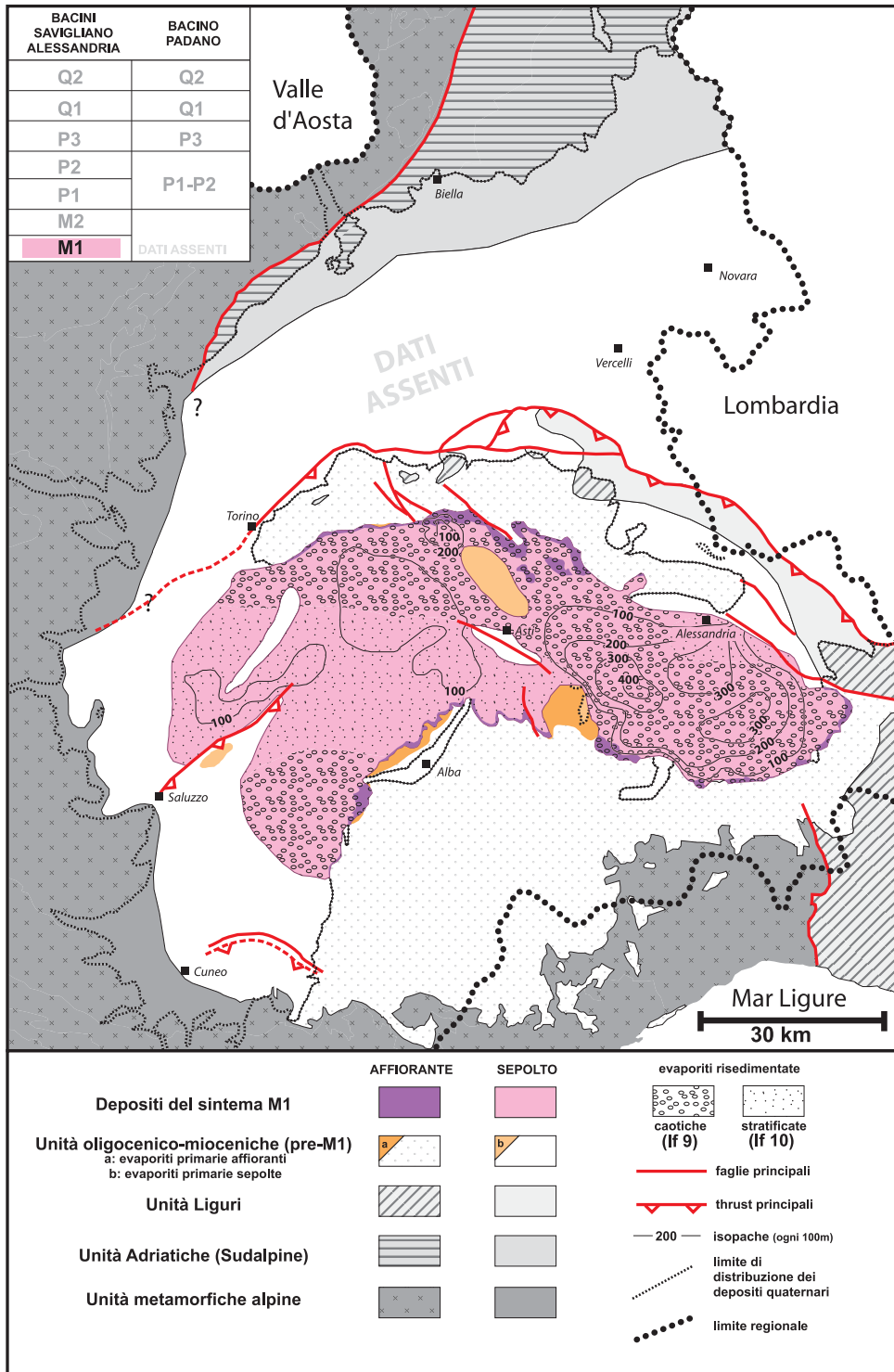


Fig. 13: Distribuzione di superficie e di sottosuolo del sistema M1 (Messiniano superiore) nei Bacini di Savigliano ed Alessandria. Sono riportate le isopache e la distribuzione delle due principali tipologie di evaporiti risedimentate. Sono rappresentate inoltre le aree in cui sono presenti evaporiti primarie in posto.

I depositi del sistema M1 possono essere correlati in affioramento (All. 61) con la parte intermedia delle successioni cartografate come “Messiniano” nei Fogli Torino, Carmagnola e Cuneo, come “Formazione Gessoso-Solfifera” nei Fogli Vercelli ed Alessandria, e con la parte alta delle successioni cartografate come “Formazione Gessoso-Solfifera” nel foglio Asti. Essi corrispondono alle successioni caotiche recentemente distinte in affioramento come “Complesso caotico della Valle Versa” nel Foglio Trino (margine meridionale del Monferrato; Dela Pierre *et al.*, 2003) e al margine NE delle Langhe (Irace, 2004; Irace *et al.*, 2005).

Il sistema M2 comprende i sedimenti terrigeni di ambiente da continentale a salmastro corrispondenti all'intervallo di “Lago-mare”; verso gli attuali margini tale sistema mostra blande terminazioni di *onlap* lungo la superficie di discontinuità minore che li separa dal sottostante sistema M1. Anche il sistema M2 si rastrema dai settori centrali ai bordi dei bacini di Savigliano ed Alessandria, passando da spessori di 400 m (depocentri sepolti) a 100-300 m in affioramento, fino ad azzerarsi lungo i margini sepolti (Fig. 14; Fig. 12, Profili 1-6). Lungo il margine occidentale sepolto del Bacino di Savigliano (Allegati 1, 2 e 3) e lungo i margini settentrionale (Allegato 4) e meridionale (Ghibauda *et al.*, 1985; Allegati 5 e 6) del Bacino di Alessandria sono riconoscibili sistemi deposizionali fluviali e di deltaconoide rappresentati da sabbie e ghiaie prevalenti con peliti, organizzate in alternanze discontinue e subordinatamente continue. I depositi transizionali presenti nelle restanti aree sono prevalentemente rappresentati da alternanze continue di sabbie e ghiaie con peliti.

Questi depositi possono essere correlati in affioramento (All. 61) con la parte alta delle successioni cartografate come “Messiniano” nei Fogli Cuneo, Carmagnola e Torino, con i depositi cartografati come “Messiniano” nel Foglio Mortara e come “Conglomerati di Cassano-Spinola” nei Fogli Asti e Alessandria

5.3.2.2 Sistema P1 (Pliocene inferiore)

Questo sistema è rappresentato unicamente da facies marine del Pliocene inferiore. La sua superficie basale coincide con il limite Miocene/Pliocene, corrispondente ad una importante superficie di discontinuità legata alla brusca sovrapposizione verticale di depositi marini profondi sui sedimenti continentali e transizionali del sistema M2 (Fig. 15).

I depositi del sistema P1 mostrano un carattere aggradante e corrispondono per la maggior parte a depositi di ambiente da circolitorale profondo a epibatiale, rappresentati da alternanze continue di strati da metrici a plurimetrici di areniti/ruditi e peliti/marne in percentuali variabili (Bacino di Savigliano, pozzi Sommariva del Bosco 1 e Moretta; Allegati 1, 2 e 3), passanti verso est a peliti/marne prevalenti (sottosuolo: zona di Asti, pozzi Asti 1, Valgera 1 e Novi Ligure 1, 2 e 2bis; aree di affioramento: lungo gli attuali bordi dei bacini) (Allegati 4, 5 e 6).

Questi depositi corrispondono alle successioni cartografate in affioramento (All. 61) come “Piacenziano” nel Foglio Cuneo, come “Pliocene con facies di Piacenziano” nei Fogli Carmagnola e Torino, come “Argille di Lugagnano” nei Fogli Vercelli, Asti, Alessandria e Voghera e come “Formazione delle Argille Azzurre” nel Foglio Trino.

Nel sottosuolo gli spessori massimi del sistema P1 raggiungono valori di circa 400 m nella parte settentrionale del Bacino di Savigliano (a sud della Collina di Torino), mentre diminuiscono gradualmente a 300 m nella zona di Asti e a 200-250 m nel Bacino di Alessandria (Fig. 15).

Lungo l'attuale bordo orientale del Bacino di Alessandria, in corrispondenza della prosecuzione sepolta del Monferrato, i depositi di tale sistema sono bruscamente tiltati verso ovest dai thrusts e si chiudono lateralmente verso est, troncati dalla superficie basale erosiva del sistema P2 qui associata a discordanza angolare (Fig. 12, Profilo 5 e Allegato 5).

In entrambi i bacini, i depositi del Pliocene inferiore si assottigliano gradualmente dalle zone depocentrali sepolte verso le aree di affioramento a nord e sud, dove gli spessori

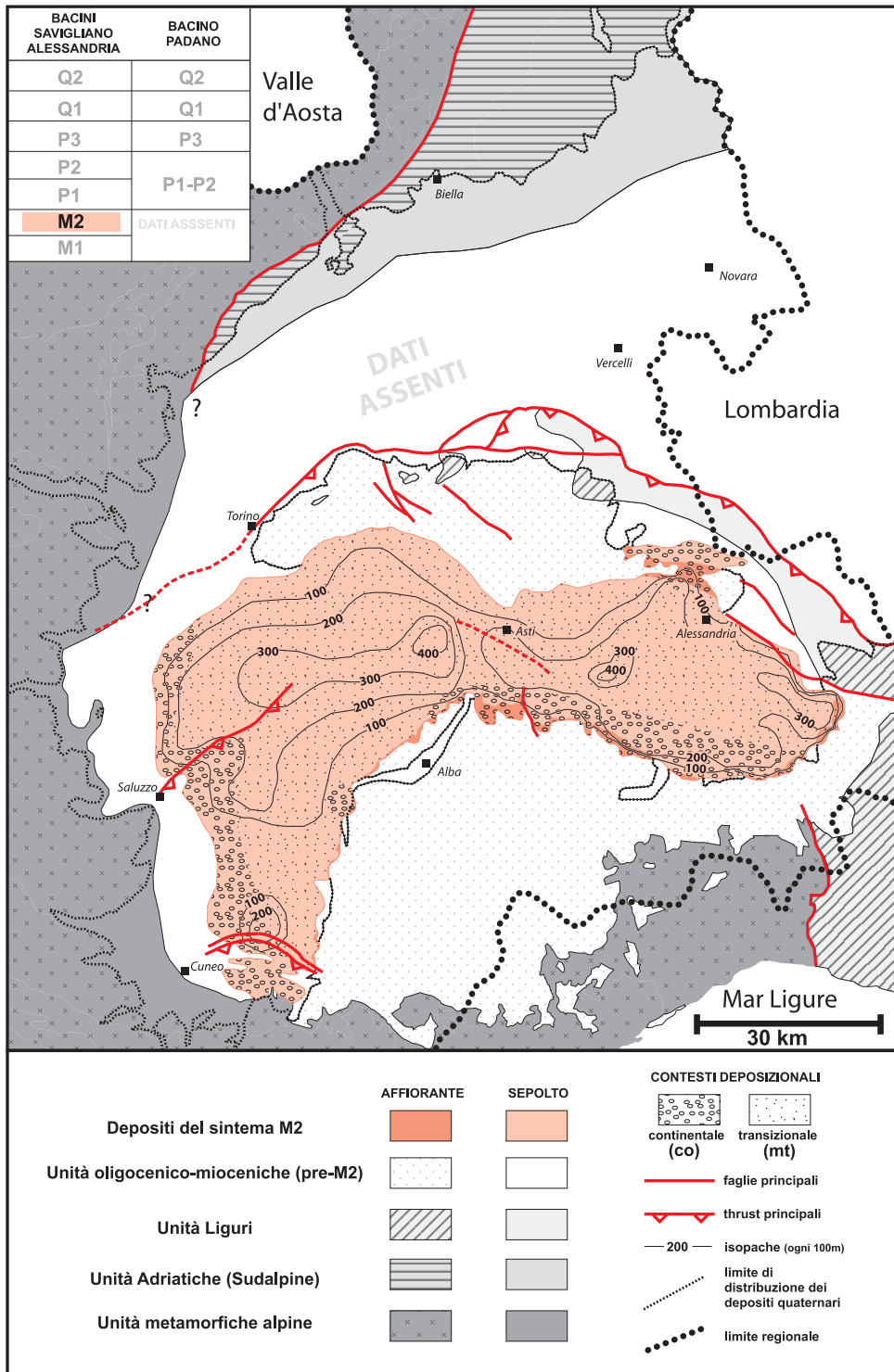


Fig. 14: Distribuzione di superficie e di sottosuolo del sistema M2 (Messiniano superiore) nei Bacini di Savigliano ed Alessandria. Sono riportate le isopache e la distribuzione dei contesti deposizionali.

variano da 50 m a 200 m e dove le successioni mostrano importanti terminazioni erosionali (Fig. 15; Fig. 12, Profili 1, 5 e 6). La diminuzione di spessore verso le zone di affioramento, evidenziata dalla debole convergenza dei riflettori sismici, è imputabile localmente al carattere erosivo della superficie basale del sistema P2, che si attenua dagli attuali bordi verso la porzione centrale sepolta dei bacini.

Verso il margine occidentale sepolto del Bacino di Savigliano è possibile riconoscere (pozzi Saluzzo 1 e Saluzzo 2) facies di transizione e piattaforma (di ambiente infralitorale) costituite da corpi sabbiosi potenti al massimo 50 m (a loro volta costituiti da strati sabbiosi con passate ghiaiose di spessore da metrico a decametrico, amalgamati o alternati a strati pelitici metrici), separati da lenti pelitiche discontinue, con spessore plurimetrico-decametrico, localmente passanti ad alternanze continue di sabbie e ghiaie prevalenti con peliti (Fig. 15; Allegati 1 e 2). Verso questo margine, le successioni del Pliocene inferiore si presentano da sub-orizzontali a debolmente inclinate verso est e si chiudono lateralmente verso ovest, per *onlap* progressivo sulle successioni sedimentarie mioceniche, intensamente tiltate verso est (Fig. 12, Profilo 1).

Le successioni di questo sistema registrano una diminuzione graduale di profondità verso l'alto, già documentata ampiamente nelle facies di mare profondo esposte in affioramento (Pavia *et al.*, 1989; Violanti & Giraud, 1991; Dela Pierre *et al.*, 2003; Trenkwalder, 2004). Tale tendenza è riscontrabile anche nelle facies marginali sepolte del bordo occidentale del Bacino di Savigliano come suggerito dalla presenza di livelli con torbe nel pozzo Saluzzo 2.

Il depositi del sistema P1 sono riferibili alla parte basale del Pliocene inferiore in base ai dati dei pozzi Agip, ai dati bibliografici (illustrati nella banca dati) ed in base ad analisi micropaleontologiche effettuate sui campioni prelevati lungo gli attuali margini meridionali dei bacini, nell'area tra Benevagnenna e Morozzo (Bacino di Savigliano) e nell'area a sud-ovest di Novi Ligure (Bacino di Alessandria).

5.3.2.3 Sintema P2 (Pliocene inferiore-medio)

Questo sistema corrisponde ad un prisma sedimentario con geometria progradazionale, caratterizzato al suo interno da clinostratificazioni ben riconoscibili nei profili sismici (Fig. 12 Profili 1-6; Allegati 1-6). Esso è verosimilmente connesso alla migrazione verso il largo di sistemi deposizionali di margine di bacino e di sistemi deposizionali deltizi. Nelle interpretazioni classiche, (ad es. Mitchum *et al.*, 1977) il profilo deposizionale dei prismi progradanti risulta diviso in tre grosse porzioni, che corrispondono ad ambienti distinti associati lateralmente, in cui si sviluppano depositi coevi e lateralmente equivalenti (Fig.16).

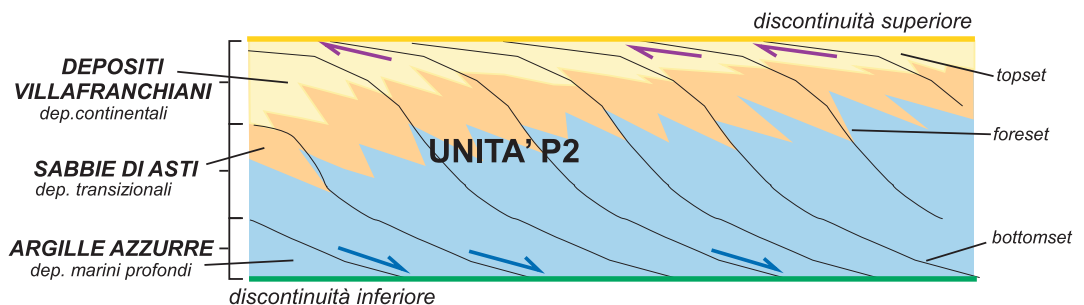


Fig. 16: Schema semplificato dell'organizzazione interna di un sistema progradante. Nella porzione prossimale del profilo deposizionale (topset), caratterizzata da bassi gradienti, si sviluppano depositi continentali di piana alluvionale e deltizia. Nella porzione intermedia del profilo deposizionale (foreset) a maggiore pendenza, ed in particolare nella zona intermedio-alta, si ritrovano depositi marini marginali, litorali, di fronte deltizio e di piattaforma interna. Dalla zona intermedio e bassa dei foreset, fino a quella caratterizzata nuovamente da bassi gradienti topografici (bottomset), si sviluppano depositi di mare profondo (piattaforma esterna, prodelta, scarpata-bacino).

Depositi di pianura alluvionale e deltizia-tidale (geometricamente rappresentati da topset nelle linee sismiche) sono stati riconosciuti nel sottosuolo nel settore occidentale e meridionale del Bacino di Savigliano, dove bordano l'attuale fascia pedemontana (Fig. 17). Tali depositi sono espressi da riflettori sub-orizzontali, i quali mostrano relazioni di *onlap* progressivi sia sulle successioni oligo-mioceniche (Fig. 12, Profilo 1) sia su unità di basamento. Questi depositi sono tipicamente costituiti da ghiaie e sabbie prevalenti, con orizzonti limoso-argillosi discontinui e con torbe (pozzi Saluzzo 1 e Saluzzo 2; Allegati 1, 2 e 3) che possono essere correlati con le successioni descritte da Cavalli & Vigna (1995) lungo il Torrente Pesio nei pressi di Morozzo e cartografati come "Villafranchiano" nel Foglio Cuneo (All. 61).

I suddetti depositi continentali passano frontalmente su tutta la restante area del bacino di Savigliano e nel bacino di Alessandria (vale a dire verso N e verso E) a depositi litorali, di piattaforma interna e di fronte deltizio (Fig. 17) che costituiscono la porzione medio-alta del prisma progradante P2 (Fig. 16).

Tali depositi sono in prevalenza costituiti da depositi sabbiosi con ghiaie e subordinate lenti pelitiche (Bacino di Savigliano: pozzi Sommariva del Bosco 1 e Moretta 1; Allegati 1, 2 e 3), sostituite nelle aree più distali da alternanze sabbioso-pelitiche continue (Bacino di Alessandria: pozzi Asti 1, Valgera 1 e Quargnento 1; Allegati 4 e 6). In affioramento questa porzione del sistema P2 è rappresentata dalle successioni prevalentemente sabbiose cartografate come "Astiano" nel Foglio Cuneo, "Pliocene con facies di Astiano" nei Fogli Carmagnola e Torino, "Sabbie di Valle Andona" nel foglio Vercelli e "Sabbie di Asti" nei Fogli Asti, Alessandria e Trino (All. 61).

A loro volta, i depositi transizionali passano verso il bacino a depositi marini profondi (Fig. 17), i quali identificano la porzione inferiore del prisma progradante (Fig. 16); nel sottosuolo questi depositi costituiscono una fascia che da Fossano si allarga verso nord in corrispondenza della direttrice Moretta-Sommariva del Bosco, si rastrema nell'astigiano per poi espandersi nuovamente nel Bacino di Alessandria. Tali depositi sono costituiti da alternanze discontinue di peliti e sabbie e ghiaie (Bacino di Savigliano: pozzi Sommariva del Bosco 1, Moretta 1; Allegati 1, 2 e 3) e da alternanze continue di sabbie e ghiaie prevalenti con peliti, che verso est lasciano il posto a peliti e peliti con intervalli sabbiosi continui (Bacino di Alessandria: pozzi Novi Ligure 1, 2 e 2bis, Asti 1, Valgera 1 e Quargnento 1; Allegati 4, 5 e 6). Essi affiorano lungo la porzione sud-orientale del Bacino di Savigliano e lungo l'attuale bordo meridionale del Bacino di Alessandria, dove corrispondono alla parte alta dei depositi cartografati come "Piacenziano" nel foglio Cuneo e come "Argille di Lugagnano" nel Foglio Alessandria (All. 61).

Nel Bacino di Savigliano i sistemi progradanti del sistema P2 indicano prevalenti direzioni di progradazione (Fig. 12 Profili 1-3; Allegati 1, 2 e 3) da S-SO verso NE e da ovest verso est. I clinoforni mostrano un'inclinazione maggiore spostandosi dai settori meridionali del Bacino di Savigliano (area di Cuneo) verso nord, dove tendono ad appiattirsi in corrispondenza della prosecuzione sepolta della Collina di Torino. Sono inoltre riconoscibili progradazioni minori a carattere centripeto (ossia dagli originari margini, oggi in gran parte erosi, verso il centro del bacino) rispettivamente dal bordo occidentale delle Langhe verso ovest (Fig. 12 Profilo 1), dal bordo settentrionale delle Langhe verso l'astigiano e dal bordo meridionale della Collina di Torino verso sud.

Nel Bacino di Alessandria, le direzioni di progradazione sono principalmente dirette da SE verso NO e da SO verso NE (Fig. 12 Profili 4-6; Allegati 4, 5 e 6). In tale bacino, i clinoforni presentano terminazioni frontali di *onlap* verso E-NE sulle successioni più vecchie (Fig. 12, Profilo 5; Allegato 5), tiltate verso sud dai thrusts nord-vergenti.

A scala regionale, i depositi del sistema P2 raggiungono spessori massimi nel sottosuolo (Fig. 17; Fig. 12, Profili 2,3,5 e 6) di circa 700-800 m nel settore centrale del Bacino di Alessandria e di circa 600 m nella parte settentrionale del Bacino di Savigliano, con valori

compresi fra 200 e 400 m nella interposta zona di Asti. In particolare, nel Bacino di Savigliano sono presenti due depocentri relativi, separati della struttura nord-vergente di Saluzzo-Sommariva del Bosco; dai depocentri sepolti, i depositi del sintema P2 si assottigliano progressivamente verso le attuali zone di affioramento, lungo i bordi settentrionali e meridionali dei due bacini, dove gli spessori massimi sono di 200 m circa.

La superficie basale del sintema P2 è evidenziata da terminazioni tipo *downlap*, ben sviluppate soprattutto a ridosso del margine alpino e verso l'attuale bordo meridionale dei due bacini (Fig. 12, Profili 1-6). Questa superficie assume carattere erosionale, associato a discordanza angolare (Fig. 12, Profilo 5), lungo il bordo orientale del Bacino di Alessandria (proseguenza sepolta del Monferrato) e verso i margini del Bacino di Savigliano: essa contrassegna un netto salto di facies fra i depositi litorali delle "Sabbie di Asti" (attuale bordo meridionale del sistema Monferrato-Collina di Torino, Dela Pierre *et al.*, 2003) o addirittura continentali (margine meridionale del Bacino di Savigliano, Cavalli e Vigna 1995; Bottino *et al.*, 1994a,b) ed i depositi marini circolitorali del Pliocene inferiore del sottostante sintema P1. Questa superficie passa a *paraconcordanza* alla base dei depositi marini profondi.

La superficie di discontinuità che delimita superiormente il sintema P2 è evidenziata da terminazioni tipo *toplap*, determinate dalla sovrapposizione verticale delle successioni piano-parallele e prevalentemente *aggradanti* del sintema P3 (Pliocene medio-superiore) sui sistemi *clinostratificati* del sintema P2 (Fig. 12, Profili 1-6). Tale superficie assume carattere erosionale (troncatura della parte superiore dei *clinoforimi*) verso il margine sud-occidentale sepolto del Bacino di Savigliano e, localmente, anche verso la fascia degli affioramenti lungo l'attuale bordo meridionale del Bacino di Alessandria.

Il sintema P2 è riferibile al Pliocene inferiore-medio sia in base all'età delle superfici di discontinuità che lo delimitano (età desunta attraverso la taratura con i pozzi Agip), sia in base ai dati bibliografici raccolti.

5.3.2.4 Sintema P3 (Pliocene medio-superiore)

I depositi del sintema P3 hanno un carattere prevalentemente *aggradante*; solo nel Bacino di Alessandria mostrano minori geometrie *clinostratificate*, con senso di *progradazione* da SO a NE (Fig. 12, Profilo 5). Raggiungono spessori massimi pari a 500 m nel settore centrale del Bacino di Savigliano e di 700 m nel settore centrale del Bacino di Alessandria (Fig. 18; Fig. 12, Profili 1,2 e 5,6). Si assottigliano progressivamente verso gli attuali bordi settentrionale e meridionale dei bacini, come evidenziato dalla convergenza dei riflettori sismici dal sottosuolo verso le zone di affioramento. In queste ultime gli spessori variano da un massimo di 100-200 m a minimi di 20-50 m, in corrispondenza dell'alto di Asti (area di Asti e di Villafranca d'Asti).

Si assottigliano fino a chiudersi lateralmente per *onlap* sia verso est, in corrispondenza della prosecuzione sepolta del Monferrato (dove poggiano sul sintema *progradante* P2; Fig. 12, Profilo 5), sia verso ovest, in corrispondenza del margine occidentale del Bacino di Savigliano (dove localmente sormontano le successioni del Miocene inferiore-medio; Fig. 12, Profilo 1).

Nel Bacino di Savigliano il sintema P3 è prevalentemente costituito da depositi continentali (Fig. 18) con abbondanti livelli di torba, rappresentati da alternanze discontinue di sabbie, ghiaie e peliti (pozzi Saluzzo 1 e 2, Sommariva del Bosco 1; Allegati 1, 2 e 3), passanti ad alternanze continue fra peliti prevalenti e sabbie ghiaiose (pozzo Moretta 1; Allegato 1). I depositi continentali appartenenti a questa unità affiorano nella Provincia di Cuneo, lungo il Torrente Veglia e sulla sponda sinistra dello Stura di Demonte (a NE di Fossano), dove sono stati cartografati come "Villafranchiano" nel Foglio Cuneo (All. 61). Questi depositi passano verso N-NE a depositi transizionali lagunari-deltizi, che affiorano lungo gli attuali bordi sud-orientale e nord-orientale (in corrispondenza dell'alto di Asti) del

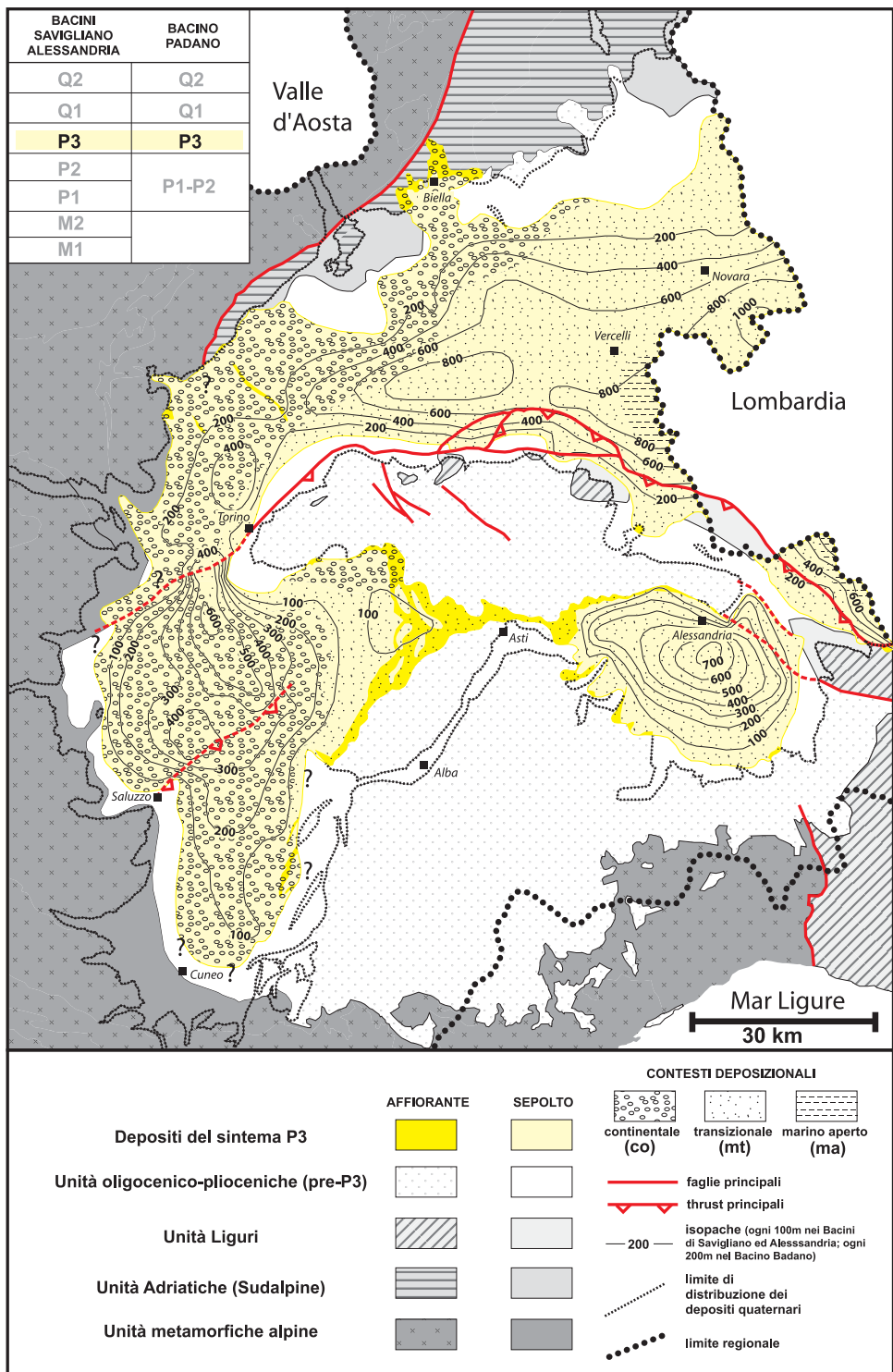


Fig. 18: Distribuzione di superficie e di sottosuolo del sistema P3 (Pliocene medio-superiore ?) nei Bacini di Savigliano ed Alessandria e nel Bacino Padano. Sono riportate le isopache e la distribuzione dei contesti deposizionali.

Bacino di Savigliano e lungo gli attuali margini settentrionale e meridionale del Bacino di Alessandria (Fig. 18) e sono rappresentati da sabbie e subordinate ghiaie con intercalazioni pelitiche (Allegati 3, 4, 5 e 6). Corrispondono alle successioni cartografate (All. 61) come "Villafranchiano inferiore" nel Foglio Carmagnola, ovvero alla parte inferiore delle successioni cartografate come "Villafranchiano" nei Fogli Asti, Alessandria, Torino e Vercelli e, localmente, alla parte alta delle successioni cartografate come "Astiano" nel Foglio Cuneo e "Sabbie di Asti" nel Foglio Asti. Questi depositi possono essere correlati con il "Complesso Villafranchiano inferiore", comprendente l'Unità di Ferrere e l'Unità di S.Martino (Carraro *et al.*, 1996; Dela Pierre *et al.*, 2003) affioranti nel Foglio Trino. Verso il centro del Bacino di Alessandria questi depositi sembrano lasciare il posto a depositi marini di acque basse, individuati nel pozzo Quargnento 1.

Sulla base dei dati bibliografici la maggior parte dei depositi affioranti del sistema P3 risulta riferibile al Pliocene medio, mentre secondo i dati dei pozzi Agip i depositi stratigraficamente più elevati, presenti nei settori depocentrali, sarebbero riferibili al Pliocene superiore.

5.3.2.5 Sistema Q1 (Pleistocene inferiore)

I depositi del sistema Q1 mostrano un carattere prevalentemente aggradante. Formano due corpi sedimentari lenticolari nei bacini di Savigliano e di Alessandria, fisicamente separati in corrispondenza dell'alto di Asti (area di Asti e di Villafranca d'Asti; Fig. 19).

Nel Bacino di Savigliano questi depositi raggiungono potenze massime nell'ordine dei 500-600 metri in corrispondenza di due depocentri sepolti a NW e SE della struttura di Saluzzo-Sommariva del Bosco (Fig. 19; Fig. 12, Profilo 1). Potenze massime di circa 300 m sono osservabili nel settore centrale del Bacino di Alessandria. A partire dalle loro aree depocentrali i depositi del sistema Q1 si assottigliano progressivamente in direzione degli attuali bordi dei due bacini, dove le successioni affioranti mostrano spessori massimi nell'ordine dei 50-100 m, sono debolmente tiltate verso la parte centrale dei bacini e presentano terminazioni di tipo erosionale (Fig. 12, Profili 1 e 2).

Nel sottosuolo le successioni del sistema Q1 sono caratterizzate da terminazioni di tipo *onlap* in corrispondenza del margine occidentale del Bacino di Savigliano, dove si sono deposte in discordanza sulle successioni dei sistemi P2 e P3, su differenti successioni oligo-mioceniche e, localmente, su unità alpine (Fig. 12, Profilo 1).

Nel settore orientale del Bacino di Alessandria (proseguimento sepolto del Monferrato; Fig. 12, Profilo 5) il sistema Q1 poggia in discordanza su unità liguri dell'Appennino e verso nord-est si riduce fortemente di spessore al di sopra dei thrusts nord-vergenti, prima di espandersi notevolmente nell'adiacente Bacino Padano (vedi 5.4 e 5.4.2.3).

Nel Bacino di Savigliano e in gran parte del Bacino di Alessandria, il sistema Q1 è costituito da depositi continentali (Fig. 19). Questi depositi sono rappresentati da alternanze discontinue e subordinatamente continue di sabbie e ghiaie prevalenti con peliti (Bacino di Savigliano: pozzi Saluzzo1 e 2, Sommariva del Bosco 1, Moretta 1), che in affioramento corrispondono (All. 61) alla porzione superiore delle successioni cartografate come "Villafranchiano" nei Fogli Cuneo (direttrice S.Albano Stura, Fossano, Marene), Asti, Alessandria, Torino e Vercelli e con quelle distinte cartograficamente come "Villafranchiano superiore" nel Foglio Carmagnola. Questi depositi possono essere correlati con il "Complesso Villafranchiano superiore" (comprendente l'Unità di Gherba e l'Unità di Maretto del Pleistocene inf. p.p.), istituito nel 1996 da Carraro nella revisione del Villafranchiano nell'area tipo e cartografato come "sistema di Morialdo" nel foglio Trino (Dela Pierre *et al.*, 2003).

Nel depocentro del Bacino di Alessandria, il sistema Q1 è costituito da facies transizionali (Fig. 19; Allegato 4), probabilmente di ambiente litorale, individuate nel pozzo Quargnento 1, e rappresentate da alternanze discontinue di peliti con sabbie e ghiaie.

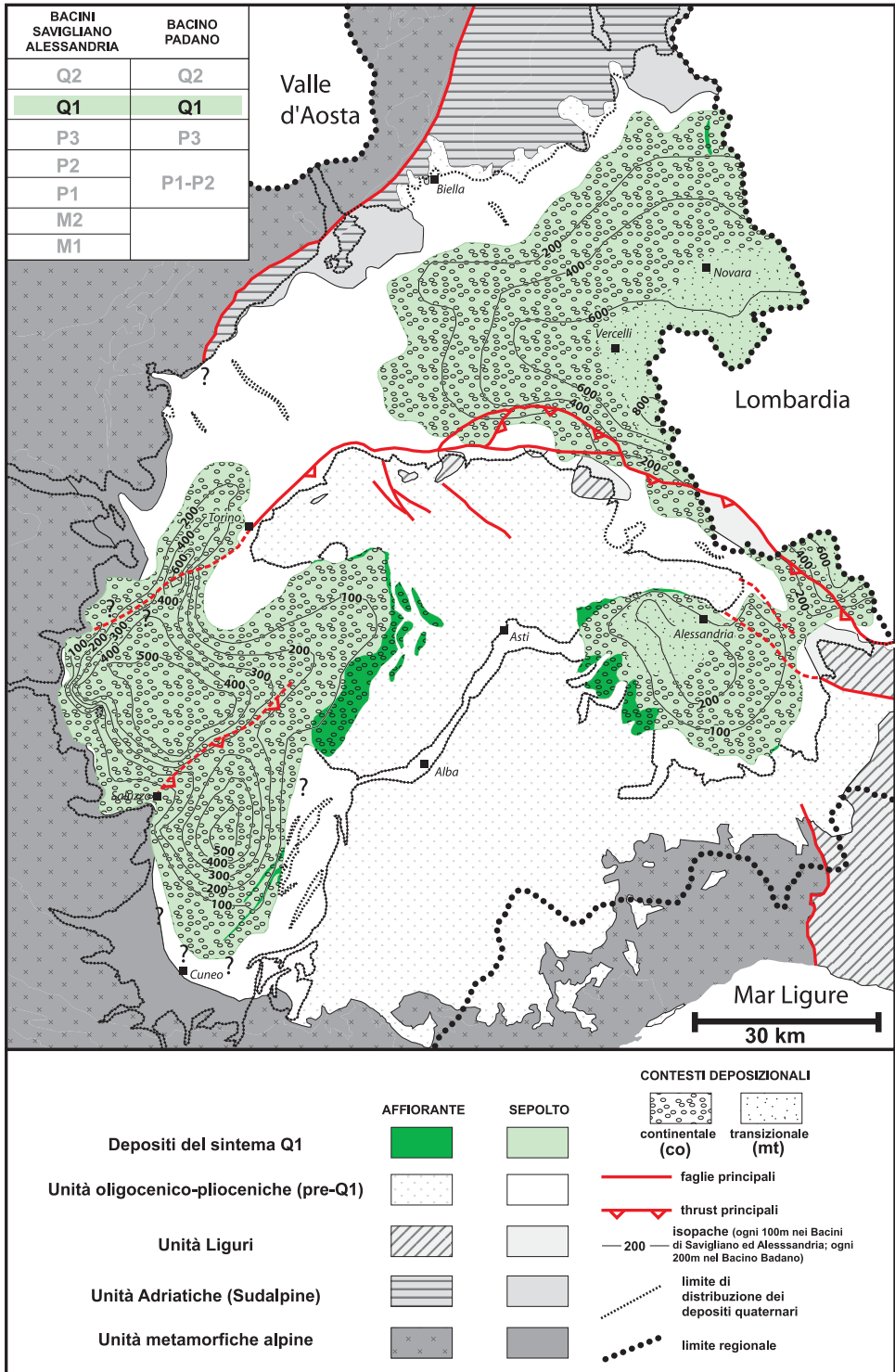


Fig. 19: Distribuzione di superficie e di sottosuolo del sistema Q1 (Pleistocene inferiore) nei Bacini di Savigliano ed Alessandria e nel Bacino Padano. Sono riportate le isopache e la distribuzione dei contesti deposizionali.

5.3.2.6 Sintema Q2 (Pleistocene medio-Olocene)

Questo sintema presenta caratteristiche deposizionali esclusivamente di tipo continentale e comprende i depositi fluviali, fluvio-glaciali, lacustri, eolici cartografati nei Fogli Cuneo, Pinerolo, Carmagnola, Torino, Asti, Vercelli ed Alessandria (All. 21). Dalla base al tetto il sintema Q2 è caratterizzato da un complesso di superfici erosive di età da pleistocenica media a olocenica (Carraro *et al.*, 1978).

Gli spessori di questo sintema (Fig. 20), ricostruiti attraverso l'analisi e l'interpretazione di stratigrafie di pozzi per acqua, raggiungono, nel Bacino di Savigliano, valori massimi di circa 80 metri in corrispondenza delle aree pedemontane (aree di conoide) e lungo i corsi d'acqua principali. Valori massimi analoghi si riscontrano anche nelle porzioni centro meridionali del Bacino di Alessandria.

5.4 IL BACINO PADANO

5.4.1 ASSETTO GEOLOGICO E CONFIGURAZIONE GEOMETRICA

Il Bacino Padano, qui analizzato nella sua porzione occidentale, presenta una forma arcuata con asse maggiore di allungamento E-W (Fig. 2) ed è delimitato:

- ad ovest e a nord dal margine alpino, rappresentato dalle unità metamorfiche alpine e dalle Alpi meridionali (le quali si approfondiscono morfologicamente verso est e verso sud);
- a sud dalle successioni della Collina di Torino, del Monferrato e dalle loro prosecuzioni sepolte, intensamente coinvolte e deformate dai thrusts N-NE vergenti (Fig. 12, Profilo 8).

I depositi plio-quadernari del Bacino Padano definiscono una sinclinale regionale asimmetrica (Fig. 11), con depocentri sepolti direttamente a nord del sistema nord-vergente del Monferrato-Collina di Torino. In tali depocentri anche i depositi plio-quadernari sono intensamente dislocati dai thrust N vergenti (Fig. 12, Profilo 8).

Le successioni plioceniche sono esposte (Fig. 2) lungo gli attuali bordi settentrionale ed occidentale del bacino e risultano tiltate verso la parte assiale del bacino stesso; verso sud tali successioni sono localmente esposte in corrispondenza del margine settentrionale dei rilievi della Collina di Torino e del Monferrato.

I sedimenti del Pleistocene inferiore, invece, si rinvengono solo in condizioni sepolte al di sotto dei più recenti depositi del Pleistocene medio-Olocene, su cui è impostata l'intera area di pianura.

5.4.2 QUADRO STRATIGRAFICO

Nel settore occidentale del bacino padano sono state distinti 4 sintemi principali (Fig. 7), la cui sovrapposizione verticale definisce un'evoluzione regressiva a scala regionale. Tali sintemi sono stati denominati:

- super-sintema P1-P2 (Pliocene inferiore-medio)
- sintema P3 (Pliocene medio-superiore)
- sintema Q1 (Pleistocene inferiore)
- sintema Q2 (Pleistocene medio-Olocene)

5.4.2.1 Super-sintema P1-P2 (Pliocene inferiore-medio)

Tale super-sintema è comprensivo dei depositi tempo-equivalenti a quelli dei sintemi P1 e P2 dei Bacini di Savigliano ed Alessandria, non differenziabili nel Bacino Padano sulla base dei dati a disposizione.

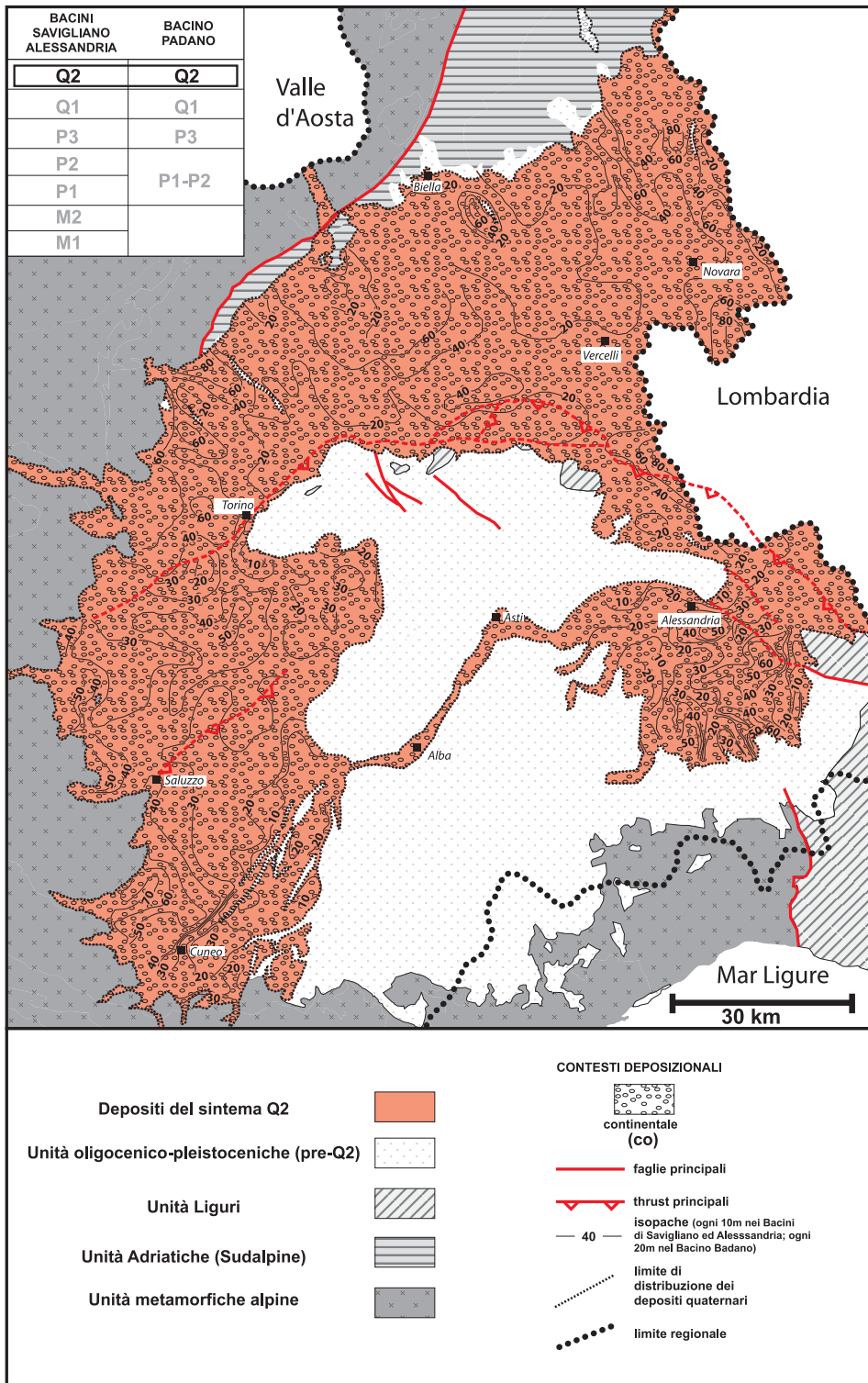


Fig. 20: Distribuzione di sottosuolo del sistema Q2 (Pleistocene medio-Olocene) nei Bacini di Savigliano ed Alessandria e nel Bacino Padano. Sono riportate le isopache.

Il super-sintema P1-P2 raggiunge spessori massimi nei settori orientali dei depocentri sepolti: valori nell'ordine dei 1400-1500 m sono presenti nella zona di Vercelli e nell'ordine dei 3000 m a nord Tortona (Figg. 15 e 17).

A partire dalle aree depocentrali, i sedimenti del super-sintema P1-P2 si assottigliano gradualmente verso il margine alpino. Verso ovest, questi sedimenti sono sepolti sotto i depositi del sintema P3 (Fig. 12, Profilo 7a), risultano sub-orizzontali o debolmente tiltati verso est e si chiudono su successioni oligo-mioceniche e su unità di basamento. Verso nord, invece, i sedimenti del super-sintema P1-P2 sono delimitati verso l'alto direttamente dal sintema Q1, sono tiltati verso sud e si ritrovano in affioramento in appoggio sul basamento (Fig. 12, Profilo 8). A sud, i depositi del super-sintema P1-P2 risultano fortemente dislocati e sollevati dai thrust nord-vergenti della Collina di Torino-Monferrato e si chiudono bruscamente al di sotto delle unità più recenti (Fig. 12, Profilo 8).

Il super-sintema P1-P2 è costituito da depositi marini transizionali e profondi e mostra un'organizzazione interna di tipo aggradazionale-progradazionale. I depositi transizionali sono prevalentemente distribuiti nella parte occidentale e settentrionale del Bacino Padano, dove costituiscono una fascia orientata SW-NE nel sottosuolo dell'attuale fascia pedemontana (Figg. 15 e 17) e, subordinatamente, lungo il suo margine meridionale, in corrispondenza delle zone di alto strutturale associate ai thrusts padani (a nord del Monferrato e, più ad est, in corrispondenza della sua prosecuzione sepolta). Questi sedimenti risultano molto eterogenei (Allegati 7 e 8) e corrispondono in prevalenza ad alternanze discontinue di peliti e sabbie e ghiaie (ad es. pozzi Borgo d'Ale 1, Cavaglietto 1, Galliate 1 e Balzola 1) e alternanze discontinue di sabbie e ghiaie prevalenti con peliti (zone di affioramento), passanti ad alternanze continue di peliti prevalenti e sabbie (ad es. pozzi S.Benigno e Cavaglietto 2). Localmente sono presenti peliti con subordinate intercalazioni grossolane (ad es. parte centro-settentrionale del bacino, pozzi Borgo d'Ale 1 e Salussola 1; estremità sud-orientale del bacino, pozzo Volpedo 2) ed alternanze continue di sabbie e ghiaie prevalenti con peliti (margine sud-occidentale del bacino, verso le zone di affioramento).

In affioramento questi sedimenti corrispondono (All. 61) alle successioni cartografate come "Pliocene" nei Fogli Ivrea, Biella, Varallo e Varese, come "Sabbie di Valle Andona" (Astiano Auct.) nella parte settentrionale del Foglio Vercelli (corrispondenti alle successioni recentemente ditinte come "Calcareniti di Castel Verrua" nel Foglio Trino) e come "Argille di Lugagnano" al bordo occidentale del Foglio Voghera.

I depositi transizionali passano verso il centro del bacino a depositi marini profondi (Figg. 15 e 17; Allegati 7 e 8), rappresentati da alternanze continue di peliti prevalenti e sabbie (ad es. pozzo Sali Vercellese) e da peliti con subordinate intercalazioni di sabbie e ghiaie (ad es. pozzo S.Germano Vercellese). Questi depositi affiorano solo localmente lungo l'attuale bordo meridionale del Bacino Padano, a nord e nord-est del Monferrato, dove corrispondono alle successioni cartografate come "Argille di Lugagnano" (Piacenziano Auct.) nel Foglio Vercelli (alcune delle quali sono state recentemente ditinte come "Silt di Verrua Savoia" nel Foglio Trino) e con la parte inferiore ("Argille di Lugagnano") dei sedimenti cartografati complessivamente come "Pliocene" nel Foglio Mortara (All. 61).

