

1 – INTRODUZIONE

Questo studio è il risultato della stretta collaborazione tecnica e scientifica tra la Regione Lombardia e l'Esplorazione Italia dell'Eni Divisione Agip e prosegue, integrandolo, lo studio iniziato nel 1995 con la Regione Emilia-Romagna (R.E.-R. – ENI - AGIP “Riserve Idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna” 1998).

L'enorme mole di dati ed informazioni sul sottosuolo della pianura, raccolti nel corso degli anni dai citati Enti e opportunamente integrati, ha permesso di aggiornare in modo significativo le conoscenze sulla struttura e sull'evoluzione sedimentaria del bacino alluvionale Padano.

L'applicazione della stratigrafia sequenziale allo studio dei depositi alluvionali, con le sue potenzialità di correlazione e di ricostruzione tridimensionale dei corpi sedimentari, rappresenta uno degli elementi fondamentali del progetto, con l'applicazione all'idrostratigrafia di tecniche e metodologie proprie dell'esplorazione petrolifera.

Le conoscenze acquisite sulle geometrie dei corpi sedimentari in sottosuolo e sulle relazioni tra acquiferi e rispettive aree di ricarica diretta, hanno evidenziato l'insufficienza dei modelli idrogeologici attualmente utilizzati per la gestione delle risorse idriche in Pianura Padana, normalmente fondati su acquiferi schematizzati come monostrato.

Specialisti di diverse branche delle Scienze della Terra hanno dato il loro contributo allo studio. L'integrazione multidisciplinare delle ricerche ha sinora prodotto il modello deposizionale del sottosuolo della Pianura Padana centrale (Lombardia ed Emilia-Romagna), base di conoscenza fondamentale per successivi approfondimenti specialistici ed applicativi. Tale modello potrà essere utilmente esteso ai rimanenti settori piemontese e veneto della Pianura Padana e alla limitrofa pianura veneto-friulana.

2 – OBIETTIVI

Gli obiettivi del lavoro possono essere sintetizzati in quattro punti:

1. - Rappresentare in tre dimensioni la struttura interna ed i limiti fisici degli acquiferi Padani della Regione Lombardia
2. - Individuare gli acquiferi più profondi e maggiormente protetti che costituiscono una riserva idrica strategica
3. - Mappare le aree di ricarica diretta degli acquiferi di pianura
4. - Fornire uno strumento per il calcolo dei bilanci idrologici e delle risorse idriche sotterranee a scala regionale e provinciale

3 - RISULTATI

Si sono riconosciuti, nel sottosuolo della pianura lombarda, quattro unità idrostratigrafiche di rango superiore (Gruppi Acquiferi) definite da barriere di permeabilità ad estensione regionale. I Gruppi Acquiferi sono informalmente denominati, ampliando lo schema già proposto in “Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna” (1998): Gruppo Acquifero A, B, C e D, a partire dal piano campagna.

Il Gruppo Acquifero “A” è attualmente sfruttato in Lombardia modo intensivo, ancorché spesso interessato da fenomeni di inquinamento; i Gruppi Acquiferi B e C sono sfruttati nelle aree di margine del bacino. Il Gruppo Acquifero D, isolato rispetto alla superficie per gran parte della sua estensione, è sfruttato solo localmente.

L'architettura interna e le caratteristiche petrofisiche delle Unità Idrostratigrafiche descritte sono il risultato della storia tettonica e deposizionale del bacino sedimentario Padano.

4 - BASE DATI

I dati utilizzati per la ricostruzione geologica e idrostratigrafica del sottosuolo, sono rappresentati da:

1. - 20.000 km di linee sismiche a riflessione realizzate da Eni Divisione Agip per l'esplorazione di idrocarburi
2. - 250 pozzi Eni Divisione Agip perforati per l'esplorazione di idrocarburi
3. - 596 pozzi per la produzione di acqua, selezionati tra le circa 5000 stratigrafie disponibili
4. - 800 m di carote campionate in 4 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, appositamente realizzati dalla Regione Lombardia

Sismica a riflessione

Le linee sismiche a riflessione sono state interpretate con l'ausilio di *Work Station* e programmi di interpretazione *Landmark*, che permettono di gestire con relativa semplicità un così elevato numero di chilometri di linea sismica. Fig. 4.1. Gli orizzonti ottenuti dall'interpretazione sismica, in formato digitale, sono automaticamente convertiti, sempre con l'utilizzo di *software* di conversione e mappatura, in mappe di profondità. In alcune aree dell'alta pianura, in particolare ricadenti nelle provincie di Varese e Como, si è riscontrata una scarsa qualità dei dati sismici superficiali o addirittura la mancanza dei dati stessi perché le linee sismiche, registrate ed elaborate per obiettivi profondi, mancano dei dati al di sopra del piano di riferimento (*datum plane*) posto al livello del mare. In tali aree, fortunatamente limitate, è stata giocoforza interrotta la mappatura del Gruppo Acquifero A, il più superficiale; sulle mappe è stata introdotta una linea, definita "limite dei dati", oltre la quale non è giustificata l'interpretazione della superficie stratigrafica posta alla base di tale gruppo acquifero.

Pozzi AGIP

Sono stati utilizzati tutti i pozzi dotati di registrazioni log fino al piano campagna e sono stati raccolti i dati relativi ai terreni attraversati fino a coprire il passaggio acqua dolce / acqua salmastra. Per ciascun pozzo sono normalmente disponibili la colonna litostratigrafica, i log elettrici (PN, GN, IES), il potenziale spontaneo e a volte il log sonico. Questi log non risentono molto delle condizioni del foro ed offrono registrazioni affidabili anche nelle prime centinaia di metri dalla superficie perché il diametro della perforazione nella sezione in oggetto ($17\frac{1}{2} = 444.5$ mm) è compreso nell'intervallo di tolleranza degli strumenti.

Pozzi per acqua

Sono stati selezionati, tra le molte migliaia di pozzi dotati di descrizione stratigrafica, quei pozzi maggiormente affidabili per qualità del dato (elevata profondità raggiunta, accurata descrizione litologica e puntuali indicazioni sugli acquiferi) e localizzati nelle aree più critiche della regione e nelle aree in cui il dato sismico è carente o assente (zone di margine sud-alpino). Fig. 4.2

Carote

Sono stati realizzati appositamente per questo studio 4 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, per complessivi 800 m circa di perforazione. Tali sondaggi sono stati posti in aree strategiche per l'interpretazione e la taratura dei dati sismici e stratigrafici e sulle carote recuperate sono state condotte analisi sedimentologiche, geotecniche, petrografiche, paleontologiche, palinologiche e datazioni radiometriche, analisi che sono risultate di fondamentale importanza per l'interpretazione degli ambienti sedimentari e per la ricostruzione dell'evoluzione geologica del bacino Padano.