5.4.2.2 Sintema P3 (Pliocene medio-superiore)

Nei depocentri sepolti, i depositi del sintema P3 raggiungono spessori massimi nell'ordine dei 900-1000 m (Fig. 18). Da tali aree, questi depositi si assottigliano gradualmente verso il margine occidentale del bacino, dove sono delimitati verso l'alto direttamente dal sintema Q2 (Fig. 12 Profilo 7), risultano tiltati verso est e si ritrovano localmente in affioramento sia su unità di basamento, che sulle successioni del super-sintema P1-P2. Verso il margine setten-

trionale i depositi del sintema P3 si chiudono bruscamente nel sottosuolo, sono troncati dalla base del sintema Q1 e risultano tiltati verso sud (Fig. 12 Profilo 8). Verso l'attuale margine meridionale del bacino esse sono deformate, risultano tiltate verso nord dai thrust nord-vergenti e mostrano importanti terminazioni erosionali, sia in affioramento, che al di sotto delle successioni del sintema Q2, oppure si chiudono al di sotto del sintema Q1 (Fig. 12, Profilo 8).

Il sintema P3 è costituito da depositi continentali e marini, sia transizionali che profondi, e mostra anch'esso una generale tendenza regressiva.

I depositi continentali sono prevalentemente distribuiti lungo l'attuale fascia pedemontana della parte occidentale del bacino (Fig. 18). Tali depositi corrispondono ad alternanze di sabbie e ghiaie prevalenti con peliti (ad es. pozzi Borgo d'Ale 1 e Salussola 1), passanti lateralmente e, verso il bacino, ad alternanze discontinue di peliti e sabbie e ghiaie (ad es. pozzo S. Benigno; Allegato 7) e a subordinate alternanze discontinue di peliti prevalenti con sabbie e ghiaie, a nord ovest della Collina di Torino. Questi depositi sono correlabili (All. 61), in affioramento, con le successioni cartografate come "Villafranchiano" nei Fogli Biella e Torino. In quest'ultimo le successioni esposte lungo il Torrente Stura di Lanzo sono ben note perché caratterizzate dalla presenza di una foresta fossile (Martinetto, 1999; Martinetto & Farina, 2005; Martinetto *et al.*, 2007).

I depositi continentali passano verso est a depositi marini transizionali (Fig. 18; Allegati 7 e 8), corrispondenti ad alternanze discontinue di peliti e sabbie e ghiaie (ad es. pozzi Cameri 1, Galliate 1, Crescentino, Balzola 1, Balzola 3, Asigliano 1 e Volpedo 2), passanti a peliti con subordinate intercalazioni di sabbie e ghiaie (ad es. pozzi Desana 1, Sali Vercellese e Villafortuna 5), e minori alternanze continue di peliti prevalenti e sabbie (margine sud-orientale del bacino, verso zone di affioramento). Questi depositi affiorano solo localmente lungo l'attuale bordo meridionale del Bacino Padano, a nord-est del Monferrato al di sopra dei thrusts, dove corrispondono (All. 61) alla porzione superiore ("Sabbie di Andona") dei sedimenti cartografati complessivamente come "Pliocene" nel Foglio Mortara, con le successioni cartografate come "Sabbie di Asti" nel foglio Voghera e all'estremità nord-orientale del Foglio Alessandria.

Verso le aree depocentrali (Fig. 18; Fig. 12, Profilo 7b), i depositi transizionali passano a sedimenti marini profondi, riconosciuti esclusivamente nel sottosuolo, e prevalentemente corrispondenti ad alternanze continue di peliti prevalenti e sabbie (pozzo Asigliano 1).

5.4.2.3 Sintema Q1 (Pleistocene inferiore)

I depositi del sintema Q1 raggiungono potenze massime nell'ordine di circa 700-800 m nel settore orientale di questa porzione di Bacino Padano, a nord e a nord-est dei fronti del Monferrato (Fig. 19); tali spessori diminuiscono progressivamente in direzione degli attuali bordi settentrionale, occidentale e meridionale del bacino, dove le successioni sono debolmente tiltate verso la parte centrale del bacino (Fig. 12 Profili 7e e 8).

Come nei Bacini di Savigliano e Alessandria, anche nel Bacino Padano il sintema Q1 è in prevalenza costituito da depositi continentali (Fig. 19; Allegati 7 e 8) con alternanze discontinue di sabbie e ghiaie prevalenti con peliti (pozzi Borgo d'Ale 1, Salussola 1, Cavaglietto 1 e 2, Balzola 1 e Crescentino), distribuite prevalentemente lungo i margini nord-occidentale e meridionale del bacino, e da alternanze discontinue di peliti e sabbie e ghiaie (pozzi S. Germano Vercellese 1, Desana 1, Sali Vercellese, Asigliano 1, Crescentino 1, Balzola 2 e 3, Villafortuna 5, Cameri 1, Galliate 1, Romentino 1 e Pernate 1). Verso le zone depocentrali, il sintema Q1 è costituito da facies transizionali prevalentemente rappresentate da peliti, con subordinate intercalazioni di sabbie e ghiaie (pozzi Desana 1, Sali Vercellese e Romentino 1) e da alternanze continue di peliti e sabbie e ghiaie.

I depositi del sintema Q1 affiorano esclusivamente al bordo settentrionale del bacino,

dove corrispondono alla porzione superiore delle successioni cartografate come "Villafranchiano" nel Foglio Novara (All. 61).

5.4.2.4 Sintema Q2 (Pleistocene medio-Olocene)

Questo sintema presenta caratteristiche deposizionali esclusivamente di tipo continentale (All. 61) e comprende i depositi fluviali, glaciali, fluvio-glaciali, lacustri, eolici cartografati nei Fogli Torino, Vercelli, Mortara, Alessandria (estremità NE), Voghera (estremità NO), Ivrea, Biella, Novara, Varallo (estremità SE) e Varese (estremità SO). Dalla base al tetto, il sintema Q2 è caratterizzato da un complesso di superfici erosive, di età da pleistocenica media a olocenica; in questo lavoro è stata invece individuata e correlata solamente la superficie di appoggio basale, che corrisponde ad un contatto netto sui depositi del sintema Q1 o verso gli attuali margini del bacino anche sui sintemi più vecchi. Gli spessori di questo sistema (Fig. 20), ricostruiti attraverso l'analisi e l'interpretazione di stratigrafie di pozzi per acqua, raggiungono, nel Bacino Padano, valori massimi di circa 100 metri in corrispondenza delle aree pedemontane (aree di conoide), delle aree di terrazzo e nelle aree assiali.

5.5 MICROPALAEONTOLOGIA

5.5.1. INTRODUZIONE

Lo studio micropaleontologico è stato condotto per calibrare l'età della porzione affiorante dei sintemi messiniano-pliocenici (All. 61), per correlare tali successioni con quelle presenti nelle aree depocentrali sepolte e per migliorare la definizione dei contesti deposizionali.

Al fine di raccogliere dati biostratigrafici e paleobatimetrici riguardanti la successione profonda presente nell'area studiata è stata inizialmente condotta un'ampia ricerca bibliografica dei dati di terreno e di sottosuolo relativi ai bacini plio-pleistocenici reperibili presso la Biblioteca del Dipartimento di Scienze della Terra di Torino. Questa ricerca ha permesso di inserire nel database creato mediante ArcView 3.1 i dati paleobatimetrici e biostratigrafici relativi a circa 150 campioni isolati e 40 sondaggi e sezioni stratigrafiche reperiti dalla letteratura (tesi di laurea, articoli), in modo da ottenere un quadro più o meno completo dei dati disponibili. Per ogni singolo campione inserito nel database è stata creata una tabella nella quale sono riportati età, articolo in cui sono state reperite le informazioni, eventuali osservazioni, ambiente di deposizione, formazione di appartenenza, fossili utili per la biostratigrafia, biozona. Per ogni sondaggio o sezione stratigrafica è stata prodotta una tabella generale in cui sono indicati il nome della località, la potenza in metri del sondaggio o della sezione, la sigla, l'articolo dove sono state estrapolate le informazioni riportate, il tipo di dato e il *link* ad una tabella più specifica nella quale si possono reperire informazioni relative ad ogni intervallo stratigrafico riconosciuto nel sondaggio o nella sezione, la relativa formazione stratigrafica, l'età, la biozona, i fossili utili per la biostratigrafia, l'ambiente di deposizione e la facies.

Il quadro prodotto in seguito all'inserimento di questi dati ha consentito di individuare alcune zone lungo gli attuali margini meridionali dei bacini di Savigliano ed Alessandria (B. di Savigliano: nei pressi degli abitati di Benevagienna, Carrù, e Mondovì, lungo il Torrente Pesio, lungo la Stura di Demonte; B. di Alessandria: nei pressi di Montaldo Bormida, tra il Fiume Belbo ed il Torrente Orba, di S.Cristoforo, tra i Torrenti Orba e Lemme e nei pressi di Tassarolo, tra i Torrenti Lemme e Scrivia), in cui prelevare ulteriori campioni, al fine di completare ed ampliare i dati a disposizione. Sono stati studiati, dal punto di vista micropaleontologico, una trentina di campioni (contraddistinti con la sigla "IN", nel Bacino di Savigliano e con la sigla "INA", nel Bacino di Alessandria), derivanti dalle località suddette, per meglio precisare la natura, l'ambiente di deposizione e, quando possibile, l'età delle varie formazioni, con lo scopo di datare le superfici identificate con la sismica là dove diventano affioranti.

5.5.2. METODI

Lo studio micropaleontologico di tutti i campioni analizzati è stato suddiviso in due fasi principali:

- a) preparazione, lavaggio e setacciatura dei campioni;
- b) osservazione del residuo al microscopio ottico, *picking*, riconoscimento tassonomico delle specie presenti ed esposizione dei dati osservati per mezzo di tabelle.

Per ogni campione sono stati preparati, lavati e setacciati circa 50 grammi di materiale (peso a secco); da queste operazioni sono state ottenute tre frazioni granulometriche (>250 μm , 125-250 μm e 63-125 μm) che sono state poi pesate e i cui valori sono stati espressi statisticamente come percentuale del peso totale (analisi quantitativa).

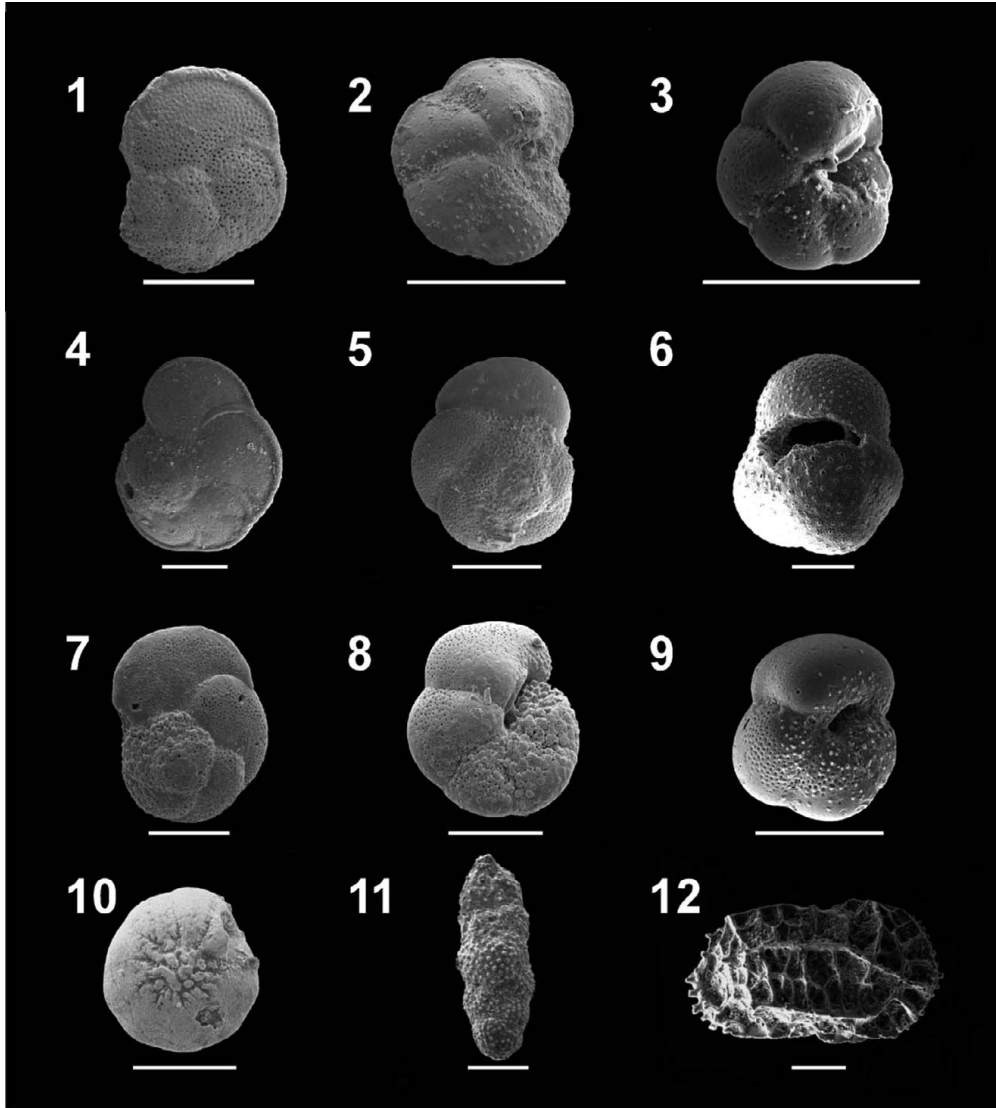
Si è proceduto ad un'analisi dettagliata al microscopio stereoscopico delle frazioni granulometriche grossolana e media dei residui ottenuti dai lavaggi, trascurando l'analisi della frazione fine poiché caratterizzata quasi esclusivamente da materiale inorganico ed individui giovanili. Per ogni campione è stata stimata la composizione dei clasti minerali e valutata la presenza percentuale della frazione inorganica, sono stati riconosciuti i frammenti di macrofaune, è stato valutato il rapporto Plancton/(Plancton+Benthos) (P/P+B) e sono state individuate, determinate e prelevate le specie presenti di foraminiferi bentonici e planctonici e di ostracodi (*picking*), dei quali è stato poi effettuato il riconoscimento tassonomico. Sono state stimate e distinte le specie di foraminiferi più abbondanti che, unitamente alla stima del (P/P+B), si sono rivelate utili per la determinazione del paleoambiente in cui si sono depositi i sedimenti che li contenevano e quindi della corrispondente litofacies di cui erano rappresentativi. Per alcuni esemplari di più complessa identificazione è stato effettuato uno studio al microscopio elettronico a scansione (SEM), mediante il quale è stato possibile esaminare con maggior dettaglio le caratteristiche peculiari di ogni individuo, in modo da determinarne in modo preciso la specie di appartenenza.

Per la corretta determinazione delle specie di foraminiferi ed ostracodi individuati sono stati utilizzate come riferimento sistematico varie pubblicazioni, tra le quali Kennett & Srinivasan (1983), AGIP (1982), Ellis & Messina (1940a e 1940b) e Bonaduce *et al.* (1976), mentre per le interpretazioni paleobatimetriche è stato utilizzato come riferimento Wright (1978).

5.5.3. RISULTATI

Mentre i campioni IN10, IN12, IN13 e IN19 e INA2a sono risultati sterili, un'associazione a foraminiferi ed ostracodi piuttosto diversificata è stata osservata nei rimanenti campioni analizzati; sono state riconosciute e determinate 168 specie di foraminiferi bentonici, 41 specie di foraminiferi planctonici e 37 specie di ostracodi. I campioni analizzati presentano complessivamente un'età che varia dal Miocene medio (Langhiano) al Pliocene inferiore-medio. In particolare, il riconoscimento, tra gli altri foraminiferi, di *Globoquadrina langhiana*, *Globorotalia conomiozea*, *G. mediterranea*, *G. miotumida*, *G. suterae* e *Uvigerina auberiana* ha permesso di datare al Miocene alcuni campioni, mentre la presenza di ostracodi caratteristici di ambiente di "Lago-mare" ha reso possibile l'attribuzione al Messiniano post-evaporitico di campioni totalmente privi di foraminiferi. Per datare alle biozone MP11, MP12 e MP13 del Pliocene altri campioni è stato utile il riconoscimento di foraminiferi quali *Sphaeroidinellopsis seminulina*, *Globorotalia margaritae*, *Globorotalia puncticulata*; un'età pliocenica imprecisata è stata invece ipotizzata per quei campioni che contenevano solamente foraminiferi la cui distribuzione abbraccia buona parte del Pliocene. Infine, oltre che per i campioni sterili, è stata indicata come "indeterminata" anche l'età di quei campioni

che contenevano microfossili scarsi, di acque basse o con ampia distribuzione, e quindi non utilizzabili per effettuare datazioni precise, ma solamente adatti per considerazioni paleobatimetriche.



Tav. 1:

- 1, 2. *Globorotalia conomiozea* Kennett, IN16;
3. *Globorotalia mediterranea* Catalano e Sprovieri, IN14;
4. *Globorotalia miotumida* Jenkins, IN21;
5. *Globorotalia suterae* Catalano e Sprovieri, IN17;
6. *Sphaeroidinellopsis seminulina* (Schwager), IN9;
- 7,8. *Globorotalia margheritae* Bolli e Bermúdez, IN26;
9. *Globorotalia puncticulata* (Deshayes), INA1;
10. *Buccella granulata* (di Napoli), IN14;
11. *Uvigerina auberiana* d'Orbigny, INA5;
12. *Oblitacythereis mediterranea* Benson, IN8.

(La barra di scala corrisponde a 200 μ m)

L'analisi micropaleontologica si è rivelata significativa ai fini del presente lavoro poiché ha permesso di:

- individuare e correggere gli errori di attribuzione stratigrafica presenti nella cartografia ufficiale esistente (Tabella 1);
- calibrare la correlazione tra la geologia di sottosuolo e quella di superficie, consentendo di migliorare il posizionamento delle superfici di discontinuità che delimitano i sintemi.

La Tabella 1 illustra la corrispondenza tra le attribuzioni stratigrafiche della cartografia ufficiale e quelle confermate o rettificata col presente lavoro.

CAMPIONE	STRATIGRAFIA CLASSICA (CGI 1:100.000)	STRATIGRAFIA A SINTEMI (PRESENTE LAVORO)
IN1	Piacenziano	P1
IN2	Villafranchiano	P2
IN3	Tortoniano	M2
IN7	Tortoniano	Messiniano pre-evaporitico
IN8	Tortoniano	P1
IN9	Tortoniano	P1
IN10	Tortoniano	M2
IN11	Tortoniano	P1
IN12	Tortoniano	P1
IN13	Tortoniano	P1
IN14	Piacenziano	Messiniano pre-evaporitico
IN16	Tortoniano	Messiniano pre-evaporitico
IN17	Tortoniano	Messiniano pre-evaporitico
IN19	Tortoniano	Messiniano pre-evaporitico
IN20	Piacenziano	Messiniano pre-evaporitico
IN21	Piacenziano	Messiniano pre-evaporitico
IN22	Astiano	(P2)-P3
IN23	Astiano	(P2)-P3
IN24	Astiano	(P2)-P3
IN25	Astiano	(P2)-P3
IN26	Astiano	(P2)-P3
IN27	Astiano	(P2)-P3
IN28	Piacenziano	P1-(P2)
IN31	Piacenziano	P1
INA1	Sabbie di Asti-Villafranchiano	P2
INA2a	Argille di Lugagnano	P1
INA2b	Argille di Lugagnano	P1
INA3	Argille di Lugagnano	P1
INA4	Argille di Lugagnano	P1
INA5	F. Gessoso-Solfifera	M1

Tab. 1: Corrispondenza tra le attribuzioni stratigrafiche della cartografia ufficiale e quelle confermate o rettificata (sfondo viola) col presente lavoro.

La Tabella 2 rappresenta il quadro riassuntivo dei risultati relativi ad ogni campione: i foraminiferi e gli ostracodi più rappresentativi utili per la biostratigrafia e la paleoecologia, l'età determinata, l'ambiente di deposizione e il rapporto (P/P+B). Lo studio qualitativo eseguito sulle specie presenti nei residui ha permesso di produrre le tabelle di distribuzione relative a foraminiferi bentonici (Tabella 3), foraminiferi planctonici (Tabella 4) e ostracodi (Tabella 5) presenti nei campioni, utili per avere una visione complessiva della presenza o assenza delle varie specie nei campioni analizzati e fornire, quindi, interpretazioni paleo-batimetriche e biostratigrafiche. Nella Tavola 1 sono raffigurate alcune delle specie riconosciute di foraminiferi ed ostracodi che sono state utilizzate per effettuare le determinazioni biostratigrafiche fotografate al microscopio elettronico a scansione (SEM).

CAMPIONE	Foraminiferi ed Ostracodi utili per la biostratigrafia e la paleoecologia	ETA'	AMBIENTE	P/(P+B)
IN1	<i>Ammonia</i> spp., <i>Florilus</i> spp., miliolidi	indeterminata	infralitorale	5
IN2	<i>Florilus</i> spp., <i>Loxococoncha</i> spp.	indeterminata	supertidale o già continentale	0
IN3	<i>Amnicythere palimpsesta</i> , <i>Campitocyprina</i> spp., <i>Cyprideis</i> sp., <i>Candona</i> spp.	Messiniano (post-evaporitico)2	lago mare	0
IN7	<i>Uvigerina auberiana</i> , <i>Globorotalia conomiozea</i>	Messiniano (pre-evaporitico)	epibatiale	90
IN8	<i>Bolivina leonardii</i> , <i>Amphicoryna sublineata</i> , <i>Oblitacythereis mediterranea</i>	Pliocene inferiore (probabile MPI1)	epibatiale superiore	70
IN9	<i>Amphicoryna semicostata</i> , <i>Bolivina leonardii</i> , <i>Sphaeroidinellopsis seminulina</i>	Pliocene inferiore (probabile MPI1)	epibatiale superiore	65
IN10	sterile	indeterminata		0
IN11	<i>Amphicoryna sublineata</i> , <i>Bolivina leonardii</i> , <i>Lenticulina curvisepta</i>	Pliocene inferiore-medio (fino alla MPI5)	circalitorale profondo-epibatiale superiore	60
IN12	sterile	indeterminata		0
IN13	sterile	indeterminata		0
IN14	<i>Globorotalia conomiozea</i> , <i>Globorotalia suterae</i> , <i>Globorotalia mediterranea</i>	Messiniano (pre-evaporitico)	epibatiale	85
IN16	<i>Uvigerina auberiana</i> , <i>Brizalina dentellata</i> , <i>Globorotalia conomiozea</i> , <i>Globorotalia suterae</i> , <i>Globorotalia nicolae</i>	Messiniano (pre-evaporitico)	epibatiale	80
IN17	<i>Globorotalia conomiozea</i> , <i>Globorotalia suterae</i> , <i>Globorotalia scitula gigantea</i> , <i>Globorotalia saheliana</i>	Messiniano (pre-evaporitico)	epibatiale	85
IN19	sterile	indeterminata		0
IN20	<i>Brizalina</i> aff. <i>B. dilatata</i> , <i>Neogloboquadrina continuosa</i>	Messiniano (pre-evaporitico)	circalitorale profondo	25
IN21	<i>Brizalina arta</i> , <i>Bolivina miocenica</i> , <i>Uvigerina auberiana</i> , <i>Globorotalia conomiozea</i> , <i>Globorotalia miotumida</i>	Messiniano (pre-evaporitico)	epibatiale	80
IN22	<i>Ammonia tepida</i>	probabile Pliocene	infralitorale o sopralitorale	0
IN27	<i>Ammonia</i> spp.	indeterminata	infralitorale o sopralitorale	0
IN28	<i>Globorotalia margaritae</i> , <i>Globocassidulina oblonga</i>	Pliocene inferiore (MPI2-MPI3)	circalitorale profondo	35
IN31	<i>Sphaeroidinellopsis seminulina</i> , <i>Sphaeroidinellopsis paenedeheisicens</i> , <i>Amphicoryna sublineata</i>	Pliocene inferiore (MPI1)	epibatiale	65
INA1	<i>Buccella granulata</i> , <i>G. punctulata</i> , <i>G. margaritae</i>	Plioc., inf.	circalitorale	30
INA2a	sterile	indeterminata		
INA2b	<i>Amphicoryna sublineata</i> , <i>Uvigerina rutila</i> , <i>Amphicoryna semicostata</i> , <i>Uvigerina longistriata</i> , <i>Stilostomella vertebralis</i>	Plioc., inf.	circalitorale profondo-epibatiale superiore+apporti	36
INA3	<i>Lingulina costata</i> , <i>Marginulina spinulosa</i> , <i>Amphicoryna sublineata</i> , <i>Ellipsoidina ellipsoides</i> , <i>Planularia auris</i> var. <i>cymba</i> , <i>Bolivina leonardii</i>	Plioc., inf.	circalitorale profondo-epibatiale superiore+apporti	35
INA4	<i>Lingulina multicostata</i> , <i>Lenticulina spinulosa</i> , <i>Vaginulina legumen elegans</i> , <i>Uvigerina longistriata</i> , <i>Fissurina sequenziana</i> , <i>Amphicoryna sublineata</i> , <i>Bolivina cistina</i>	indeterminata	epibatiale superiore con apporti	50
INA5	<i>Uvigerina auberiana</i> , <i>Praeorbulina transitoria</i> , <i>Globigerinoides sicanius</i> , <i>Globorotaloides suteri</i> , <i>Praeorbulina glomerata glomerata</i> , <i>Globoquadrina langhiana</i> , <i>Globorotalia paescitula</i>	Langhiano	epibatiale	80

Tab. 2: Quadro riassuntivo dei risultati dell'analisi biostratigrafica.

Genere	Campione																						
	IN 1	IN 2	IN 3	IN 7	IN 8	IN 9	IN 11	IN 14	IN 16	IN 17	IN 20	IN 21	IN 22	IN 27	IN 28	IN 31	INA1	INA2a	INA2b	INA3	INA4	INA5	
<i>Heterolepa mexicana</i> (Nuttall)												X											X
<i>Hoeglundina elegans</i> (d'Orbigny)					X	X	X	X		X	X	X			X	X							
<i>Hopkinsina bononiensis</i> (Fornasini)																	X						
<i>Karrerella bradyi</i> (Cushman)				X	X	X	X	X							X	X			X	X			
<i>Karrerella gaudryinoides</i> (Fornasini)												X											X
<i>Lagena striata</i> (d'Orbigny)								X															
<i>Lamarckina scabra</i> (Brady)							X				X												
<i>Lenticulina ariminensis</i> (d'Orbigny)										X													
<i>Lenticulina calcar</i> (Linnaeus)												X			X				X				
<i>Lenticulina cultrata</i> (de Montfort)					X		X			X	X	X				X				X	X	X	
<i>Lenticulina curvisepta</i> (Seguenza)							X					X											
<i>Lenticulina gibba</i> (d'Orbigny)							X									X			X				
<i>Lenticulina inornata</i> (d'Orbigny)																			X				
<i>Lenticulina peregrina</i> (Schwager)																						X	
<i>Lenticulina rotulata</i> (Lamarck)				X	X	X	X	X	X	X	X	X			X				X	X	X	X	X
<i>Lenticulina spinulosa</i> (Costa)										X												X	
<i>Lenticulina stellata</i> (Seguenza)					X	X		X	X														
<i>Lenticulina vortex</i> (Fichtel & Moll)								X	X													X	
<i>Lingulina costata</i> d'Orbigny																					X		
<i>Lingulina multicosata</i> Costa																					X	X	
<i>Marginulina costata</i> (Batsch)																						X	
<i>Marginulina glabra</i> d'Orbigny												X											
<i>Marginulina spinulosa</i> (Costa)																					X		
<i>Martinoliella communis</i> (d'Orbigny)					X	X	X	X	X	X	X	X			X				X	X	X		
<i>Melonis pompilioides</i> (Fichtel & Moll)								X				X					X		X	X			
<i>Melonis soldanii</i> (d'Orbigny)					X	X	X	X				X			X	X	X		X				
<i>Neoconorbina terquemii</i> (Rzehak)								X								X	X		X	X			
<i>Neoponides schreibersii</i> (d'Orbigny)						X													X	X			
<i>Nodosaria ovicula</i> d'Orbigny															X	X							
<i>Nodosaria longiscata</i> d'Orbigny																					X		
<i>Oridorsalis umbonatus</i> (Reuss)									X														
<i>Oridorsalis umbonatus stellatus</i> (Silvestri)				X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X		X				
<i>Orthomorphina tenuicostata</i> (Costa)				X																			
<i>Pandaglandulina dinapolii</i> Loeblic & Tappan																							X
<i>Planularia auris</i> (Defrance) var. <i>cymba</i> d'Orbigny																					X		
<i>Planularia ariminensis</i> (d'Orbigny)					X	X	X			X	X	X			X				X	X	X		
<i>Planularia wuellerstorfi</i> (Schwager)									X		X												
<i>Plectofrondicularia inaequalis</i> (Costa)							X		X	X	X										X		
<i>Plectofrondicularia semicosta</i> (Karrer)											X												
<i>Pleurostomella altemans</i> Schwager								X															
<i>Praeglobbulimina ovata</i> (d'Orbigny)				X																			
<i>Pseudonodosaria aequalis</i> (Reuss)																					X		
<i>Pullenia bulloides</i> (d'Orbigny)				X			X	X	X						X	X				X	X		
<i>Pullenia compressiuscula</i> Reuss var. <i>quadriloba</i> Reuss												X							X				
<i>Pullenia quinqueloba</i> (Reuss)					X	X	X														X		
<i>Pullenia salisburyi</i> Stewart & Stewart										X													
<i>Quinqueloculina seminulum</i> (Linné)	X																						
<i>Quinqueloculina</i> sp.															X								
<i>Ramulina globulifera</i> Brady					X	X													X	X	X		
<i>Rectuvigerina siphogenerinoides</i> (Lipparini)					X																		
<i>Reophax papillosus</i> (Neugeboren)				X																			
<i>Reussella simplex</i> (Cushman)																	X						
<i>Reussella spinulosa</i> (Reuss)																	X			X			
<i>Rosalina globularis</i> d'Orbigny					X	X	X	X											X				
<i>Rosalina globularis bradyi</i> (Cushman)																	X						
<i>Saraceneria italica</i> Defrance																					X		
<i>Sigmolinita tenuis</i> (Czjzek)					X	X	X																
<i>Sigmolopsis schlumbergeri</i> Silvestri				X	X	X	X	X		X	X				X				X	X	X		
<i>Siphonina planoconvexa</i> (Silvestri)					X					X												X	
<i>Siphonina reticulata</i> (Czjzek)				X				X	X	X	X										X		
<i>Sphaeroidina bulloides</i> d'Orbigny					X	X	X			X					X	X			X	X	X		X
<i>Spiroloculina</i> sp.								X													X		
<i>Spiroplectinella wrighti</i> (Silvestri)																							X
<i>Stilostomella adolphina</i> (d'Orbigny)											X												
<i>Stilostomella consobrina emaciata</i> (Reuss)				X	X				X	X					X				X	X	X		X
<i>Stilostomella hispida</i> (d'Orbigny)																					X		
<i>Stilostomella vertebralis</i> (Batsch)																				X		X	
<i>Textularia gramen</i> d'Orbigny															X								
<i>Textularia sagittula</i> Defrance	X														X		X						
<i>Textularia</i> sp.	X				X			X						X									
<i>Trifarina bradyi</i> Cushman								X				X											
<i>Uvigerina auberiana</i> d'Orbigny				X					X			X											X
<i>Uvigerina longistriata</i> Perconig				X				X		X						X			X	X	X		
<i>Uvigerina peregrina</i> Cushman							X			X					X								
<i>Uvigerina proboscidea</i> Schwager									X	X													
<i>Uvigerina pygmaea</i> d'Orbigny					X	X	X								X	X			X				
<i>Uvigerina rutila</i> Cushman & Todd				X	X	X	X	X	X	X		X			X				X	X	X	X	X
<i>Uvigerina schwageri</i> Brady												X											
<i>Uvigerina striatissima</i> Perconig												X											
<i>Vaginulina legumen</i> (Linnaeus)				X					X														
<i>Vaginulina legumen</i> (Linnaeus) var. <i>elegans</i> d'Orbigny												X										X	
<i>Vaginulinopsis sulcata</i> (Costa)								X															
<i>Valvulinera bradyana</i> (Fornasini)				X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X			X			

Tab. 3: Tabella di distribuzione dei foraminiferi bentonici presenti nei campioni (segue)

Genere	Campione											INA1	INA2a	INA2b	INA3	INA4	INA5	
	IN 1	IN 2	IN 3	IN 7	IN 8	IN 9	IN 11	IN 14	IN 16	IN 17	IN 20							
<i>Ammonia beccarii</i> (Linnaeus)	X																	X
<i>Ammonia inflata</i> (Seguenza)	X																	
<i>Ammonia perlucida</i> (Heron-Allen & Earland)	X											X	X					
<i>Ammonia tepida</i> (Cushman)	X											X	X					
<i>Amphicoryna proxima</i> (Silvestri)														X				X
<i>Amphicoryna scalaris</i> (Batsch)								X	X		X						X	X
<i>Amphicoryna semicostata</i> (Costa)							X									X		
<i>Amphicoryna sublineata</i> (Brady)					X	X	X							X		X	X	
<i>Amphistegina lessonii</i> d'Orbigny																		X
<i>Anomalinoides flinti</i> (Cushman)										X								
<i>Anomalinoides granosus</i> (Hantken)							X									X	X	
<i>Anomalinoides helicinus</i> (Costa)				X	X	X	X	X	X	X	X					X	X	
<i>Asterigerinata mamilla</i> (Williamson)														X				
<i>Astrononion stelligerum</i> (d'Orbigny)															X			
<i>Bigennerina nodosaria</i> (d'Orbigny)	X					X	X	X	X	X	X			X				
<i>Bolivina apenninica</i> Barbieri & Mosna																X		X
<i>Bolivina cistina</i> Cushman																		X
<i>Bolivina leonardii</i> Accordi & Selmi					X	X	X	X							X			
<i>Bolivina lucidopunctata</i> Conato				X														
<i>Bolivina miocenica</i> (Gianotti)										X								
<i>Bolivina punctata</i> d'Orbigny				X	X	X	X	X										
<i>Brizalina aenariensis</i> Costa					X										X			
<i>Brizalina alata</i> (Seguenza)						X	X							X	X			
<i>Brizalina arta</i> (Macfadyen)								X	X		X				X			
<i>Brizalina catanensis</i> (Seguenza)					X	X	X							X	X	X		
<i>Brizalina dentellata</i> (Tavani)								X	X								X	
<i>Brizalina dilatata</i> (Reuss)										X								
<i>Brizalina cf. dilatata</i> (Reuss)										X								
<i>Brizalina spathulata</i> (Williamson)															X			
<i>Brizalina</i> sp.								X										
<i>Buccella frigida</i> (Cushman) var. <i>granulata</i> (di Napoli)	X														X			
<i>Bulimina aculeata</i> d'Orbigny						X		X							X			X
<i>Bulimina costata</i> d'Orbigny					X	X	X	X		X	X			X	X	X	X	X
<i>Bulimina minima</i> Tedeschi & Zanmatti														X				
<i>Cancris auriculus</i> (Fitchell & Moll)					X	X	X	X							X			
<i>Cancris oblongus</i> (Williamson)																		X
<i>Cassidulina crassa</i> d'Orbigny					X		X	X										
<i>Cassidulina laevigata</i> d'Orbigny										X								
<i>Cassidulina neocarinata</i> Thalmann						X	X							X	X		X	
<i>Ceratobulimina contraria</i> (Reuss)								X										
<i>Cibicides lobatulus</i> (Walker & Jacob)	X					X									X		X	
<i>Cibicides refulgens</i> de Montfort					X												X	X
<i>Cibicoides haidingeri</i> d'Orbigny																X		
<i>Cibicoides kullenbergi</i> (Parker)				X		X	X	X	X	X				X				X
<i>Cibicoides pseudoungerianus</i> (Cushman)					X	X	X	X	X					X			X	X
<i>Cibicoides robertsonianus</i> (Brady)								X	X	X								
<i>Cibicoides ungerianus</i> (d'Orbigny)					X	X		X	X		X					X		X
<i>Cibicoides</i> sp.										X								
<i>Coryphostoma pseudodigitalis</i> (di Napoli)															X		X	
<i>Cybroelphidium decipiens</i> (Costa)																		X
<i>Cylindroclavulina rudis</i> (Costa)																		X
<i>Cymbaloporeta squamosa</i> (d'Orbigny)														X	X			
<i>Dentalina leguminiformis</i> (Batsch)				X		X	X	X	X								X	X
<i>Dimorphina tuberosa</i> d'Orbigny																	X	
<i>Discorbis mira</i> Cushman																	X	
<i>Dorothia gibbosa</i> (d'Orbigny)				X			X							X	X			X
<i>Eggerella bradyi</i> (Cushman)						X	X		X					X				
<i>Ellipsoglandulina cf. vasarhelyii</i> (Hantken)										X								
<i>Ellipsoidina ellipsoides</i> Seguenza																	X	
<i>Elphidium aculeatum</i> (d'Orbigny)														X	X			
<i>Elphidium adventum</i> (Cushman)	X														X			
<i>Elphidium crispum</i> (Linnaeus)														X	X	X	X	X
<i>Elphidium macellum</i> (Fichtell & Moll)	X														X		X	X
<i>Epistominella</i> sp.										X								
<i>Fissurina apiculata</i> (Reuss)																		X
<i>Fissurina seguenziana</i> (Fornasini)																		X
<i>Florilus boueanum</i> (d'Orbigny)	X	X												X	X	X		X
<i>Fursenkoina schreibersiana</i> (Czjzek)				X										X	X			
<i>Gavelinopsis praegeri</i> (Heron-Allen & Earland)								X	X									
<i>Glandulina laevigata</i> (d'Orbigny)															X			X
<i>Globobulimina affinis</i> (d'Orbigny)					X	X	X			X	X							
<i>Globobulimina ovula</i> (d'Orbigny)														X	X		X	
<i>Globocassidulina oblonga</i> (Reuss)														X				
<i>Globocassidulina subglobosa</i> Brady								X						X	X		X	
<i>Globulina gibba</i> (d'Orbigny)																		X
<i>Guttulina communis</i> (d'Orbigny)												X						
<i>Gyroidina soldanii</i> (d'Orbigny)							X							X			X	
<i>Gyroidinoides laevigatus</i> (d'Orbigny)					X				X	X				X			X	
<i>Gyroidinoides longispira</i> (Tedeschi & Zanmatti)								X										
<i>Gyroidinoides neosoldanii</i> (Brotzen)											X							
<i>Hanzawaia boueana</i> (d'Orbigny)					X	X	X	X	X	X				X	X	X		X
<i>Heterolepa bellincionii</i> (Giannini & Tavani)				X	X		X							X	X		X	X
<i>Heterolepa dutemplei</i> d'Orbigny								X										X
<i>Heterolepa dertonensis</i> (Russelli)															X			
<i>Heterolepa floridana</i> (Cushman)	X														X			

Genere	Campione	Campioni																						
		IN 1	IN 2	IN 3	IN 7	IN 8	IN 9	IN 11	IN 14	IN 16	IN 17	IN 20	IN 21	IN 22	IN 27	IN 28	IN 31	INA1	INA2a	INA2b	INA3	INA4	INA5	
<i>Dentoglobigerina altispira altispira</i> (Cushman & Jarvis)																								X
<i>Globigerina aperta</i> Cushman					X	X	X																	X
<i>Globigerina bulloides</i> d'Orbigny						X	X	X	X	X	X	X					X	X	X				X	X
<i>Globigerina decoraperta</i> Takayanagi & Saito								X	X	X	X	X					X						X	X
<i>Globigerina falconensis</i> Blow																							X	X
<i>Globigerina woodi</i> Jenkins								X	X		X				X		X	X	X			X	X	X
<i>Globigerinella obesa</i> (Bolli)					X	X	X	X		X						X	X					X	X	X
<i>Globigerinoides extremus</i> Bolli					X	X	X	X								X	X					X	X	X
<i>Globigerinoides immaturus</i> Leroy																								X
<i>Globigerinoides italicus</i> Mosna & Vercesi										X														X
<i>Globigerinoides obliquus</i> Bolli							X						X			X	X						X	
<i>Globigerinoides quadrilobatus</i> (d'Orbigny)		X							X			X					X							
<i>Globigerinoides sacculifer</i> (Brady)		X					X										X							
<i>Globigerinoides sicanus</i> De Stefani																								X
<i>Globigerinoides trilobus</i> (Reuss)						X		X		X	X						X	X	X					
<i>Globoquadrina globularis</i> Bermudez												X												
<i>Globoquadrina langhiana</i> Cita & Gelati																								X
<i>Globoquadrina venezuelana</i> (Hedberg)					X																			X
<i>Globorotalia conomiozea</i> Kennett					X					X	X	X												
<i>Globorotalia cf. conomiozea</i> Kennett										X														
<i>Globorotalia margaritae</i> Bolli & Bermúdez																	X		X					
<i>Globorotalia mediterranea</i> Catalano & Sprovieri										X														
<i>Globorotalia menardii</i> (Parker, Jones, & Brady)													X											
<i>Globorotalia miotumida</i> Jenkins													X											
<i>Globorotalia nicolae</i> Catalano & Sprovieri										X														
<i>Globorotalia puncticulata</i> (Deshayes)												X							X					
<i>Globorotalia saheliana</i> Catalano & Sprovieri											X													
<i>Globorotalia semivera</i> (Hornibrook)							X																	
<i>Globorotalia scitula</i> (Brady)					X	X	X	X																X
<i>Globorotalia scitula gigantea</i> Blow											X	X												
<i>Globorotalia suterae</i> Catalano & Sprovieri										X	X	X												
<i>Globorotaloides suteri</i> Bolli																								X
<i>Neogloboquadrina acostaensis</i> (Blow)					X		X					X				X	X	X			X	X		
<i>Neogloboquadrina continuosa</i> (Blow)							X		X			X				X						X	X	
<i>Neogloboquadrina humerosa</i> (Takayanagi & Saito)										X														
<i>Orbulina bilobata</i> (d'Orbigny)									X													X	X	X
<i>Orbulina universa</i> d'Orbigny							X	X	X	X	X	X				X	X				X	X	X	
<i>Preorbulina transitoria</i> (Blow)																								X
<i>Sphaeroidinellopsis subdehiscens paenedehiscens</i> Blow																		X						
<i>Sphaeroidinellopsis seminulina</i> (Schwager)								X										X						
<i>Turborotalia quinqueloba</i> (Natlund)										X								X						X

Tab. 4: Tabella di distribuzione dei foraminiferi planctonici presenti nei campioni.

Genere	Campione	Campioni																						
		IN 1	IN 2	IN 3	IN 7	IN 8	IN 9	IN 11	IN 14	IN 16	IN 17	IN 20	IN 21	IN 22	IN 27	IN 28	IN 31	INA1	INA2a	INA2b	INA3	INA4	INA5	
<i>Argilloecia</i> sp.							X															X	X	
<i>Aurila</i> sp.																						X		
<i>Bythocypris obtusata</i> (Sars)									X													X	X	X
<i>Callistocythere</i> sp.																	X							
<i>Candona</i> sp.					X																			
<i>Carinocythereis withei</i> (Baird)																	X							
<i>Cistocythereis (Hiltermannicythere) rubra</i> (Müller)		X														X								
<i>Costa edwardsii</i> (Roemer)																						X		
<i>Costa punctatissima</i> Ruggieri		X																						
<i>Costa</i> sp.		X															X							
<i>Cyprideis torosa</i> (Jones)					X																			
<i>Cytherella russoi</i> Sissingh																	X					X	X	
<i>Cytherella vulgatella</i> Aiello, Barra, Bonaduce e Russo											X													
<i>Cytherella</i> sp.									X															
<i>Cytheretta adriatica</i> Ruggieri		X																						
<i>Cytheropteron sulcatum</i> Bonaduce, Ciampo e Masoli																X								
<i>Cytheropteron</i> sp.							X			X											X	X		
<i>Gronioneis haidingeri</i> (Reuss)																					X			
<i>Henryhowella asperima</i> (Reuss)							X		X	X	X										X	X	X	
<i>Kritho</i> sp.												X									X		X	
<i>Kritho frutex</i> Abate, Barra, Aiello & Bonaduce																						X		
<i>Kritho praetexta</i> (Sars)																						X		
<i>Leptocythere palimpsesta</i> Livalent				X																				
<i>Loxococonca</i> sp.		X	X																					
<i>Loxococoncha ovulata</i> (Costa)																						X		
<i>Obilicythereis mediterranea</i> Benson							X	X														X		
<i>Pajjenborchella iocosa</i> Kingma																						X		
<i>Paracytheridea triquetra</i> (Reuss)		X																						
<i>Pontocythere turbida</i> Müller		X																						
<i>Pseudocytherura calcarata</i> Seguenza																								
<i>Pterygocythereis jonesi</i> (Baird)																	X							
<i>Semicytherura</i> sp.																X								
<i>Urocythereis favosa</i> Roemer		X																				X		
<i>Xestoleberis communis</i> Müller		X																				X		
<i>Xestoleberis dispar</i> Müller		X																						
<i>Xilocythere producta</i> (Colalongo e Pasini)								X																

Tab. 5: Tabella di distribuzione degli ostracodi presenti nei campioni.

6. IDROSTRATIGRAFIA

6.1 PREMESSA

Come accennato in precedenza, la pianura piemontese è contraddistinta da innumerevoli captazioni idropotabili che raggiungono profondità massime di 300 m. Gli acquiferi presenti in tale spessore sono ben conosciuti, sfruttati e comunemente suddivisi in un “acquifero superficiale”, la cui potenza massima è di 80 m, ed in “acquiferi profondi”.

L’attenzione di questo progetto è stata rivolta in particolare allo studio degli acquiferi posti a profondità maggiori rispetto a quelli attualmente captati; il lavoro dunque è stato realizzato principalmente al fine di indagare le caratteristiche degli acquiferi a profondità maggiori di 300 m.

Nonostante questa finalità è stato possibile comunque implementare le conoscenze relative agli acquiferi più superficiali per offrire un quadro idrogeologico esaustivo delle successioni messiniano-quadernarie indagate.

Nel presente lavoro si è deciso di adottare il termine di “Acquiferi profondi tradizionali” per tutti gli acquiferi comunemente definiti profondi (presenti nei primi 300 m dal piano campagna) ed il termine “Acquiferi molto profondi” per tutti i restanti posti a profondità superiori. (Tabella 6).

Nomenclatura tradizionale	Nomenclatura utilizzata nel lavoro		Profondità media
Acquiferi superficiali	Acquiferi superficiali	Acquiferi superficiali	0 - 80 m circa
Acquiferi profondi	Acquiferi profondi s.l.	Acquiferi profondi tradizionali	80 – 300 m circa
		Acquiferi molto profondi	Oltre i 300 m

Tab. 6: Differenti nomenclature utilizzate per le definizioni dei diversi acquiferi.

In questo capitolo verranno illustrati in maniera specifica i risultati dell’analisi idrogeologica compiuta e per ognuno dei bacini indagati saranno descritte le caratteristiche e l’architettura interna dei Gruppi Acquiferi, i relativi sistemi di flusso e la distribuzione dell’Interfaccia acqua dolce – acqua salmastra/salata.

6.2 GRUPPI ACQUIFERI ED UNITA’ IDROGEOLOGICHE

L’intelaiatura stratigrafica ricavata dalla ricostruzione geologica ha consentito di individuare, all’interno dei sistemi indagati, la distribuzione a scala regionale dei principali acquiferi, acquitardi ed acquicludi.

Ogni sistema individuato è stato concettualmente considerato come un “Gruppo Acquifero”.

Nei Bacini di Savigliano e Alessandria sono stati individuati 7 Gruppi Acquiferi (Fig. 9), corrispondenti ai sette sistemi analizzati ed appartenenti alle successioni messiniano-quadernarie indagate. I Gruppi Acquiferi sono indicati con una sigla (dalla A alla G) a partire dal sistema più recente. Nel Bacino Padano sono stati distinti 4 Sistemi principali a cui sono stati fatti corrispondere altrettanti Gruppi Acquiferi relativi alle sole sequenze pliocenico-quadernarie. A differenza dei Bacini meridionali nel Bacino Padano il Gruppo Acquifero D+E rappresenta il compendio dei sistemi P1 e P2 secondo la classificazione adottata dall’analisi stratigrafica.

Facendo riferimento allo schema generale delle associazioni di litofacies (Fig. 8b), è stato possibile individuare nel caso della pianura piemontese, quattro tipologie principali di UI (Fig. 10; Tabella 7).

Unità idrogeologica	Ruolo idrogeologico prevalente
UI I	Acquifero monostrato
UI II	Acquifero Multistrato discontinuo
UI III	Acquifero Multistrato continuo
UI IV	Acquitardo/Acquiclude

Tab. 7: *Tipologie principali di Unità Idrogeologiche*

6.2.1 BACINI DI SAVIGLIANO E ALESSANDRIA

Nei Bacini di Savigliano e di Alessandria sono stati individuati sette Gruppi Acquiferi; questi sono stati raggruppati in un Acquifero superfiale, in Acquiferi tradizionali profondi e in Acquiferi molto profondi; tale suddivisione tiene conto della distribuzione prevalente in profondità di ogni Gruppo Acquifero (Tabella 8).

Tipo di acquifero	Gruppi Acquiferi
Acquifero superfiale	A
Acquiferi profondi tradizionali	B
	C
	D
Acquiferi molto profondi	E
	F
	G

Tab. 8: *Gruppi Acquiferi individuati nei Bacini di Savigliano e di Alessandria.*

6.2.1.1 Gruppo Acquifero A

Il Gruppo Acquifero A corrisponde al sistema Q2, del Pleistocene medio–Olocene (Fig. 9); esso è costituito da depositi fluviali, fluvio-glaciali, lacustri ed eolici di ambiente continentale.

L'analisi dei dati di circa 6000 stratigrafie di pozzi per acqua ha consentito di individuare nel Gruppo Acquifero tre UIG (AI, AII e AIV) in base alla granulometria e alla permeabilità prevalente dei depositi (Figg. 9 e 21; Allegato 10). Nel Bacino di Savigliano il Gruppo è caratterizzato da maggiore permeabilità nelle porzioni meridionali dell'area, dove è rappresentato da un acquifero monostrato indifferenziato (AI), intermedia nelle sue aree settentrionali (AII) e minore ai suoi margini orientali (AIV). Nel Bacino di Alessandria buona parte della pianura è contraddistinta da aree a media e alta permeabilità (UI AI e AII) passanti a zone a bassa permeabilità ai margini settentrionali (AIV).

Rispetto agli altri GA, l'UIG AII non è rappresentata da acquiferi multistrato discontinui, ma da un unico acquifero monostrato contraddistinto da livelli pelitici che ne limitano la permeabilità senza comportare la pressurizzazione delle acque che lo permeano.

Nel Bacino di Savigliano il Gruppo Acquifero raggiunge valori massimi di potenza dell'ordine degli 80 metri in corrispondenza delle aree pedemontane (aree di conoide) e lungo i corsi d'acqua principali. Nel Bacino di Alessandria valori massimi analoghi si riscontrano nelle porzioni centro-meridionali (Fig. 20; Allegato 9).

Il Gruppo Acquifero è totalmente permeato da acque dolci; localmente si possono riscontrare aree (settori astigiani del Tanaro) con tenori di salinità superiori a quelli normali (seppure rientranti nei range delle acque dolci), da attribuire alla risalita di acque profonde salate in corrispondenza di strutture tettoniche e di aree di recapito dei circuiti profondi.

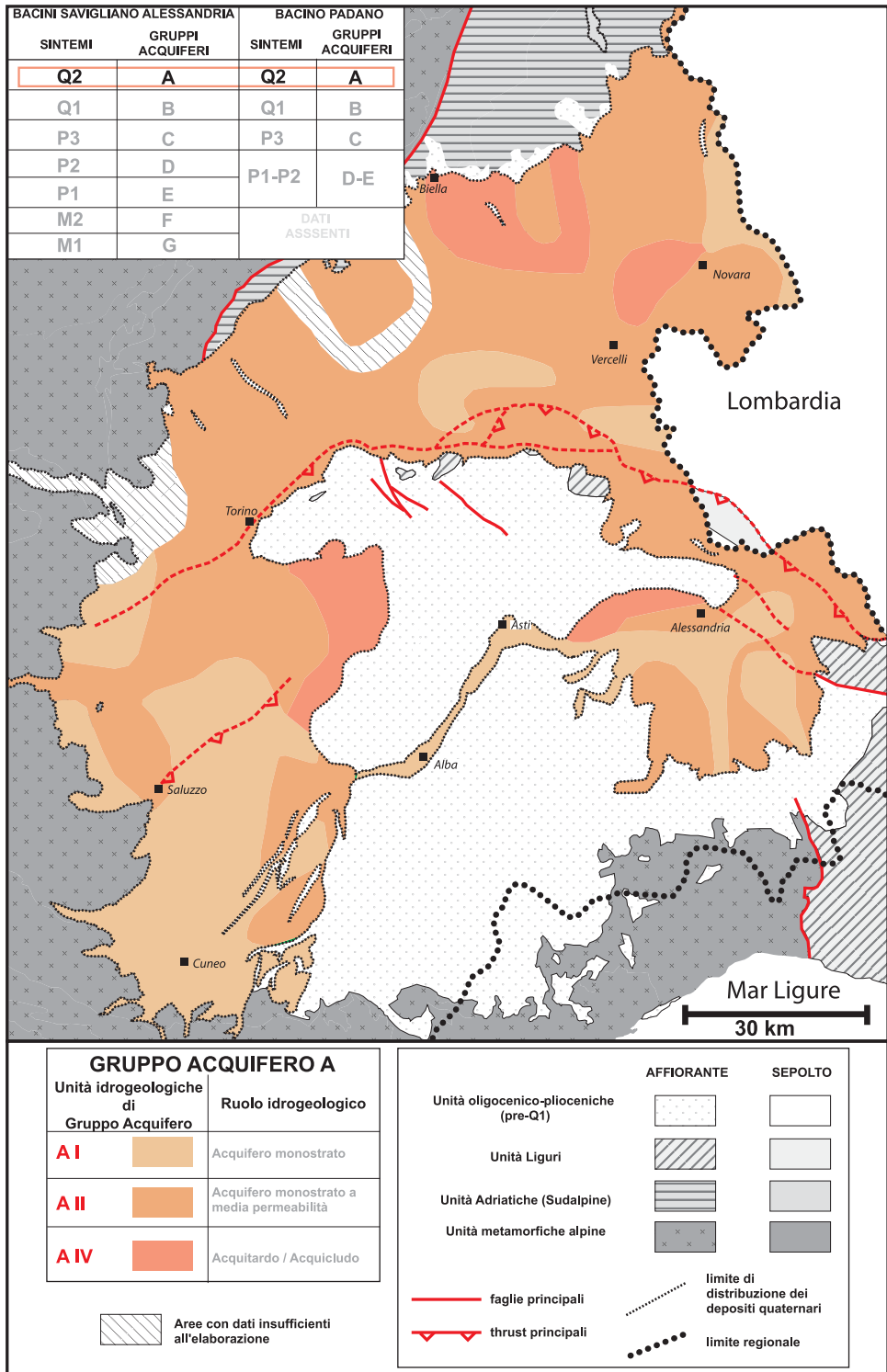


Fig. 21: Distribuzione di sottosuolo delle Unità idrogeologiche all'interno del Gruppo Acquifero A (sintema Q2 – Pleistocene medio-superiore / Olocene) nei Bacini di Savigliano ed Alessandria e nel Bacino Padano.

6.2.1.2 Gruppo Acquifero B

Il Gruppo Acquifero B corrisponde al sistema Q1, del Pleistocene inferiore (Fig. 9); esso è caratterizzato da due corpi sedimentari lenticolari nei bacini di Savigliano e di Alessandria, fisicamente separati in corrispondenza dell'alto di Asti (area di Asti e di Villafranca d'Asti). Nel Bacino di Savigliano ed in gran parte del Bacino di Alessandria esso è costituito da depositi continentali caratterizzati da alternanze, discontinue e subordinatamente continue, di sabbie e ghiaie prevalenti con peliti. Nel depocentro del Bacino di Alessandria invece, il Gruppo è contraddistinto da facies transizionali rappresentate da alternanze discontinue di peliti con sabbie e ghiaie.

In base alle associazioni di litofacies e alla loro distribuzione è possibile distinguere all'interno del GA in esame tre UIG: BI, BII e BIII (Figg. 9, 22 e 23; Allegati 14 e 15). L'Unità BI, corrisponde ad un acquifero indifferenziato e si riscontra principalmente ai margini meridionali ed occidentali del Bacino di Savigliano. L'Unità BII rappresenta l'Unità Idrogeologica maggiormente diffusa nei Bacini in esame; nel Bacino di Alessandria essa rappresenta l'unica Unità Idrogeologica presente, mentre nel Bacino di Savigliano si può riscontrare ai suoi margini orientali e settentrionali. Questa Unità è caratterizzata da Acquiferi Multistrato con ridotta continuità dei livelli a bassa permeabilità. L'Unità Idrogeologica BIII è invece osservabile nelle porzioni depocentrali del Bacino di Savigliano ed è caratterizzata da Acquiferi Multistrato con elevata continuità laterale dei setti a ridotta permeabilità.

Nelle figg. 22 e 23 è possibile osservare come vi sia una sostanziale corrispondenza tra la distribuzione delle Unità Idrogeologiche alla base ed al tetto del Gruppo Acquifero B.

Nel Bacino di Savigliano il Gruppo Acquifero raggiunge potenze massime nell'ordine dei 500-600 (Fig. 19; Allegato 12) metri in corrispondenza di due depocentri sepolti a NW e SE della struttura di Saluzzo-Sommariva del Bosco (aree di Fossano, Racconigi, Savigliano e Poirino), mentre valori massimi di circa 250 m sono osservabili nel settore centrale del Bacino di Alessandria. Dalle rispettive aree depocentrali, i depositi del Gruppo Acquifero si assottigliano progressivamente in direzione degli attuali bordi dei due bacini.

Il Gruppo Acquifero B è totalmente permeato da acque dolci (Fig. 24; Allegato 13).

6.2.1.3 Gruppo Acquifero C

Il Gruppo Acquifero C corrisponde al sistema P3 del Pliocene medio (Fig. 9).

Nel Bacino di Savigliano esso è prevalentemente costituito da depositi continentali con abbondanti livelli di torba, rappresentati da alternanze discontinue di sabbie, ghiaie e peliti, passanti ad alternanze continue di peliti prevalenti e sabbie-ghiaiose. Verso N-NE si riscontrano depositi transizionali lagunari-deltizi, che affiorano lungo l'attuale bordo nord orientale del Bacino di Savigliano, in corrispondenza dell'alto di Asti e lungo gli attuali margini settentrionale e meridionale del Bacino di Alessandria, tali depositi sono rappresentati da sabbie e subordinate ghiaie con intercalazioni pelitiche.

All'interno del GA in esame è possibile osservare la presenza di tre UIG di tipo CI, CII e CIII (Figg. 9, 25 e 26; Allegati 19 e 20). L'Unità CI, corrispondente ad un acquifero indifferenziato e si riscontra principalmente ai margini orientale ed occidentali del Bacino di Savigliano e in un'ampia fascia arcuata nel Bacino di Alessandria corrispondente ai margini occidentali, meridionale ed orientali dello stesso. L'Unità CII è riscontrabile nelle porzioni meridionali del Bacino di Savigliano, mentre nel Bacino di Alessandria si può osservare in una stretta fascia nei suoi margini settentrionale. Questa Unità è caratterizzata da Acquiferi Multistrato con ridotta continuità dei livelli a bassa permeabilità. L'Unità Idrogeologica CIII è invece osservabile nelle porzioni centro-settentrionali del Bacino di Savigliano e in un piccolo settore settentrionale del Bacino di Alessandria ed è caratteriz-

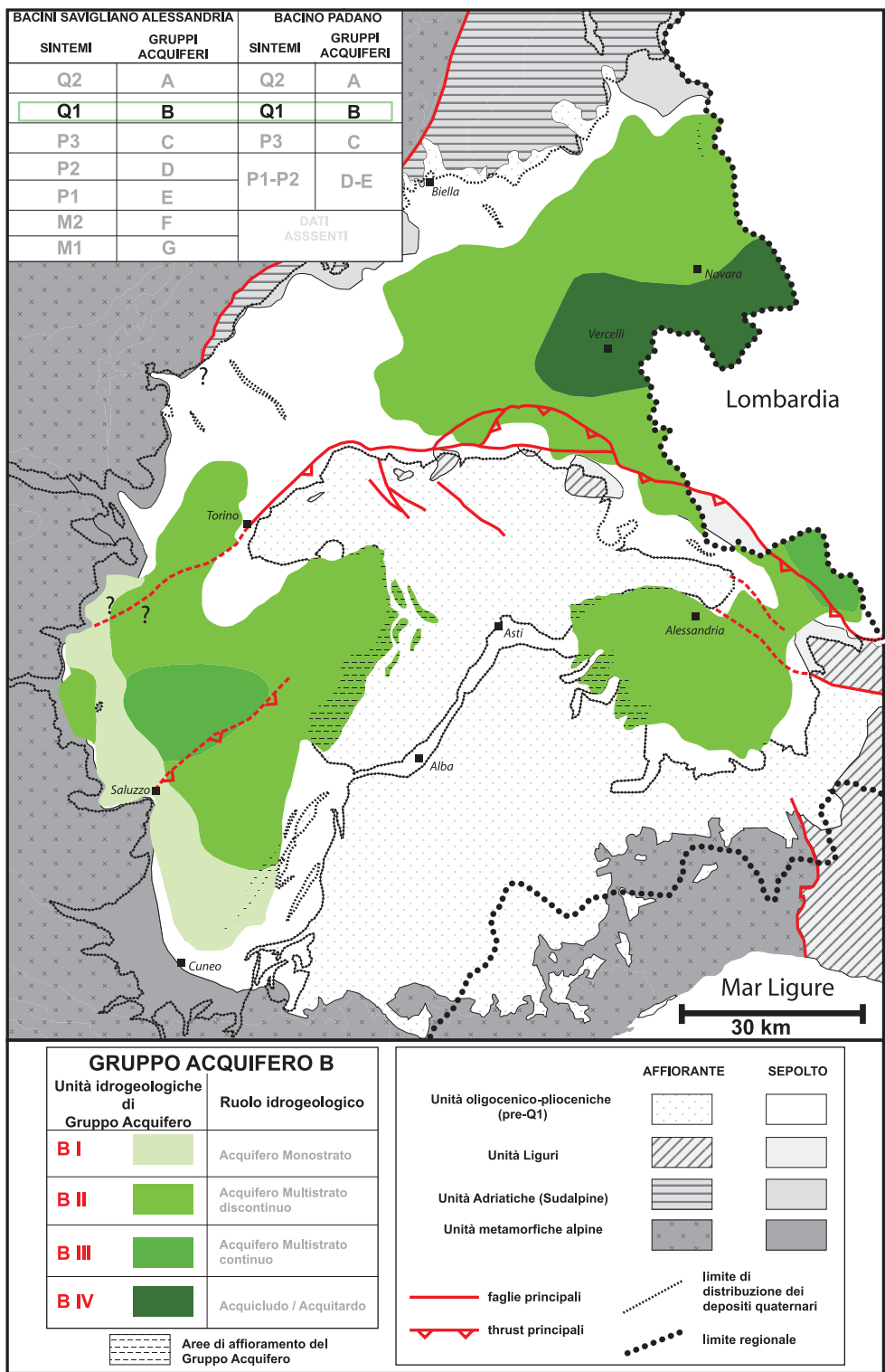


Fig. 22: Distribuzione di superficie e di sottosuolo delle Unità idrogeologiche alla base del Gruppo Acquifero B (sintema Q1 – Pleistocene inferiore) nei Bacini di Savigliano ed Alessandria e nel Bacino Padano

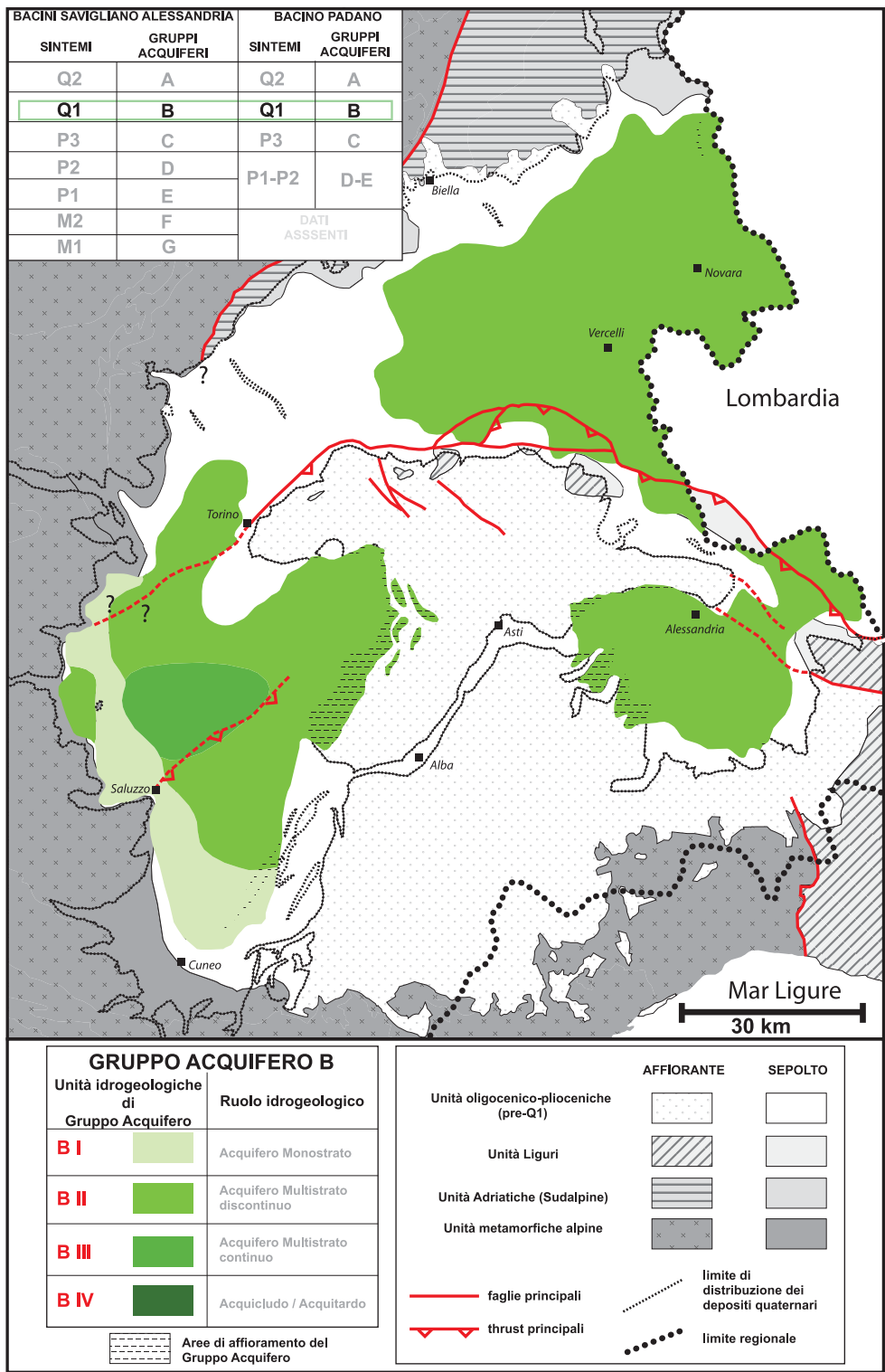


Fig. 23: Distribuzione di superficie e di sottosuolo delle Unità idrogeologiche al tetto del Gruppo Acquifero B (sintema Q1 – Pleistocene inferiore) nei Bacini di Savigliano ed Alessandria e nel Bacino Padano.

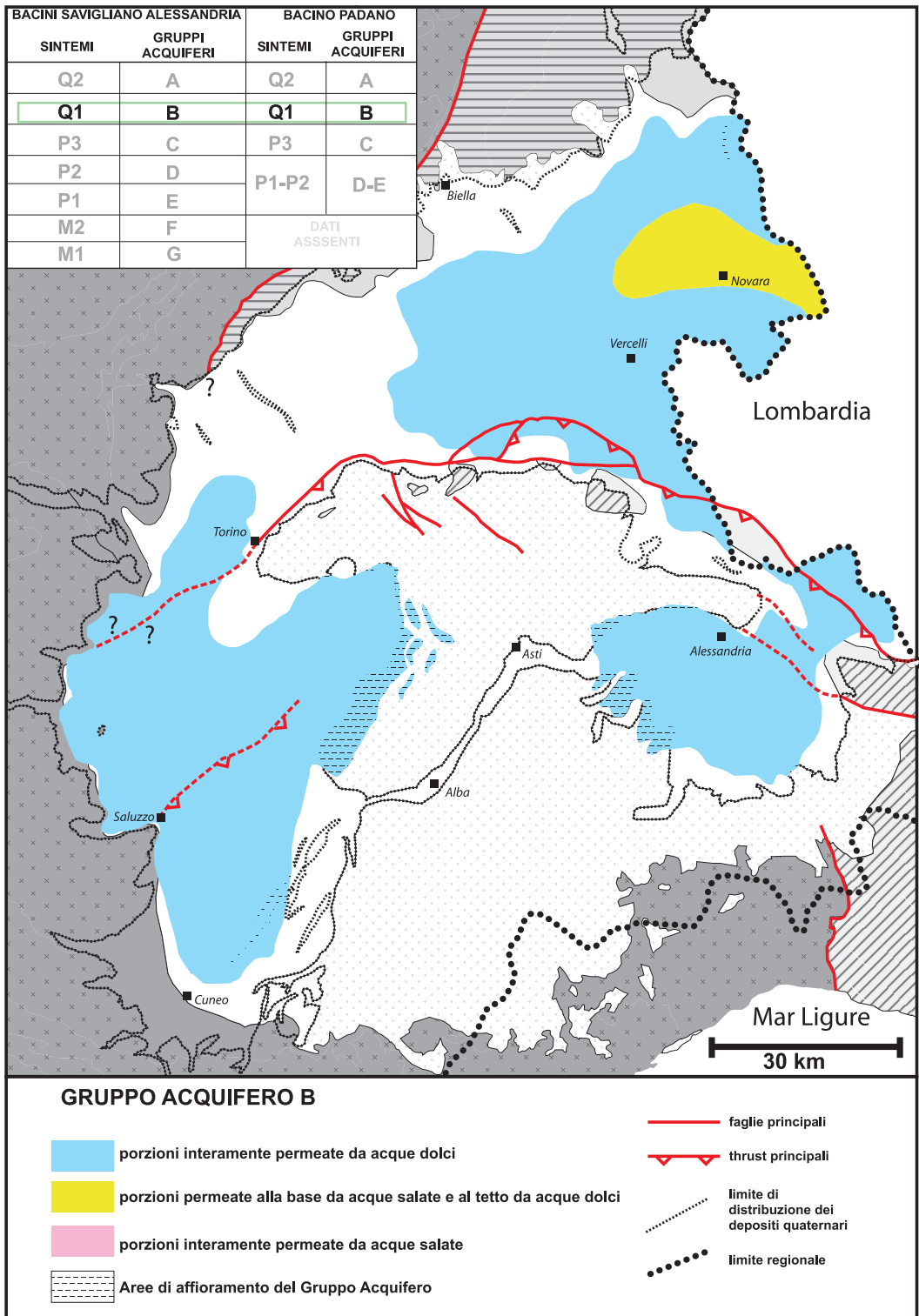


Fig. 24: Distribuzione delle acque a diverso tenore salino all'interno del Gruppo Acquifero B nei Bacini di Savigliano ed Alessandria e nel Bacino Padano.

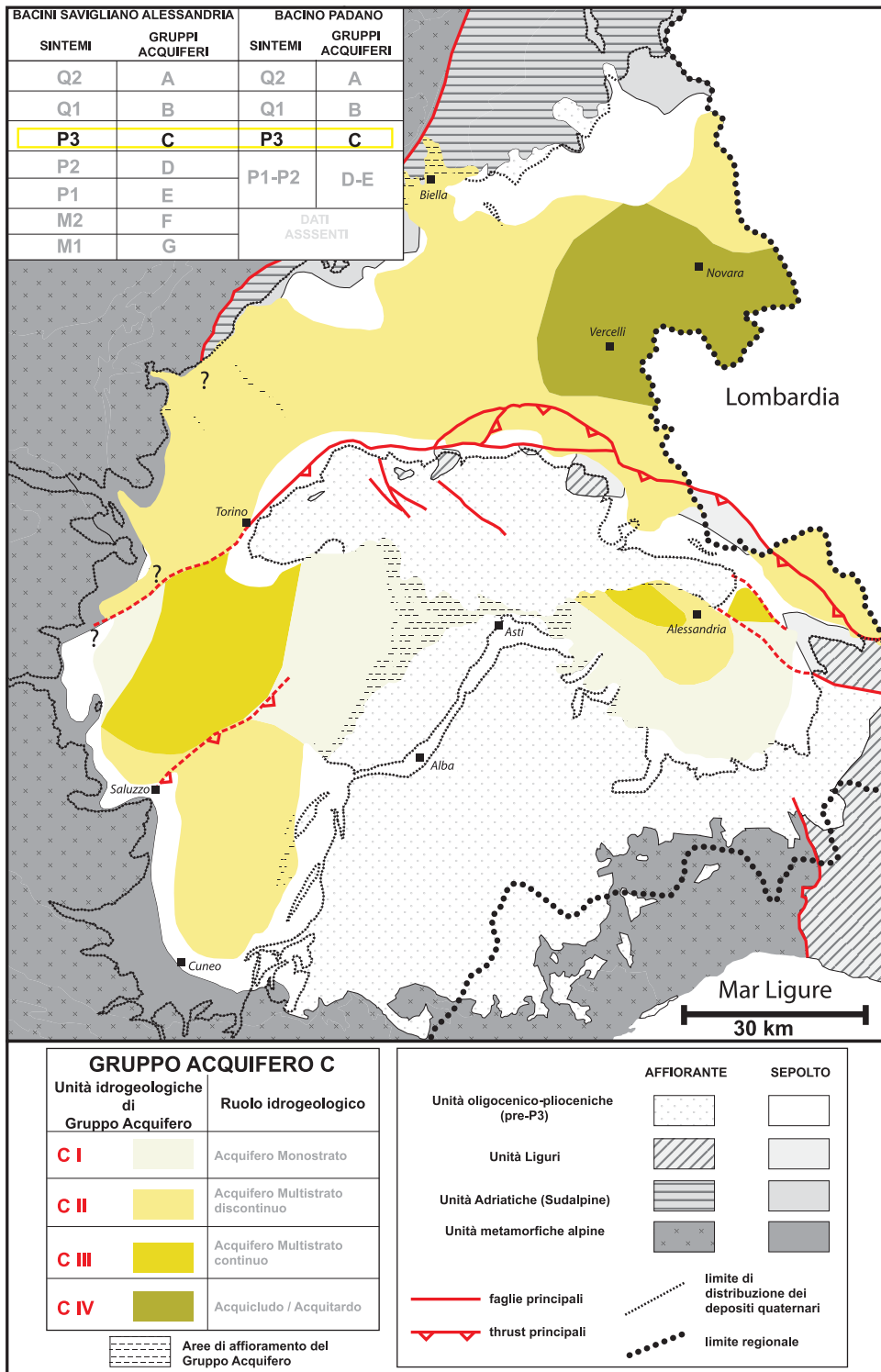


Fig. 25: Distribuzione di superficie e di sottosuolo delle Unità idrogeologiche alla base del Gruppo Acquifero C (sintema P3 – Pliocene medio- superiore) nei Bacini di Savigliano ed Alessandria e nel Bacino Padano.

zata da Acquiferi Multistrato con elevata continuità laterale dei setti a ridotta permeabilità.

Nelle figg. 25 e 26 è possibile osservare come vi sia una sostanziale corrispondenza tra la distribuzione delle Unità Idrogeologiche alla base ed al tetto del Gruppo Acquifero D.

Il GA presenta potenze variabili da pochi metri ai margini dei bacini fino a spessori massimi di 500 m nel settore centrale del Bacino di Savigliano e di 700 m nel settore centrale del Bacino di Alessandria (Fig 18; Allegato 17).

Le acque dolci permeano totalmente l'intero spessore di questo gruppo, eccetto nell'areale di Quargnetto (Bacino di Alessandria) ove, nelle porzioni inferiori della successione, si posiziona l'interfaccia acqua dolce-acqua salmastra/salata (Fig. 27; Allegato 18).

6.2.1.4 Gruppo Acquifero D

Il Gruppo Acquifero D corrisponde al sistema P2 del Pliocene inferiore-medio (Fig. 9).

Tale Gruppo nel settore occidentale e meridionale del Bacino di Savigliano è contraddistinto da depositi ghiaiosi e sabbiosi prevalenti con orizzonti limoso argillosi discontinui e con torbe di pianura alluvionale e deltizia-tidale. Su tutta la restante area del bacino di Savigliano e nel bacino di Alessandria si possono riscontrare invece depositi litorali, di piattaforma interna e di fronte deltizio costituiti da depositi sabbiosi con ghiaie e subordinate lenti pelitiche sostituite nelle aree più distali da alternanze sabbioso-pelitiche continue. A loro volta, i depositi transizionali passano verso bacino a depositi marini profondi che costituiscono una fascia che da Fossano si allarga verso nord in corrispondenza della direttrice Moretta-Sommariva del Bosco, si rastrema nell'astigiano per poi espandersi nuovamente nel Bacino di Alessandria. Questi ultimi depositi sono costituiti da alternanze discontinue sabbioso-pelitiche che verso est lasciano il posto a peliti e peliti con intervalli sabbiosi continui.

In base alle associazioni di litofacies e alla loro distribuzione è possibile distinguere all'interno del GA in esame quattro UIG (DI, DII, DIII e DIV; Figg. 9, 28 e 29; Allegati 24 e 25). L'Unità DI, corrispondente ad un acquifero indifferenziato, si riscontra principalmente al margine occidentale del Bacino di Savigliano e in un'ampia fascia in posizione centro-orientale nelle porzioni superiori del Gruppo Acquifero nel Bacino di Alessandria. L'Unità DII è riscontrabile nelle porzioni centro-orientali del Bacino di Savigliano, mentre nel Bacino di Alessandria si può osservare solamente in una fascia posta al margine occidentale. Questa Unità è caratterizzata da Acquiferi Multistrato con ridotta continuità dei livelli a bassa permeabilità. L'Unità Idrogeologica DIII è invece osservabile nelle porzioni orientali e settentrionali del Bacino di Savigliano alla base del Gruppo Acquifero e nei settori centro-orientali del Bacino di Alessandria ed è caratterizzata da Acquiferi Multistrato con elevata continuità laterale dei setti a ridotta permeabilità. Inoltre è possibile osservare in una fascia arcuata nei margini settentrionali, occidentali e meridionali del Bacino di Savigliano la presenza dell'Unità Idrogeologica DIV con ruolo idrogeologico di acquicludo.

Nelle figg. 28 e 29 è possibile osservare come vi sia una differenziazione spaziale della distribuzione delle Unità Idrogeologiche tra la base ed il tetto del Gruppo Acquifero; in particolar modo è possibile osservare al tetto del Gruppo la scomparsa dell'UI DIV ed una riduzione spaziale dell'UI DIII in posizione marginale nel Bacino di Savigliano e depocentrale nel Bacino di Alessandria.

Il GA presenta potenze variabili da pochi metri nelle zone di affioramento ai margini dei bacini fino a valori di 600 m in corrispondenza di aree prossime a Carignano, Pralormo, Marene nel cuneese, e fino a 750-800 m in corrispondenza di aree prossime a Castellazzo Bormida e Oviglio nell'alessandrino (Fig. 17; Allegato 22).

Nel primo dei due Bacini il Gruppo Acquifero risulta quasi totalmente permeato da acque dolci (Fig. 30; Allegato 23) all'infuori di una fascia stretta ad andamento SO-NE tra Moretta e Asti dove alla base del Gruppo è possibile riscontrare la presenza di acque salate. Il

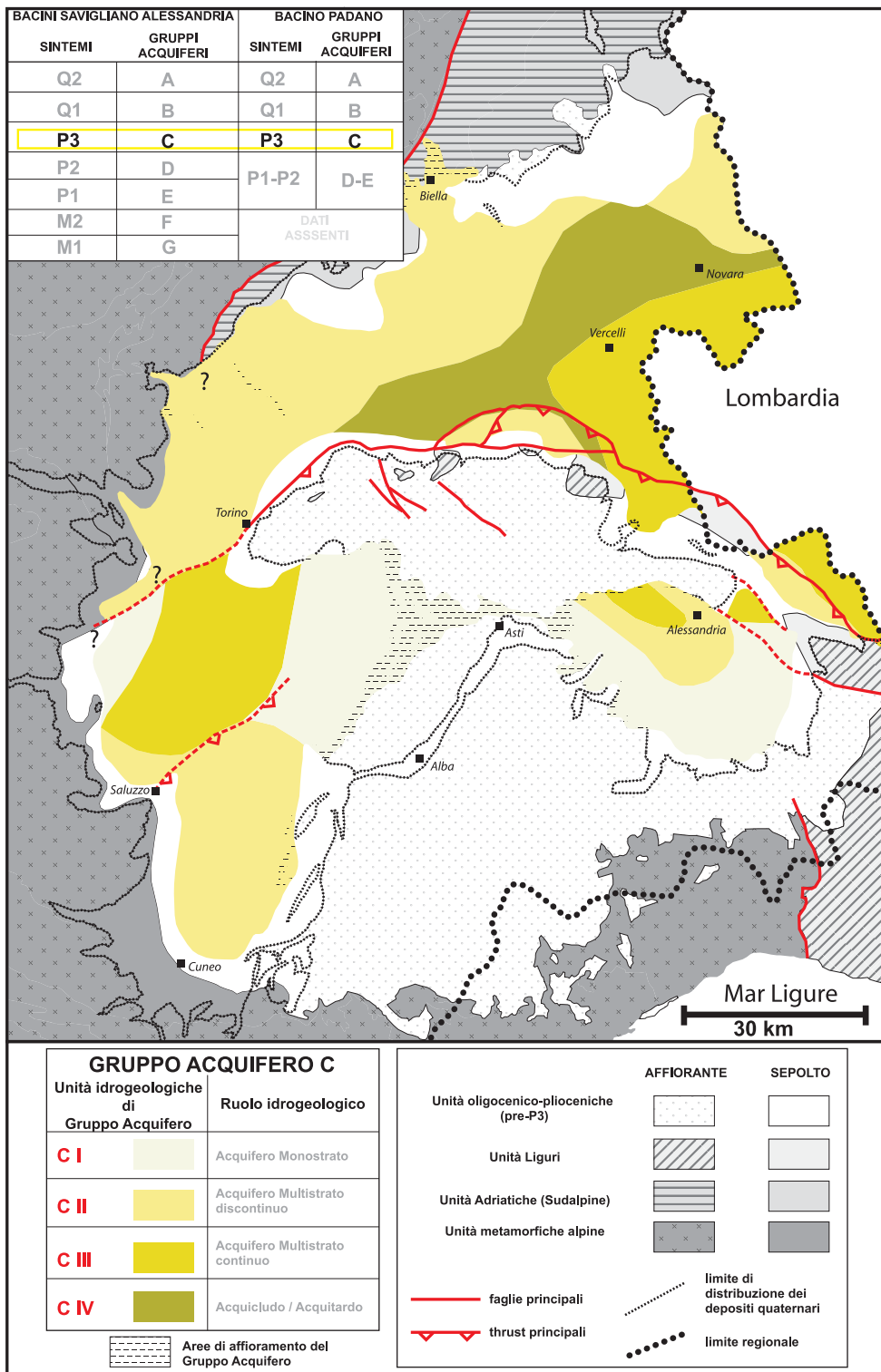


Fig. 26: Distribuzione di superficie e di sottosuolo delle Unità idrogeologiche al tetto del Gruppo Acquifero C (sintema P3 – Pliocene medio- superiore) nei Bacini di Savigliano ed Alessandria e nel Bacino Padano.

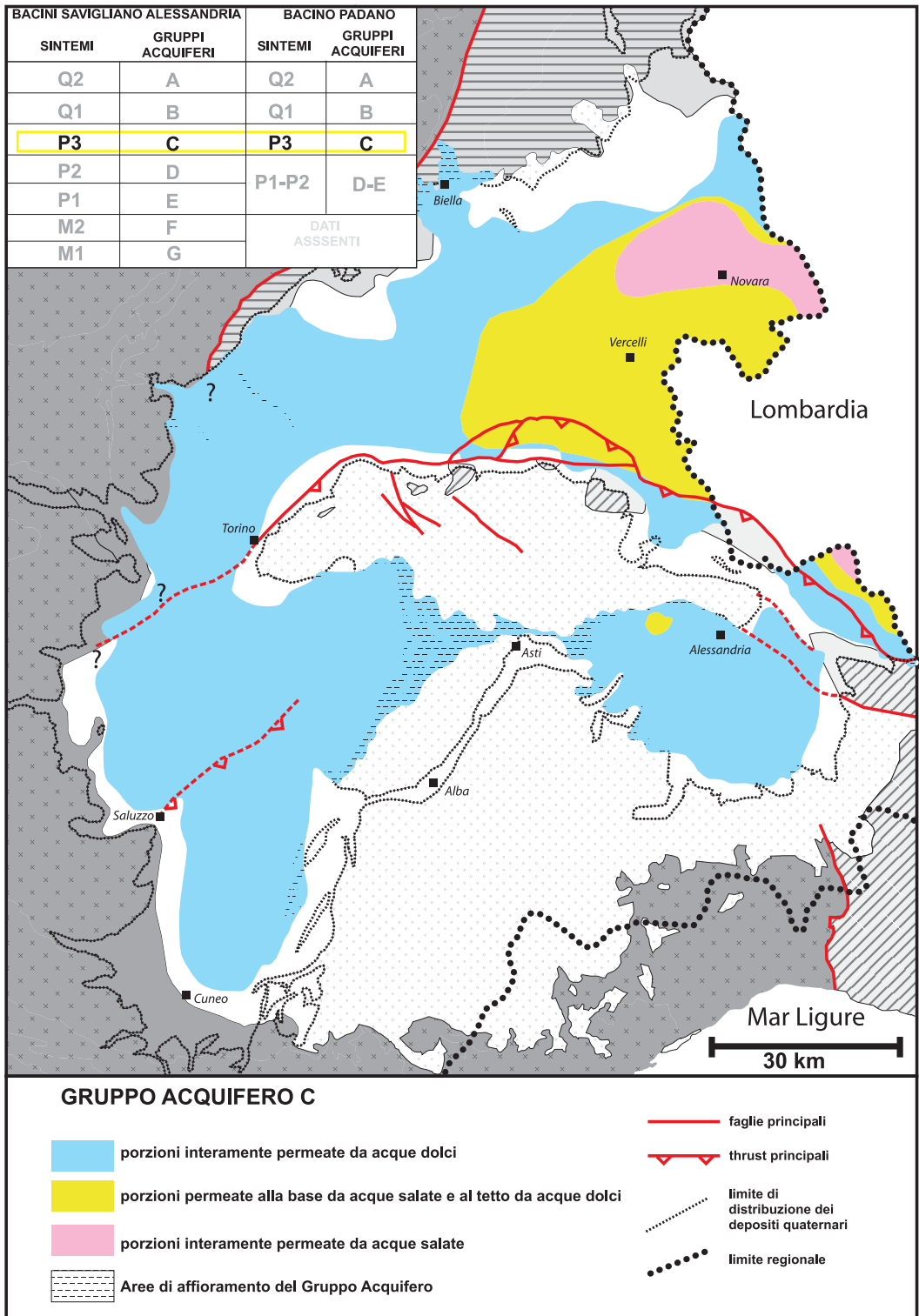


Fig. 27: Distribuzione delle acque a diverso tenore salino all'interno del Gruppo Acquifero C nei Bacini di Savigliano ed Alessandria e nel Bacino Padano.

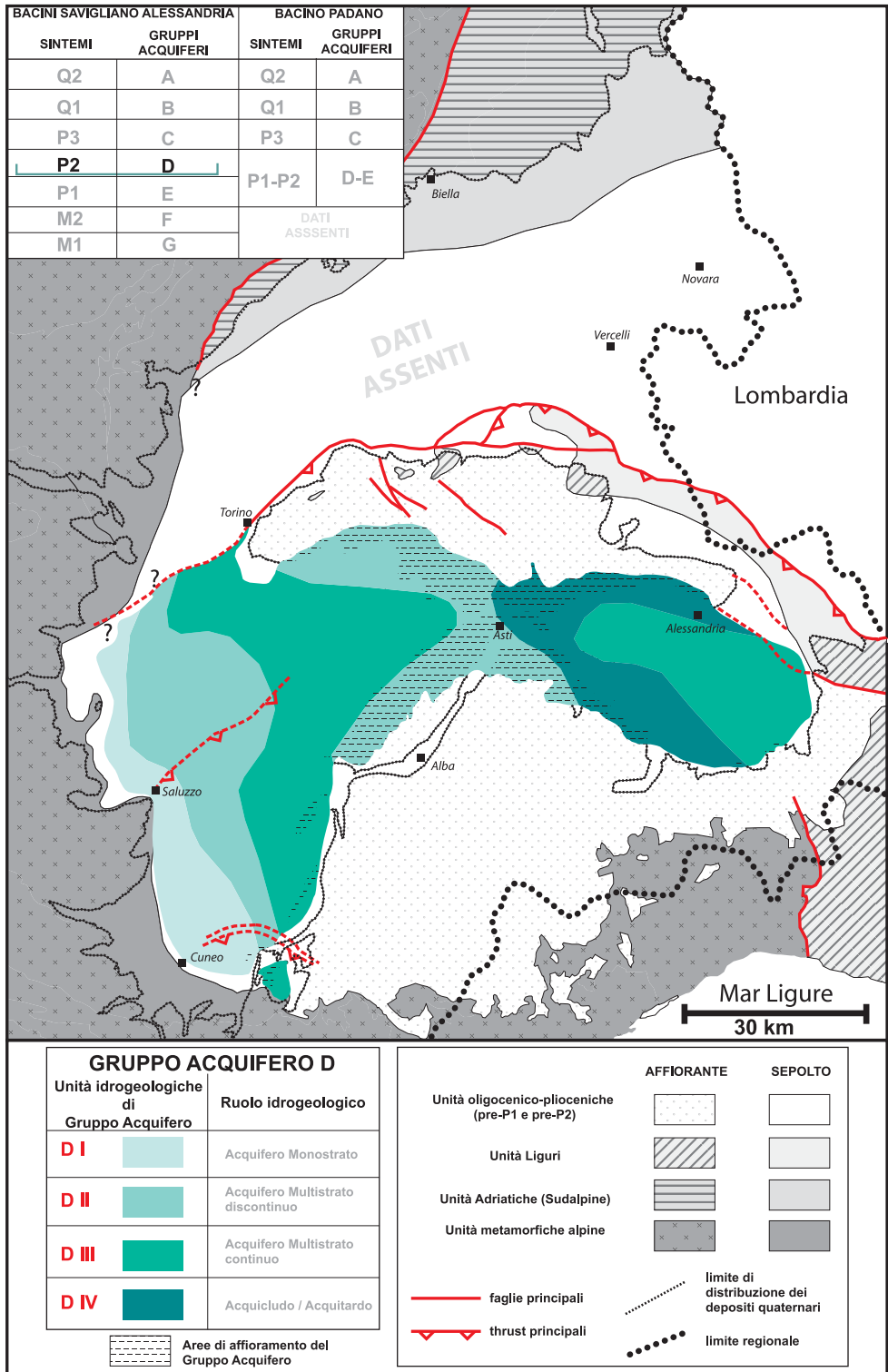


Fig. 28: Distribuzione di superficie e di sottosuolo delle Unità idrogeologiche alla base del Gruppo Acquifero D (sintema P2 - Pliocene inferiore-medio) nei Bacini di Savigliano ed Alessandria.

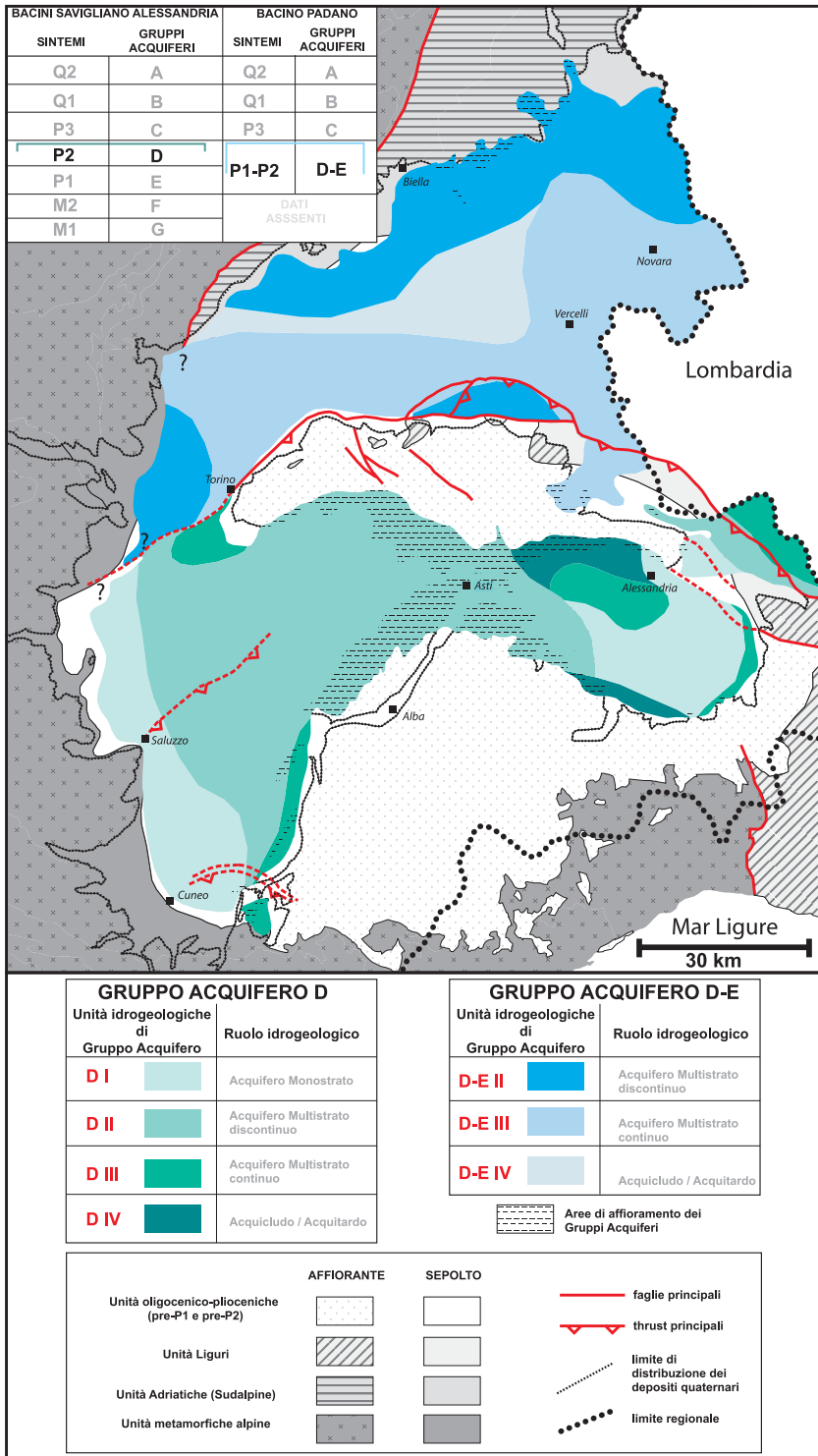


Fig. 29: Distribuzione di superficie e di sottosuolo delle Unità idrogeologiche al tetto del Gruppo Acquifero D (sintema P2 - Pliocene inferiore-medio) nei Bacini di Savigliano ed Alessandria, e al tetto del Gruppo Acquifero D-E (supersintema P1- Pliocene inferiore-medio) nel Bacino Padano.

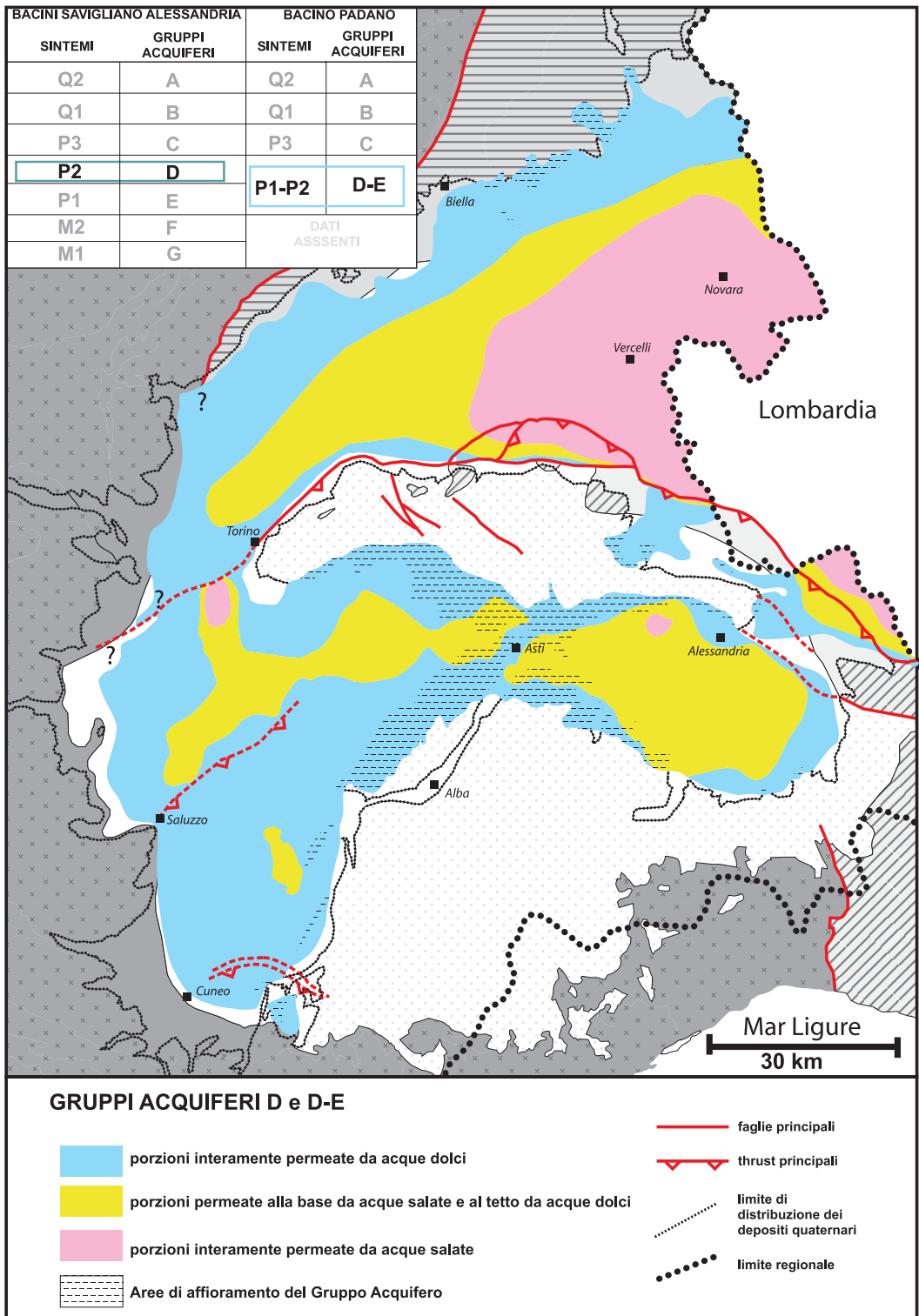


Fig. 30: Distribuzione delle acque a diverso tenore salino all'interno del Gruppo Acquifero D (Bacini di Savigliano ed Alessandria) e del Gruppo Acquifero D-E (Bacino Padano).

Gruppo Acquifero nel Bacino di Alessandria è al contrario caratterizzato alla sua base quasi sempre da acque ad elevata salinità; fanno eccezione i margini, contraddistinti totalmente da acque dolci e l'area di Quargento ove il Gruppo risulta totalmente permeato da acque salmastre-salate.

6.2.1.5 Gruppo Acquifero E

Il Gruppo Acquifero E corrisponde al sistema P1, del Pliocene inferiore (Fig. 9).

Le associazioni di litofacies di questo Gruppo sono prevalentemente a granulometria fine ed attribuibili a deposizione marina profonda essendo caratterizzati prevalentemente da alternanze continue di strati da metrici a plurimetrici di areniti/ruditi e peliti/marne in percentuali variabili (zone depocentrali del Bacino di Alessandria e del Bacino di Savigliano) passanti a peliti/marne prevalenti ai margini orientali del Bacino di Savigliano, a quelli meridionali del Bacino di Alessandria e nell'astigiano. Solamente ai margini occidentali del Bacino di Savigliano è possibile osservare un minore continuità laterale dei setti impermeabili.

In base alle associazioni di litofacies e alla loro distribuzione all'interno del Gruppo Acquifero E, è possibile distinguere quattro UIG (EI, EII, EIII e EIV) (Figg. 9, 31 e 32; Allegati 29 e 30). L'Unità EI, corrispondente ad un acquifero indifferenziato e si riscontra solamente al margine occidentale del Bacino di Savigliano. Sempre ai margini occidentali del Bacino di Savigliano ma in un'area più estesa è possibile osservare la presenza dell'UI EII. Questa Unità è caratterizzata da Acquiferi Multistrato con ridotta continuità dei livelli a bassa permeabilità. L'Unità EIII, che è la più diffusa nel Gruppo Acquifero, è principalmente distribuita nelle porzioni depocentrali dei due bacini ed è caratterizzata da Acquiferi Multistrato con elevata continuità laterale dei setti a ridotta permeabilità. In ultimo si può riscontrare con ruolo di acquicludo nei settori di transizione dei due bacini (astigiano), nelle porzioni meridionali del Bacino di Alessandria e nei settori orientali del Bacino di Savigliano l'UI EIV. Nelle figg. 31 e 32 è possibile osservare come vi sia una sostanziale corrispondenza tra la distribuzione delle Unità Idrogeologiche alla base ed al tetto del Gruppo Acquifero E.

Il Gruppo Acquifero presenta potenze variabili da pochi metri nelle zone di affioramento ai margini dei bacini fino a valori massimi di circa 400-450 m nel Bacino di Savigliano e di circa 200-250 m nel depocentro del Bacino di Alessandria (Fig. 15; Allegato 27).

Il Gruppo Acquifero risulta quasi totalmente permeato da acque salate nel Bacino di Alessandria (Fig. 33; Allegato 28); nel Bacino di Savigliano, invece, il Gruppo Acquifero appare permeato per tutto il suo spessore da acque salate solamente in una fascia allungata ad andamento SO-NE lungo la direttrice Saluzzo-Asti il GA. Lateralmente a tale fascia è possibile distinguere un'area contraddistinta da acqua salate solamente alla base del GA, mentre ai margini dei bacini il GA è totalmente permeato da acque dolci.

6.2.1.6 Gruppo Acquifero F

Il Gruppo Acquifero F corrisponde al sistema M2, del Messiniano superiore (Fig. 9). Nei settori meridionali dei bacini e lungo il margine occidentale sepolto del Bacino di Savigliano nel GA sono riconoscibili associazioni di litofacies pelitico-sabbiose e conglomeratiche relative a sistemi deposizionali di delta-conoide. Lateralmente a questi ultimi e verso i depocentri sono presenti depositi transizionali, prevalentemente rappresentati da alternanze continue di sabbie e ghiaie con peliti.

In base alle associazioni di litofacies e alla loro distribuzione all'interno del Gruppo Acquifero E è possibile distinguere due UIG (FII, FIII; Figg. 9 e 34; Allegati 34 e 35). Buona parte del Gruppo Acquifero è contraddistinto dall'UI FII, corrispondente ad un Acquifero Multistrato con ridotta continuità dei livelli a bassa permeabilità. L'Unità FIII è invece

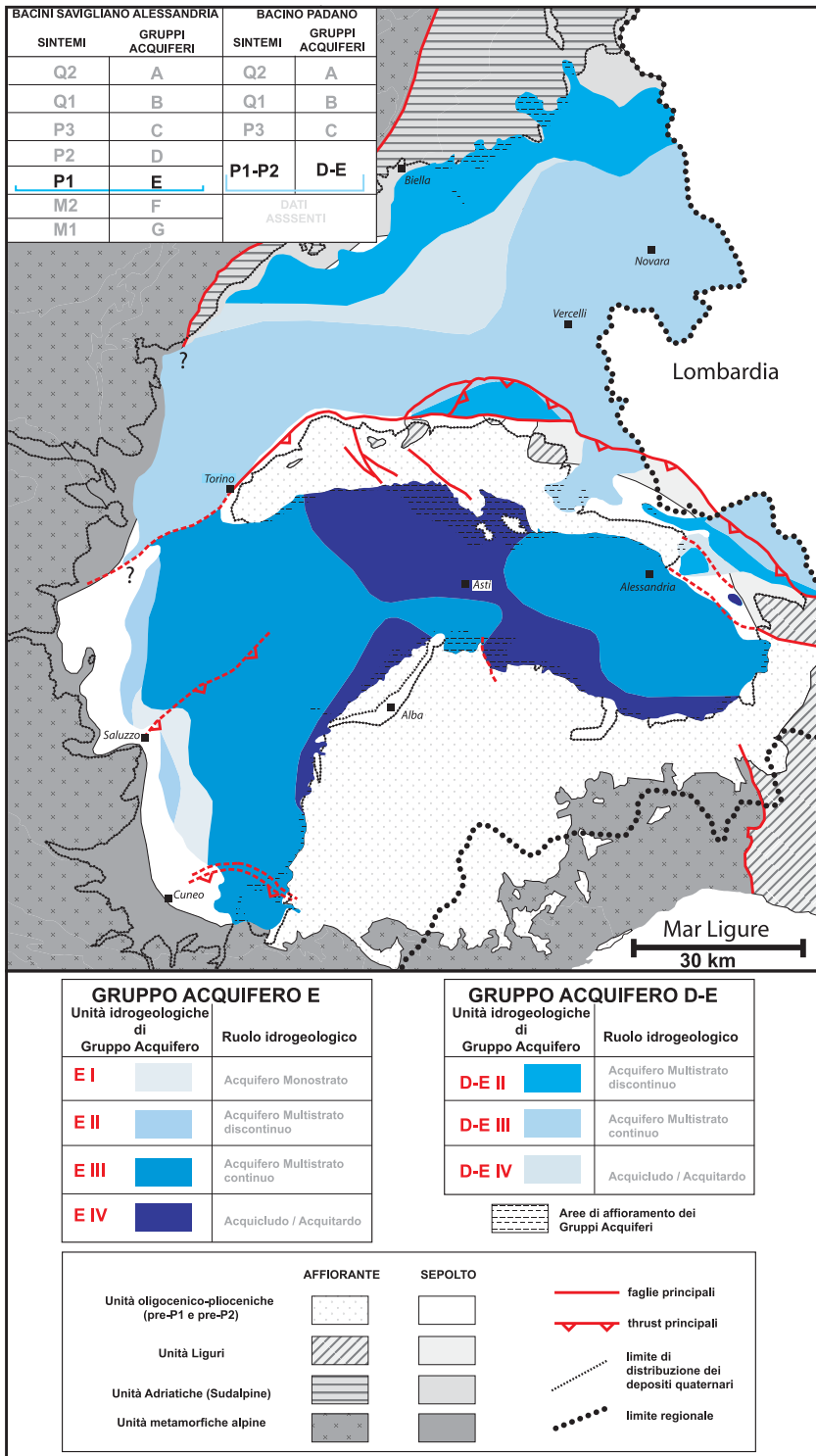


Fig. 31: Distribuzione di superficie e di sottosuolo delle Unità idrogeologiche alla base del Gruppo Acquifero E (sintema P1 - Pliocene inferiore) nei Bacini di Savigliano ed Alessandria, e alla base del Gruppo Acquifero D-E (supersintema P1- Pliocene inferiore-medio) nel Bacino Padano.

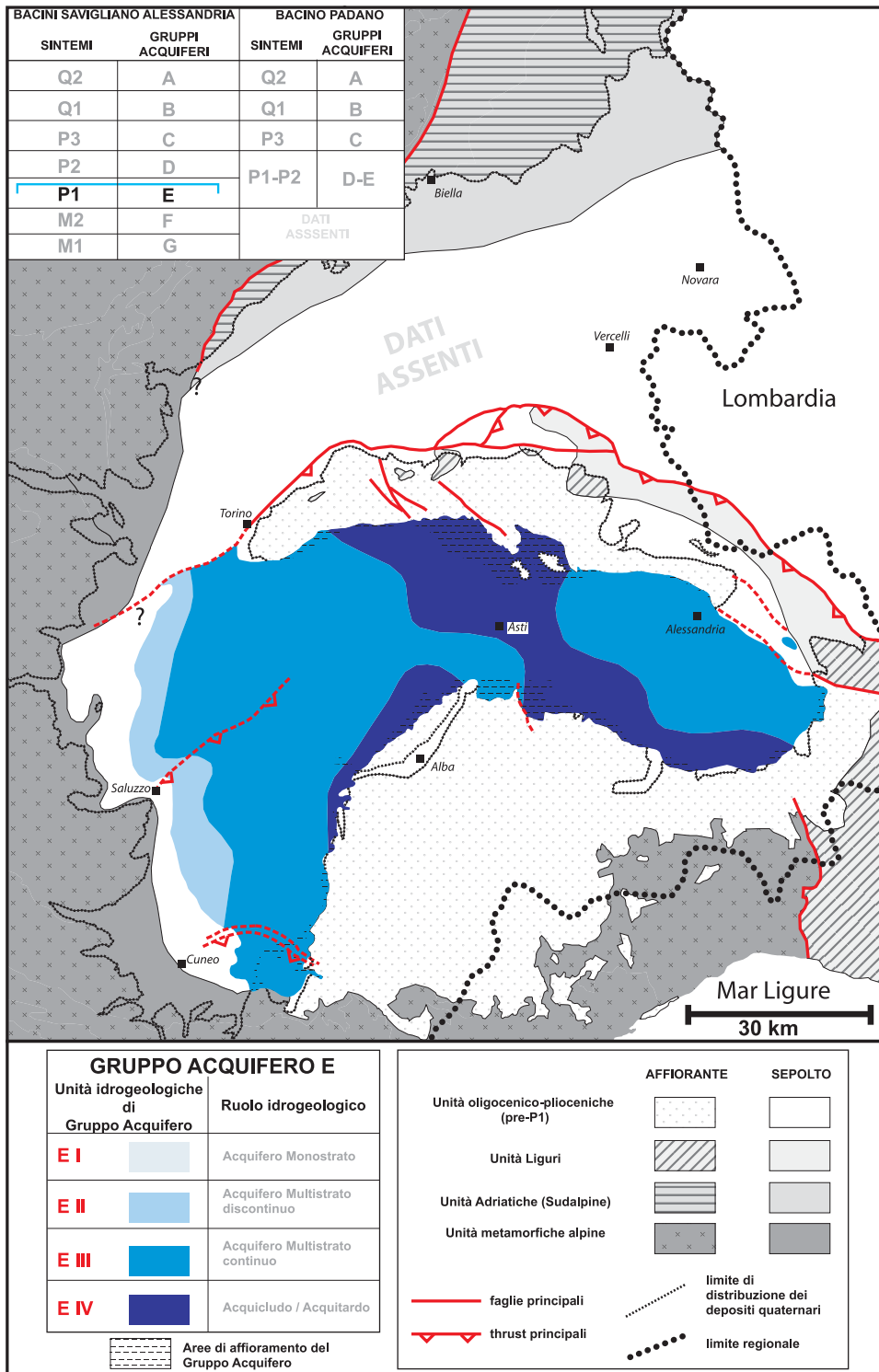


Fig. 32: Distribuzione di superficie e di sottosuolo delle Unità idrogeologiche al tetto del Gruppo Acquifero E (sintema P1 - Pliocene inferiore) nei Bacini di Savigliano ed Alessandria.

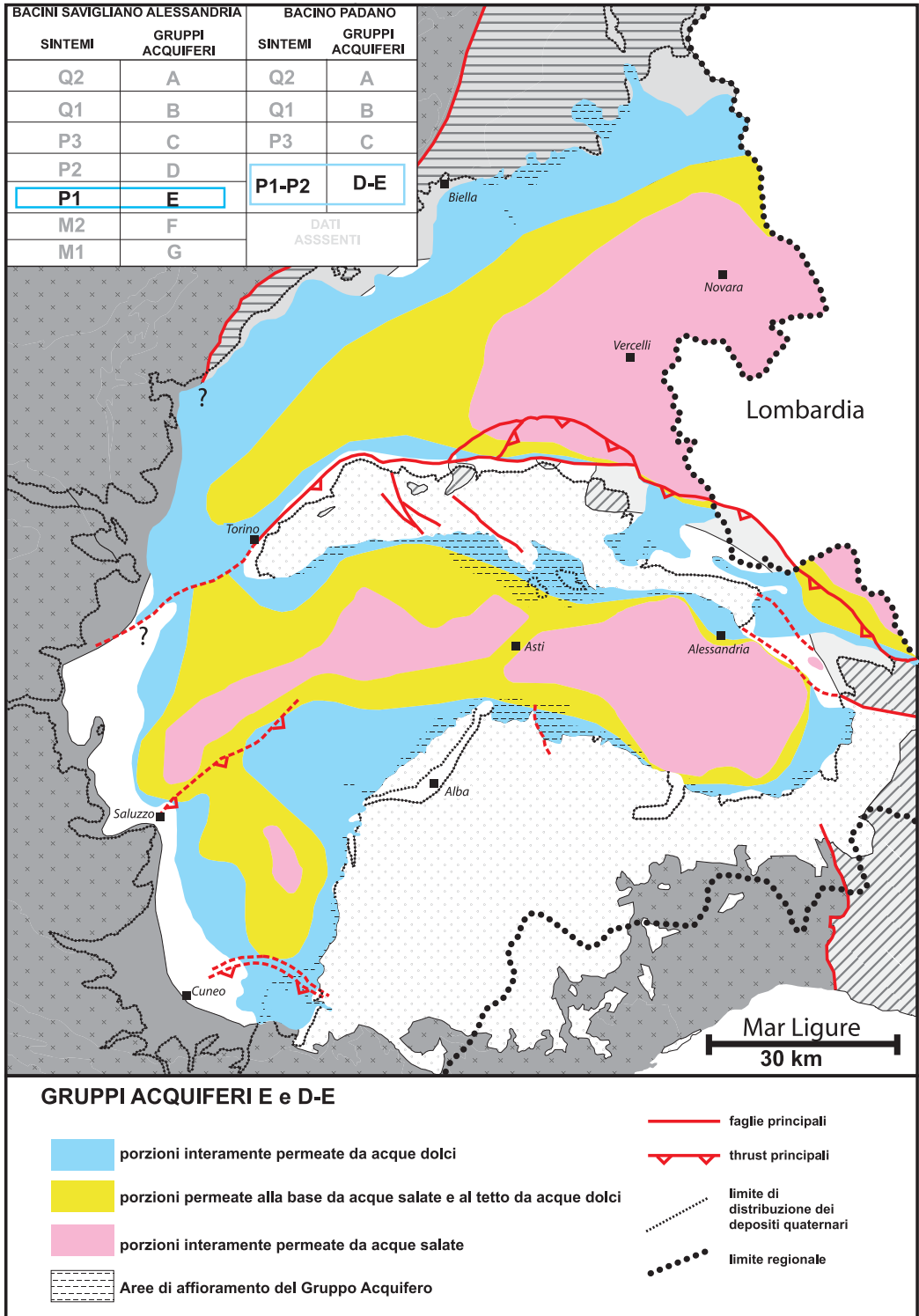


Fig. 33: Distribuzione delle acque a diverso tenore salino all'interno del Gruppo Acquifero E (Bacini di Savigliano ed Alessandria) e del Gruppo Acquifero D-E (Bacino Padano).

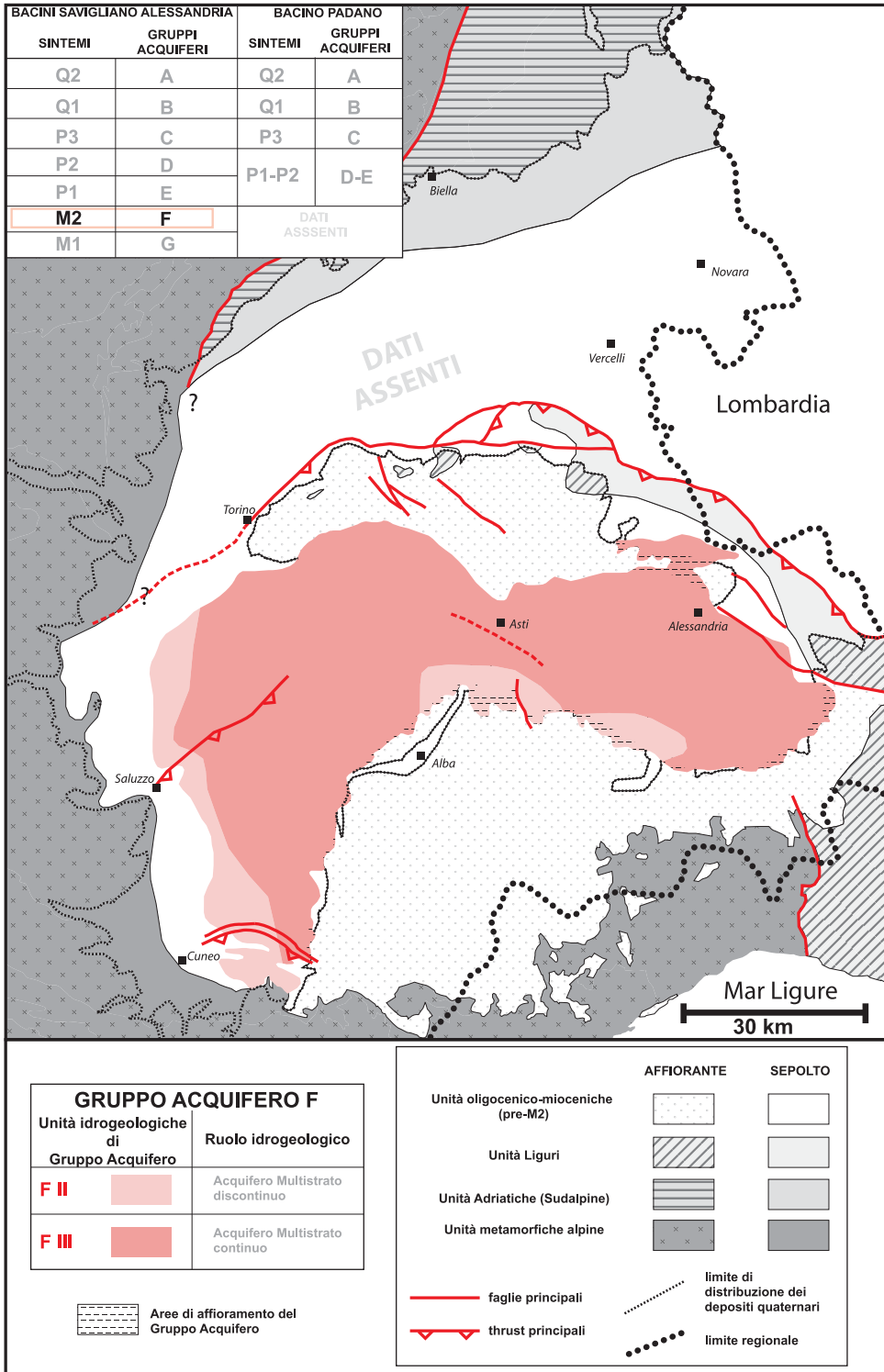


Fig. 34: Distribuzione di superficie e di sottosuolo delle Unità idrogeologiche alla base ed al tetto del Gruppo Acquifero F (sintema M2 - Messiniano superiore) nei Bacini di Savigliano ed Alessandria.

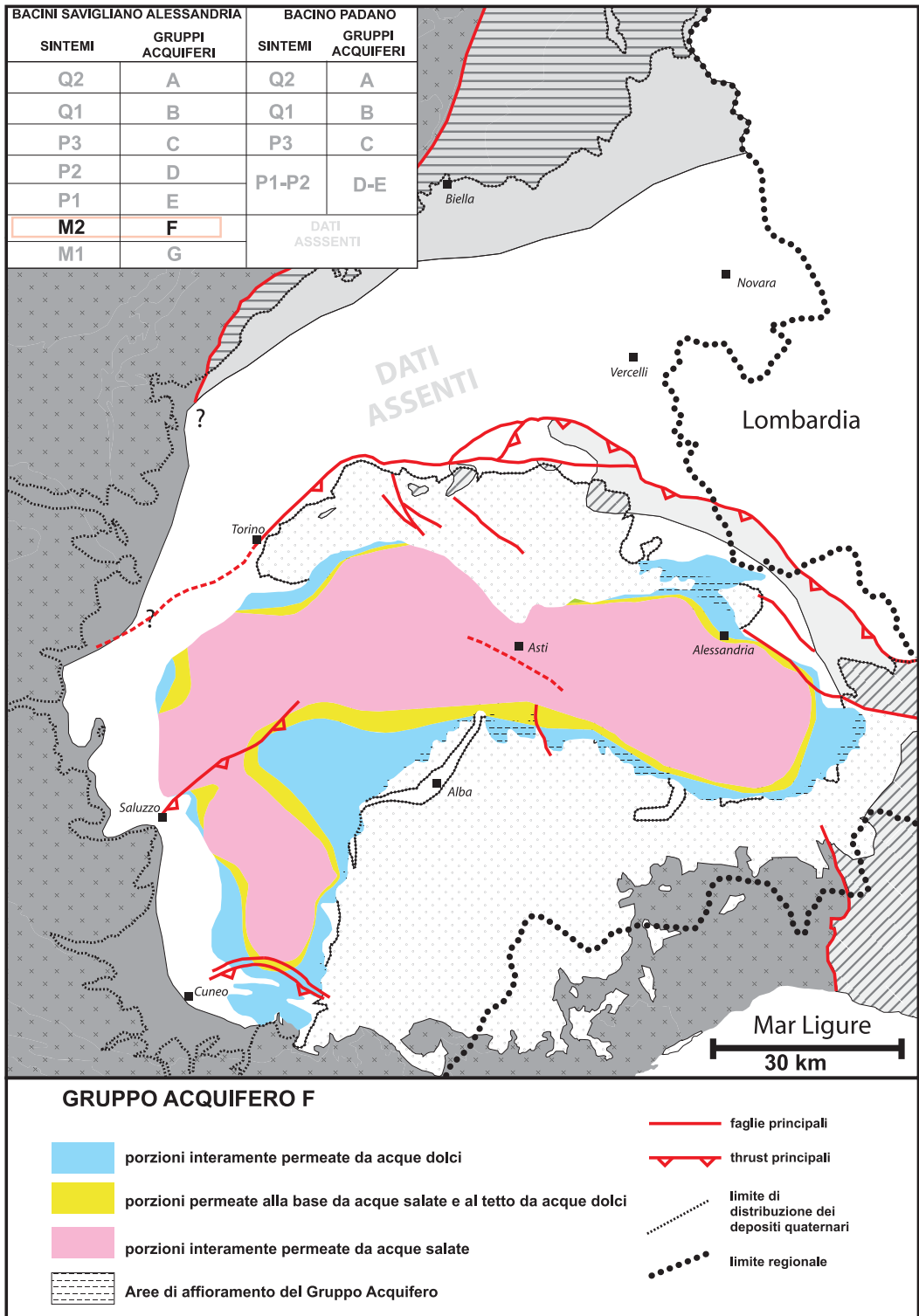


Fig. 35: Distribuzione delle acque a diverso tenore salino all'interno del Gruppo Acquifero F nei Bacini di Savigliano ed Alessandria.

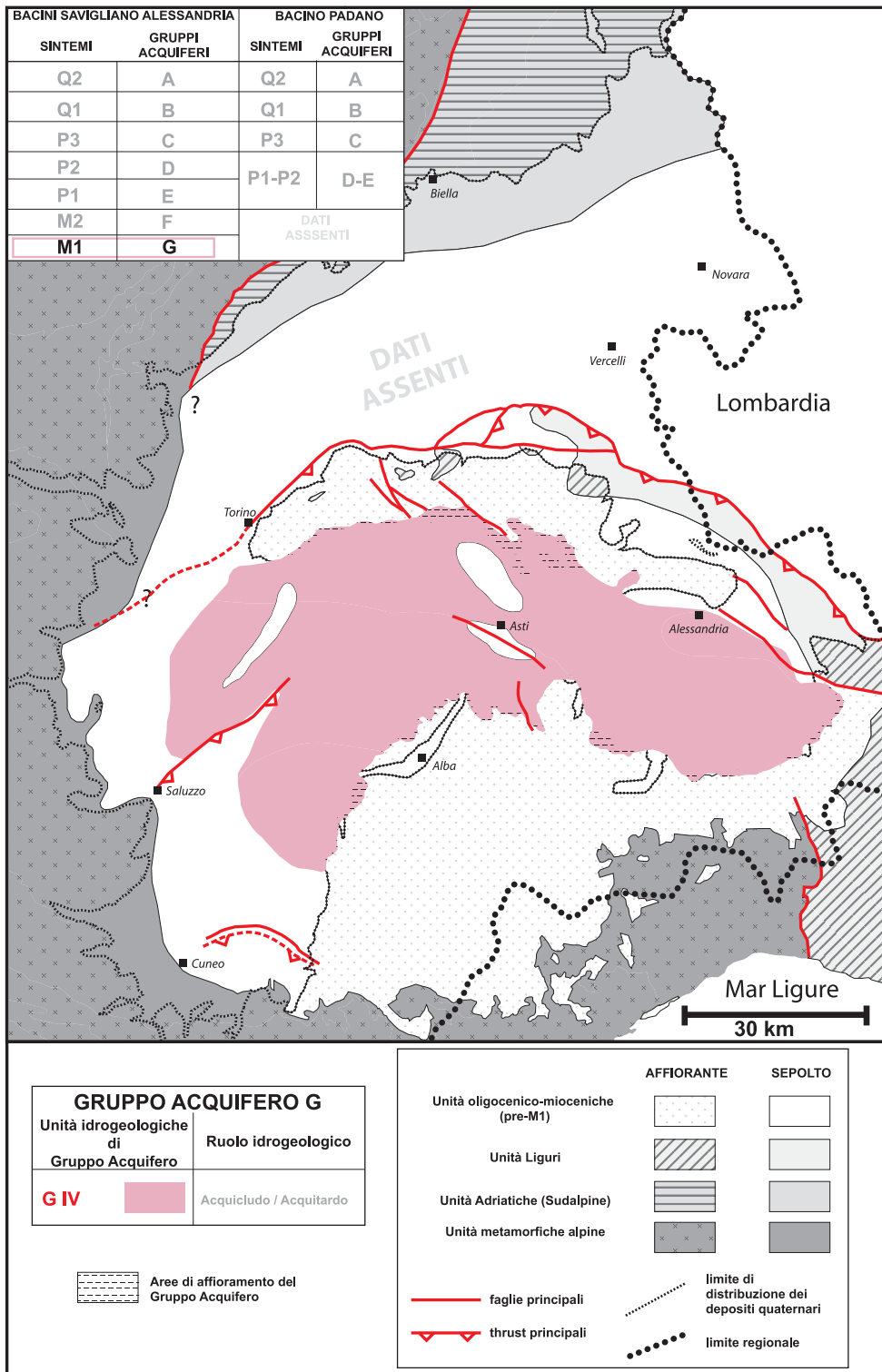


Fig. 36: Distribuzione di superficie e di sottosuolo delle Unità idrogeologiche alla base ed al tetto del Gruppo Acquifero G (sintema M1 - Messiniano superiore) nei Bacini di Savigliano ed Alessandria

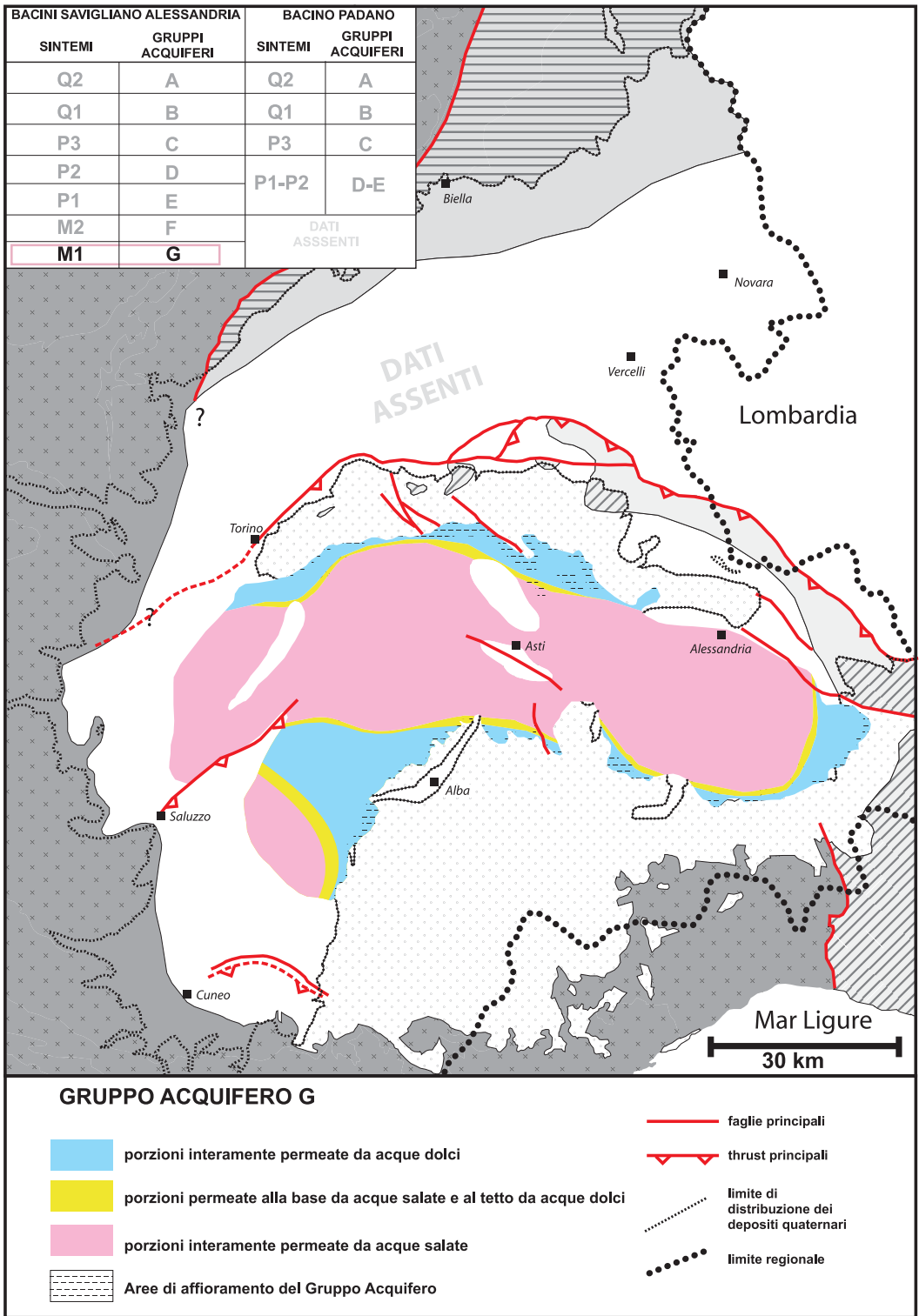


Fig. 37: Distribuzione delle acque a diverso tenore salino all'interno del Gruppo Acquifero G nei Bacini di Savigliano ed Alessandria.

riscontrabile in pozioni marginali nei settori occidentali del Bacino di Savigliano e nei meridionali del Bacino di Alessandria ove costituisce un Acquifero Multistrato con elevata continuità laterale dei setti a ridotta permeabilità. Vi è una sostanziale corrispondenza tra la distribuzione delle Unità Idrogeologiche alla base ed al tetto del Gruppo Acquifero F.

Lo spessore del Gruppo Acquifero presenta potenze variabili da pochi metri ai margini dei bacini fino a valori prossimi ai 400 metri in aree depocentrali nei due bacini (Fig. 14; Allegato 32).

In base alla distribuzione dell'interfaccia acqua dolce-acqua salmastra si può desumere che il GA sia quasi totalmente permeato da acque salate (Fig.35; Allegato 33) solo nelle porzioni centrali dei Bacini, mentre ai margini sono presenti fasce più o meno estese con acque dolci.

6.2.1.7 Gruppo Acquifero G

Il Gruppo Acquifero G corrisponde al sintema M1, del Messiniano superiore (Fig. 9). Esso è costituito da evaporiti risedimentate, rappresentate sia da corpi stratificati discontinui lateralmente (Bacino di Savigliano), sia da estesi complessi caotici (ampiamente distribuiti soprattutto nel Bacino di Alessandria), costituiti da masse e blocchi da decametrici ad ettometrici di evaporiti e carbonati immersi in una matrice fine.

L'intero Gruppo può essere assimilato a un'unica UI, individuata con la sigla GIV con ruolo da acquitardo/acquiclude (Fig. 38; Allegato 39) sebbene localmente siano possibili settori contraddistinti da permeabilità elevata per carsismo.

Lo spessore del Gruppo Acquifero varia da pochi metri in corrispondenza dei margini sepolti fino a 200 metri nel Bacino di Savigliano e di 500 metri nel Bacino di Alessandria (Fig. 13; Allegato 37).

Il GA risulta quasi totalmente permeato da acque ad elevata salinità nelle sue porzioni centrali (Fig. 37; Allegato 38), mentre ai margini e in una estesa fascia del Bacino di Savigliano è permeato da acque dolci per l'intera sequenza del GA.

6.2.2 BACINO PADANO

Nei Bacino Padano sono stati individuati quattro Gruppi Acquiferi; questi sono stati raggruppati in un Acquifero superficiale, in Acquiferi tradizionali profondi e in Acquiferi molto profondi; tale suddivisione tiene conto della distribuzione prevalente in profondità di ogni Gruppo Acquifero (Tabella 9).

Tipo di acquifero	Gruppi Acquiferi
Acquifero superficiale	A
Acquiferi profondi tradizionali	B
	C
Acquiferi molto profondi	D
	E

Tab. 9: Gruppi Acquiferi individuati nel Bacino Padano.

6.2.2.1 Gruppo Acquifero A

Il Gruppo Acquifero A corrisponde al sintema Q2, del Pleistocene medio-Olocene (Fig. 9); esso è caratterizzato da depositi continentali fluviali, glaciali, fluvio-glaciali, lacustri ed eolici.

Buona parte dell'area è contraddistinta da una permeabilità media (UI AII; Fig.21; Allegato 43) che tende a ridursi nel biellese e nell'alto novarese (UI AIV con comportamento da acquitardo) ed aumentare lungo l'asta del Po (UI AI).

In tale area il GA raggiunge profondità massime di 100 m in corrispondenza di aree di conoide, terrazzo, base di rilievi e in aree assiali (Fig. 20; Allegato 42).

Questo GA risulta totalmente permeato da acque dolci anche se si possano riscontrare nelle aree prossime ai rilievi collinari del Monferrato tenori di salinità superiori ai normali da attribuire alla risalita di acque profonde salate.

6.2.2.2 Gruppo Acquifero B

Il Gruppo Acquifero B corrisponde al sintema Q1, del Pleistocene inferiore (Fig. 9). Questo Gruppo è in prevalenza costituito da depositi continentali, corrispondenti ad alternanze discontinue di sabbie e ghiaie prevalenti con peliti, distribuite prevalentemente lungo i margini nord-occidentale e meridionale del bacino, e da alternanze discontinue di peliti e sabbie e ghiaie. Verso le zone depocentrale, il Gruppo è costituito da depositi transizionali prevalentemente rappresentati da peliti con subordinate intercalazioni di sabbie e ghiaie e da alternanze continue di peliti e sabbie e ghiaie.

In base alle associazioni di litofacies e alla loro distribuzione all'interno del Gruppo Acquifero B, è possibile distinguere due UIG di tipo BII e BIV (Figg. 9, 22 e 23; Allegati 47 e 48). L'unità BII rappresenta l'UI principale del Gruppo Acquifero ed è caratterizzata da Acquiferi Multistrato con ridotta continuità dei livelli a bassa permeabilità. Alla base del Gruppo Acquifero questa è l'unica UI presente, mentre al tetto di questa figura in area depocentrale l'Unità Idrogeologica BIV dal ruolo idrogeologico di acquitardo.

Il Gruppo Acquifero presenta potenze variabili da pochi metri nelle zone di affioramento ai margini dei bacini fino a valori prossimi ai 1000 m in corrispondenza dell'area depocentrale del bacino (Fig. 19; Allegato 45).

Il Gruppo Acquifero è quasi totalmente permeato da acque dolci (Fig. 24; Allegato 46) all'infuori di un'area all'intorno di Novara dove alla base del Gruppo è possibile riscontrare la presenza di acque salate.

6.2.2.3 Gruppo Acquifero C

Il Gruppo Acquifero C corrisponde al sintema P3, del Pliocene medio (Fig. 9). Questo Gruppo è costituito da depositi continentali, marini e transizionali. I depositi continentali sono distribuiti prevalentemente nella parte occidentale del Bacino Padano, lungo la fascia pedemontana; essi corrispondono ad alternanze di sabbie e ghiaie prevalenti con peliti passanti verso bacino ad alternanze discontinue di peliti e sabbie e ghiaie, ed a subordinate alternanze discontinue di peliti prevalenti con sabbie e ghiaie, a nord ovest della Collina di Torino.

I depositi continentali passano verso E (sia verso la porzione centrale, sia verso i margini settentrionale e meridionale del bacino) a depositi marini transizionali, corrispondenti ad alternanze discontinue di peliti e sabbie e ghiaie, passanti a peliti con subordinate intercalazioni di sabbie e ghiaie, e minori alternanze continue di peliti prevalenti e sabbie.

A loro volta i depositi transizionali lasciano il posto verso le aree depocentrali orientali a sedimenti marini profondi, riconosciuti esclusivamente nel sottosuolo e prevalentemente corrispondenti ad alternanze continue di peliti prevalenti e sabbie. Il Gruppo Acquifero è contraddistinto nelle sue porzioni superiori da due differenti Unità Idrogeologiche; larga parte di questo è caratterizzata dall'UI CII (Fig. 26; Allegato 52) con ruolo di Acquifero Multistrato e ridotta continuità dei livelli a bassa permeabilità; nelle porzioni depocentrali è presente l'UI CIV con ruolo da acquicludo. La base del Gruppo invece presenta un arretramento del limite tra l'UI CII e l'UI CIV e la presenza in area depocentrale dell'UI CIII (Fig. 25; Allegato 53) con ruolo di Acquifero Multistrato con elevata continuità laterale dei setti a ridotta permeabilità.

Lo spessore di questi depositi varia da pochi metri in corrispondenza dei margini sepoliti fino a spessori di 1200 m in aree assiali del Bacino Padano (Fig. 18; Allegato 50).

I settori più occidentali del GA sono totalmente permeati da acque dolci (Fig. 27; Allegato 51), mentre tutta l'area ad est dell'allineamento Crescentino-Santhià risulta permeata alla base da acque salate che più ad est permeano totalmente l'intera successione per buona parte del novarese.

6.2.2.4 Gruppo Acquifero D-E

Il Gruppo Acquifero D-E corrisponde all'accorpamento dei sistemi P1 e P2, del Pliocene inferiore-medio (Fig. 9).

Esso è contraddistinto da depositi marini transizionali e profondi. I depositi transizionali sono prevalentemente distribuiti nella parte occidentale e settentrionale del Bacino Padano e corrispondono in prevalenza ad alternanze discontinue di peliti e sabbie e ghiaie ed alternanze discontinue di sabbie e ghiaie prevalenti con peliti, passanti ad alternanze continue di peliti prevalenti e sabbie. Localmente sono presenti peliti con subordinate intercalazioni grossolane ed alternanze continue di sabbie e ghiaie prevalenti con peliti. I depositi transizionali passano verso il centro del bacino a depositi marini profondi, rappresentati da alternanze continue di peliti prevalenti e sabbie e da peliti con subordinate intercalazioni di sabbie e ghiaie.

Il Gruppo Acquifero è caratterizzato da tre diverse UI (UI DII, DIII, DIV; Figg. 9, 29 e 31; Allegati 57 e 58). Procedendo da nord verso sud è possibile osservare la transizione dall'UI DII (con Acquiferi Multistrato con ridotta continuità dei livelli a bassa permeabilità) alla DIV (con ruolo da acquicludo) e in ultimo figura la DIII (con ruolo di Acquifero Multistrato con elevata continuità laterale dei setti a ridotta permeabilità). E' possibile osservare come vi sia una sostanziale somiglianza (Figg. 29 e 31) nella distribuzione delle UI tra tetto e base del Gruppo Acquifero all'infuori di una fascia prossima alla Città di Torino ove a tetto del Gruppo si può riscontrare la presenza dell'UI DII ed alla base l'UI DIII.

I valori di spessore di questi depositi variano da pochi metri, in corrispondenza dei margini sepolti, fino a 1400 m nelle aree tra Caluso e Cigliano e in prossimità di Asigliano V.se; valori massimi di 3000 m sono presenti nell'estreme porzioni orientali dell'Alessandrino (Fig. 17; Allegato 55).

Solo i settori marginali di tale GA sono totalmente permeati da acque dolci (Figg. 30 e 33; Allegato 56), una fascia intermedia risulta caratterizzata, nelle porzioni basali del Gruppo da acqua ad elevata salinità, che permea totalmente le aree assiali del GA ad est dell'allineamento Santhià-Crescentino.

6.3 INTERFACCIA ACQUA DOLCE – ACQUA SALMASTRA / SALATA

6.3.1 INTRODUZIONE

I grandi bacini sedimentari sono generalmente caratterizzati, alla base delle loro successioni stratigrafiche, dalla presenza di acque ad elevata salinità.

Tali acque possono essere generalmente rappresentate da acque "residuali" (connate) dal tempo della deposizione in ambiente marino.

Il chimismo delle acque originarie, intrappolate nei sedimenti marini, è cloruro-sodico con salinità prossima ai 50 g/l. Una volta avvenuto il seppellimento dei sedimenti intervengono processi di ultrafiltrazione, cioè processi di separazione di sostanze a medio peso molecolare dalle loro soluzioni per filtrazione sotto pressione attraverso sedimenti a granulometria fine. Tali processi aumentano complessivamente la salinità delle acque come un aumento della concentrazione dello ione cloro di 3-4 volte, con un aumento preferenziale degli elementi alcalino-terrosi rispetto agli alcalini. Rispetto alle acque marine originarie le acque intrappolate nei sedimenti presentano dunque un arricchimento del contenuto in calcio e una corrispondente diminuzione di magnesio e potassio e, per frazionamento isotopico

pico, un arricchimento in ^{18}O (fino a valori del 8‰) e un impoverimento in deuterio.

Si originano, quindi, salamoie o “brines” con salinità totale compresa tra 150 e 200 g/l e mobilità pressoché nulla; tali acque si comportano, infatti, non più come un fluido, ma come un materiale plastico ad alta viscosità che non è in grado di penetrare negli interstizi della matrice rocciosa in cui è contenuto. L'unico movimento consentito nella storia di queste acque è quello ascensionale, durante il quale ha luogo l'ultrafiltrazione con incremento graduale della salinità. Le salamoie restano quindi confinate all'interno delle trappole strutturali che le contengono potendo così muoversi solo per fenomeni tettonici o per variazioni della pressione litostatica. Questi volumi d'acqua, inoltre, risultano ulteriormente confinati nelle porzioni profonde di una successione, seppur contenuti in acquiferi ad elevata permeabilità, per la loro elevata densità, superiore a quella delle acque dolci, che provoca una loro stratificazione verticale che vede sempre al di sopra acque dolci. Le acque saline possono però parzialmente interagire con acque dolci di diversa origine e caratteristiche e il loro comportamento dipenderà dalla modalità con la quale vengono in contatto.

Nei confronti delle acque dolci o meteoriche in fase discendente, le acque ipersaline si comportano come una barriera sostanzialmente impermeabile, con una stratificazione interna di densità, con acque più dense e più saline verso la parte bassa del corpo idrico e acque meno dense e meno saline verso la parte alta. L'acqua dolce entra dunque in contatto soltanto con la superficie superiore della salamoia, e questo contatto si traduce in un aumento di salinità dell'acqua dolce, direttamente proporzionale all'entità del mescolamento tra le due acque. La circolazione di acque meteoriche fredde a grande profondità provoca secondariamente anche una diminuzione di temperatura della roccia-serbatoio e quindi delle acque in essa contenute.

Una seconda possibilità di mescolamento si ha tra le acque calde in fase di risalita e le salamoie; le acque che ne risultano sono arricchite in solfati rispetto a quelle che derivano dal miscelamento con acque fredde discendenti (principalmente in conseguenza del passaggio, durante la risalita, nei gessi evaporitici e della conseguente lisciviazione dei solfati).

Una terza possibilità è rappresentata dalle acque che intercettano la salamoia in fase di discesa, e solo in un secondo momento subiscono un riscaldamento con successiva risalita (Ricchiuto, 86).

Dall'analisi di bacino emerge inoltre che le acque ad elevato tenore salino evolvono in maniera diversa ai margini rispetto al centro, dove l'invasione di acque meteoriche e le differenti modalità di interazione acqua dolce – acqua salata sono molto limitate; studi condotti in numerosi bacini sedimentari, analoghi a quelli presenti nella regione Piemonte, mostrano infatti poche evidenze di variazioni significative nella composizione delle acque nelle porzioni centrali, per decine di milioni di anni, nonostante inversioni bacinali e sollevamenti tettonici (Worden *et al.*, 1999).

La Pianura Padana stessa, come altri grandi bacini sedimentari, presenta acque di fondo salate (Bellardone *et al.*, 1987) a profondità variabili tra i 700 ed i 6000 m (Coggiola *et al.*, 1986). Tali acque si trovano generalmente in corrispondenza del limite tra Miocene superiore e Pliocene inferiore ed in particolar modo sono localizzate all'interno dei depositi fini a matrice prevalentemente argillosa del Pliocene; la loro origine è da ricondurre alla “crisi di salinità” del Messiniano ed alla successiva trasgressione marina pliocenica.

Per dare un quadro esaustivo e completo delle caratteristiche idrogeologiche della pianura piemontese (margine occidentale della pianura padana) è stata analizzata la distribuzione delle acque salate in profondità e conseguentemente l'andamento della superficie di passaggio tra le acque dolci e le sottostanti acque a più elevato tenore salino.

L'individuazione della geometria e distribuzione di tale interfaccia riveste una notevole

importanza poiché essa costituisce il limite fisico, in profondità, alla ricerca di corpi sedimentari contenenti acqua dolce, scopo principale del lavoro. Nonostante l'estrapolazione laterale della distribuzione di tale interfaccia possa risultare difficoltosa per la scarsità di dati ad elevate profondità (dati provenienti solo da 21 di pozzi esplorativi AGIP), l'indagine stratigrafica di bacino e la costruzione di modelli concettuali di distribuzione ha permesso di sopperire in parte alla scarsità di dati.

6.3.2 RICOSTRUZIONE DELLA SUPERFICIE DI INTERFACCIA ACQUA DOLCE-ACQUA SALMASTRA/SALATA NEL SOTTOSUOLO PIEMONTESE

Precedenti studi sulla distribuzione delle acque salate nel sottosuolo piemontese (Bortolami *et al.*, 1982 e Abatucci *et al.*, 2005) hanno prodotto una prima ricostruzione dell'andamento dell' interfaccia principalmente utilizzando i dati forniti da perforazioni a scopo petrolifero risalenti agli anni '70-'90 (AGIP, 1972; AGIP, 1994). In questi pozzi il livello dell' interfaccia è stato identificato considerando le relative curve dei sondaggi elettrici e i logs elettrici ed il limite posto convenzionalmente in corrispondenza del valore di 10 ohm x m dei log di resistività, coincidente con una conducibilità elettrolitica dell'acqua di 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Dai log di resistività dei depositi è, infatti, possibile ricavare, mediante opportuni algoritmi, la salinità dei fluidi in essi contenuti.

Nel presente studio è stata realizzata un'analisi della distribuzione delle acque salate anche mediante l'utilizzo e la valutazione di nuovi dati relativi alle interpretazioni stratigrafiche prodotte e a dati di pozzi più superficiali e sorgenti. In particolar modo, per la qualità dei dati a disposizione, è stato ricostruito l'andamento della superficie di interfaccia tra le acque dolci e le sottostanti acque a più elevata salinità, ossia acque a tenore salino superiore a 1 g/l, secondo l'accezione AGIP (1972), comprendenti sia le acque salate sia le acque salmastre, indipendentemente dalla loro differente origine (acque di formazione, mescolamento tra originarie acque dolci e acque salate o dissoluzione di evaporiti).

Operativamente, per ricostruire l'andamento di tale superficie, è stato scelto di sviluppare un modello concettuale di distribuzione dell' interfaccia acqua dolce – acqua salata/salmastra sulla base dell'analisi stratigrafica e dei dati puntuali AGIP.

In particolare, la distribuzione della superficie in esame è stata ipotizzata in funzione di casistiche tipo che tenessero conto delle associazioni di litofacies, della disposizione geometrica attuale e dei contesti deposizionali che caratterizzano le successioni indagate (Figg. 4 e 38):

a) Contesti deposizionali

In linea generale, i depositi di ambiente marino sono stati originariamente saturati da acqua salata, mentre i coevi depositi di ambiente continentale sono stati saturati da acqua dolce. I limiti latero-verticali fra i contesti deposizionali suddetti quindi coincidono a zone di separazione fra acquiferi dolci ed acquiferi salati, ovvero ad un'interfaccia acqua dolce - acqua salmastra/salata. Ne consegue che il *trend* deposizionale, ovvero la migrazione nello spazio e nel tempo del limite fra contesti continentali e marini, determina uno spostamento sin-sedimentario della superficie di interfaccia acqua dolce acqua salata. Per questo motivo, durante le regressioni marine, l'interfaccia viene spiazzata verso bacino, mentre durante le trasgressioni essa viene spinta verso costa.

Anche se in linea generale la superficie di interfaccia coincide con il limite tra i depositi continentali e quelli marini, nell'ambito di questo progetto si è scelto operativamente di ubicare l'interfaccia prevalentemente all'interno dei depositi di ambiente marino aperto od al limite tra questi ultimi ed i depositi di ambiente marino marginale-transizionale. Questa scelta operativa è giustificata dal fatto che, nonostante i sedimenti di ambiente marino mar-

ginale-transizionale, possano essere permeati da acque salate all'atto della deposizione, è assai più probabile che essi si ritrovino in breve tempo permeati da acque salmastre o dolci, poichè tali ambienti sono collocati in posizione prossimale (più vicina alla costa) e risultano direttamente connessi ad apparati fluvio-deltizi e costieri, i quali riforniscono ingenti quantità di acque dolci di origine meteorica ed alluvionale.

b) Associazioni di litofacies

La litofacies costituisce un altro fattore di controllo sulla distribuzione dell'interfaccia, nel senso che, nei dei depositi marini, le acque salate si riscontrano prevalentemente all'interno associazioni di litofacies a granulometria fine (con buona continuità laterale) o in prossimità del limite fra queste ultime e le associazioni di litofacies a granulometria grossolana caratterizzate da una maggiore trasmissività, e quindi più facilmente permeate da acque dolci.

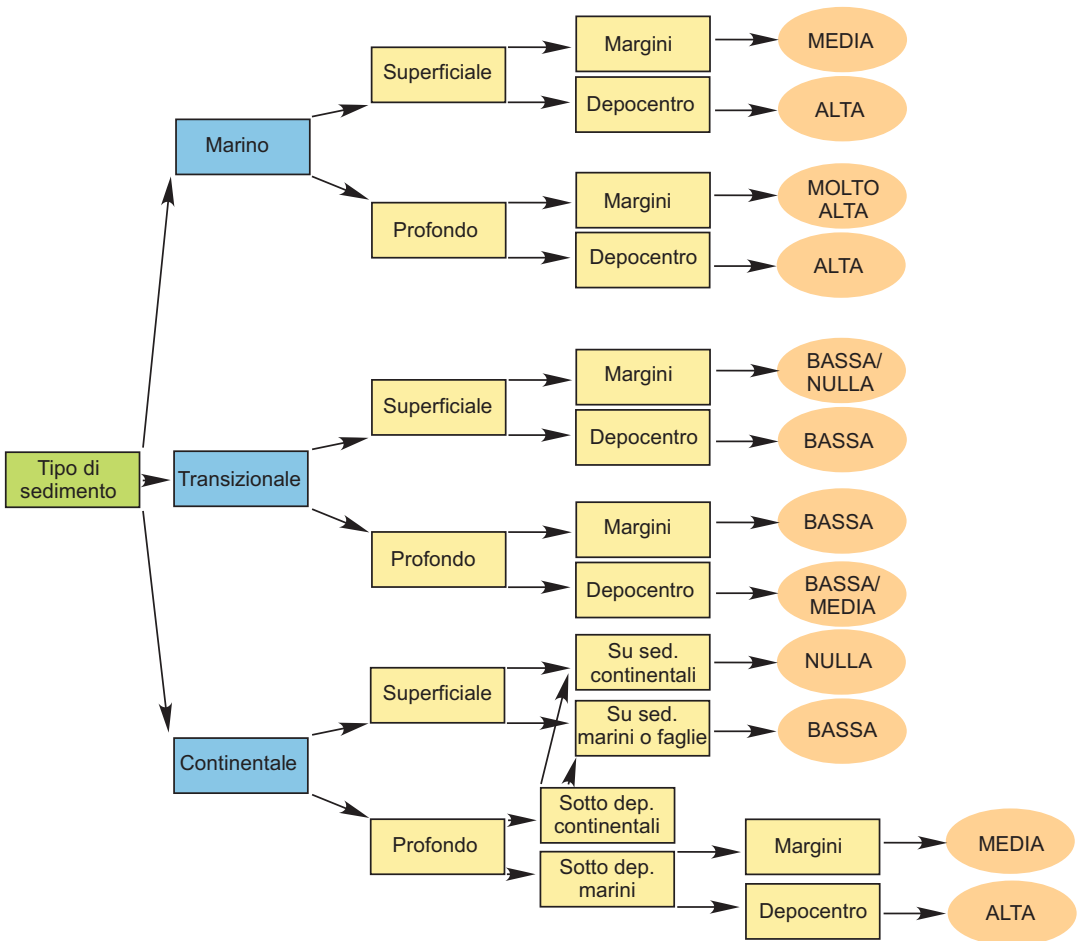


Fig. 38: Probabilità della presenza delle acque salate in uno strato in funzione della sua origine, profondità e contesto deposizionale.

c) Posizione geometrica attuale degli acquiferi

Gli acquiferi di origine marina profonda, soprattutto se caratterizzati da granulometrie fini, sono solitamente permeati da acque salate (vedi punti precedenti). Questo si verifica solitamente nelle porzioni depocentrali sepolte dei bacini, ma più raramente negli attuali margini affioranti ed erosi dei bacini, tali acquiferi sono generalmente permeate da acque dolci. Questa situazione è dovuta al sollevamento e/o *tilting* tettonico dei margini dei bacini che, provocando l'emersione ed erosione delle successioni marine, in origine permeate da acque salate, le pone in comunicazione diretta con la superficie permettendo lo "spiazzamento" dell'acqua salata connata con gli acquiferi, da parte dell'acqua dolce di infiltrazione.

La distribuzione dell'Interfaccia acqua dolce – acqua salmastra/salata individuata lungo le sezioni realizzate dall'analisi stratigrafica secondo il modello concettuale è stata successivamente estrapolata a livello regionale mediante aggiunta di dati relativi al chimismo dell'acqua di sorgenti e pozzi idrici: ciò ha consentito di realizzare la carta finale dell'andamento dell'Interfaccia acqua dolce – acqua salmastra/salata (Fig. 39).

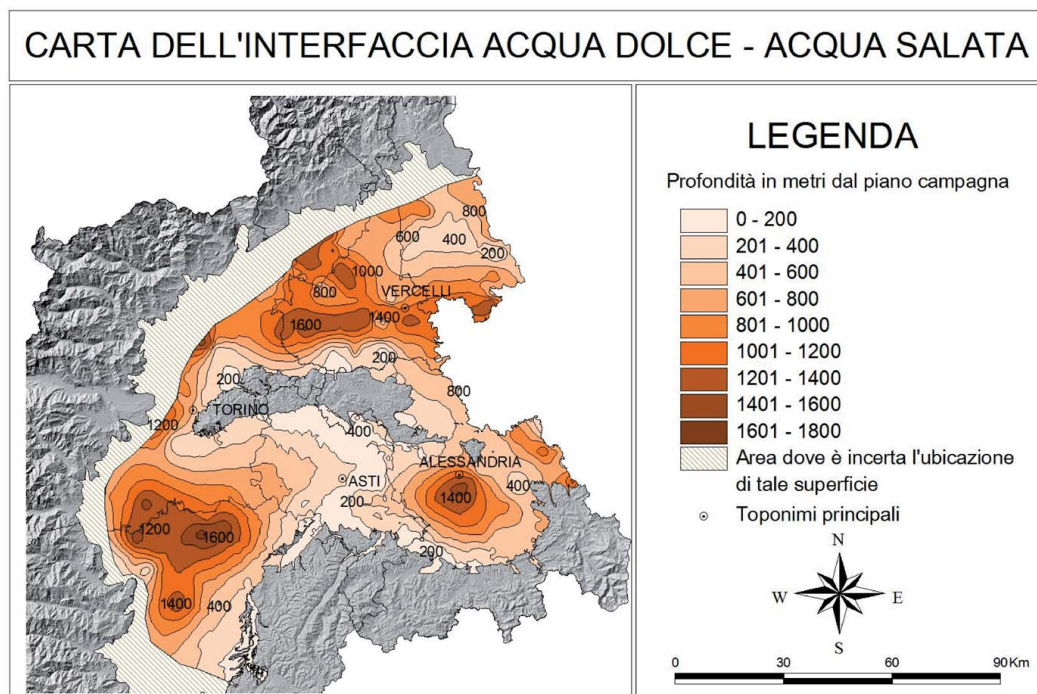


Fig. 39: Distribuzione dell'interfaccia acqua dolce – acqua salmastra/salata in Piemonte.

Dall'analisi di tale superficie è possibile osservare che la sua distribuzione geometrica sia sostanzialmente indipendente da quella dei limiti tra i Gruppi Acquiferi (Clemente *et al.* 2007) e dipenda dalla distribuzione dei contesti deposizionali. Inoltre essa è condizionata dalle strutture tettoniche disgiuntive e plicative ed in particolar modo nel caso di pieghe a grande scala. Questa situazione testimonia come le acque con elevato contenuto salino abbiano una scarsa mobilità, soprattutto a causa della loro elevata densità.

In particolar modo nelle zone depocentrali le acque salate, presumibilmente connate, permeano quasi totalmente i corpi sedimentari di ambiente marino (piattaforma esterna e scarpata) come osservato anche in tutto il resto della Pianura Padana (Coggiola *et al.*, 1986), mentre le acque dolci si riscontrano in sedimenti continentali, litorali e di piattafor-

ma interna. I sedimenti di questi due ultimi ambienti (piattaforma interna e litorale) nonostante all'atto della deposizione siano stati permeati da acqua salata/salmastria, attualmente nelle aree in esame sono saturati principalmente da acque dolci. Tale situazione dipende dal prevalente carattere regressivo dei corpi sedimentari / sintemi presenti (alcuni dei quali sono contraddistinti da chiare geometrie progradanti) che hanno registrato eventi di regressione marina, ed il conseguenziale spostamento dell'interfaccia acqua dolce – acqua salmastra/salata in posizioni più distali (Fig. 40). Durante l'abbassamento del livello del mare, infatti, l'acqua dolce di origine meteorica è in grado di sostituire gran parte dell'acqua salata connata nei depositi deltizi e costieri (AGIP, 1998).

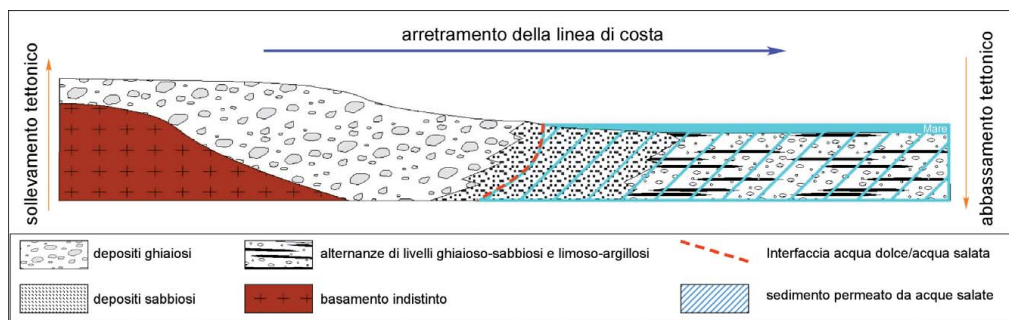


Fig. 40: Spostamento dell'acqua salata verso zone più distali in sedimenti transizionali in risposta alla regressione marina.

L'attuale geometria dell'interfaccia in Piemonte rappresenta, inoltre, il risultato di una serie di processi intervenuti successivamente alla deposizione dei sintemi quali la deformazione tettonica eterogenea e il "flussaggio" ai margini dei bacini (Clemente *et al.*, 2007). Nei settori collinari, infatti, è possibile riscontrare la presenza di acque dolci all'interno di unità di deposizione marina. Questa distribuzione trova giustificazione nel fatto che ai margini dei bacini si siano verificati l'emersione di depositi marini (permeati da acque salate) per sollevamento tettonico, la successiva erosione dei depositi sovrastanti (e quelli coevi più prossimali) e lo sviluppo di un gradiente idraulico elevato. Tali fenomeni hanno condotto allo "spiazzamento" (in gergo petrolifero corrisponde alla sostituzione di un fluido in un determinato volume poroso con un altro di caratteristiche diverse, termine del gergo petrolifero) o "flussaggio" quasi totale, con acqua dolce, dell'acqua salmastra e salata connata (AGIP, 1998).

A scala di bacino è possibile osservare come l'andamento dell'interfaccia acqua dolce-salmastria/salata segua abbastanza fedelmente la morfologia a bacini e dorsali delle successioni in cui è contenuta. Nel Bacino di Savigliano l'interfaccia acqua dolce – acqua salmastra/salata presenta una morfologia regolare con andamento concorde a quello del bacino subsidente in cui è contenuta, le sue zone depocentrali si riscontrano nelle porzioni centro-orientali dell'area ad una profondità dal piano campagna variabile tra un massimo di 1400 m e un minimo di 70 m nei suoi margini più orientali (astigiano). Tale superficie è riscontrabile all'interno dei Gruppi Acquiferi D, E, F e G.

Nel Bacino di Alessandria questa superficie si riscontra a profondità massime di 1200 m nell'area depocentrale posta a sud della città di Alessandria e presenta, come per la precedente area, un andamento concoide (forse meglio: "convesso verso l'alto") simile al quello del bacino in cui è inserita. L'interfaccia acqua dolce – acqua salmastra/salata è riscontrabile in quasi tutti i Gruppi Acquiferi dal B al G e la presenza di tale limite in termi-

ni temporalmente più recenti nel Bacino di Alessandria è attribuibile al persistere nel depresso centro alessandrino di condizioni di sedimentazione marina anche nel Pleistocene ed, in parte, alla presenza di un sistema di dislocazioni fragili in tale area che comporterebbe la risalita di acque termali arricchite in sali durante la loro ascesa.

Nella porzione piemontese del Bacino Padano l'interfaccia raggiunge profondità massime di 1400 m nelle porzioni centrali, mentre a sud appare molto superficiale (circa 50 m) (Clemente *et al.*, 2007). Il suo andamento si discosta molto da quello delle distribuzioni dei Gruppi Acquiferi e ancor più marcatamente rispetto alla morfologia di bacino risultando condizionata dalla distribuzione delle facies deposizionali che mostrano un andamento irregolare a dorsali e bacini. Tale superficie si può osservare con andamento trasversale all'interno dei Gruppi Acquiferi C, D-E.

6.4 SISTEMI DI FLUSSO

L'insieme degli elementi che costituiscono le componenti del deflusso d'acqua in un bacino idrogeologico prende il nome di "sistema di flusso" (Toth, 1963) corrispondente ad "una unità di ricarica-drenaggio".

In ogni sistema di flusso, il deflusso idrico sotterraneo avviene da zone di ricarica verso le zone di drenaggio attraverso una zona di deflusso laterale; l'unità, così definita, costituisce appunto un sistema di flusso e può corrispondere ad uno o più acquiferi. Il motore del deflusso è la differenza di quota (differenza di carico) che genera gradienti idraulici.

Le zone di ricarica e le aree di alimentazione sono costituite dai rilievi e dalle zone pedemontane, veri e propri serbatoi d'acqua, dove le acque sotterranee sono alimentate per l'infiltrazione delle precipitazioni efficaci. In tali zone il flusso ha una forte componente verticale verso il basso (flusso discendente). Nelle zone di deflusso prevale la componente laterale del flusso; esse rappresentano il raccordo tra le zone di ricarica e quelle di drenaggio.

Le zone di drenaggio, si localizzano nelle vallate generalmente occupate dai corsi d'acqua, dalle superfici di acqua libera (laghi, mari, oceani) e dalle depressioni endoreiche delle zone aride. La bassa profondità della superficie piezometrica e la presenza d'acqua di superficie e di paludi favoriscono l'evapotraspirazione reale, il cui effetto accentua il drenaggio. In tale zona il flusso ha una forte componente verticale verso l'alto (flusso ascendente).

La tipologia di flusso (discendente, laterale e ascendente) è identificabile con l'analisi della superficie piezometrica. Questa permette di riconoscere le zone di alimentazione e di drenaggio e i grandi assi di deflusso.

Schematizzando, nei grandi bacini sedimentari è possibile distinguere, su una sezione verticale trasversale, passante per un grande asse di deflusso, due grandi zone di sistemi di flusso:

- sistemi di flussi locali;
- sistemi di flusso intermedi;
- sistemi di flusso regionali.

Nonostante una scarsità di dati in merito ai sistemi di flusso contraddistinguono i Gruppi Acquiferi dei Bacini in esame è stato possibile produrre un modello concettuale sulla loro distribuzione e caratteristiche. Una sua più corretta valutazione andrà effettuata mediante l'utilizzo di modelli di calcolo numerico che permetterà la verifica delle ipotesi riportate qui di seguito.

6.4.1 AREE DI RICARICA

Tra le diverse componenti dei sistemi di flusso una maggiore attenzione è stata posta nell'analisi delle aree di ricarica dei Gruppi Acquiferi appartenenti ai bacini in esame; la loro conoscenza, infatti, riveste una notevole importanza poiché rappresentano aree da salvaguardare al fine di evitare contaminazioni degli acquiferi profondi da parte di inquinanti eventualmente presenti nell'acquifero superficiale.

La ricarica degli acquiferi rappresenta il processo di trasferimento dell'acqua dalla superficie del suolo o dalla zona non satura verso la zona satura (Meinzer e Heath, 1990) e l'acqua in esame può provenire dall'infiltrazione delle precipitazioni, da corpi idrici superficiali permanenti o temporanei e dall'irrigazione. In funzione delle modalità di transito la ricarica viene talora definita come "ricarica diretta", come nei casi menzionati, o "ricarica indiretta" nel caso di flusso tra acquiferi differenti.

L'area di ricarica di un acquifero può essere definita, invece, come: "la superficie dalla quale proviene l'alimentazione al corpo idrico sotterraneo considerato; essa è costituita dall'area nella quale avviene l'infiltrazione diretta alle acque sotterranee delle acque meteoriche o dall'area di contatto con i corpi idrici superficiali (laghi, corsi d'acqua naturali o artificiali) dai quali le acque sotterranee traggono alimentazione" (D.Lgs. 152/1999).

Negli acquiferi superficiali l'area di ricarica è una superficie molto ampia che in alcuni casi può rappresentare l'intera superficie dell'acquifero, gli acquiferi profondi, invece, sono comunemente ricaricati in una fascia posta ai margini delle pianure.

La fascia di ricarica delle falde idriche corrisponde in genere alle zone di alta pianura comprese tra i rilievi delimitanti l'area montana e la zona di media e bassa pianura e formate dalle potenti conoidi alluvionali costituite da materiali prevalentemente grossolani depositati dai corsi d'acqua all'uscita del bacino montano. La zona di alta pianura è, per tale particolare struttura morfologica, un grande serbatoio d'acqua che alimenta le falde profonde della pianura sottostante.

La definizione delle aree di ricarica di un acquifero profondo parte dall'analisi del sistema di flusso che lo contraddistingue.

L'identificazione delle aree di ricarica normalmente avviene mediante analisi integrata di differenti caratteristiche che concorrono al loro corretto riconoscimento.

Questi elementi sono:

- topografia
- carte piezometriche
- sezioni piezometriche
- studi idrochimici
- ricostruzione litostratigrafica del sottosuolo
- modelli idrogeologici

Precedentemente a questa attività di ricerca è già stata effettuata in Piemonte (AA.VV., 2005) individuazione delle potenziali aree di ricarica degli acquiferi profondi basandosi, in assenza di studi idrochimici specifici e di sezioni piezometriche, sui seguenti elementi:

- posizione altimetrica;
- carte piezometriche della falda superficiale;
- distribuzione dei depositi più grossolani;
- distanza relativa tra l'inizio delle possibili zone di ricarica e la probabile zona di drenaggio

Inoltre in tale lavoro le aree di ricarica sono state fatte corrispondere alla fascia di pianura avente le seguenti caratteristiche:

- fascia pedemontana altimetricamente più rilevata e con maggiore pendenza della superficie topografica;
- zone delle conoidi fluvio-glaciali più prossimali ai rilievi;
- zone da cui si dipartono le linee di flusso della falda superficiale;
- si è tenuto conto, ove opportuno, della presenza della fascia dei fontanili.

Rispetto al lavoro qui sopra citato, nel presente lavoro non è stato possibile avvalersi di un maggiore quantitativo di dati tale da permettere una migliore comprensione della loro distribuzione, ma la conoscenza dell'assetto idrostratigrafico ha permesso di attribuire alle aree individuate un grado di potenzialità alla ricarica in funzione delle caratteristiche litologiche e dei relativi parametri idrogeologici delle aree stesse. E' stato attribuito un diverso grado di potenzialità di ricarica in funzione della permeabilità dei Gruppi Acquiferi profondi s.l. in cui avverrebbe il flusso e della loro prossimità alla superficie topografica. Da tale analisi, dunque, si è attribuita una maggiore potenzialità di ricarica ad aree dove i Gruppi Acquiferi affiorano in superficie o sono ricoperti da altri Gruppi Acquiferi con buona permeabilità, mentre la potenzialità è stata ritenuta inferiore ove questi risultano essere caratterizzati da granulometria fine o sovrapposti da Gruppi Acquiferi poco permeabili. Per le aree di ricarica degli acquiferi profondi s.l. sono state realizzate due differenti tipi di cartografia: la prima (Fig. 41) mostra la differenziazione in aree di ricarica diretta, ossia in affioramento ed indiretta, ossia attraverso Gruppi Acquiferi sovrastanti; la seconda (Fig. 42) individua aree a differente potenzialità di ricarica, suddivise in aree a buona potenzialità, a media potenzialità e aree a potenzialità bassa.

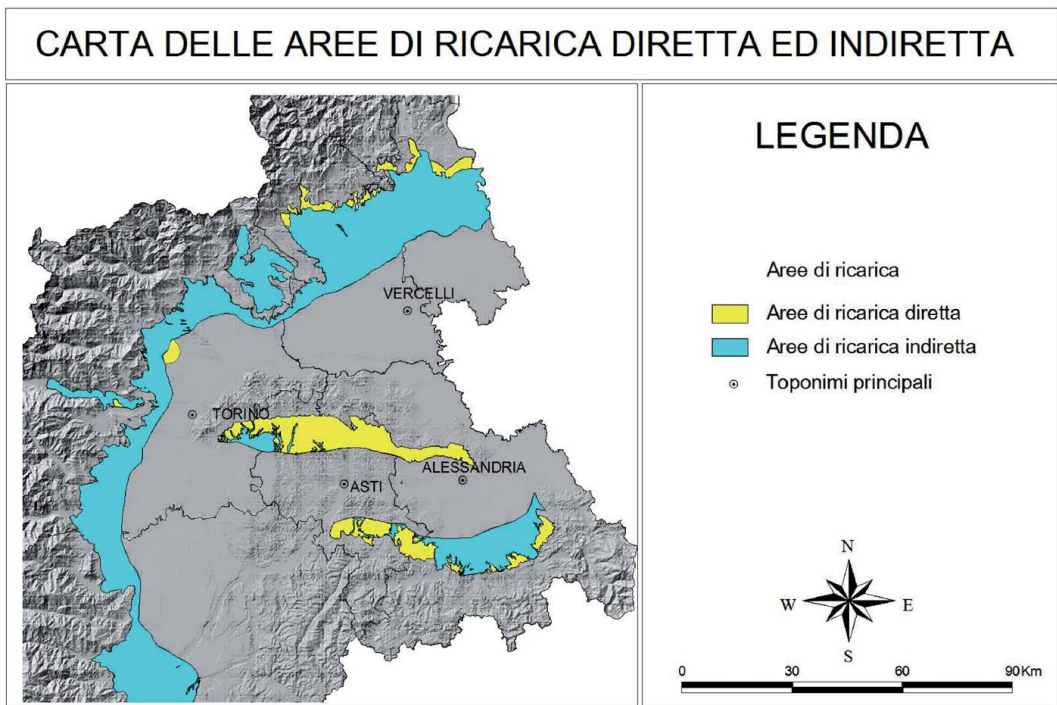


Fig. 41: Distribuzione delle aree di ricarica diretta ed indiretta degli acquiferi profondi s.l.

CARTA DELLE AREE A DIVERSA POTENZIALITA' DI RICARICA

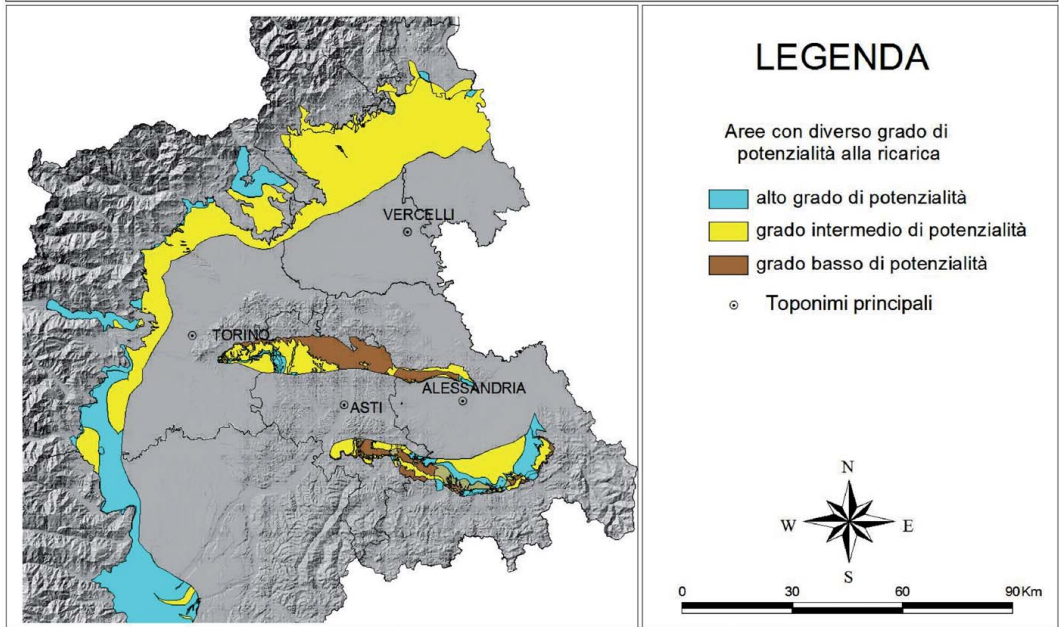


Fig. 42: Distribuzione del grado di potenzialità alla ricarica.

E' possibile notare come le aree di ricarica diretta si localizzino principalmente ai margini meridionali del Bacino di Alessandria e settentrionali del Bacino di Savigliano, mentre la ricarica indiretta si riscontri in corrispondenza delle aree pedemontane dei rilievi alpini. Proprio queste ultime aree presentano il maggior grado di potenzialità di ricarica che, invece, si riduce mediamente in corrispondenza delle porzioni marginali del Bacino di Alessandria.

6.4.2 DIREZIONE DI DEFLUSSO E AREE DI RICARICA

Nella caratterizzazione idrogeologica di un'area la ricostruzione delle direzioni di flusso in un acquifero o un sistema di acquiferi avviene principalmente mediante analisi ed interpretazione di misure piezometriche dei livelli statici relativi alle falde idriche in essi contenute. Il reperimento di dati e la relativa analisi, però, sono agevoli per gli acquiferi della "Zona degli Acquiferi superficiali" (Toth, 1963) principalmente poiché in questi risiedono gran parte delle captazioni di pozzi. Per gli acquiferi profondi vi è, invece, una minore disponibilità di dati piezometrici. Generalmente i dati a disposizione sono dunque relativi solo ai settori marginali dei bacini in cui i Gruppi Acquiferi profondi affiorano. Nonostante l'attenta ricerca dei dati, la disposizione dei filtri non selettiva e la mancanza di misure di livelli statici non hanno permesso il reperimento di un sufficiente set di dati tali da definire un quadro piezometrico preciso. Nonostante ciò, un' analisi complessiva dei dati ha permesso di ipotizzare a livello generale le principali direzioni di deflusso profondo. Verranno di seguito brevemente descritte le principali direzioni di deflusso dei differenti Gruppi Acquiferi nei tre Bacini in esame.

6.4.2.1 Bacino di Savigliano

In questo bacino è possibile ipotizzare tre differenti modalità di deflusso attraverso i Gruppi Acquiferi individuati (Fig. 43). Il Gruppo Acquifero A (corrispondente alla Zona degli Acquiferi superficiali) è, infatti, caratterizzato da circuiti brevi e superficiali, fortemente con-

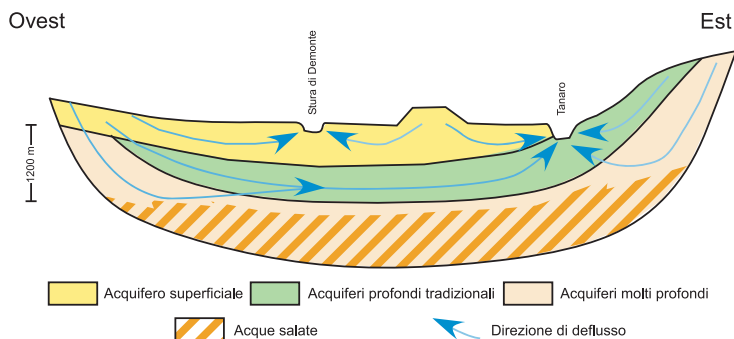


Fig. 43: Schema non in scala rappresentante le tre diverse modalità di deflusso profondo nel Bacino di Savigliano. L'area gialla rappresenta la fascia di deflusso degli acquiferi superficiali, quella verde di quelli profondi tradizionali, mentre l'area rosa costituisce l'area di deflusso degli Acquiferi Molto Profondi.

dizionati dal reticolato idrografico; i Gruppi Acquiferi B, C (Zona degli Acquiferi profondi tradizionali) sono contraddistinti da circuiti profondi legati alla struttura del bacino e ai corsi d'acqua principali; le acque degli acquiferi molto profondi presentano velocità di flusso ridotte a causa sia della minore permeabilità dei serbatoi, che della presenza al loro interno di acque salate che costituiscono un ostacolo parziale o totale al deflusso.

I deflussi idrici nei GA B, C e D dipartono dalle aree di ricarica poste nelle porzioni meridionali ed occidentali dell'area alla base dei rilievi alpini e attraversando la media pianura, trovano recapito in tre differenti settori posti in posizione orientale e settentrionale rispetto al bacino. Le acque defluenti a sud di Saluzzo infatti presentano una direzione di flusso N-E che trova recapito in corrispondenza del Tanaro e le porzioni occidentali dell'astigiano, mentre quelle a nord della cittadina, limitate nel deflusso verso nord dalla prosecuzione sotterranea della Collina di Torino, trovano recapito nel Po a ridosso dei rilievi collinari e nuovamente nell'astigiano (Fig. 44). I deflussi più profondi, invece, sono contraddistinti da ridotte velocità di flusso e probabilmente caratterizzati da circuiti più brevi; l'acqua dolce, infatti, infiltratasi ai margini del Bacino incontra nelle porzioni depocentrali di questo acque salate all'interno del Gruppo stesso che ne provocano la risalita delle acque dolci verso i Gruppi Acquiferi superiori (Fig. 45).

6.4.2.2 Bacino di Alessandria

Anche in questo bacino è possibile osservare tre differenti modalità di deflusso attraverso i GA individuati (Fig. 46). Infatti il GA A (Zona degli Acquiferi superficiali) è caratterizzato da circuiti brevi e superficiali condizionati fortemente dal reticolato idrografico; i GA B, C (Zona degli Acquiferi superficiali tradizionali) sono legati a circuiti profondi condizionati dalla struttura del bacino; i gruppi relativi alla zona degli acquiferi molto profondi sono contraddistinti da tassi di movimento ridotti a causa non solo dalle ridotte permeabilità dei serbatoi, ma anche dalla presenza al loro interno dell'interfaccia acqua dolce-acqua salata/salata che costituisce una barriera al deflusso.

I deflussi nei GA B e C dipartono dalle aree di ricarica, poste nelle porzioni meridionali e settentrionali dell'area (alla base dei rilievi collinari) e, attraversando la media pianura, defluiscono verso est in direzione della dorsale Tortona-Montecastello dove presumibilmente presentano una elevata componente verticale ascendente (Fig. 47).

I deflussi più profondi, come per il Bacino di Savigliano, sono probabilmente caratterizzati da circuiti più brevi; l'acqua dolce, infatti, infiltratasi ai margini meridionali, occidentali e settentrionali del bacino incontra nelle porzioni depocentrali del bacino acque salate che ne provocano un deflusso verso i GA superiori (Fig. 48).

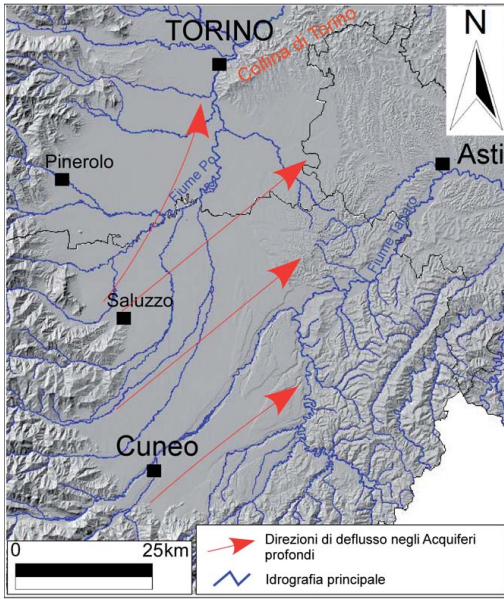


Fig. 44: Direzioni di deflusso negli Acquiferi profondi tradizionali.

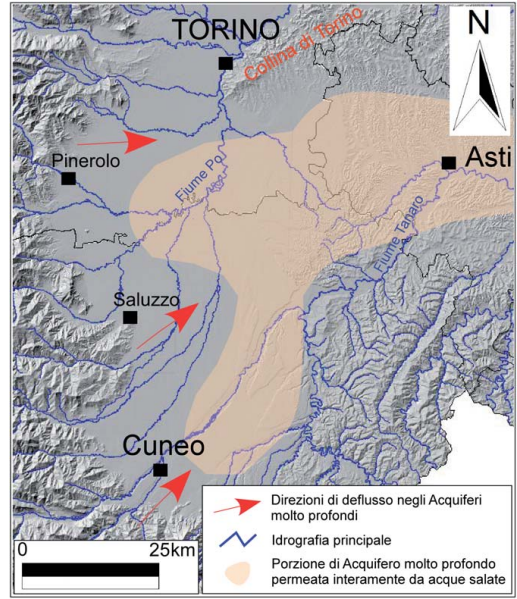


Fig. 45: Direzioni di deflusso negli Acquiferi molto profondi.

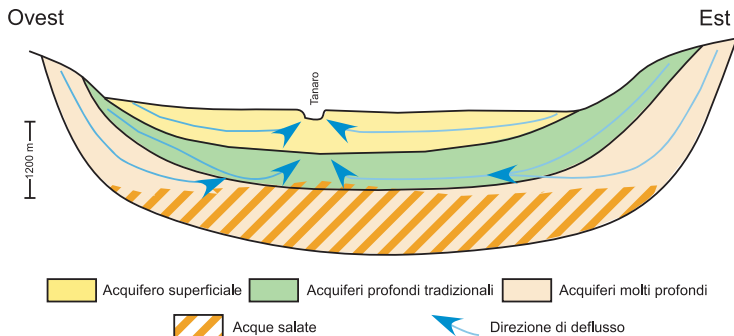


Fig. 46: Schema non in scala rappresentante le tre diverse modalità di deflusso profondo nel Bacino di Alessandria. L'area azzurra rappresenta la fascia di deflusso degli acquiferi superficiali, quella verde di quelli profondi tradizionali, mentre l'area rosa costituisce l'area di deflusso degli Acquiferi Molto Profondi.

6.4.2.3 Bacino Padano

Come per i due precedenti Bacini anche nel Bacino Padano è possibile osservare tre differenti modalità di deflusso attraverso i GA individuati (Fig. 49); il GA A (Zona degli Acquiferi superficiali) è, infatti, caratterizzato da circuiti brevi e legati all'idrografia superficiale, i GA B e C (Zona degli Acquiferi profondi tradizionali) sono contraddistinti da circuiti profondi legati alla struttura del bacino e ai corsi d'acqua principali, mentre i gruppi relativi alla Zona degli Acquiferi molto profondi sono caratterizzati da velocità di flusso ridotte per le ridotte permeabilità dei serbatoi e nuovamente per la presenza dell'interfaccia acqua dolce-acqua salmastra/salata.

I deflussi nei GA B e C dipartono dalle aree di ricarica poste nelle porzioni settentrionali dell'area alla base dei rilievi alpini e, attraversando la pianura, defluiscono verso sud-est in direzione del Po che svolge azione di recapito (Fig. 50).

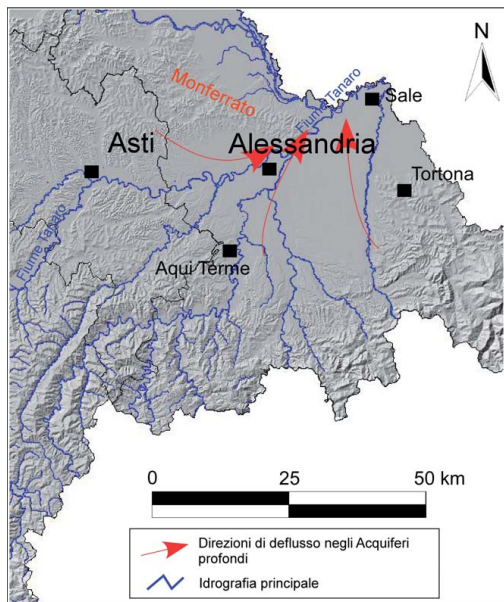


Fig. 47: Direzioni di deflusso negli Acquiferi profondi tradizionali

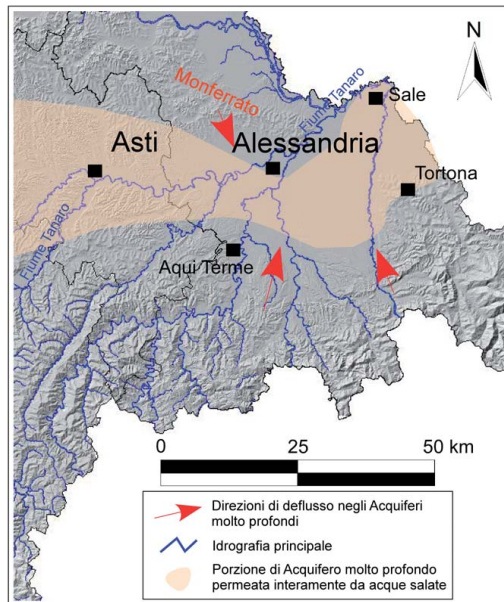


Fig. 48: Direzioni di deflusso negli Acquiferi molto profondi.

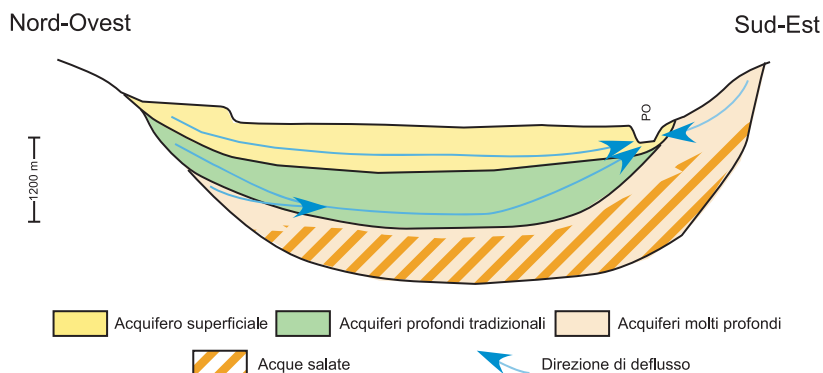


Fig. 49: Schema non in scala rappresentante le tre diverse modalità di deflusso profondo nel Bacino di Alessandria. L'area azzurra rappresenta la fascia di deflusso degli acquiferi superficiali, quella verde di quelli profondi tradizionali, mentre l'area rosa costituisce l'area di deflusso degli Acquiferi Molto Profondi.

I deflussi più profondi, come per i precedenti bacini, sono caratterizzati da circuiti molto brevi per la presenza di acque salate nei Gruppi Acquiferi stessi che condizionano il deflusso delle acque dolci di ricarica costrette nella loro migrazione a defluire verso i Gruppi Acquiferi sovrastanti (Fig. 51).

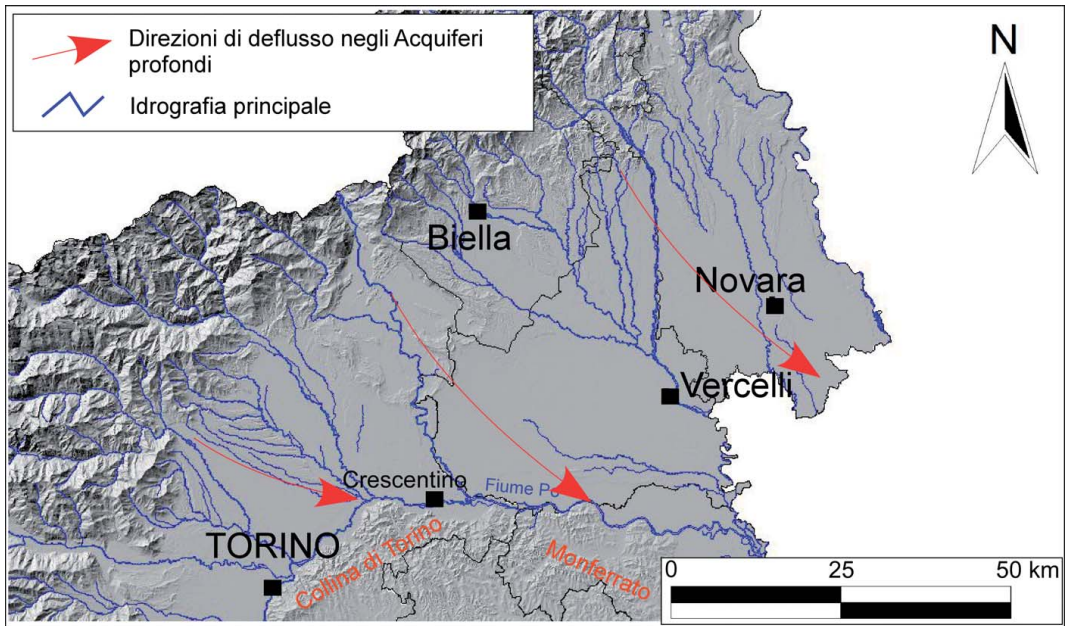


Fig. 50: Direzioni di deflusso negli Acquiferi profondi tradizionali

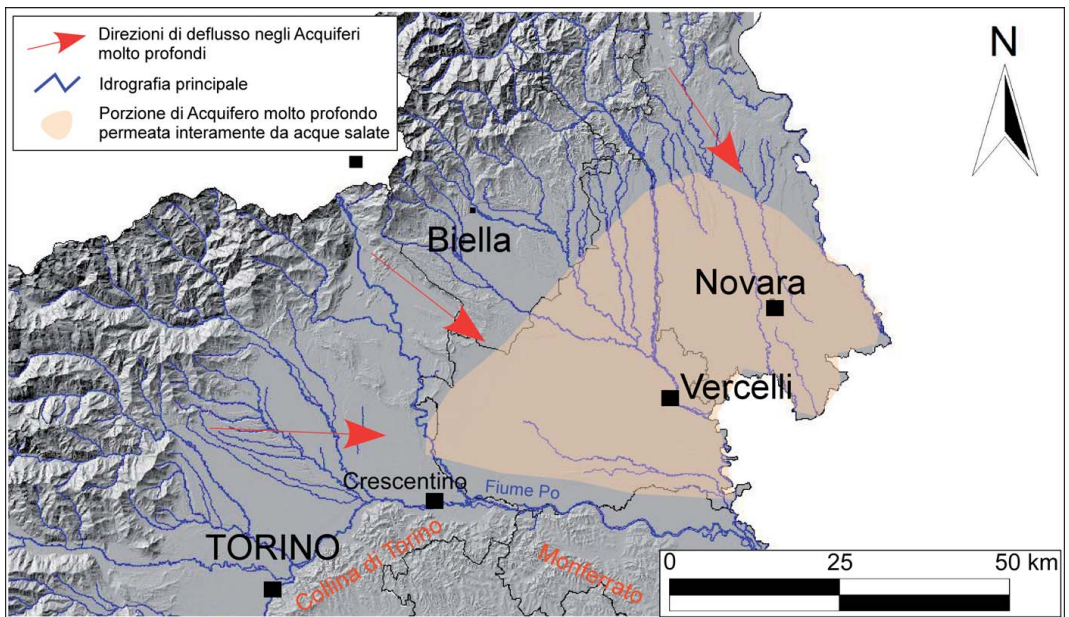


Fig. 51: Direzioni di deflusso negli Acquiferi molto profondi.

6.5 CRITERI DI ELABORAZIONE DELLA CARTOGRAFIA E METODOLOGIA DI LETTURA

A compendio delle analisi effettuate e delle risultanze dell'interpretazione idrogeologica è stato possibile realizzare una serie di rappresentazioni cartografiche (in allegato nel CD-Rom) esplicative.

Le carte realizzate rappresentano gli aspetti costitutivi dei singoli Gruppi Acquiferi (Carta della Profondità della Superficie basale, Carta dello spessore complessivo, Carta dello spessore del Gruppo Acquifero permeato da acqua dolce, Carta della distribuzione delle Unità Idrogeologiche della parte superiore del Gruppo Acquifero, Carta della distribuzione delle Unità Idrogeologiche della parte inferiore del Gruppo Acquifero) e a quattro carte di sintesi rappresentanti l'una la potenza totale di sedimenti tra la superficie topografica e l'interfaccia acqua dolce-acqua salmastra/salata e l'altra la potenza totale di acquiferi utili nello stesso intervallo.

Questo è l'elenco totale delle rappresentazioni cartografiche (il numero a sinistra rappresenta il riferimento sul cd):

Bacino di Savigliano e Bacino di Alessandria:

Gruppo Acquifero "A"

9. Carta della profondità della superficie basale (Gruppo Acquifero A)
10. Carta della distribuzione delle Unità Idrogeologiche del Gruppo Acquifero "A"

Gruppo Acquifero "B"

11. Carta della profondità della superficie basale (Gruppo Acquifero B)
12. Carta dello spessore complessivo (Sintema Q1 - Gruppo Acquifero B)
13. Carta dello spessore del Gruppo Acquifero permeato da acqua dolce (Gruppo Acquifero B)
14. Carta della distribuzione delle Unità Idrogeologiche della parte superiore del Gruppo Acquifero "B"
15. Carta della distribuzione delle Unità Idrogeologiche della parte inferiore del Gruppo Acquifero "B"

Gruppo Acquifero "C"

16. Carta della profondità della superficie basale (Gruppo Acquifero C)
17. Carta dello spessore complessivo (Sintema P3 - Gruppo Acquifero C)
18. Carta dello spessore del Gruppo Acquifero permeato da acqua dolce (Gruppo Acquifero C)
19. Carta della distribuzione delle Unità Idrogeologiche della parte superiore del Gruppo Acquifero "C"
20. Carta della distribuzione delle Unità Idrogeologiche della parte inferiore del Gruppo Acquifero "C"

Gruppo Acquifero "D"

21. Carta della profondità della superficie basale (Gruppo Acquifero D)
22. Carta dello spessore complessivo (Sintema P2 - Gruppo Acquifero D)
23. Carta dello spessore del Gruppo Acquifero permeato da acqua dolce (Gruppo Acquifero D)
24. Carta della distribuzione delle Unità Idrogeologiche della parte superiore del Gruppo Acquifero "D"
25. Carta della distribuzione delle Unità Idrogeologiche della parte inferiore del Gruppo Acquifero "D"

Gruppo Acquifero "E"

26. Carta della profondità della superficie basale (Gruppo Acquifero E)
27. Carta dello spessore complessivo (Sintema P1 - Gruppo Acquifero E)
28. Carta dello spessore del Gruppo Acquifero permeato da acqua dolce (Gruppo Acquifero E)
29. Carta della distribuzione delle Unità Idrogeologiche della parte superiore del Gruppo Acquifero "E"
30. Carta della distribuzione delle Unità Idrogeologiche della parte inferiore del Gruppo Acquifero "E"

Gruppo Acquifero “F”

31. Carta della profondità della superficie basale (Gruppo Acquifero F)
32. Carta dello spessore complessivo (Sintema M2 - Gruppo Acquifero F)
33. Carta dello spessore del Gruppo Acquifero permeato da acqua dolce (Gruppo Acquifero F)
34. Carta della distribuzione delle Unità Idrogeologiche della parte superiore del Gruppo Acquifero “F”
35. Carta della distribuzione delle Unità Idrogeologiche della parte inferiore del Gruppo Acquifero “F”

Gruppo Acquifero “G”

36. Carta della profondità della superficie basale (Gruppo Acquifero G)
37. Carta dello spessore complessivo (Sintema M1 - Gruppo Acquifero G)
38. Carta dello spessore del Gruppo Acquifero permeato da acqua dolce (Gruppo Acquifero G)
39. Carta della distribuzione delle Unità Idrogeologiche del Gruppo Acquifero “G”

Carte tematiche riassuntive

40. Carta dello spessore utile totale
41. Carta dello spessore totale al di sopra dell'interfaccia acqua dolce-acqua salmastra/salata

Bacino Padano:

Gruppo Acquifero “A”

42. Carta della profondità della superficie basale (Gruppo Acquifero A)
43. Carta della distribuzione delle Unità Idrogeologiche del Gruppo Acquifero “A”

Gruppo Acquifero “B”

44. Carta della profondità della superficie basale (Gruppo Acquifero B)
45. Carta dello spessore complessivo (Sintema Q1 - Gruppo Acquifero B)
46. Carta dello spessore del Gruppo Acquifero permeato da acqua dolce (Gruppo Acquifero B)
47. Carta della distribuzione delle Unità Idrogeologiche della parte superiore del Gruppo Acquifero “B”
48. Carta della distribuzione delle Unità Idrogeologiche della parte inferiore del Gruppo Acquifero “B”

Gruppo Acquifero “C”

49. Carta della profondità della superficie basale (Gruppo Acquifero C)
50. Carta dello spessore complessivo (Sintema P3 - Gruppo Acquifero C)
51. Carta dello spessore del Gruppo Acquifero permeato da acqua dolce (G A C)
52. Carta della distribuzione delle Unità Idrogeologiche della parte superiore del Gruppo Acquifero “C”
53. Carta della distribuzione delle Unità Idrogeologiche della parte inferiore del Gruppo Acquifero “C”

Gruppo Acquifero “D-E”

54. Carta della profondità della superficie basale (Gruppo Acquifero D+E)
55. Carta dello spessore complessivo (Sintema P1+P2 - Gruppo Acquifero D+E)
56. Carta dello spessore del Gruppo Acquifero permeato da acqua dolce (Gruppo Acquifero D+E)
57. Carta della distribuzione delle Unità Idrogeologiche della parte superiore del Gruppo Acquifero “D+E”
58. Carta della distribuzione delle Unità Idrogeologiche della parte inferiore del Gruppo Acquifero “D+E”

Carte tematiche riassuntive

59. Carta dello spessore utile totale
60. Carta dello spessore totale al di sopra dell'interfaccia acqua dolce-acqua salmastra/salata

6.5.1 CARTE DELLA PROFONDITÀ DELLA SUPERFICIE BASALE

Metodo di realizzazione

Per ogni singolo Gruppo Acquifero è stata realizzata una carta tematica relativa alla profondità della superficie basale, realizzata mediante interpolazione dei dati relativi ai pozzi AGIP, alle sezioni stratigrafiche interpretative e a dati di superficie. La profondità è riferita al livello del mare, e dunque espressa in m s.l.m. Nelle rappresentazioni cartografiche tale tematismo è associato a entrambe (dove presenti) le Carte della distribuzione delle Unità Idrogeologiche del Gruppo Acquifero.

Per ogni singolo Gruppo Acquifero, la stessa superficie basale è poi stata riferita, in una differente carta tematica, al piano campagna; questa elaborazione è stata realizzata come differenza tra la superficie topografica e la superficie basale stessa.

Metodo di lettura

Per le carte del primo gruppo, questa è costituita da isolinee di eguale profondità rispetto al livello del mare, con equidistanza variabile a seconda delle caratteristiche del Gruppo.

Per le carte del secondo gruppo, la carta è costituita da isolinee di eguale profondità dal piano campagna con equidistanza variabile a seconda delle caratteristiche del Gruppo e fasce di colore graduate tali da migliorare la leggibilità della carta.

6.5.2 CARTE DELLO SPESSORE COMPLESSIVO

Metodo di realizzazione

Per ogni singolo sintema (che corrisponde dal punto di vista idrogeologico a un Gruppo Acquifero) è stata realizzata una carta tematica relativa allo spessore complessivo del sintema realizzata mediante sottrazione tra la superficie che delimita a tetto il sintema stesso e la superficie basale (Fig. 52).

Metodo di lettura

Ognuna delle carte è costituita da isolinee di eguale spessore con equidistanza variabile a seconda delle caratteristiche del gruppo e fasce di colore graduate tali da migliorare la leggibilità della carta. In tale carta sono inoltre indicate le aree di affioramento del sintema mediante sovrasimbolo.

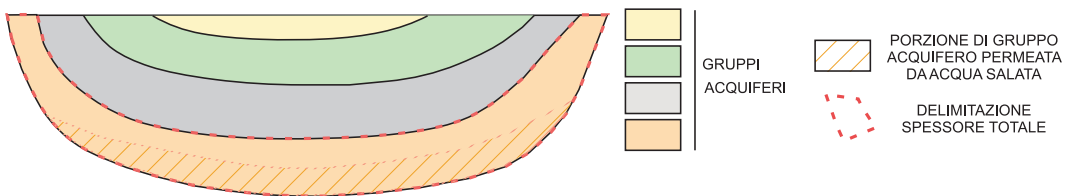


Fig. 52: Schema rappresentativo dell'area (in tratteggio rosso) considerata per calcolo dello spessore del Gruppo Acquifero permeato da acqua dolce. L'area in tratteggio obliquo è permeata da acque salate

6.5.3 CARTA DELLO SPESSORE DEL GRUPPO ACQUIFERO PERMEATO DA ACQUA DOLCE

Metodo di realizzazione

Per ogni singolo Gruppo Acquifero è stata realizzata una carta tematica relativa allo spessore complessivo di sedimenti permeati da acqua dolce. Questo tematismo è stato realizzato mediante intersezione tra la superficie sommitale del Gruppo Acquifero e la base di questo tenuto conto della presenza dell'interfaccia acqua dolce – acqua salmastra/salata (Fig.53).

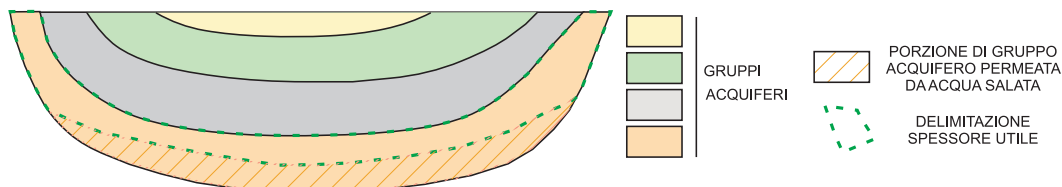


Fig. 53: Schema rappresentativo dell'area (in tratteggio verde) considerata per calcolo dello spessore del Gruppo Acquifero permeato da acqua dolce. L'area in tratteggio obliquo è permeata da acque salate.

Metodo di lettura

Le carte di ogni Gruppo Acquifero sono costituite da isolinee di eguale spessore di sedimenti permeati da acqua dolce con equidistanza variabile a seconda delle caratteristiche del Gruppo e fasce di colore indicanti l'eventuale presenza di acque salate. Nelle aree caratterizzate da una colorazione azzurro scuro il Gruppo Acquifero è totalmente permeato da acque dolci, in quelle rosa l'intera successione è permeata da acque salate, mentre in azzurro chiaro vengono indicate le aree in cui l'Interfaccia acqua dolce – acqua salmastra/salata è variamente posta tra base e tetto del Gruppo.

6.5.4 CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DELLE UNITÀ IDROGEOLOGICHE DELLA PARTE INFERIORE DEL GRUPPO ACQUIFERO

Metodo di realizzazione

Per ogni singolo Gruppo Acquifero è stata realizzata una carta tematica relativa alla distribuzione delle Unità Idrogeologiche alla sommità del GA stesso. La realizzazione di questo tematismo è avvenuta mediante analisi integrata dei dati delle sezioni e di terreno estrapolati a scala di bacino.

Metodo di lettura

Ognuna delle carte è costituita da retini colorati indicanti l'Unità Idrogeologica che contraddistingue la porzione superiore del Gruppo.

6.5.5 CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DELLE UNITÀ IDROGEOLOGICHE DELLA PARTE SUPERIORE DEL GRUPPO ACQUIFERO

Metodo di realizzazione

Per ogni singolo Gruppo Acquifero è stata realizzata una carta tematica relativa alla distribuzione delle Unità Idrogeologiche alla sommità del GA stesso. La realizzazione di questo tematismo è avvenuta mediante analisi integrata dei dati delle sezioni e di terreno estrapolati a scala di bacino.

Metodo di lettura

Ognuna delle carte è costituita da retini colorati indicanti l'Unità Idrogeologica che contraddistingue la porzione superiore del Gruppo.

6.5.6 CARTA DELLO SPESSORE TOTALE DEI SEDIMENTI PERMEATI DA ACQUE DOLCI

Metodo di realizzazione

Questa carta di sintesi rappresenta la potenza totale di sedimenti tra la superficie topografica e l'interfaccia acqua dolce–acqua salmastra/salata. Tale rappresentazione costituisce un ottimo strumento per la valutazione, in sede di pianificazione di utilizzo di acquiferi profondi, delle profondità massime di captazione.

La carta è stata realizzata mediante sottrazione tra la superficie topografica e la superficie acqua dolce – acqua salmastra/salata.

Metodo di lettura

La carta è costituita da isolinee di eguale potenza di sedimenti e fasce di colore graduate tali da migliorare la leggibilità della carta.

Analisi

L'analisi della carta permette di osservare come lo spessore utile di sedimenti al di sopra dell'interfaccia acqua dolce – acqua salmastra/salata vari da pochi metri in aree marginali a valori massimi di 1400 metri nel Bacino di Savigliano e 1200 metri nel Bacino di Alessandria. La distribuzione dei massimi si riscontra principalmente nelle aree depocentrali dei bacini in due estese fasce l'una compresa tra Fossano, Pancalieri, Cavour e Sommariva del Bosco nel BS e una seconda tra Oviglio, Carbonara, Basaluzzo e Pietra Marazzi.

Nel Bacino Padano lo spessore utile presenta valori medi superiori agli 800 m in una ampia fascia compresa tra Biella, Vercelli e Chivasso e all'interno di questa si possono riscontrare valori massimi di 1400 m in aree depocentrali. Valori medi nettamente inferiori si possono riscontrare invece nel Novarese e in una ristretta fascia nelle porzioni meridionali del Bacino Padano a ridosso della Collina di Torino e del Monferrato.

6.5.7 CARTA DELLO SPESSORE UTILE

Metodo di individuazione

Questa carta di sintesi rappresenta la potenza totale degli acquiferi posti tra la superficie topografica e l'interfaccia acqua dolce – acqua salmastra/salata. Tale rappresentazione costituisce uno strumento per la valutazione, in sede di pianificazione di utilizzo di acquiferi profondi, dei volumi utili permeati da acque dolci.

La carta è stata realizzata a partire da quella relativa alla potenza totale di sedimenti tra la superficie dell'interfaccia acqua dolce – acqua salmastra/salata e la superficie topografica a cui è stato applicato un fattore di riduzione mediato tra i diversi contributi di ogni singola UI di ogni GA.

Metodo di lettura

La carta è costituita da isolinee di eguale potenza di acquiferi e fasce di colore graduate tali da migliorare la leggibilità della carta.

Analisi

L'analisi della carta permette di osservare come lo spessore utile di acquiferi al di sopra dell'interfaccia acqua dolce–acqua salmastra/salata vari da pochi metri in aree marginali a valori massimi di 750 metri nel Bacino di Savigliano e 950 nel Bacino di Alessandria. La distribuzione dei massimi si riscontra principalmente nelle aree depocentrali dei bacini in due estese fasce l'una compresa tra Fossano, Pancalieri, Cavour e Sommariva del Bosco nel BS e una seconda tra Oviglio, Carbonara, Basaluzzo e Pietra Marazzi nel Bacino di Alessandria. Nel Bacino Padano invece, i valori massimi di 750 metri si riscontrano in un settore centrale della stessa principalmente in corrispondenza del Vercellese. E' possibile, inoltre, osservare dei massimi relativi in posizioni più orientali dove però a causa della maggiore presenza granulometrie fini le potenze utili totali sono mediamente inferiori.

7. BANCA DATI

Il gran numero di dati utilizzati, già descritti nel capitolo 3, sono stati raccolti e gestiti in apposite banche dati tramite i software Microsoft Access ed Excel, ArcView 3.2, ArcGIS 8.3. La loro elaborazione mediante il programma Surfer 8.0 ha permesso di produrre delle carte tematiche finali poi realizzate mediante ArcView 3.2.

Al fine di renderne più facile la consultazione, i dati raccolti sono stati inseriti in unico progetto denominato “GIS IDRO PIEMONTE”, al cui interno sono state create due distinte banche dati chiamate “DATI SUPERFICIE” e “DATI SOTTOSUOLO”. Nello schema di Fig. 54 è raffigurata la mappa concettuale utilizzata per costruire il database.

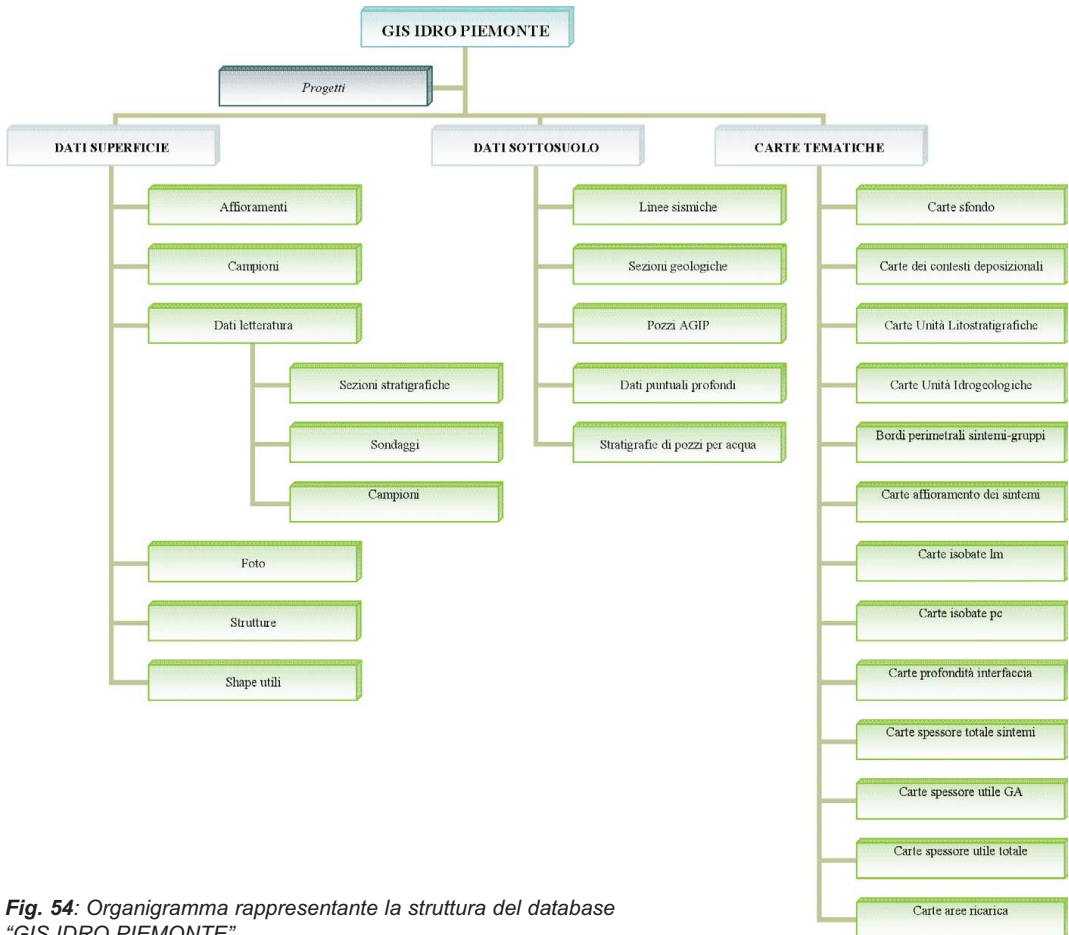


Fig. 54: Organigramma rappresentante la struttura del database “GIS IDRO PIEMONTE”.

7.1 DATI DI SUPERFICIE

Questa banca dati raggruppa tutti i dati superficiali acquisiti sia direttamente sul campo, quali gli affioramenti e i campioni (circa 30), sia indirettamente, quali le informazioni provenienti dalla letteratura (40 sezioni stratigrafiche e sondaggi e 150 campioni).

Ad ogni dato superficiale georiferito è stata associata una tabella che raggruppa informazioni differenti relative al dato stesso. Nel progetto (ArcView 3.2) sono stati inoltre inseriti dei collegamenti ipertestuali che permettono di riportare dati differenti all’interno della banca dati (ad esempio, shape file con file immagine e file di testo), rendendo possibile una consultazione rapida e il più possibile completa (Figg. 55 e 56).

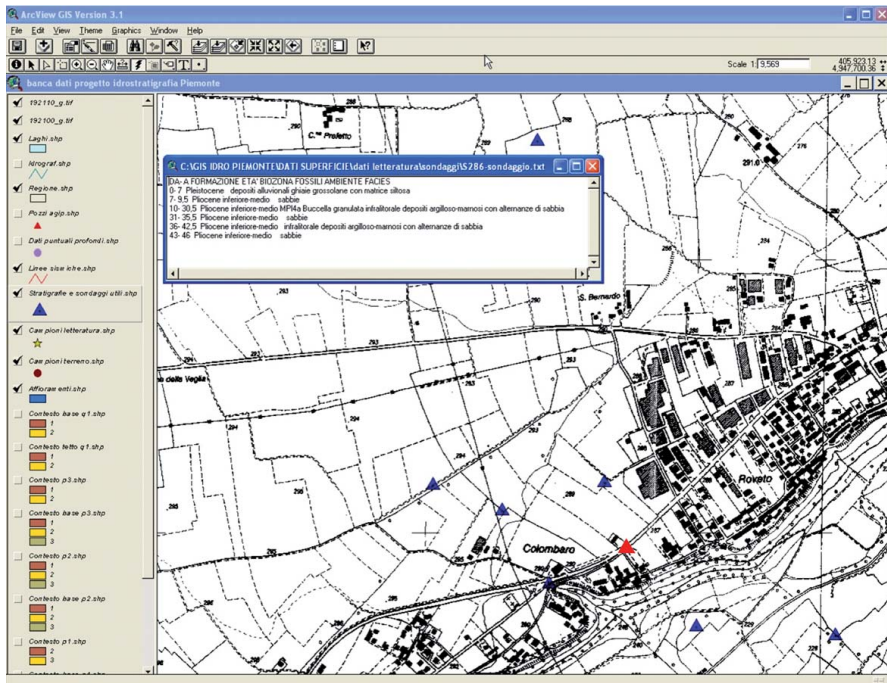


Fig. 55: Esempio di visualizzazione di un collegamento ipertestuale relativo ad un dato di letteratura (triangoli blu, "Stratigrafie e sondaggi utili.shp") archiviato sul software ArcView 3.2; in questa figura è rappresentata la relazione tra un sondaggio (triangolo rosso) e i dati ad esso relativi archiviati in un file di testo.

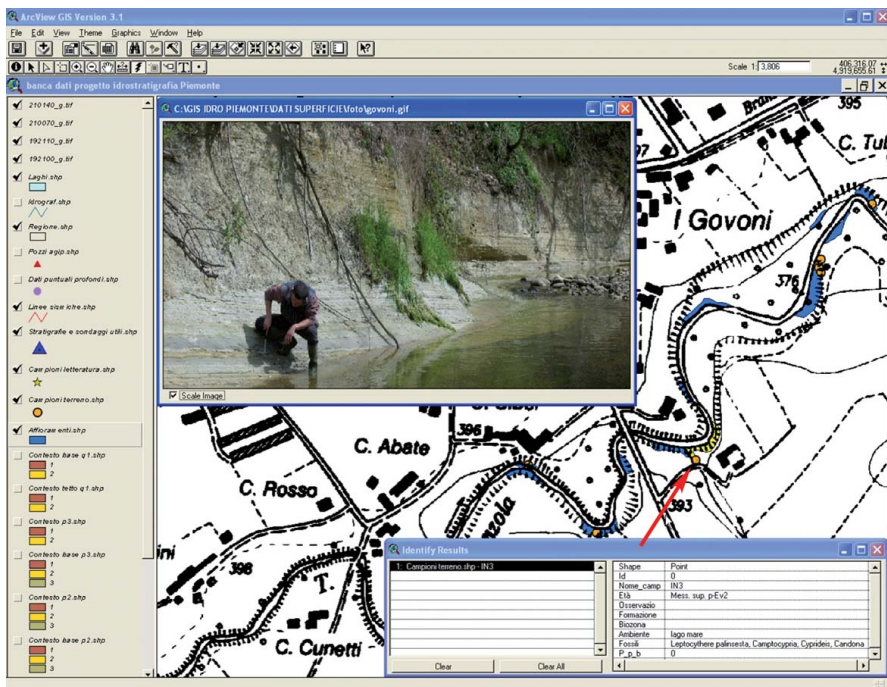


Fig. 56: Esempio di visualizzazione dei dati superficiali archiviati sul software ArcView 3.2; in blu sono rappresentati gli affioramenti, mentre i pallini color arancio indicano i campioni analizzati nel presente lavoro. Le due finestre aperte mostrano, in un caso, un esempio di collegamento ipertestuale tra l'affioramento evidenziato in giallo e la relativa foto e, nell'altro, una tabella con la descrizione del campione prelevato in questa località (freccia rossa).

7.2 DATI DI SOTTOSUOLO

I dati di sottosuolo sono stati archiviati analogamente a quanto fatto per i dati superficiali utilizzando principalmente i software ArcView 3.2 e ArcGIS 8.3.

Per quanto riguarda i dati litologici sono state georeferenziate 1425 stratigrafie di pozzi per acqua, con profondità comprese tra i 90 e i 300 m; tali stratigrafie sono state poi inserite in un opportuno database creato sul software Microsoft Excel.

I dati relativi alle profondità delle superfici di discontinuità (che delimitano i sintemi), ottenuti grazie all'interpretazione di linee sismiche a riflessione (Mosca, 2006), sono stati inizialmente archiviati sul software ArcGIS 8.3. Successivamente l'elaborazione dei dati con il software Microsoft Excel ha permesso di effettuare gli opportuni calcoli per convertire in metri le profondità espresse in tempi (Fig. 57); le velocità utilizzate sono riassunte nella Tabella 10.

SINTEMI	VELOCITÀ (m/s)
Sintemi Q1 - Q2	1600 -1800
Sintemi P1 - P2 - P3	1600 - 2000
Sintema M2	3500
Sintema M1	2000

Tab. 10: Velocità utilizzate per il calcolo delle profondità delle superfici di discontinuità che delimitano i sintemi.

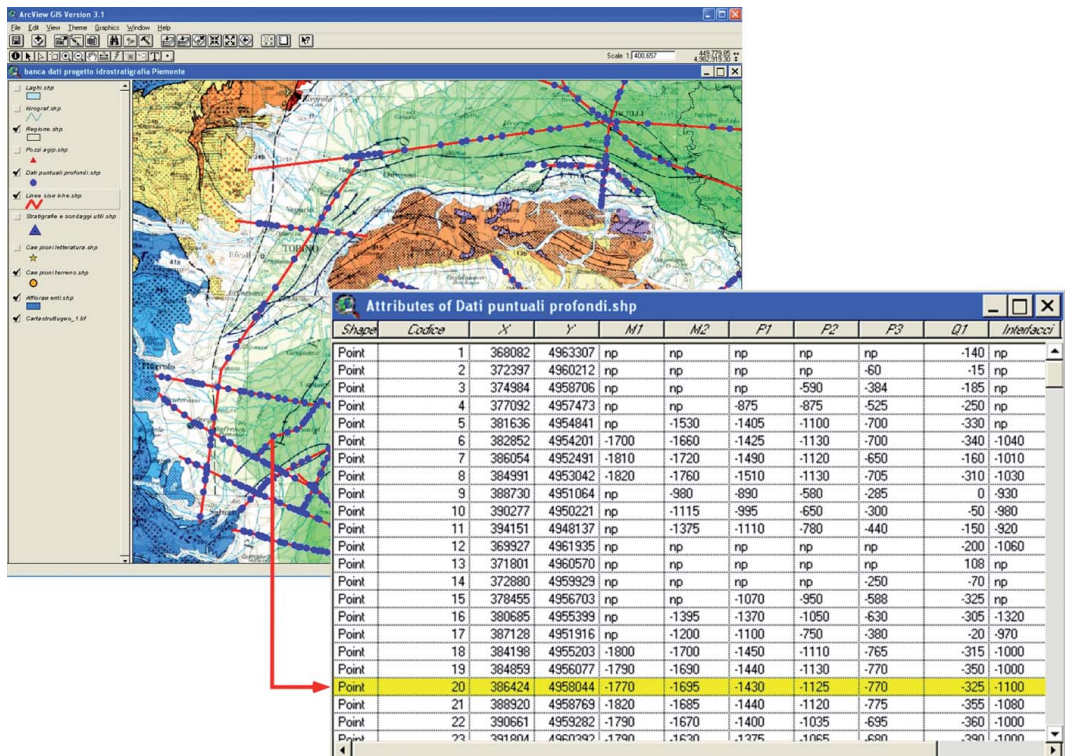


Fig. 57: Vista del progetto "GIS IDRO PIEMONTE"; nel riquadro in alto è raffigurata la distribuzione delle linee sismiche a riflessione e dei dati puntuali profondi, mentre in basso si può osservare una parte della tabella degli attributi associata ai dati puntuali profondi. Per ogni punto, oltre alle coordinate geografiche, viene riportata la profondità delle superfici basali dei sintemi.

7.3 CARTE TEMATICHE

Nella cartella “CARTE TEMATICHE” è stata raggruppata tutta la cartografia prodotta, consultabile nel cd allegato al volume; tutte le carte sono state anche convertite in file con estensione pdf, raccolte nel cd allegato e numerate come descritto nel capitolo 6.

Le carte tematiche finali di questo lavoro sono state realizzate attraverso l’elaborazione delle informazioni raccolte nelle banche dati precedentemente descritte (“DATI SUPERFICIE” e “DATI SOTTOSUOLO”). Tale cartografia è stata suddivisa in sottocartelle, ognuna riguardante un singolo aspetto riguardante i sintemi/gruppi (ad esempio le sottocartelle “Carte dei contesti deposizionali”, “Carte Unità Idrogeologiche”, ecc.). A loro volta, le sottocartelle contengono al loro interno tutte le carte tematiche, distinte tra bacini nord e bacini sud, relative ad ogni sintema/gruppo identificato (Fig. 59).

In questa banca dati sono state inserite sia le carte tematiche riguardanti le caratteristiche peculiari di ogni sintema, quali litofacies e contesti deposizionali, sia gli aspetti costitutivi di ogni singolo Gruppo Acquifero, quali distribuzione delle Unità Idrogeologiche, spessori totali e spessori utili, distribuzione interfaccia acqua dolce – acqua salmastra, aree di ricarica, ecc.

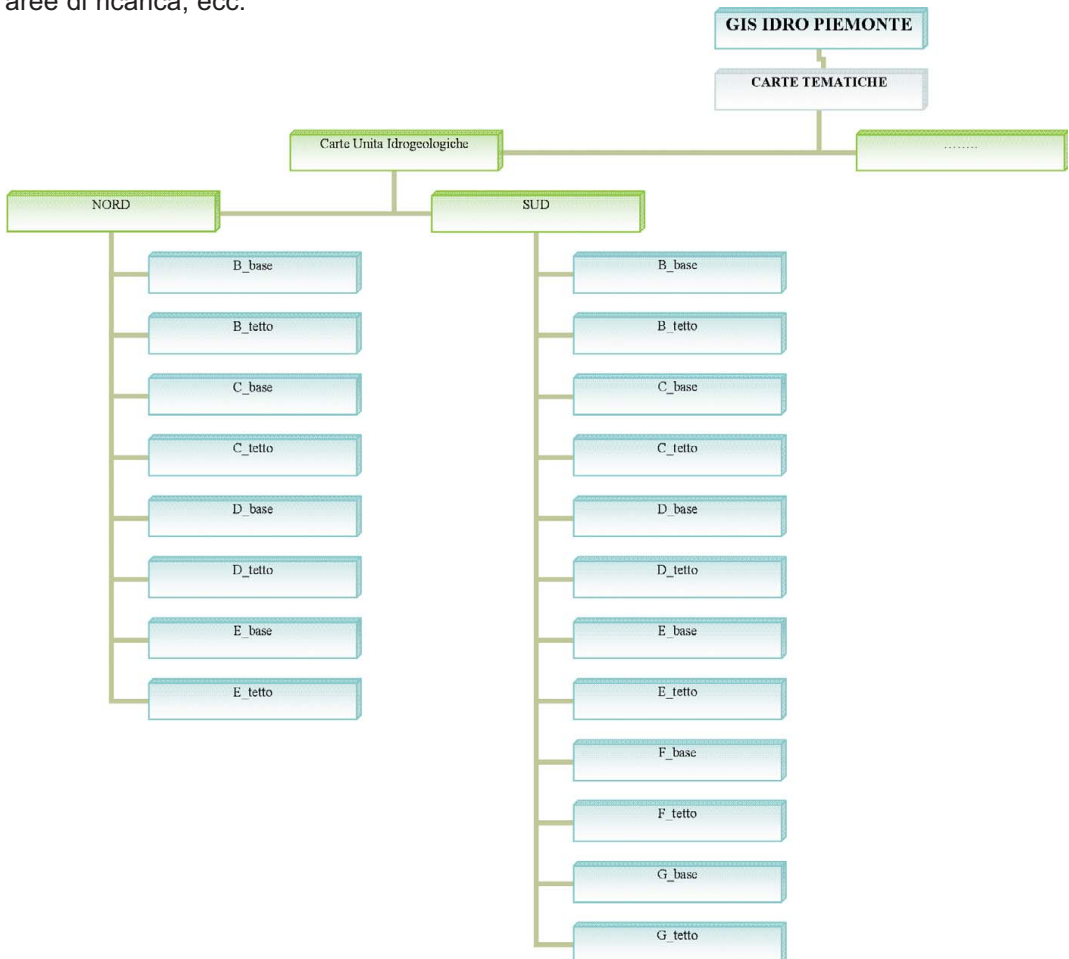


Fig. 58: Organigramma raffigurante un esempio del raggruppamento delle carte tematiche in cartelle principali e sottocartelle; in questo caso è raffigurata la cartella principale delle “Carte Unità Idrogeologiche” con relative carte di base e tetto divise in Gruppi Acquiferi (A-G) del settore piemontese settentrionale (Avanfossa padana) e meridionale (Bacini di Savigliano e Alessandria).

8. GLOSSARIO DI TERMINI IDROGEOLOGICI

Elenco termini definiti:

Acqua Congenita o Connata

Acqua Dolce o Fresca

Acqua Fossile

Acqua Salata (*Salt Water*)

Acqua Salina (*Saline Water*)

Acqua Salmastra (*Brackish Water*)

Acquifero

Acquifero Multifalda

Acquifero Multistrato

Acquifugo

Acquicludo

Acquitardo

Bacino Sotterraneo

Bacino Idrogeologico

Brina o Salamoia

Complesso Idrogeologico

Formazione Idrogeologica

Gruppo Acquifero

Interfaccia Acqua Dolce/Salata

Modello Concettuale (Idrogeologico) o

Schema Concettuale

Modello Concettuale Di Bacino

Provincia Idrogeologica

Serie Idrogeologica

Sistema Acquifero

Sistema Di Flusso

Strato o Livello o Unità Di Confinamento

Struttura Idrogeologica

Unità Idrogeologica

Zona Idrogeologica

ACQUA CONGENITA O CONNATA

(sinonimi: acqua primaria, acqua nativa, acqua di formazione)

UNESCO (1978): "acqua intrappolata negli interstizi di rocce sedimentarie al tempo in cui la roccia è stata depositata. Può anche includere acqua intrappolata nei vuoti di rocce magmatiche effusive al tempo in cui il magma è stato eruttato in superficie. Può derivare sia da acqua marina che continentale".

(sinonimo: acqua nativa, acqua di formazione)

FRANCANI (1985): "da alcuni autori questo termine è riservato alle acque che sono rimaste imprigionate dai granuli dei sedimenti dal momento della formazione del deposito detritico stesso, oppure che si sono formate in seguito alle reazioni chimiche che si accompagnano alla diagenesi dei sedimenti, specie di quelli con elevato contenuto di sostanze organiche".

CHIESA (1992): "acqua rimasta intrappolata nei vuoti dei terreni sedimentari sin dall'epoca della loro deposizione".

TODD & MAYS (2005): "acqua che è stata isolata dal contatto con l'atmosfera per almeno una parte apprezzabile di un periodo geologico; essenzialmente, consiste di acqua fossile interstiziale che è migrata dalla sua originaria posizione di seppellimento. Quest'acqua può essere derivata da acqua continentale o oceanica ed è tipicamente caratterizzata da un'elevata mineralizzazione".

ACQUA DOLCE O FRESCA

UNESCO (1978): "acqua la cui concentrazione di solidi totali disciolti è inferiore a 1000 ppm (cioè 1 g/l). Può essere definita come acqua senza sapore salino o minerale".

CHIESA (1992): "acqua avente contenuto di solidi disciolti inferiore a 1000 ppm (<1 g/l); contrario di acqua salata".

ACQUA FOSSILE

UNESCO (1978): "acqua intrappolata negli interstizi delle rocce e che è rimasta intrappolata fin dal seppellimento".

FRANCANI (1985): "acque altamente mineralizzate, contenute in serbatoi profondi, separati da diaframmi impermeabili o semipermeabili di grande spessore da quelle contenute nei depositi alluvionali; a esse, per la loro giacitura e per la lentezza dei movimenti ai quali sono sottoposte, difficilmente possono essere attribuite le caratteristiche tipiche delle falde abitualmente sfruttate per acquedotti. Sono così ben separate dalle falde superficiali da non riceverne alimentazione; si intende con il termine "fossili" che la loro origine (da acque continentali o marine che fosse) è così lontana nel tempo che gli eventi geologici che si sono succeduti alla loro formazione (ad esempio la deposizione al di sopra del loro acquifero di spesse coltri di depositi argillosi continentali o marini) le hanno escluse dalla circolazione idrica connessa con gli eventi meteorologici".

CHIESA (1992): "acqua congenita che però partecipa al ciclo idro-geologico sotterraneo".

ACQUA SALATA (SALT WATER)

UNESCO (1978): “acqua salina con concentrazione tra 10 e 100 g/l (che è la salinità dell’acqua di mare)”.

CHIESA (1992): “acqua avente un contenuto di solidi disciolti superiore a 1000 ppm (> 1 g/l); comprende l’acqua salina, l’acqua salmastra e la salamoia; contrario di acqua dolce”.

ACQUA SALINA (SALINE WATER)

UNESCO (1978): “acqua contenente abbastanza sali disciolti da avere un gusto minerale definito, specialmente acqua contenente sufficiente cloruro di sodio da avere un sapore salino. L’USGS la definisce come acqua con concentrazione di ioni disciolti superiore a 1000 ppm (1 g/l)”.

Classificazione USGS:

acqua debolmente salina	→	1 – 3 g/l
acqua moderatamente salina	→	3 – 10 g/l
acqua molto salina	→	10 – 35 g/l
brina	→	> 35 g/l

CHIESA (1992): “acqua salata avente un contenuto di solidi disciolti compreso tra 10000 e 100000 ppm (10 e 100 g/l)”.

ACQUA SALMASTRA (BRACKISH WATER)

UNESCO (1978): “acqua con salinità intermedia tra l’acqua potabile e l’acqua di mare. Acqua salina che ha una concentrazione di ioni disciolti per convenzione compresa tra 1000 ppm e 10000 ppm (cioè tra 1 e 10 g/l)”.

CHIESA (1992): “acqua salata avente un contenuto di solidi disciolti compreso tra 1000 e 10000 ppm (1 e 10 g/l)”.

ACQUIFERO

MEINZER (1923) (in ASTM, 1998): “formazione rocciosa o strato che è in grado di fornire acqua in quantità sufficiente e tale da costituire una fonte di approvvigionamento”.

Sinonimi sono “*water-bearing formation*”, “*water-bearing stratum*”, “*water-bearer*”. Il senso del fornire acqua non è quello di contenerla, ma di trasmetterla o convogliarla.

TODD (1959): “formazione che contiene sufficiente materiale saturato da immagazzinare e convogliare quantità significative d’acqua a pozzi e sorgenti”. L’acquifero è caratterizzato soprattutto dalla capacità di contenere e trasmettere acqua. L’acquifero include anche la porzione non satura della unità permeabile.

(sinonimi di acquifero → “*groundwater reservoir*” e “*water-bearing formation*”)

LOHMAN ET ALII (1972) (in ASTM, 1998): “formazione, o gruppo di formazioni, o parte di una formazione che contiene sufficiente materiale permeabile saturato, da convogliare significative quantità d’acqua a pozzi e sorgenti”. A livello locale un acquifero può coincidere con una formazione. Studi a scala più ampia (es. RASA, *Regional Aquifer-System Analysis*, dell’USGS) hanno dimostrato che gli acquiferi regionali possono includere numerose formazioni e tipi di rocce, e che gli acquiferi tagliano limiti formazionali e litologici.

UNESCO (1978): “formazione, gruppo di formazioni, o parte di una formazione, che contiene sufficiente materiale permeabile saturato da convogliare significative quantità d’acqua a pozzi e sorgenti; ad esempio che è in grado di fornire quantità d’acqua sufficientemente grandi per quella unità, da assumere un valore economico come fonte d’approvvigionamento idrico in quella regione. L’acquifero include la parte non satura dell’unità permeabile”.

FREEZE & CHERRY (1979): “unità geologica permeabile, satura d’acqua, che può trasmettere significative quantità d’acqua sotto la spinta di gradienti idraulici ordinari”.

FETTER (1980): “unità geologica che può immagazzinare e trasmettere acqua a velocità sufficientemente elevate da rifornire i pozzi con quantità considerevoli”.

CASTANY (1982): “è un sistema idrologico ed è, anzitutto, identificato con un dominio di spazio sotterraneo finito e continuo, chiamato serbatoio”.

Il serbatoio è caratterizzato da tre insiemi di dati:

- a) configurazione o sviluppo → contorno, dimensioni (volume) e natura dei limiti geologici;
- b) localizzazione → quota e profondità dei limiti geologici;
- c) struttura o anatomia → litologia e analisi strutturale; caratteristiche fisiche (petrologia, granulome-

tria, facies), geochimiche (sali solubili), e strutturali (deformazione, fessurazione) dei materiali che costituiscono il serbatoio.

“Formazione idrogeologica permeabile che permette il deflusso significativo di una falda idrica sotterranea e la captazione di quantità apprezzabili d’acqua con mezzi economici”.

L’acquifero è un sistema idrologico, idrodinamico, che viene identificato da cinque insiemi di caratteristiche quantificabili:

- 1) **SERBATOIO**: dominio di spazio finito, caratterizzato dalle condizioni ai limiti e dalle sue dimensioni o configurazione, e dall’organizzazione interna o struttura; è identificato con una o più formazioni idrogeologiche.
- 2) **MECCANISMI** o **PROCESSI INTERNI**: idrodinamici, idrochimici e idrobiologici, che determinano tre funzioni del serbatoio: stoccaggio, condotta (trasferimento di quantità d’acqua o energia), e mezzo di scambi geochimici.
- 3) **SEQUENZA DEL CICLO DELL’ACQUA**: interazioni con l’ambiente che si manifestano attraverso tre comportamenti, idrodinamico, idrochimico e idrobiologico. La sequenza è caratterizzata da impulso/risposta che si esprime con una funzione di trasferimento.
- 4) **VARIABILITA’ NELLO SPAZIO** delle caratteristiche.
- 5) **CONDIZIONI DI TEMPO**: le misure delle caratteristiche sono riferite a una data (stato iniziale) o a una durata media.

Il sistema acquifero può essere rappresentato con un **MODELLO CONCETTUALE**.

“Complesso fisico-chimico unico di due costituenti essenziali, o fasi, strettamente legate ed in interazione; è da segnalare a volte la presenza di una terza fase con il gas (aria soprattutto):

- a) il **SERBATOIO**, fase solida, mezzo poroso o fessurato, costituisce la trama della struttura, scheletro solido o matrice;
- b) l’**ACQUA SOTTERRANEA**, fase liquida, la cui frazione che può essere messa in movimento (acqua gravifica), costituisce la **FALDA IDRICA SOTTERRANEA** che alimenta le sorgenti, i fiumi e le captazioni.

FRANCANI (1985): “terreno saturo d’acqua all’interno del quale avviene il deflusso sotterraneo”.

BATES & JACKSON (1987) (in ASTM, 1998): “porzione di roccia che è sufficientemente permeabile da trasmettere l’acqua sotterranea e da convogliare quantità economicamente significative a pozzi e sorgenti”.

CELICO (1988): “è costituito da una fase solida (scheletro della roccia) nella quale circolano una fase liquida (acqua) e una gassosa (aria); la sua funzione si traduce in trasferimenti di massa (acqua, calore, sostanze minerali e organiche in soluzione e/o in sospensione, micro-organismi), in trasferimenti di energia (per effetto delle differenze di carico piezometrico), e nello stoccaggio di acqua con relativa restituzione”.

CHIESA (1992): “terreno impermeabile saturo d’acqua e che ne permette il flusso con una certa velocità; tale termine può essere usato come aggettivo e come sostantivo”.

CUSTODIO-LLAMAS (1996): “strato o formazione geologica che, consentendo la circolazione dell’acqua attraverso pori o fessure, permette all’uomo di utilizzarla in quantità considerevoli per le proprie esigenze”.

STONE (1998): “qualsiasi materiale che contiene e trasmette acqua e le cui porzioni saturate immagazzinano quantità sfruttabili d’acqua”.

Preferibilmente, il termine acquifero si applica all’intera unità geologica che contiene acqua, non solo alla parte saturata (zona di saturazione).

ACQUIFERO MULTIFALDA

CASTANY (1982): “combinazione di formazioni idrogeologiche semi-permeabili, intercalate tra formazioni permeabili. Trattasi di un sistema idrologico, perché ogni acquifero a falda imprigionata non può essere considerato in maniera indipendente. Ha un comportamento idrodinamico unitario e proprio e, se la struttura è semplice, può essere talora assimilato a un acquifero monofalda equivalente”.

ACQUIFERO MULTISTRATO

UNESCO (1978): “sistema acquifero contenente locali alternanze di materiali acquiferi e non, ma la cui superficie piezometrica di ogni livello acquifero riflette la stessa pressione idrostatica a causa

dell'interconnessione regionale". (sin.: formazione multiacquifera)

CHIESA (1992) (anche come formazione multiacquifera): "sistema acquifero formato da un'alternanza di strati acquiferi e di strati semipermeabili e/o impermeabili".

Chiesa parla anche di falda multistrato (tradotta come "*multilayered aquifer system*" e "*aquifère multilicouche*"): "falda formata da più strati permeabili sovrapposti aventi diversi valori dei parametri idrogeologici. Contrario di falda monostrato".

CASTANY (1982): "sistema acquifero costituito dall'alternanza di strati acquiferi e di strati impermeabili; non comporta la presenza di strati semi-permeabili, come invece risulta per l'acquifero multifalda. E' quindi un concetto vicino ma distinto da quello di acquifero multifalda".

ACQUIFUGO

TODD (1959): "formazione relativamente impermeabile che né contiene né trasmette acqua" (es. granito non alterato).

FETTER (1980): "unità assolutamente impermeabile che non trasmette acqua in assoluto".

CHIESA (1992): "terreno impermeabile che non contiene acqua e non ne permette il flusso".

CUSTODIO-LLAMAS (1996): "formazione geologica che né contiene acqua né è in grado di lasciarla fluire all'esterno".

ACQUICLUDO

TODD (1959): "deposito saturato d'acqua ma relativamente impermeabile, che non fornisce quantità d'acqua apprezzabili ai pozzi" (es. argilla).

POLAND ET ALII (1972) (in ASTM, 1998): "corpo di materiale saturo ma relativamente impermeabile, che è caratterizzato da valori molto bassi di "leakance" (disperdenza o fuga, pari al rapporto tra conducibilità idraulica verticale e potenza) e trasmette flussi idrici trascurabili".

UNESCO (1978): "livello, formazione, o gruppo di formazioni, saturato, che fornisce quantità non apprezzabili d'acqua a drenaggi, pozzi, sorgenti. Questo è in contrasto con l'acquifero, che invece fornisce quantità apprezzabili".

(sin.: livello semi-permeabile; ingl. "*semi-permeable bed*"; fr. "*couche semi-perméable*")

FREEZE AND CHERRY (1979): "unità geologica saturata che non è in grado di trasmettere significative quantità d'acqua sotto gradienti idraulici ordinari".

CHIESA (1992): "terreno impermeabile a granulometria molto fine che contiene acqua ma non ne permette il flusso".

CUSTODIO-LLAMAS (1996): "formazione geologica che, contenendo acqua al suo interno, anche fino alla saturazione, non la lascia fluire e pertanto non ne consente lo sfruttamento" (es. fanghi quasi liquidi e limi, argille in generale nei delta ed estuari).

ACQUITARDO

TODD (1959): "strato saturato ma scarsamente permeabile che impedisce il movimento dell'acqua sotterranea e non fornisce facilmente acqua ai pozzi, ma che è in grado di trasmettere quantità apprezzabili d'acqua ad acquiferi adiacenti (o che può riceverne) e, dove sufficientemente potente, può costituire un'importante zona di immagazzinamento" (es. argilla sabbiosa).

POLAND ET ALII (1972) (in ASTM, 1998): "un livello saturo scarsamente permeabile che ha valori di leakance che variano tra relativamente bassi e relativamente alti; quando l'acquitardo è sufficientemente potente, può rappresentare un'importante serbatoio di acqua sotterranea".

UNESCO (1978): "formazione di rocce semi-permeabili che immagazzina acqua e anche trasmette acqua a sufficienza per essere significativa nello studio del flusso sotterraneo regionale, ma non abbastanza acqua per rifornire pozzi singoli; ritarda ma non impedisce il flusso idrico a, oppure da, un acquifero adiacente".

(sin.: "*semi-confining bed*"= livello semi-confinante; "*leaky confining bed*"= livello confinante con fattore di fuga o drenanza)

FREEZE & CHERRY (1979): "livelli meno permeabili in una sequenza stratigrafica; tali livelli possono essere abbastanza permeabili da trasmettere acqua in quantità significative per gli studi idrogeologici regionali, ma la loro permeabilità non è sufficiente a permettere il completamento di pozzi al loro interno".

FETTER (1980): "strato di bassa permeabilità che può immagazzinare acqua sotterranea e anche

trasmetterla lentamente da un acquifero ad un altro (sinonimo: "*leaky confining layer*"= strato confinato con fattore di fuga)".

CHIESA (1992): "terreno semipermeabile ove il flusso dell'acqua avviene molto lentamente".

CUSTODIO-LLAMAS (1996): "formazione geologica che, contenendo quantità d'acqua notevoli, la lascia fluire all'esterno molto lentamente; non è adatta all'installazione di sistemi di captazione ma, tuttavia, in condizioni particolari consente la ricarica verticale di altri acquiferi che, in alcuni casi, può diventare rilevante" (es. argille sabbiose).

STONE (1998): "materiale geologico caratterizzato da conducibilità idraulica relativamente bassa, sovrastante un acquifero e responsabile del confinamento dell'acqua in questo; materiale che contiene acqua, ma la trasmette molto lentamente".

BACINO SOTTERRANEO

UNESCO (1978) (lo assimila al bacino idrogeologico): "unità fisiografica contenente un esteso acquifero o numerosi acquiferi connessi o in relazione reciproca, le cui acque sotterranee fluiscono a un comune recapito, e che è delimitata da uno spartiacque sotterraneo".

CELICO (1988): "dominio all'interno del quale le acque sotterranee defluiscono preferenzialmente verso una zona di recapito che può coincidere con una sorgente, con un fronte acquifero, o con corpi idrici superficiali o sotterranei".

Il deflusso è preferenziale perché gli spartiacque sotterranei possono essere aperti, e quindi ci possono essere travasi tra bacini limitrofi.

CUSTODIO-LLAMAS (1996): "mezzo poroso naturale (formazione geologica) di dimensioni variabili, in grado di immagazzinare nei suoi pori un fluido e di consentirne il movimento tramite l'azione di forze gravitazionali. Quando è saturo d'acqua diventa sinonimo di acquifero e di unità idrologica".

BACINO IDROGEOLOGICO

TODD (1959): "può essere definito come unità idrogeologica contenente un esteso acquifero o diversi acquiferi interconnessi".

UNESCO (1978) (lo assimila al bacino sotterraneo): "unità fisiografica contenente un esteso acquifero o numerosi acquiferi connessi o in relazione reciproca, le cui acque sotterranee fluiscono a un comune recapito, e che è delimitata da uno spartiacque sotterraneo".

CASTANY (1982): "complesso unico costituito dagli acquiferi di un bacino sedimentario, e in cui le circolazioni verticali sono rilevanti e spesso predominanti sui deflussi laterali".

FRANCANI (1985): "area dalla quale proviene l'alimentazione delle falde idriche".

Ogni falda possiede un proprio bacino, nel quale avviene l'infiltrazione delle acque che li alimentano, e che è solitamente individuabile (anche se non con l'esattezza con cui si individuano i bacini idrografici) dalle carte idrogeologiche. A ciò si arriva esaminando l'andamento di tutti gli elementi dell'idrogeologia della regione in studio, che determinano una separazione delle acque sotterranee in corpi idrici distinti.

Tali elementi possono essere:

- livelli impermeabili che impediscono l'intercomunicazione tra le acque di aree limitrofe;
- faglie, fratture e filoni;
- elementi morfologici che interrompono la continuità di un acquifero obbligando le acque ad esempio ad emergere (fianchi vallivi, pareti);
- discontinuità dell'acquifero (limiti impermeabili);
- corpi idrici superficiali;
- sorgenti;
- corsi d'acqua o laghi che alimentano la falda;
- aree di buona permeabilità;
- per falde profonde, intercomunicazioni con la superficie o falde superficiali, oppure intercomunicazione con falde inferiori;
- limiti piezometrici: spartiacque;
- substrato roccioso.

CELICO (1988): "dominio all'interno del quale, ferma restando la possibilità di precise interconnessioni idrogeologiche con i bacini sotterranei limitrofi, le acque sotterranee defluiscono preferenzial-

mente verso un'unica sezione di interesse (ubicata lungo una linea di impluvio), mentre le acque superficiali possono defluire anche verso altri bacini."

La differenza tra bacino sotterraneo e bacino idrogeologico sta nel fatto che quest'ultimo non è riferito solo alle acque sotterranee, ma a tutte quelle che attraversano una determinata sezione ubicata lungo un corso d'acqua o un fondovalle; in questo senso, il limite di un bacino idrogeologico può essere rappresentato anche da uno spartiacque superficiale.

CHIESA (1992): "formazione acquifera di grande estensione separata da quelle adiacenti da un limite geologico o da un limite idrologico".

BRINA O SALAMOIA

UNESCO (1978): "soluzione salina naturale molto concentrata. Acqua salata con concentrazione per convenzione al di sopra di 100000 ppm (cioè > 100 g/l)".

(sin.: salamoia, acqua ipersalina)

CHIESA (1992): "soluzione salina avente un contenuto di solidi disciolti maggiore di quello dell'acqua di mare".

COMPLESSO IDROGEOLOGICO

CELICO (1988) (nell'accezione di Civita, 1973): "insieme di termini litologici simili aventi una comprovata unità spaziale e giacitura, un tipo di permeabilità prevalente comune, ed un grado di permeabilità relativa che si mantiene in un campo di variazione piuttosto ristretto".

FORMAZIONE IDROGEOLOGICA

CASTANY (1982) (equivalente dell'*hydrogeologic unit* anglosassone): "è identificata dall'insieme dei dati geologici, idrogeologici e idrogeochimici".

Una formazione idrogeologica è una formazione litostratigrafica o la loro combinazione, avente funzioni globali nei confronti dello stoccaggio e del deflusso idrico sotterraneo.

Esistono tre ordini di grandezza della formazione idrogeologica:

- 1) la formazione idrogeologica che identifica un acquifero, un tetto o un substrato o un semi-permeabile (es. formazione idrogeologica impermeabile della Crau, in Francia);
- 2) la combinazione di formazioni idrogeologiche permeabili e semi-permeabili che identificano un acquifero multifalda (es. acquifero multifalda delle sabbie albiane del Bacino di Parigi) (bisogna qui precisare che per Castany l'acquifero multifalda è un sistema acquifero composto da un'alternanza di strati acquiferi e semi-permeabili interstratificati, che possono comportare numerose falde libere o semi-imprigionate intercomunicanti (fuga); è un concetto vicino ma distinto da quello di acquifero stratificato che non comporta strati semi-permeabili (Castany e Margat, 1977); traduce "aquifère multicouche" e "multilayered aquifer");
- 3) la combinazione di numerose formazioni idrogeologiche, che costituiscono una struttura idrogeologica (es. bacino idrogeologico del Sahara settentrionale, oppure bacino idrogeologico di Parigi).

La caratteristica fondamentale di una formazione idrogeologica è il grado di permeabilità; esistono a questo proposito tre grandi categorie: formazioni permeabili, impermeabili e semi-permeabili.

GRUPPO ACQUIFERO

Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia. Relazione tecnica (2002) e Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna. Relazione tecnica (1988) : termine informale per definire le UIS fondamentali (Unità Idrostratigrafiche Sequenziali) che si configurano come particolari sottoclassi di Unità Idrostratigrafiche. L'Unità Idrostratigrafica è stata definita da Maxey (1964), come corpo geologico di notevole estensione areale, che costituisce un dominio dello spazio fisico in cui ha sede un sistema idrologico ragionevolmente distinto. Nell'accezione di Domenico & Schwartz (1990) un'Unità Idrostratigrafica è una formazione, parte di una formazione oppure un gruppo di formazioni con caratteristiche ideologiche omogenee o distribuite in modo da permettere una suddivisione interna in acquiferi e barriere di permeabilità associate. Il termine Formazione Idrogeologica (Castany, 1982) o Unità Idrogeologica, può essere considerato un sinonimo di Unità Idrostratigrafica così come definito da Domenico & Schwartz (1990).

L'UIS presenta le seguenti caratteristiche:

- è costituita da una o più Sequenze Deposizionali
- comprende un livello geologico basale, scarsamente permeabile (acquitardo) o impermeabile (acquicludo), arealmente continuo.

Ogni UIS risulta dunque idraulicamente isolata da quelle adiacenti.

Ogni Gruppo Acquifero è suddivisibile in unità di rango inferiore, definite Complessi Acquiferi, anch'esse separate da barriere di permeabilità, caratterizzate tuttavia da più limitata continuità laterale. I Complessi Acquiferi sono a loro volta costituiti da Sistemi Acquiferi (corpi geologici caratterizzati da prevalenti depositi porosi e permeabili), separati da barriere di permeabilità locali, e da Sistemi Acquitardi (corpi geologici caratterizzati da prevalenti depositi fini), che possono comunque contenere serbatoi acquiferi di limitata entità.

INTERFACCIA ACQUA DOLCE/SALATA

UNESCO (1978): "zona dinamica, piuttosto che un limite netto, dove l'acqua fresca si mescola con l'acqua salata tramite processi di dispersione idrodinamica e diffusione molecolare" (Henry, H.R., 1964, mod. da Subitzky).

MODELLO CONCETTUALE (IDROGEOLOGICO) O SCHEMA CONCETTUALE

CASTANY (1982): una corretta politica di gestione delle acque utilizza come mezzo i modelli matematici di simulazione idrodinamica in regime permanente o transitorio.

I comportamenti permettono di elaborare un "modello concettuale" (o schema), che è la base per i modelli matematici.

La costruzione di modelli concettuali del deflusso delle acque sotterranee, base della modellizzazione, è concepita a due scale di grandezza:

- acquifero
- bacino idrogeologico

Lo studio dell'acquifero definisce le linee di flusso (o di corrente) e le linee equipotenziali, a formare delle reti di deflusso (o reti di flusso).

STONE (1998): è il prodotto finale di tutti gli studi idrogeologici. I modelli concettuali variano con la scala dello studio e con la grandezza dell'area indagata. A scala regionale si studiano "province idrogeologiche"; a scala sub-regionale o locale si studiano gli acquiferi.

Gli elementi del modello concettuale sono raggruppati in 4 componenti:

- componente geologica
- componente idrologica (acque di superficie)
- componente suolo
- componente idrogeologica (acque sotterranee)

TODD AND MAYS (2005): "descrizione semplificata qualitativa di un sistema fisico".

I modelli concettuali possono includere una descrizione degli acquiferi e delle unità di confinamento che costituiscono il sistema acquifero, le condizioni al contorno, i regimi di flusso, le fonti d'acqua e le direzioni generali del flusso sotterraneo.

MODELLO CONCETTUALE DI BACINO

CASTANY (1982): "schema generale del deflusso dell'acqua sotterranea in un bacino idrogeologico" (Chiarelli, 1973; Freeze, 1971; Kichiraly, 1978; Toth, 1962, 1963, 1978).

Si distinguono, su una sezione verticale trasversale passante per un grande asse di deflusso, tre grandi zone di sistemi di flusso:

Zona degli acquiferi di subsuperficie:

- sistemi di flusso locali, brevi;
- tipo acquiferi: a falda libera, principali acquiferi multifalda;
- condizionamenti: topografia locale, rete idrografica, superfici di acqua libera (scarso ruolo della geologia e delle zone climatiche attuali);
- velocità effettive: alcuni Km/anno falde libere
 100 m/anno falde imprigionate
- profondità: 50-100 m

Zona degli acquiferi intermedi:

- sistemi di flusso regionali, lunghi;
- tipo acquiferi: a falda imprigionata;
- condizionamenti: topografia regionale (grandi assi dei rilievi), grandi assi idrografici, grandi laghi, oceani, mari interni, geologia strutturale;
- velocità effettive: 10 m/anno;
- profondità: 200-300 m

Zona degli acquiferi profondi:

- sistemi di flusso globali, lunghissimi;
- scambi verticali preponderanti su quelli laterali;
- condizionamenti: geologia, zone climatiche passate (paleoclimi);
- velocità effettive: m/anno;
- profondità: determinata dalla comparsa di acque salmastre/salate (1000 m Bacino di Parigi; 2000 m Bacino del Sahara settentrionale)

Al di sotto si può ancora avere una zona degli acquiferi molto profondi: sistemi di flusso nulli o poco sviluppati (dominio delle acque fossili e connate).

PROVINCIA IDROGEOLOGICA

CHIESA (1992) (indicata come provincia dell'acqua di falda): "regione dove l'acqua di falda si trova in formazioni simili".

STONE (1998): "corrispondono in pratica alle "groundwater regions" o regioni di acque sotterranee. L'uniformità di condizioni geologiche in queste regioni si traduce anche in condizioni idrogeologiche uniformi".

Termine coniato da Heath (1984); identificava 5 fattori generali per delineare le province idrogeologiche, che fossero consistenti su vaste regioni:

- componenti del sistema;
- natura delle aperture degli acquiferi;
- composizione della roccia serbatoio (o matrice);
- caratteristiche di immagazzinamento e trasmissività;
- condizioni di alimentazione e scarica.

SERIE IDROGEOLOGICA

FRANCANI (1985): "rappresenta la successione e i rapporti tra le Unità Idrogeologiche".

CELICO (1988): "insieme di complessi idrogeologici stratigraficamente giustapposti".

Poiché all'interno dei complessi le caratteristiche idrogeologiche sono da considerare sostanzialmente omogenee, il condizionamento della circolazione idrica sotterranea avviene preferibilmente nelle zone di contatto tra i tipi litologici a permeabilità relativa sostanzialmente diversa (es. serie idrogeologica dell'Abruzzo settentrionale, facies umbro-marchigiano-sabina, di età triassico-miocenica, con al di sopra la serie plio-pleistocenica).

Il raggruppamento dei complessi in serie, e la distinzione in complessi, dipende anche dal grado di dettaglio dello studio. Per studi di minore dettaglio, si individuano meno complessi, che abbracciano intervalli temporali più ampi, e viceversa.

La serie comprende complessi sia permeabili che impermeabili.

SISTEMA ACQUIFERO

POLAND ET ALII (1972) (in ASTM, 1998): "corpo eterogeneo caratterizzato da intercalazioni di materiale permeabile e scarsamente permeabile, che funziona regionalmente come unità idraulica conduttiva; contiene due o più letti permeabili (acquiferi), separati, almeno localmente, da acquitardi (unità di confinamento) che impediscono il movimento dell'acqua, ma non influenzano in maniera determinante la continuità idraulica regionale del sistema".

UNESCO (1978): "un acquifero, o una combinazione di acquiferi, acquitardi e livelli di confinamento, che funziona regionalmente come unità idraulica acquifera, es. comprendente "una struttura per un sistema idraulico ragionevolmente distinto" (Maxey).

E' una unità il cui comportamento idrologico o funzionamento, inclusi gli effetti delle condizioni al contorno, sono da descrivere e quantificare.

Definizione francese: “dominio acquifero semplice o complesso, le cui componenti o parti sono interamente in connessione idraulica continua, e circoscritto da limiti che costituiscono un ostacolo alla propagazione di influenza”.

(sin.: Sistema geoidrologico o idrogeologico; unità geoidrologica)

CELICO (1988): “dominio all'interno del quale le influenze di captazioni possono propagarsi liberamente (più o meno velocemente), ma i cui limiti sono di ostacolo a trasferimenti di influenza” (Albinet-Margat, 1971).

Il concetto di sistema si presta bene per l'impostazione e la realizzazione dei modelli matematici di simulazione idrodinamica e per lo studio delle grandi distese pianeggianti monofalda, dove è preferibile suddividere il territorio in varie porzioni delimitate, ad esempio, dai corsi d'acqua; questi possono o alimentare o drenare la falda, e rappresentano dei limiti a potenziale imposto che ostacolano il propagarsi delle perturbazioni dovute a captazioni. Se l'acquifero è multifalda è però chiaro che i trasferimenti di influenza nelle falde profonde possono risultare indipendenti dai corsi d'acqua.

CHIESA (1992): “insieme degli strati acquiferi e degli strati più o meno impermeabili che formano un'unica unità”.

SISTEMA DI FLUSSO

CASTANY (1982): “unità definita da una zona di ricarica e da una zona di scarica o drenaggio”.

Il motore del deflusso è una ΔH (differenza di carico); i limiti idrodinamici sono costituiti dalle linee di spartiacque sotterranei (creste piezometriche), e dalle zone o assi di drenaggio.

Il sistema di flusso può corrispondere a uno o più acquiferi.

Si individuano due grandi tipi di sistemi di flusso:

- flusso laterale, delle zone di ricarica verso quelle di scarica;
- flusso di fuga, di direzione subverticale e di senso ascendente o discendente.

STRATO O LIVELLO O UNITÀ DI CONFINAMENTO

TODD (1959): “depositi relativamente impermeabili stratigraficamente adiacenti a uno o più acquiferi”.

LOHMAN ET ALII (1972) (in ASTM, 1998): “il livello di confinamento è un termine che può ora sostituire i termini acquicludo, acquitardo e acquifugo, nei report dell'USGS, e si definisce come corpo di materiale impermeabile stratigraficamente adiacente a uno o più acquiferi. In natura, comunque, la sua conducibilità idraulica può variare da quasi zero a valori nettamente inferiori a quelli dell'acquifero. La sua conducibilità relativa a quella dell'acquifero che confina, dovrebbe essere specificata o indicata da un termine adatto, come debolmente permeabile o moderatamente permeabile”.

È preferibile il termine unità di confinamento, che è più generale e appropriato che livello (anche perché più livelli possono costituire un'unità di confinamento).

UNESCO (1978): “corpo di materiale “impermeabile” stratigraficamente adiacente a uno o più acquiferi. In natura, comunque, la sua conducibilità idraulica può variare tra quasi zero e valori significativamente distinti (inferiori) da quelli dell'acquifero (USGS)”.

(sin.: livello impermeabile; acquifugo)

FETTER (1980): “unità geologica caratterizzata da permeabilità intrinseca da nulla a bassa (meno di circa 10⁻² darcy)”.

L'acqua si muove attraverso la maggior parte degli strati di confinamento, sebbene la velocità di movimento può essere piuttosto bassa. Gli strati di confinamento vengono talora suddivisi in acquitardi, acquicludi e acquifuges.

STRUTTURA IDROGEOLOGICA

CELICO (1988): “insieme di più complessi idrogeologici, aventi una sostanziale unità spaziale e giacitura, visti nel loro assetto geometrico attuale (quest'ultimo derivante dalla combinazione dei rapporti stratigrafici con quelli tettonici)”.

Struttura semplice = acquifero poggiate su un impermeabile.

Struttura più complessa = acquifero racchiuso tra un impermeabile di fondo e una copertura impermeabile o semi-permeabile.

Strutture molto complesse = tipo:

- conoide della Dora Riparia con Anfiteatro Morenico di Rivoli;
- pianura pontina con sequenza di ambiente marino, salmastro e palustre;

- strutture derivanti dalla deposizione di prodotti vulcanici.

Intervengono poi anche complicazioni tettoniche.

I rapporti tra strutture idrogeologiche adiacenti sono condizionati da più fattori, come la differenza di permeabilità tra complessi idrogeologici giustapposti, l'ampiezza della superficie di contatto, il verso di deflusso delle acque, e il tipo di rapporto geometrico esistente tra più strutture o più complessi idrogeologici.

CHIESA (1992): "una o più formazioni geologiche limitrofe caratterizzate dalle medesime condizioni idrogeologiche".

UNITÀ IDROGEOLOGICA

FRANCANI (1985): "raggruppa i terreni con caratteristiche idrogeologiche omogenee".

"Unità litologica avente caratteristiche idrogeologiche omogenee; le Unità Idrogeologiche derivano dalle formazioni geologiche".

CELICO (1988): "dominio dotato di una comprovata unità stratigrafica, strutturale e morfologica, ai cui limiti si verificano condizioni che annullano o comunque ostacolano le possibilità di travasi d'acqua, ed al cui interno i termini litologici, complessivamente omogenei nel tipo e nel grado di permeabilità, si comportano in modo più o meno uniforme nei riguardi dell'infiltrazione, dell'immagazzinamento e del movimento delle acque sotterranee".

I limiti delle Unità Idrogeologiche sono elementi geometrici (stratigrafici o tettonici) che condizionano in modo sostanziale la circolazione idrica sotterranea, sbarrandola parzialmente o totalmente.

In genere si tratta di contatti tra complessi a permeabilità relativa sostanzialmente diversa. In qualche caso, però, si tratta di limiti convenzionali perché non è sempre materializzabile un elemento idrogeologicamente significativo (ad es. negli acquiferi di pianura, che sono interconnessi idraulicamente attraverso fasce detritico-alluvionali).

CHIESA (1992): (come unità geoidrologica) "insieme degli strati acquiferi e impermeabili in un sistema idrogeologico".

ZONA IDROGEOLOGICA

CASTANY (1982): "l'estensione geografica delle formazioni idrogeologiche permeabili, caratteristiche geochimiche del serbatoio e regime del deflusso idrico sotterraneo, delimitano delle zone idrogeologiche".

Possono essere riconosciute tre zone idrogeologiche in funzione della distanza dagli affioramenti. Sono identificate dalle caratteristiche geologiche, idrodinamiche ed idrochimiche con apporto degli isotopi del mezzo.

Ad esempio nel bacino di Parigi sono state identificate:

- 1) zona di alimentazione o di ricarica, corrispondente ai limiti geologici che costituiscono gli affioramenti degli acquiferi, e alle aree di fuga discendente;
- 2) zona di transizione o di mélange, che segna il passaggio progressivo dalle zone di alimentazione a quelle di sbocco. Il flusso laterale diminuisce progressivamente per diventare ridottissimo nella zona di sbocco. Il flusso di fuga aumenta, imponendo scambi verticali ascendenti, raramente discendenti;
- 3) zona di sbocco o di discarica.

ASTM (1998): "il termine zona può essere usato per suddividere un acquifero allo scopo di delineare una particolare caratteristica idrologica che non è tipica dell'intero acquifero".

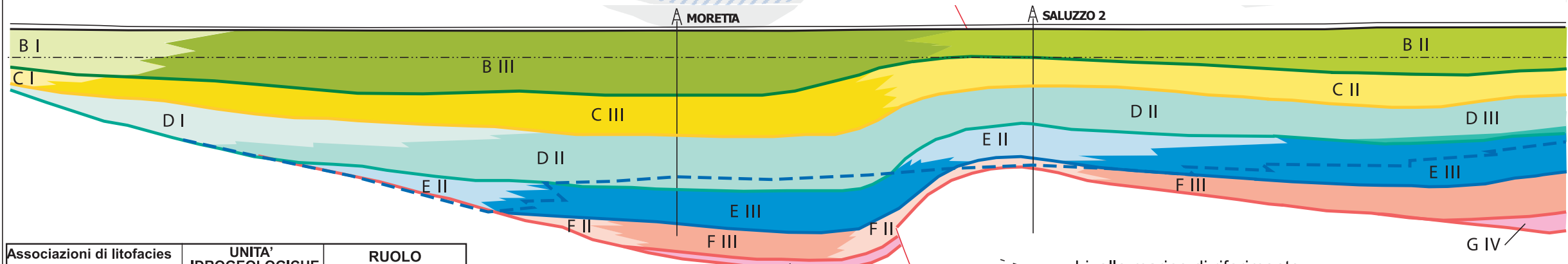
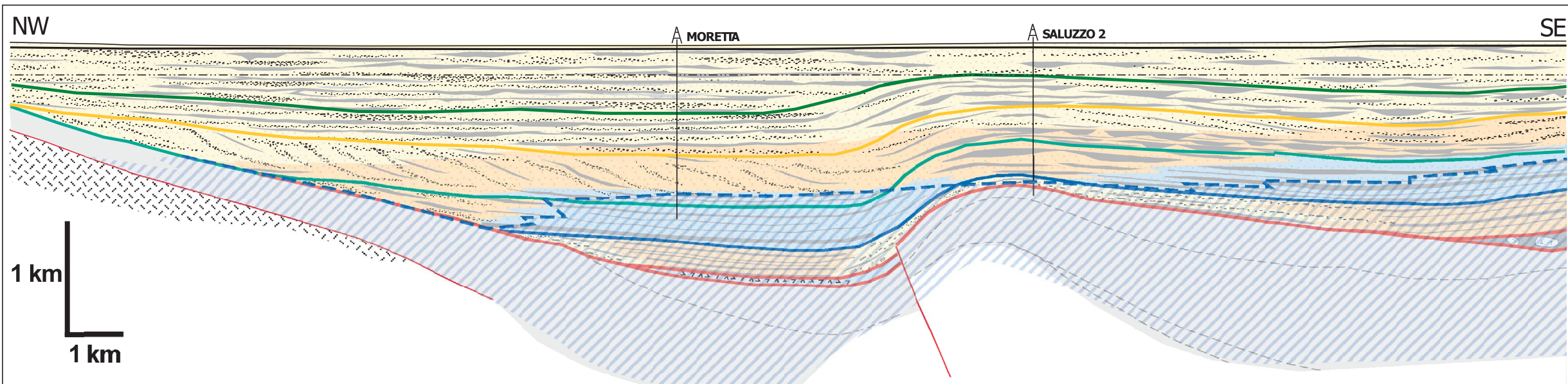
9. BIBLIOGRAFIA

- ABATUCCI G., CLEMENTE P., DE LUCA D.A., LASAGNA M., MASCIOTTO L. (2005). *Deep groundwater resources individuation in Piemonte plane (Northern Italy)*. Proceedings of the 6th International Conference "Sharing a common vision of our water resources", Menton, France, 7-10 September 2005, Paper EWRA066b, 25 pp.
- AGIP (1972). *Acque dolci sotterranee*. Inventario dei dati raccolti dall'AGIP durante la ricerca di idrocarburi in Italia, 914 pp.
- AGIP (1982). *Foraminiferi padani (Terziario e Quaternario)-Atlante iconografico e distribuzione stratigrafica*. Seconda edizione, 52 tav.
- AGIP (1994). *Acque dolci sotterranee*. Inventario dei dati raccolti dall'AGIP durante la ricerca di idrocarburi in Italia, 515 pp.
- REGIONE EMILIA ROMAGNA, ENI – AGIP (1998) *riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna*. A cura di G. Di Dio. S.EL.CA. (Firenze), pp. 120.
- REGIONE LOMBARDIA, Eni Divisione AGIP (2002). *Geologia degli acquiferi Padani della Regione Lombardia*. A cura di Cipriano Carcano e Andrea Piccin. S.EL.CA. (Firenze), pp. 130.
- BADLEY M.E. (1987) *Practical seismic interpretation*. AGIP, 274 pp.
- BELLARDONE G.F., BONFANT F., COGGIOLA F., DE LUCA D.A., DI GIOIA M., GOVERNA M.E., MASCIOTTO L., OLIVERO G.F., PASQUALOTTO M., RICCI P., SURACE F., ZAULI M., ZUPPI G.M. (1987). *Isotope hydrology in Po Valley*. Studi idrogeologici sulla Pianura Padana, 4, pp. 1-21.
- BIELLA G., POLINO R., DE FRANCO R., ROSSI P.M., CLARI P., CORSI A. & GELATI R. (1997). *The crustal structure of the western Po plain: reconstruction from integrated geological and seismic data*. Terra Nova, 9, 28-31.
- BIGI G., COSENTINO D., PAROTTO M., SARTORI R. & SCANDONE P. (1990). *Structural Model of Italy: Geodynamic project*, C.N.R.. Firenze, S.EL.CA., scale 1:500.000, sheet 1.
- BONADUCE G., CIAMPO G. & MASOLI M. (1976). *Distribution of Ostracoda in the Adriatic Sea*. Pubbl. Staz. Zool. Napoli, 40 (suppl.), 1-304.
- BORTOLAMI G., DI MOLFETTA A., VERGA G. (1982). *Il contributo della geotermia al risparmio energetico in Piemonte: il progetto Geotorino*. Estratto da "Sistemi Urbani", rivista quadrimestrale di scienze della città e del territorio, anno IV, n° 1/2, 162-181.
- BOTTINO G., CAVALLI C. & VIGNA B. (1994a). *L'analisi di facies nella prospezione idrogeologica*. Geologica Romana, 30, 515-524.
- BOTTINO G., CAVALLI C., EUSEBIO A. & VIGNA B. (1994b). *Stratigrafia ed evoluzione plio-quadernaria del settore sud-orientale della pianura cuneese*. Atti Tic. Sc. Terra, serie speciale 1, 153-166.
- CARRARO F. (ed.) (1996). *Revisione del Villafranchiano nell'area-tipo di Villafranca d'Asti*. Il Quaternario, 9 (1), 119 pp.
- CARRARO F., BORTOLAMI G.C., CAMPANINO F., CLARI P.A., FORNO M.G., FERRERO E., GHIBAUDO G., MASO V. & RICCI B. (1978). *Dati preliminari sulla neotettonica dei Fogli 56 (Torino), 68 (Carmagnola) e 80 (Cuneo)*, in: *Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia*. C.N.R., Progetto Finalizzato Geodinamica.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (1912) – *Foglio 42 "Ivrea" alla scala 1:100.000*. I edizione. Serv. Geol. d'Italia, Roma.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (1913) – *Foglio 67 "Pinerolo" alla scala 1:100.000*. I edizione. Serv. Geol. d'Italia, Roma.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (1927) – *Foglio 30 "Varallo" alla scala 1:100.000*. I edizione. Serv. Geol. d'Italia, Roma.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (1927) – *Foglio 30 "Varallo" alla scala 1:100.000*. I edizione. Serv. Geol. d'Italia, Roma.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (1931) – *Foglio 80 "Cuneo" alla scala 1:100.000*. I edizione. Serv. Geol. d'Italia, Roma.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (1932) – *Foglio 31 "Varese" alla scala 1:100.000*. I edizione. Serv. Geol. d'Italia, Roma.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (1966) – *Foglio 43 "Biella" alla scala 1:100.000*. II edizione. Serv. Geol. d'Italia, Roma.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (1969a) – *Foglio 56 "Torino" alla scala 1:100.000*. II edizione. Serv. Geol. d'Italia, Roma.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (1969b) – *Foglio 68 "Carmagnola" alla scala 1:100.000*. II edizione. Serv. Geol. d'Italia, Roma.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (1969c) – *Foglio 57 "Vercelli" alla scala 1:100.000*. II edizione. Serv. Geol. d'Italia, Roma.

- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (1969d) – Foglio 69 “Mortara” alla scala 1:100.000. II edizione. Serv. Geol. d'Italia, Roma.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (1969e) – Foglio 44 “Novara” alla scala 1:100.000. II edizione. Serv. Geol. d'Italia, Roma.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (1970a) – Foglio 70 “Alessandria” alla scala 1:100.000. II edizione. Serv. Geol. d'Italia, Roma.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (1970b) – Foglio 69 “Asti” alla scala 1:100.000. II edizione. Serv. Geol. d'Italia, Roma.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (1971) – Foglio 71 “Voghera” alla scala 1:100.000. II edizione. Serv. Geol. d'Italia, Roma.
- CASSANO E., ANELLI L., FICHERA R., & CAPPELLI, V. (1986). *Pianura Padana: interpretazione integrata di dati geofisici e geologici*. 73° Congresso Società Geologica Italiana, p. 1-27.
- CASTELLARIN A. (1994). *Strutturazione eo- e mesoalpina dell'Appennino settentrionale attorno al nodo ligure*. Studi Geologici Camerti, vol. spec. CROP 1-1A, 99-108.
- CAVALLI C. & VIGNA B. (1995). *Il “Villafranchiano” nel sottosuolo della pianura cuneese*. Il Quaternario, 8 (2), 423-434.
- CHANG K.H. (1975). *Unconformity bounded stratigraphic units*. GSA Bulletin, 86, 1544-1552.
- CLARI P., DELA PIERRE F. & MARTIRE L. (1995). *Discontinuities in carbonate successions: identification, interpretation and classification of some italian examples*. Sedimentary Geology, 100, 97-121.
- CLEMENTE P., OSSELLA L., TRENKWALDER S., ANDREA I., NATALICCHIO M., DE LUCA D.A., POLINO R. & VIOLANTI D. (2007). *Studies on geothermal applications and storage of CO2 and acidic waste in deep waters of Piemonte basins*. Geitalia, 12-14 settembre 2007, Rimini, Epitome, 2, 02.0631, pp. 183.
- COGGIOLA F., DI GIOIA M., GOVERNA M.E., MASCIOCOCCO L., RICCHIUTO G.F. & ZUPPI G.M. (1986). *Isotopic composition of thermal waters in Po Basin, northern Italy*. 4th Working Meeting Isotopes in nature, Leipzig, September 1986, Proceedings, pp. 209-222.
- DECRETO LEGISLATIVO 11 MAGGIO 1999, N. 152. *Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole*. Suppl. Ord. G.U. n.124 del 29/5/1999.
- DELA PIERRE F., PIANA F., FIORASO G., BOANO P., BICCHI E., FORNO M.G., VIOLANTI D., CLARI P. & POLINO R. (2003). *Foglio Geologico 157 Trino della Carta Geologica d'Italia 1: 50.000*. Litografia Geda, Nichelino (TO).
- ELLIS B.F. & MESSINA A. (1940a). *Catalogue of Foraminifera*. Special Publication, American Museum of Natural History, New York, 1940 and supplements.
- ELLIS B.F. & MESSINA, A. (1940b). *Catalogue of Ostracoda*. Special Publication, American Museum of Natural History, New York, 1940 and supplements.
- FALLETTI P., GELATI R. & ROGLEDI S. (1995). *Oligo-Miocene evolution of Monferrato and Langhe, related to deep structure*. In: Polino R., Sacchi R. (eds) - Atti Convegno Rapporti Alpi-Appennino, Peveragno 1994, Acc. Naz. Sc., 14, 1-19.
- FANTONI R., BELLO M., RONCHI P., SCOTTI P. (2002). *Po Valley oil play: from the Villafortuna-Trecate field to South-Alpine and Northern Apennine exploration*. EAGE 64th Conference & Exhibition, Florence, Italy, 27-30 May 2002, 1-4.
- FRANCANI V. (1985). *Geologia applicata 4. Idrogeologia generale*. CLUP, Milano, pp. 316.
- GELATI R., ROGLEDI S. & ROSSI M.E. (1987). *Significance of the Messinian unconformity-bounded sequences in the Apenninic margin of the Padan foreland basin, northern Italy*. Mem. Soc. Geol. It., 39, 319-323.
- GELATI R. & GNACCOLINI M. (1988). *Sequenze deposizionali in un bacino episuturale, nella zona di raccordo tra Alpi ed Appennino Settentrionale*. Atti Tic. Sc. della Terra, 31, 340-350.
- GHIBAUDO G., CLARI P.A., PERELLO. M. (1985). *Litostratigrafia, sedimentologia ed evoluzione tettonico-sedimentaria dei depositi miocenici del margine Sud-Orientale del Bacino Terziario Ligure-Piemontese (Valli Borbera, Scrivia e Lemme)*. Boll. Soc. Geol. It., 104, 349-397.
- IRACE A. (2004). *Il Messiniano Piemontese: nuovi dati da due aree campione*. Tesi di Dottorato. Università di Torino, 167 p.
- IRACE A., DELA PIERRE F. & CLARI P. (2005). « Normal » and « chaotic » deposits in the Messinian Gessoso-solfifera Fm. At the north-eastern border of the Langhe domain (Tertiary Piedmont Basin). Boll. Soc. Geol. It., Volume Speciale 4, 77-85.
- KENNETT J.P. & SRINIVASAN M.S. (1983). *Neogene Planktonic Foraminifera – a phylogenetic atlas*. Hutchinson Ross Publishing Company, Stroudsburg, Pennsylvania, 265 pp.

- MARTINETTO E. (1999). *Chronological framing of Pliocene to Early Pleistocene plant macrofossil assemblages from Northern Italy*. Acta Paleobot. Suppl. 2, 503-511.
- MARTINETTO E. & FARINA A. (2005). *La Foresta Fossile del Torrente Stura di Lanzo*. vol. 1, I quaderni de La Mandria (2005), p. 48.
- MARTINETTO E., SCARDIA G. & VARRONE D. (2007). *Magnetobiostratigraphy of the Stura di Lanzo Fossil Forest succession (Piedmont, Italy)*. Riv. Ital. Paleontol. Stratigr. 113 (1) (2007), pp. 109–125.
- MEINZER O.E. & HEATH R.C. (1990). *Outline of groundwater hydrology*. U.S. Geol. Survey Water Supply Paper, 890 pp.
- MITCHUM R.M., VAIL P.R. & SANGREE J.B. (1977). *Seismic stratigraphy and global changes of sea-level, part 7: stratigraphic interpretation of seismic reflection patterns in depositional sequences*. In: Seismic stratigraphy – Applications to Hydrocarbon Exploration. Mem. Am. Ass. petr. Geol., 26, 135-144.
- MOSCA P. (2006). *Neogene basin evolution in the Western Po Plain (NW Italy)*. PhD Thesis, Vrije Universiteit Amsterdam, 190 pp.
- MUTTI, E., PAPANI, L., DI BIASE, D., DAVOLI, G., SEGADELLI, S., & TINTERRI, R. (1995). *Il Bacino Terziario Epimesoalpino e le sue implicazioni sui rapporti Alpi-Appennino*. Memorie di Scienze Geologiche, v. 47, 217-244.
- PAVIA G., CHIAMBRETTO L. & OREGGIA G. (1989). *Paleocomunità a molluschi nel Pliocene inferiore di Breolungi (Mondovì, Italia NW)*. Atti 3° Simp. Ecol. Paleoecol. Comun. Bent., (1985), 521-569.
- PIERI M. & GROPPI P. (1981). *Subsurface Geological Structure of the Po Plain, Italy*. Quad. CNR. 414, Progetto finalizzato Geodinamica, Roma, 13 pp.
- ROSSI M., ROGLEDI S., BARBACINI G., CASADEI D., IACCARINO S. & PAPANI G. (2002). *Tectono-stratigraphic architecture of the Messinian piggyback basins of the Northern Apennines: the Emilia folds in the Reggio-Emilia area and comparison with the Lombardian and Romagna sectors*. Boll. Soc. Geol. It., 1, 437-477.
- ROURE, F., BERGERAT, F., DAMOTTE, B., MUGNIER, J.L., AND POLINO, R. (1996). *The Ecors-Crop Alpine seismic traverse*. Bulletin Société Géologiques de France, n.s. 170, p 1-113.
- ROVERI, M., BASSETTI, M.A., & RICCI LUCCHI, F. (2001). *The Mediterranean Messinian salinity crisis: An Apennine foredeep perspective*. Sedimentary Geology, v. 140, p. 201–214
- ROVERI M., MANZI V. (2006). *The Messinian salinity crisis: looking for a new paradigm?* Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 238 (1-4), 386-398.
- STURANI C. (1973a). *A fossil eel (Anguilla sp.) from the Messinian of Alba (Tertiary Piemontese Basin). Palaeoenvironmental and palaeogeographic implications*. Messinian events in the Mediterranean, 1973. K. Ned. Ak. Wetensch. – Amsterdam, 243-255.
- TOTH J. (1963). *A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins*. Journal of Geophysical Research, 68 (4),795-4,812.
- TRENKWALDER S. (2004). *Associazioni ad ostracodi nel Pliocene del Monferrato orientale*. Tesi di Dottorato inedita, Univ. Di Torino, 200 pp.
- UNESCO (1978). *International glossary of hydrogeology*. Paris, February 1978, pp. 165. (file pdf scaricato dal sito www.cig.ensmp.fr = Centre d'Informatique Geologique).
- VIOLANTI D. & GIRAUD V. (1991). *Contributi allo studio del Neogene delle Langhe sud-occidentali (Mondovì)*. Riv. Ital. Paleont. Strat., 97 (3-4), 639-660.
- WORDEN R. H., COLEMAN M. L., MATRAY J-M. (1999). *Basin scale evolution of formation waters: A diagenetic and formation water study of the Triassic Chaunoy Formation, Paris Basin*. Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol. 63, No. 17, pp. 2513-2528.
- WRIGHT R. (1978). *Neogene paleobathymetry or the Mediterranean based on benthic foraminifers from DSDP Leg 42A*, in: Kidd R. B. & Worstell P. J. (Eds.). Initial reports Deep Sea Drilling Project – Joint Oceanographic Institutions for Earth Sampling (Joides), 837-846.

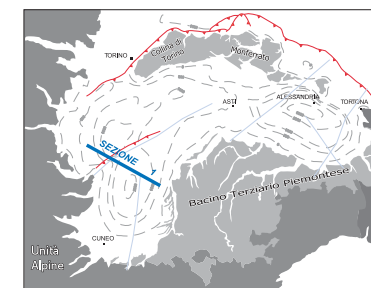
TAVOLE ALLEGATE



Associazioni di litofacies (If)	UNITA' IDROGEOLOGICHE (UI)	RUOLO IDROGEOLOGICO
If 1	UI I	ACQUIFERO MONOSTRATO
If 2		
If 3		
If 4	UI II	ACQUIFERO MULTISTRATO "DISCONTINUO"
If 5		
If 6		
If 7	UI III	ACQUIFERO MULTISTRATO "CONTINUO"
If 8		
If 9		
If 10	UI IV	ACQUITARDO / ACQUICLUSO

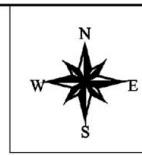
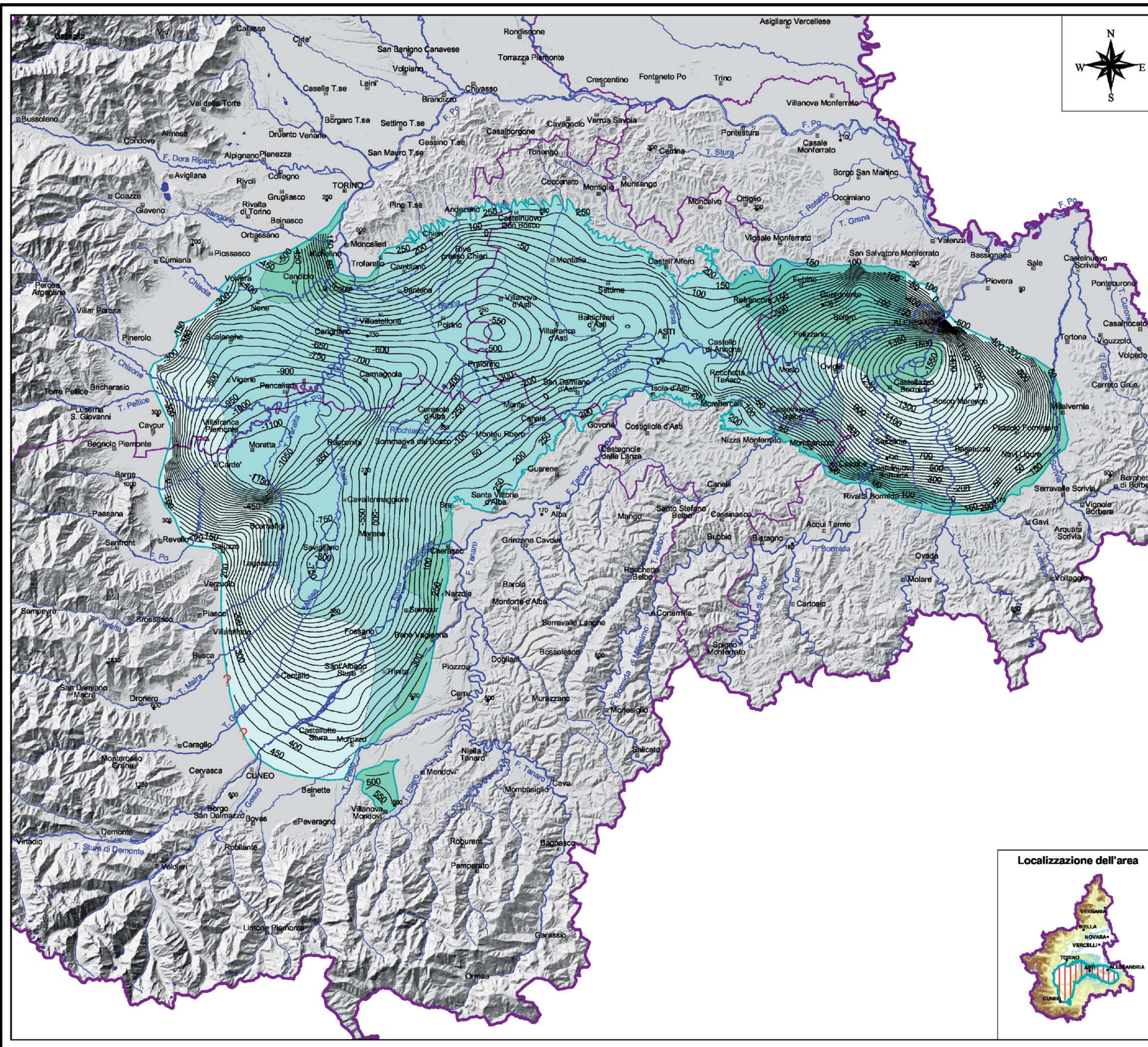
SINTEMI	GRUPPI ACQUIFERI	UNITA' IDROGEOLOGICHE DI GRUPPO ACQUIFERO
Q2	A	A I A II
Q1	B	B I B III B II
P3	C	C I C III C II
P2	D	D I D II D III
P1	E	E II E III
M2	F	F II F III
M1	G	G IV

- - - Livello marino di riferimento
- - - Faglie principali
- A ↑ Tracce pozzi AGIP
- - - Interfaccia acqua dolce - acqua salmastra/salata
- [Pattern] Sedimenti permeati da acqua salmastra/salata



CONTESTI DEPOSIZIONALI

co	CONTINENTALE piana alluvionale, costiera e deltizia
mt	MARINO MARGINALE - TRANSIZIONALE ambienti litorali, infralitorali e di fronte deltizio
mo	MARINO APERTO ambienti circolitorali, epibatiali e di prodelta



"GEOLOGIA E IDROSTRATIGRAFIA PROFONDA DELLA PIANURA PADANA OCCIDENTALE (REGIONE PIEMONTE)"

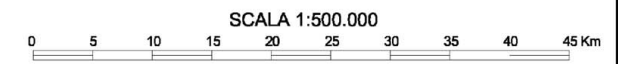
GRUPPO ACQUIFERO "D" (Bacini di Savigliano e Alessandria)

- Carta della profondità della superficie basale
- Carta della distribuzione delle Unità Idrogeologiche della parte superiore del Gruppo Acquifero "D"

LEGENDA:

- Isolinee della base del Gruppo Acquifero "D" (m s.l.m., equidistanza 50 m)
- Limite del Gruppo Acquifero "D"
- Unità Idrogeologiche del Gruppo Acquifero "D"
 - D - I
 - D - II
 - D - III
 - D - IV
- Idrografia principale
- Comuni principali
- Punti quotati (e relativa quota in m s.l.m.)
- Limiti provinciali
- Limite regionale

Scala cronostratigrafica	UNITA' AFFIORANTI (COLI 1:100.000)	UNITA' SEPOLTE	SINTEMI	GRUPPI ACQUIFERI
GLIOCENE	0-0,1 Ma			
PLEISTOCENE	superiore	INTERCILI RIVALLI E F. LUDOVIGLIACALI	Q2	A
	medio			
	inferiore	VILLAFRANCA PIEMONTESE	Q1	B
PLIOCENE	superiore			
	medio	VILLAFRANCA PIEMONTESE - ASTIANO	P3	C
	inferiore	VILLATE - ASTIANO - C. P. C.	P2	D
MIOCENE	superiore	"PIACENTINO" - CASSANO SPINOLA	P1	E
	inferiore	COMPLESSO CRISTICO DELLA VALLE VERSA	M2	F
			M1	G

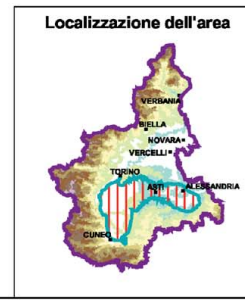


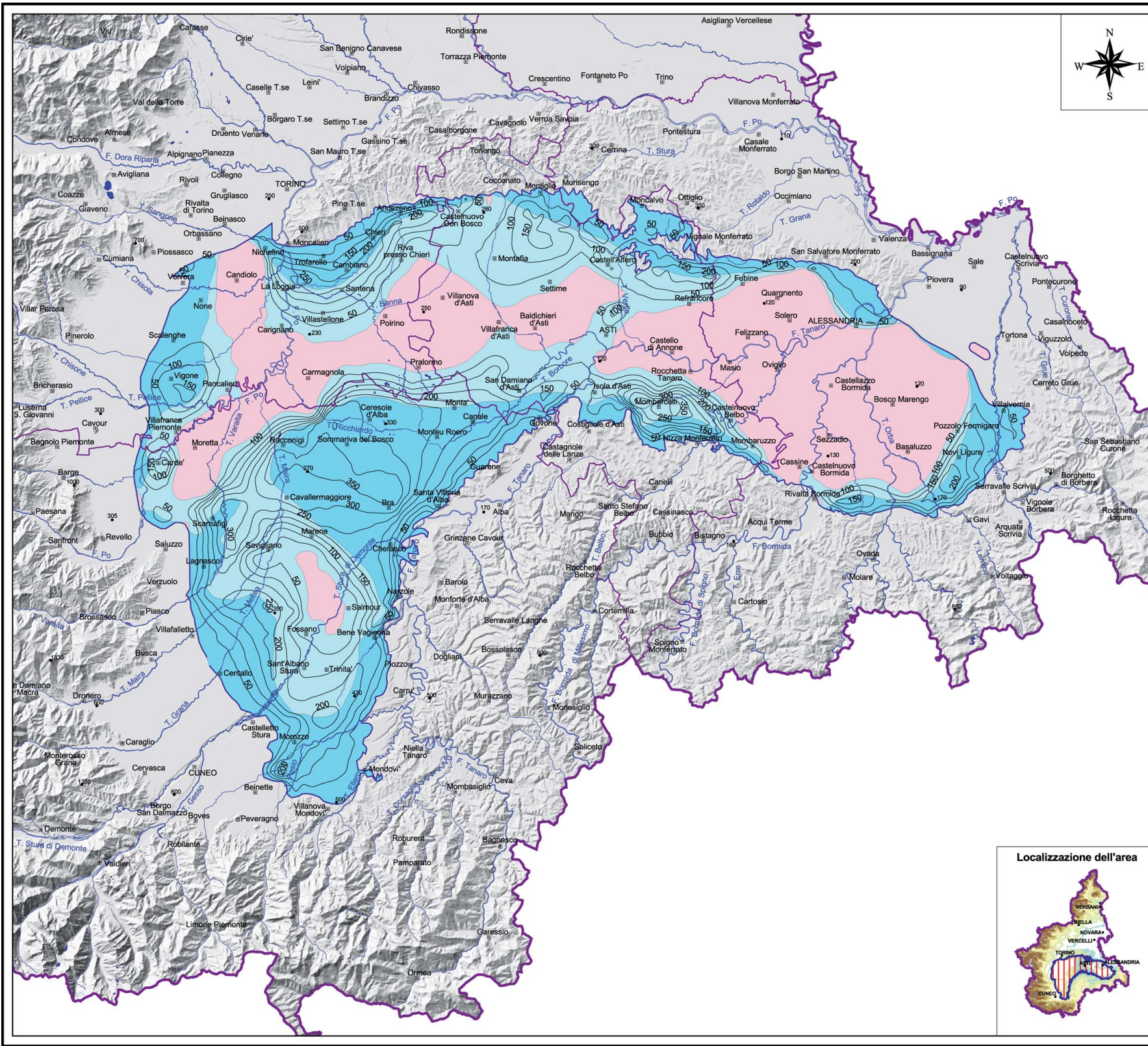
Coordinamento Generale:
Maria Governa¹, Massimiliano Petricig¹

Coordinamento Scientifico:
Domenico A. De Luca², Fabrizio Piana², Riccardo Polino², Donata Violanti³

Autori:
Andrea Irace², Paolo Clemente^{2,3}, Marcello Natalicchio², Luca Ossella², Stefania Trenkwalder², Pietro Mosca², Domenico A. De Luca², Fabrizio Piana², Riccardo Polino², Donata Violanti³

Enti di appartenenza:
1 - REGIONE PIEMONTE - Direzione Ambiente
2 - CNR - IGG - Unità Operativa di Torino
3 - Università degli Studi di Torino - Dipartimento di Scienze della Terra





"GEOLOGIA E IDROSTRATIGRAFIA PROFONDA DELLA PIANURA PADANA OCCIDENTALE (REGIONE PIEMONTE)"

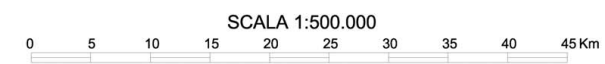
GRUPPO ACQUIFERO "E" (Bacini di Savigliano e Alessandria)

● **Carta dello spessore del Gruppo Acquifero permeato da acqua dolce**

LEGENDA:

- Isopache della porzione del Gruppo Acquifero "E" permeata da acqua dolce (m, equidistanza 50 m)
- Limite del Gruppo Acquifero "E"
- Porzione del Gruppo Acquifero "E" permeata totalmente da acqua dolce
- Porzione del Gruppo Acquifero "E" permeata parzialmente da acqua salmastra/salata
- Porzione del Gruppo Acquifero "E" permeata totalmente da acqua salmastra/salata
- Idrografia principale
- Comuni principali
- Punti quotati (e relativa quota in m s.l.m.)
- Limiti provinciali
- Limite regionale

Scala cronostratigrafica	UNITA' AFFIORANTI CGLI 1:100.000	UNITA' SEPOLTE	SINTEMI	GRUPPI ACQUIFERI
OLOCENE	0,01 ma. superiore	DEPOSITI FLUVIALI E FLUVIO-GLACIALI	Q2	A
PLEISTOCENE	medio	"MILAZZO" / "MILAZZO SUPERIORE"	Q1	B
	inferiore	1,8 ma.		
PLIOCENE	superiore	2,6 ma. "CANTABRIGIANO INFERIORE"	P3	C
	medio	3,6 ma. "ASTIANO"		
	inferiore	"VILLAR"	P2	D
MIOCENE	5,3 ma.	"PIAZZANINO"	P1	E
	superiore	CASSANO SPINOLA	M2	F
		COMPLESSO CARSTICO DELLA VALLE VERSA	M1	G

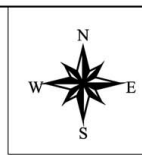
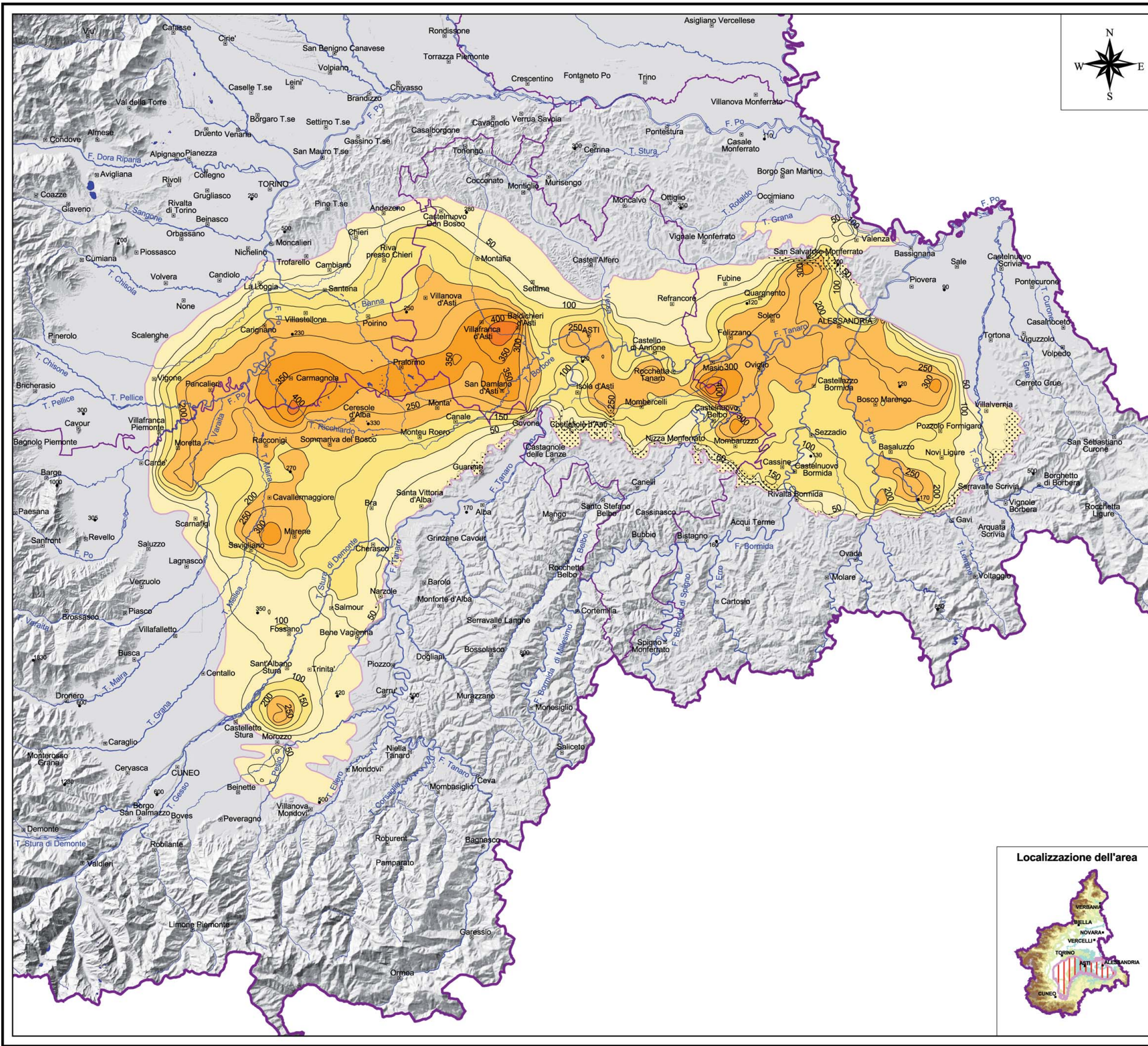


Coordinamento Generale:
Maria Governà, Massimiliano Petricchi¹

Coordinamento Scientifico:
Domenico A. De Luca², Fabrizio Piana², Riccardo Polino², Donata Violanti³

Autori:
Andrea Irace², Paolo Clemente^{2,3}, Marcello Natalicchio², Luca Ossella², Stefania Trenkwalder², Pietro Mosca², Domenico A. De Luca², Fabrizio Piana², Riccardo Polino², Donata Violanti³

Enti di appartenenza:
1 - REGIONE PIEMONTE - Direzione Ambiente
2 - CNR - IGG - Unità Operativa di Torino
3 - Università degli Studi di Torino - Dipartimento di Scienze della Terra



"GEOLOGIA E IDROSTRATIGRAFIA PROFONDA DELLA PIANURA PADANA OCCIDENTALE (REGIONE PIEMONTE)"

SINTEMA M2

(Bacini di Savigliano e Alessandria)

● **Carta dello spessore complessivo**

LEGENDA:

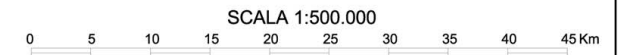
- Isopache del Sintema M2 (m, equidistanza 50 m)
- Limite del Sintema M2
- Area di affioramento del Sintema M2

Intervalli di spessore (m)

- 0-100
- 100-200
- 200-300
- 300-400
- 400-500

- Idrografia principale
- Comuni principali
- Punti quotati (e relativa quota in m s.l.m.)
- Limiti provinciali
- Limite regionale

Scala cronostratigrafica	UNITA' AFFIORANTI CCG 1:100.000	UNITA' SEPOLTE	SINTEMI	GRUPPI ACQUIFERI
OLOCENE	0-0,01 Ma			
	superiore	DEPOSITI FLUVIALI E FLUVIO-GLACIALI	Q2	A
PLEISTOCENE	medio	"VAL D'AGNOLINO" SUPERIORE	Q1	B
	inferiore	"VAL D'AGNOLINO" INFERIORE		
PLIOCENE	superiore	"VILLAFRANCA" SUPERIORE	P3	C
	medio	"ASTIANO" SUPERIORE	P2	D
	inferiore	"VILLAFRANCA" INFERIORE		
MIOCENE	5-3 Ma	"ASTIANO" INFERIORE	P1	E
		"PACENZIANO"	M2	F
		"CASSANO SPINOLA" SUPERIORE	M1	G
MIOCENE superiore		COMPLESSO CADETO DELLA VALLE VERSA		



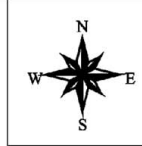
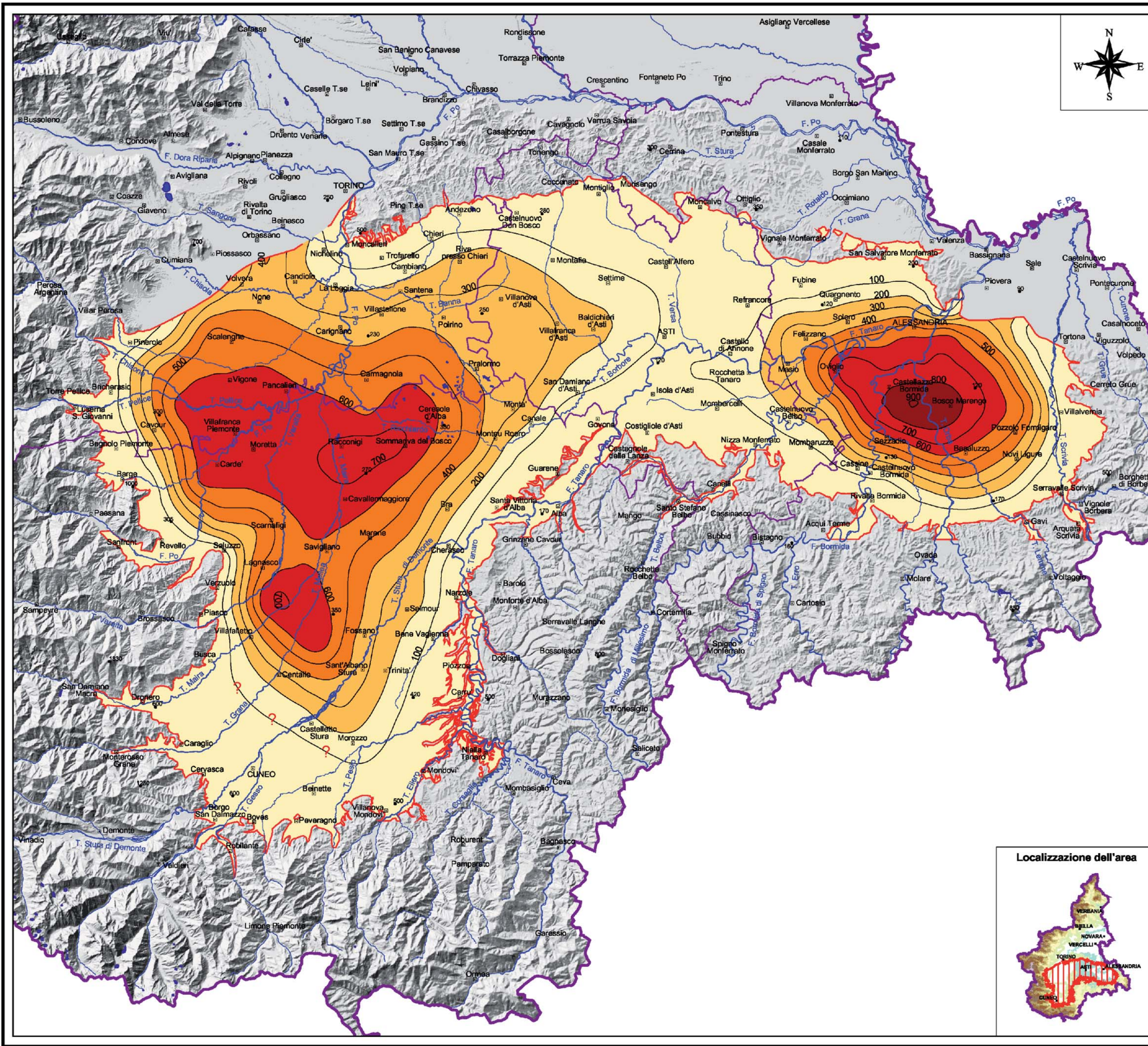
Coordinamento Generale:
 Maria Governà¹, Massimiliano Petricchi¹

Coordinamento Scientifico:
 Domenico A. De Luca², Fabrizio Piana², Riccardo Polino², Donata Violanti³

Autori:
 Andrea Irace², Paolo Clemente^{2,3}, Marcello Natalicchio², Luca Ossella², Stefania Trenkwalder², Pietro Mosca², Domenico A. De Luca², Fabrizio Piana², Riccardo Polino², Donata Violanti³

Enti di appartenenza:
 1 - REGIONE PIEMONTE - Direzione Ambiente
 2 - CNR - IGG - Unità Operativa di Torino
 3 - Università degli Studi di Torino - Dipartimento di Scienze della Terra





REGIONE PIEMONTE



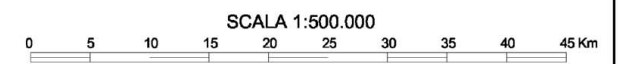
"GEOLOGIA E IDROSTRATIGRAFIA PROFONDA DELLA PIANURA PADANA OCCIDENTALE (REGIONE PIEMONTE)"

• **Carta dello spessore utile totale degli acquiferi**
(Bacini di Savigliano e Alessandria)

LEGGENDA:

- Isopache (m, equidistanza 100 m)
- Limite dell'area
- Intervalli di spessore (m)**
- 0-200
- 200-400
- 400-600
- 600-800
- 800-1000
- Idrografia principale
- Comuni principali
- Punti quotati (e relativa quota in m s.l.m.)
- Limiti provinciali
- Limite regionale

Scala cronostrografica	UNITA' AFFIORRANTI (CGL 1-100.000)	UNITA' SEPOLTE	SINTEMI	GRUPPI ACQUIFERI
GLACIARE	0-0,1 Ma		Q2	A
PLEISTOCENE	superiore	DEPOSITI FLUVIALI E EFLUVIO-GLACIALI		
	medio		Q1	B
	inferiore (1,8 Ma)	"VAL AFFRANCHIARO" SUPERIORE		
PLIOCENE	superiore (2,6 Ma)	"VAL AFFRANCHIARO" INFERIORE	P3	C
	medio (3,6 Ma)	"NOTTANO"		
	inferiore	"VILLAFRANCA" "NOTTANO" "TRAC"	P2	D
	5,3 Ma	"TRACENZANO"	P1	E
MIOCENE	"Messiniano superiore"	CASSANO SPEROLA	M2	F
		CONFRATELLO CADETO DELLA VALLE VERSA	M1	G



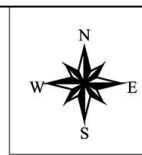
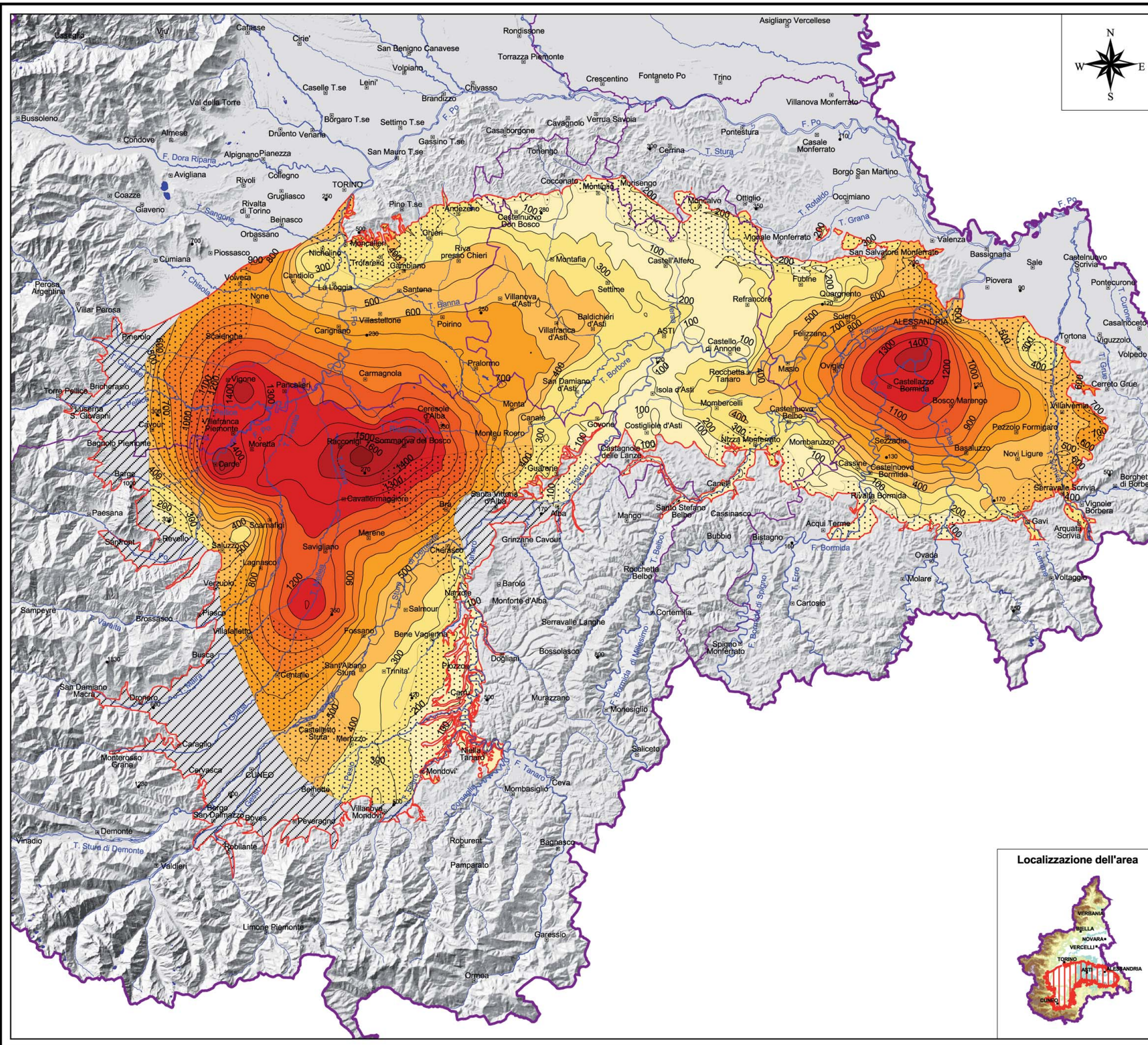
Coordinamento Generale:
Maria Governà, Massimiliano Petricig

Coordinamento Scientifico:
Domenico A. De Luca¹, Fabrizio Piana², Riccardo Polino², Donata Violanti³

Autori:
Andrea Irace², Paolo Clemente^{2,3}, Marcello Natalicchio², Luca Ossella², Stefania Trenkwalder², Pietro Mosca², Domenico A. De Luca³, Fabrizio Piana², Riccardo Polino², Donata Violanti³

Enti di appartenenza:
1 - REGIONE PIEMONTE - Direzione Ambiente
2 - CNR - IGG - Unità Operativa di Torino
3 - Università degli Studi di Torino - Dipartimento di Scienze della Terra





"GEOLOGIA E IDROSTRATIGRAFIA PROFONDA DELLA PIANURA PADANA OCCIDENTALE (REGIONE PIEMONTE)"

• Carta dello spessore totale dei sedimenti al di sopra dell'interfaccia acqua dolce-acqua salmastra/salata
(Bacini di Savigliano e Alessandria)

LEGGENDA:

- Isopache (m, equidistanza 100 m)
- Limite dell'area
- Aree con grado di attendibilità inferiore dell'elaborazione
- Aree con dati insufficienti all'elaborazione della superficie di interfaccia acqua dolce-acqua salmastra/salata

Intervalli di spessore (m)

	0-200		1000-1200
	200-400		1200-1400
	400-600		1400-1600
	600-800		1600-1800
	800-1000		

- Idrografia principale
- Comuni principali
- Punti quotati (e relativa quota in m s.l.m.)
- Limiti provinciali
- Limite regionale

Scala cronostratigrafica	UNITA' AFFIORRANTI CGI 1:100.000	UNITA' SEPOLTE	SINTEMI	GRUPPI ACQUIFERI
OLOCENE	0-0,01 Ma		Q2	A
PLEISTOCENE	superiore	DEPOSITI FLUVIALI E FLUVIO-GLACIALI	Q1	B
	medio	"VALLA VERCELLINA SUPERIORE"	Q1	B
	inferiore	"VALLA VERCELLINA SUPERIORE"	Q1	B
PLIOCENE	superiore	"VALLA TRAVICHIANO INFERIORE"	P3	C
	medio	"ASTIANO"	P2	D
	3,6 Ma	"VALLA VERCELLINA INFERIORE"	P2	D
	inferiore	"ASTIANO"	P2	D
MIOCENE	5-3 Ma	"PIACENZIANO"	P1	E
		CASSINO SPINOLA	M2	F
	superiore	COMPLESSO CADIFICO DELLA VALLE VERCELLINA	M1	G

SCALA 1:500.000
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 Km

Coordinamento Generale:
Maria Governa¹, Massimiliano Petricig¹

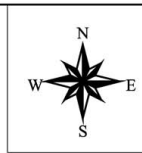
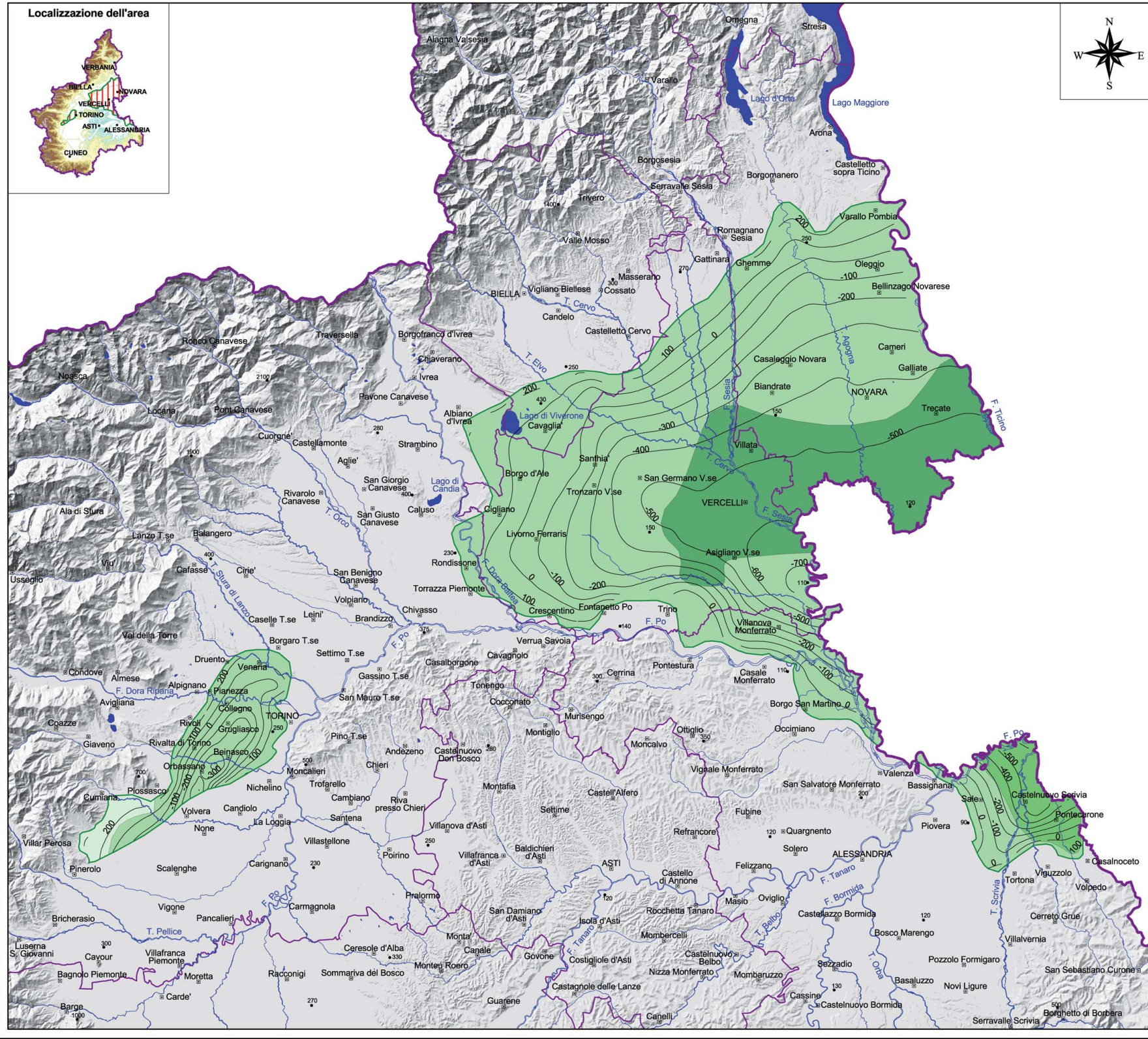
Coordinamento Scientifico:
Domenico A. De Luca², Fabrizio Piana², Riccardo Polino², Donata Violanti³

Autori:
Andrea Irace², Paolo Clemente^{2,3}, Marcello Natalicchio², Luca Ossella², Stefania Trenkwald², Pietro Mosca², Domenico A. De Luca², Fabrizio Piana², Riccardo Polino², Donata Violanti³

Enti di appartenenza:
1 - REGIONE PIEMONTE - Direzione Ambiente
2 - CNR - IGG - Unità Operativa di Torino
3 - Università degli Studi di Torino - Dipartimento di Scienze della Terra



Localizzazione dell'area



REGIONE PIEMONTE



"GEOLOGIA E IDROSTRATIGRAFIA PROFONDA DELLA PIANURA PADANA OCCIDENTALE (REGIONE PIEMONTE)"

GRUPPO ACQUIFERO "B"
(Bacino Padano)

- Carta della profondità della superficie basale
- Carta della distribuzione delle Unità Idrogeologiche della parte inferiore del Gruppo Acquifero "B"

LEGENDA:

- Isolinee della base del Gruppo Acquifero "B" (m s.l.m., equidistanza 100 m)
- Limite del Gruppo Acquifero "B"

Unità Idrogeologiche del Gruppo Acquifero "B"

- B - I
- B - II
- B - III
- B - IV

- Idrografia principale
- Comuni principali
- Punti quotati (e relativa quota in m s.l.m.)
- Limiti provinciali
- Limite regionale

Scala cronostratigrafica	UNITA' AFFIORANTI CGLT 1:100.000	UNITA' SEPOLTE	SINTEMI	GRUPPI ACQUIFERI
QUOCENE	0,01 Ma			
PLEISTOCENE	superiore DEPOSITI FLUVIALI E FLOVID-GRAICALI		Q2	A
	medie inferiore	"VILLAFRANCA"	Q1	B
P L I O C E N E	superiore 2,6 Ma	"VILLAFRANCA"	P3	C
	medie inferiore	"ASTIANO" "PACENZIANO"	P1-P2	D-E
	3,6 Ma 5,3 Ma			

SCALA 1:500.000



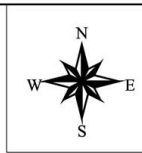
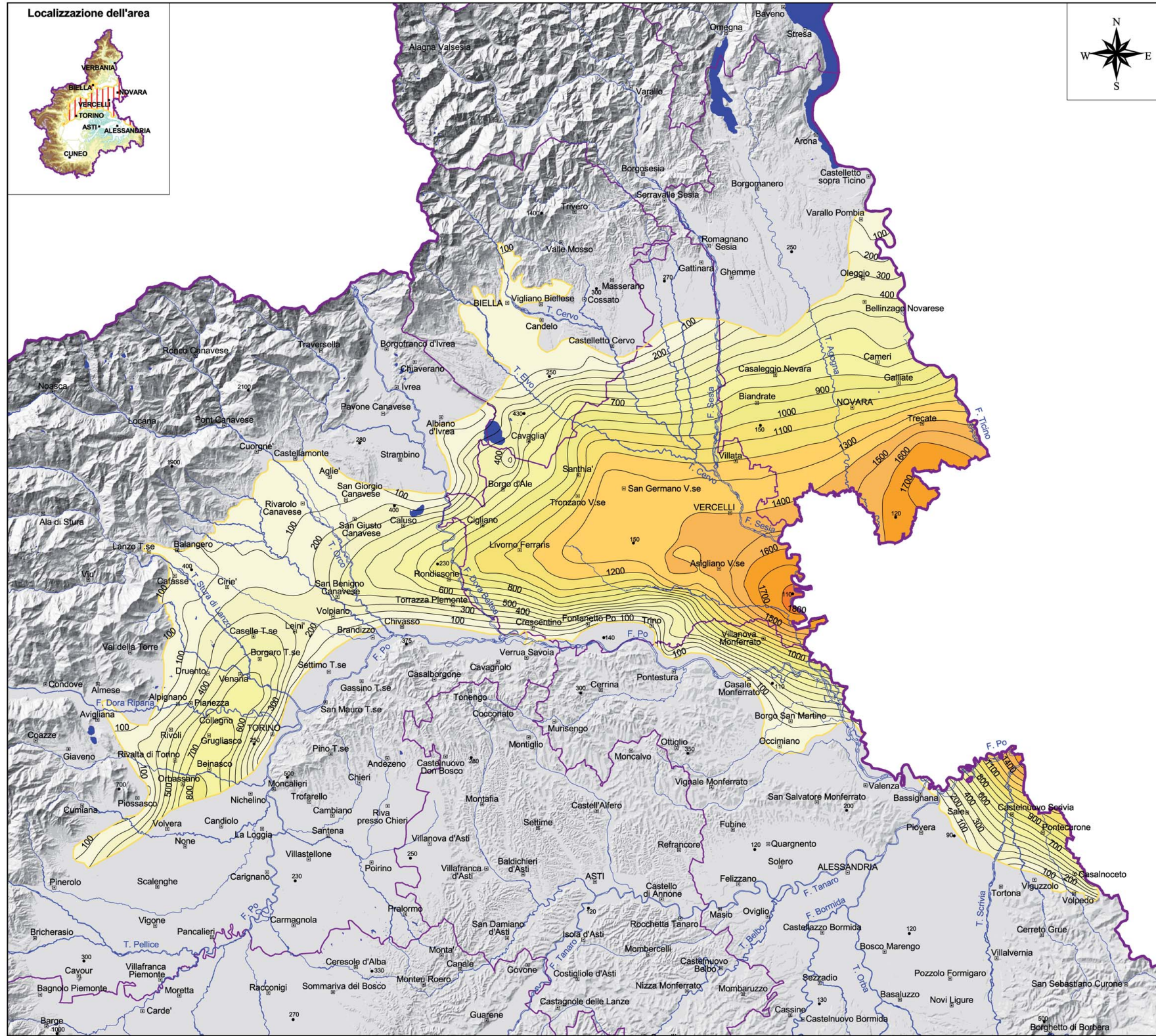
Coordinamento Generale:
Maria Governa¹, Massimiliano Petricig¹

Coordinamento Scientifico:
Domenico A. De Luca¹, Fabrizio Piana², Riccardo Polino², Donata Violanti³

Autori:
Andrea Irace², Paolo Clemente^{2,3}, Marcello Natalicchio², Luca Ossella², Stefania Trenkwalder², Pietro Mosca², Domenico A. De Luca¹, Fabrizio Piana², Riccardo Polino², Donata Violanti³

Enti di appartenenza:
1 - REGIONE PIEMONTE - Direzione Ambiente
2 - CNR - IGG - Unità Operativa di Torino
3 - Università degli Studi di Torino - Dipartimento di Scienze della Terra

Localizzazione dell'area



REGIONE PIEMONTE



"GEOLOGIA E IDROSTRATIGRAFIA PROFONDA DELLA PIANURA PADANA OCCIDENTALE (REGIONE PIEMONTE)"

GRUPPO ACQUIFERO "C"
(Bacino Padano)

- **Carta della profondità della superficie basale (dal p.c.)**

LEGENDA:

- Isolinee della base del Gruppo Acquifero "C" (m di profondità a partire dal p.c., equidistanza 100 m)
- Limite del Gruppo Acquifero "C"
- Intervalli di profondità (m a partire dal p.c.):
 - 0-200
 - 200-400
 - 400-600
 - 600-800
 - 800-1000
 - 1000-1200
 - 1200-1400
 - 1400-1600
 - 1600-1800
 - 1800-2000
- Idrografia principale
- Comuni principali
- Punti quotati (e relativa quota in m s.l.m.)
- Limiti provinciali
- Limite regionale

Scala cronostratigrafica	UNITA' AFFIORANTI CGI 1:100.000	UNITA' SEPOLTE	SINTEMI	GRUPPI ACQUIFERI
OLOCENE	0-0,1 Ma			
PLEISTOCENE	superiore	DEPOSITI FLUVIALI E F.LIUVIO-GLACIALI	Q2	A
	medio			
	inferiore 1,8 Ma	"VILARCA"	Q1	B
PLIOCENE	superiore 2,6 Ma	"VILAFRA"	P3	C
	medio 3,6 Ma	"ASTIANO"		
	inferiore 5,3 Ma	"PIACENZIANO"	P1-P2	D-E

SCALA 1:500.000



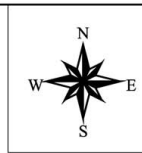
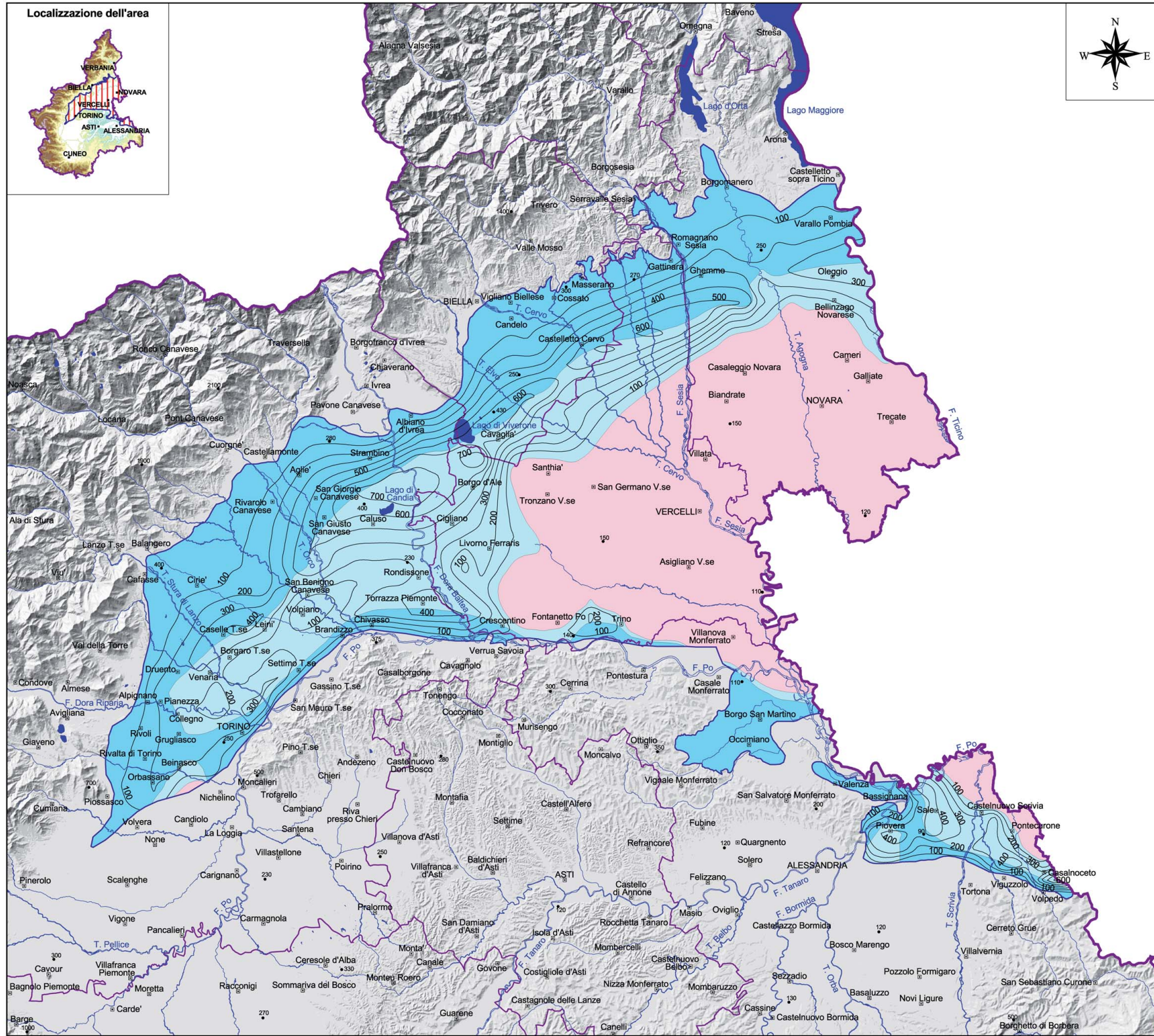
Coordinamento Generale:
Maria Governa¹, Massimiliano Petricig¹

Coordinamento Scientifico:
Domenico A. De Luca², Fabrizio Piana², Riccardo Polino², Donata Violanti³

Autori:
Andrea Irace², Paolo Clemente^{2,3}, Marcello Natalicchio², Luca Ossella²,
Stefania Trenkwalder², Pietro Mosca², Domenico A. De Luca², Fabrizio Piana²,
Riccardo Polino², Donata Violanti³

Enti di appartenenza:
1 - REGIONE PIEMONTE - Direzione Ambiente
2 - CNR - IGG - Unità Operativa di Torino
3 - Università degli Studi di Torino - Dipartimento di Scienze della Terra

Localizzazione dell'area



REGIONE PIEMONTE



"GEOLOGIA E IDROSTRATIGRAFIA PROFONDA DELLA PIANURA PADANA OCCIDENTALE (REGIONE PIEMONTE)"

GRUPPO ACQUIFERO "D-E"
(Bacino Padano)

• **Carta dello spessore del Gruppo Acquifero permeato da acqua dolce**

LEGENDA:

- Isopache della porzione del Gruppo Acquifero "D-E" permeata da acqua dolce (m, equidistanza 100 m)
- Limite del Gruppo Acquifero "D-E"
- Porzione del Gruppo Acquifero "D-E" permeata totalmente da acqua dolce
- Porzione del Gruppo Acquifero "D-E" permeata parzialmente da acqua salmastra/salata
- Porzione del Gruppo Acquifero "D-E" permeata totalmente da acqua salmastra/salata
- Idrografia principale
- Comuni principali
- Punti quotati (e relativa quota in m s.l.m.)
- Limiti provinciali
- Limite regionale

Scala cronostratigrafica	UNITA' AFFIORANTI CGI 1:100.000	UNITA' SEPOLTE	SINTEMI	GRUPPI ACQUIFERI
OCLOCENE	0.01 Ma			
PLEISTOCENE	superiore	DEPOSITI FLUVIALI E FLUVIO GLACIALI	Q2	A
	inferiore	"GILVANE"	Q1	B
P L I O C E N E	superiore	"VILLAFRANCA"	P3	C
	medio	"ASTIANO"		
	inferiore	"ASTIANO" "PACENZIANO"	P1-P2	D-E
	5.3 Ma			

SCALA 1:500.000



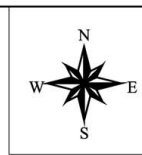
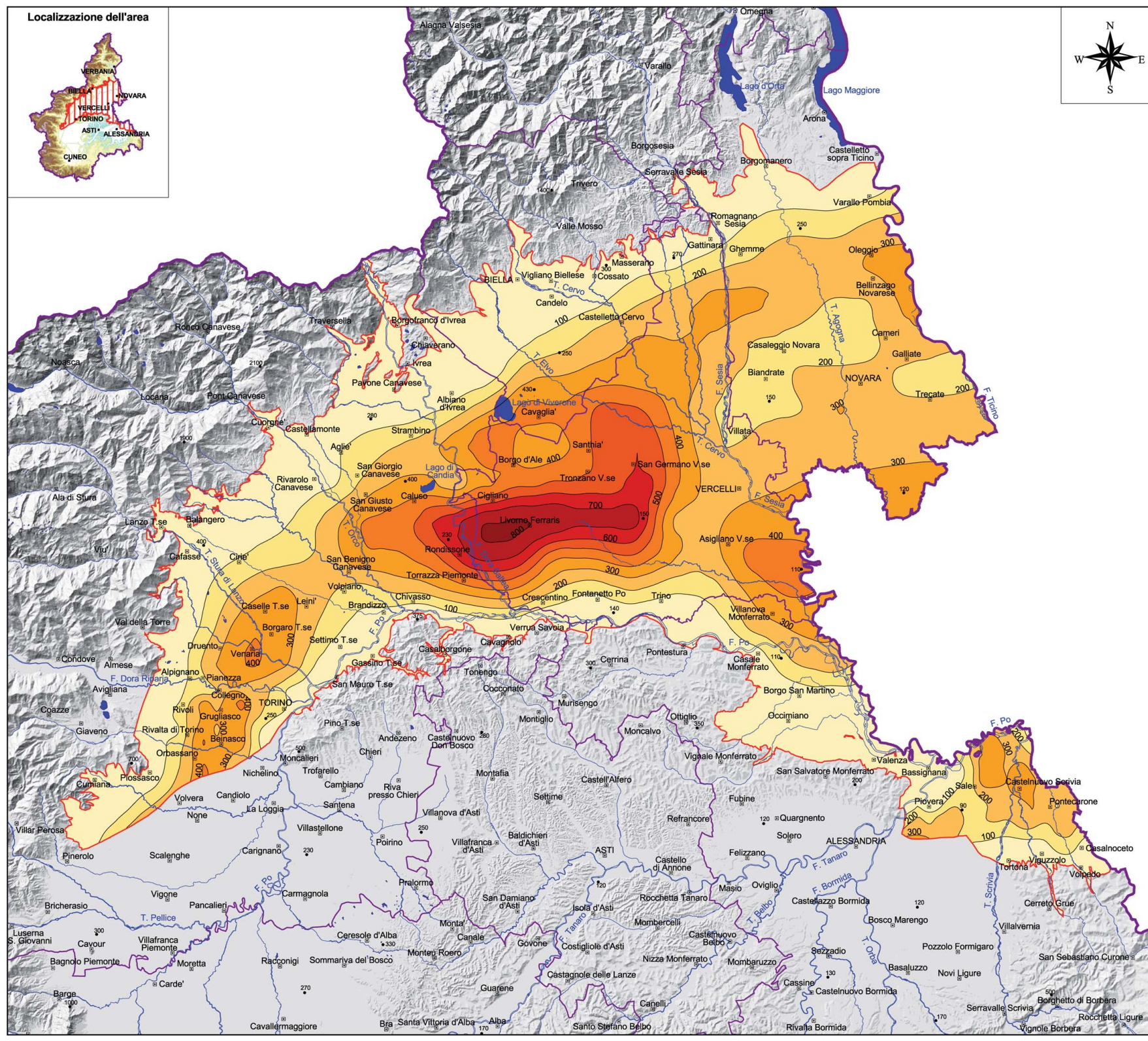
Coordinamento Generale:
Maria Governa¹, Massimiliano Petricig¹

Coordinamento Scientifico:
Domenico A. De Luca¹, Fabrizio Piana², Riccardo Polino², Donata Violanti³

Autori:
Andrea Irace², Paolo Clemente^{2,3}, Marcello Natalicchio², Luca Ossella², Stefania Trenkwalder², Pietro Mosca², Domenico A. De Luca¹, Fabrizio Piana², Riccardo Polino², Donata Violanti³

Enti di appartenenza:
1 - REGIONE PIEMONTE - Direzione Ambiente
2 - CNR - IGG - Unità Operativa di Torino
3 - Università degli Studi di Torino - Dipartimento di Scienze della Terra

Localizzazione dell'area



REGIONE PIEMONTE



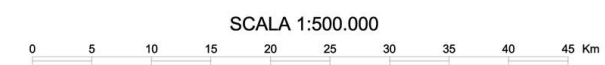
"GEOLOGIA E IDROSTRATIGRAFIA PROFONDA DELLA PIANURA PADANA OCCIDENTALE (REGIONE PIEMONTE)"

• Carta dello spessore utile totale degli acquiferi (Bacino Padano)

LEGENDA:

- Isopache (m, equidistanza 100 m)
 - Limite dell'area
- Intervalli di spessore (m)
- | | | | |
|--|---------|--|---------|
| | 0-100 | | 600-700 |
| | 100-200 | | 700-800 |
| | 200-300 | | 800-900 |
| | 300-400 | | |
| | 400-500 | | |
| | 500-600 | | |
- Idrografia principale
 - Comuni principali
 - Punti quotati (e relativa quota in m s.l.m.)
 - Limiti provinciali
 - Limite regionale

Scala cronostratigrafica	UNITA' AFFIORANTI CGI 1:100.000	UNITA' SEPOLTE	SINTEMI	GRUPPI ACQUIFERI
OCENE	0,01 Ma			
PLEISTOCENE	superiore	DEPOSITI FLUVIALI E FLUVIO-GLACIALE	Q2	A
	inferiore	"VILLAFR"	Q1	B
PLIOCENE	superiore	"VILLAFR"	P3	C
	inferiore	"ASTIANO" "PACENZIANO"	P1-P2	D-E



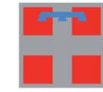
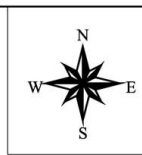
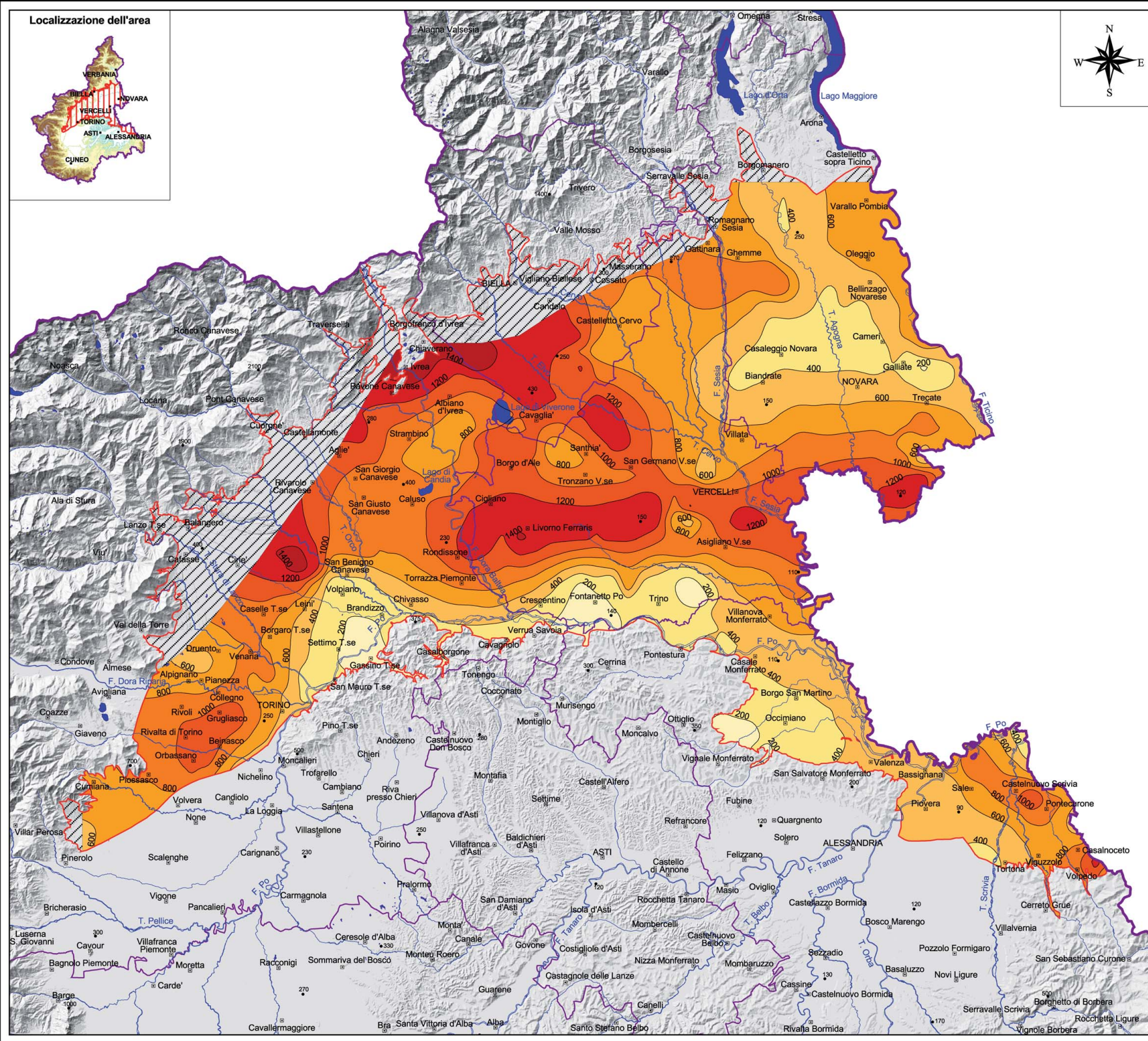
Coordinamento Generale:
Maria Governa¹, Massimiliano Petricig¹

Coordinamento Scientifico:
Domenico A. De Luca², Fabrizio Piana², Riccardo Polino², Donata Violanti³

Autori:
Andrea Irace², Paolo Clemente^{2,3}, Marcello Natalicchio², Luca Ossella², Stefania Trenkwalder², Pietro Mosca², Domenico A. De Luca², Fabrizio Piana², Riccardo Polino², Donata Violanti³

Enti di appartenenza:
1 - REGIONE PIEMONTE - Direzione Ambiente
2 - CNR - IGG - Unità Operativa di Torino
3 - Università degli Studi di Torino - Dipartimento di Scienze della Terra

Localizzazione dell'area



REGIONE PIEMONTE



"GEOLOGIA E IDROSTRATIGRAFIA PROFONDA DELLA PIANURA PADANA OCCIDENTALE (REGIONE PIEMONTE)"

• **Carta dello spessore totale dei sedimenti al di sopra dell'interfaccia acqua dolce-acqua salmastra/salata (Bacino Padano)**

LEGENDA:

- Isopache (m, equidistanza 200 m)
- Limite dell'area
- Aree con dati insufficienti all'elaborazione della superficie di interfaccia acqua dolce-acqua salmastra/salata

Intervalli di spessore (m)

- 0-200
- 200-400
- 400-600
- 600-800
- 800-1000
- 1000-1200
- 1200-1400
- 1400-1600

- Idrografia principale
- Comuni principali
- Punti quotati (e relativa quota in m s.l.m.)
- Limiti provinciali
- Limite regionale

Scala cronostratigrafica	UNITA' AFFIORANTI CGI 1:100.000	UNITA' SEPOLTE	SINTEMI	GRUPPI ACQUIFERI
OLOCENE	0,01 Ma superiore	DEPOSITI FLUVIALI E FLUVIO-GLACIALI	Q2	A
PLEISTOCENE	medio	"VILLAFRANKI"	Q1	B
	inferiore 1,8 Ma	"VILLAFRANKI"	Q1	B
PLEISTOCENE	superiore 7,6 Ma	"VILLAFRANKI"	P3	C
	medio 3,6 Ma	"ASTIANO"	P3	C
	inferiore S.3 Ma	"ASTIANO" "PIACENTIANO"	P1-P2	D-E

SCALA 1:500.000



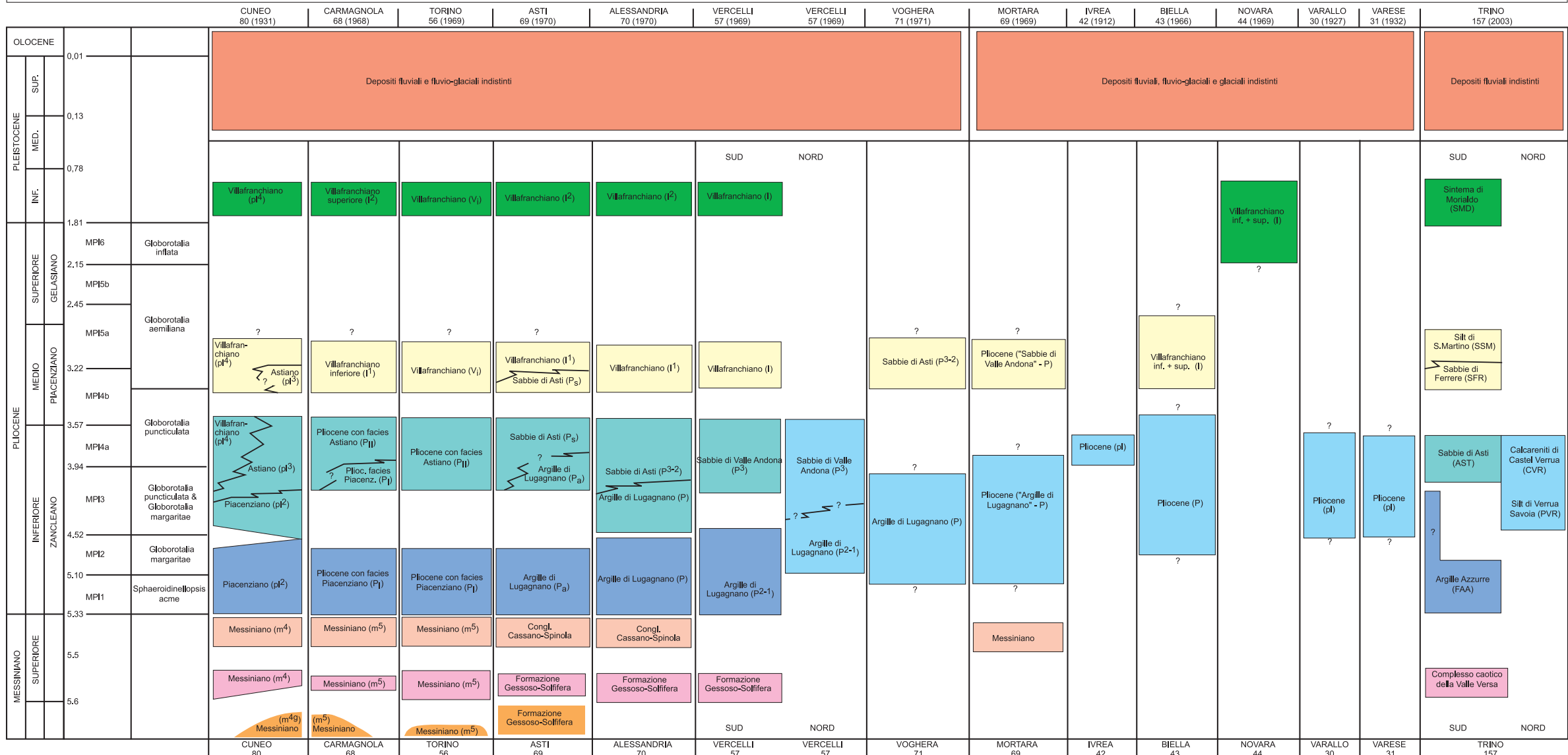
Coordinamento Generale:
Maria Governa¹, Massimiliano Petricic¹

Coordinamento Scientifico:
Domenico A. De Luca², Fabrizio Piana², Riccardo Polino², Donata Violanti³

Autori:
Andrea Irace², Paolo Clemente^{2,3}, Marcello Natalicchio², Luca Ossella², Stefania Trenkwalder², Pietro Mosca², Domenico A. De Luca², Fabrizio Piana², Riccardo Polino², Donata Violanti³

Enti di appartenenza:
1 - REGIONE PIEMONTE - Direzione Ambiente
2 - CNR - IGG - Unità Operativa di Torino
3 - Università degli Studi di Torino - Dipartimento di Scienze della Terra

Bacini di pertinenza	Bacino Padano	[Linea grigia]													
	Bacino di Alessandria	[Linea grigia]													
	Bacino di Savigliano	[Linea grigia]													



SISTEMI PRINCIPALI	BACINI SAVIGLIANO ALESSANDRIA	BACINO PADANO
PLEISTOCENE MEDIO-OLOCENE	Q2	Q2
PLEISTOCENE INFERIORE	Q1	Q1
PLIOCENE MEDIO-SUPERIORE (?)	P3	P3
PLIOCENE INFERIORE-MEDIO	P2	P1-P2
PLIOCENE INFERIORE	P1	P1-P2
MESSINIANO SUPERIORE	M2	
	M1	

EVAPORITI PRIMARIE

La crescente necessità di individuare nuove fonti di approvvigionamento idrico ha indirizzato la Regione Piemonte, il CNR Istituto di Geoscienze e Georisorse di Torino e il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Torino a realizzare il presente progetto di ricerca, finalizzato allo studio degli acquiferi “molto profondi” e alla valutazione dei relativi volumi utili di acqua dolce, mediante un approccio stratigrafico moderno basato sull'analisi di bacino applicata a scala regionale.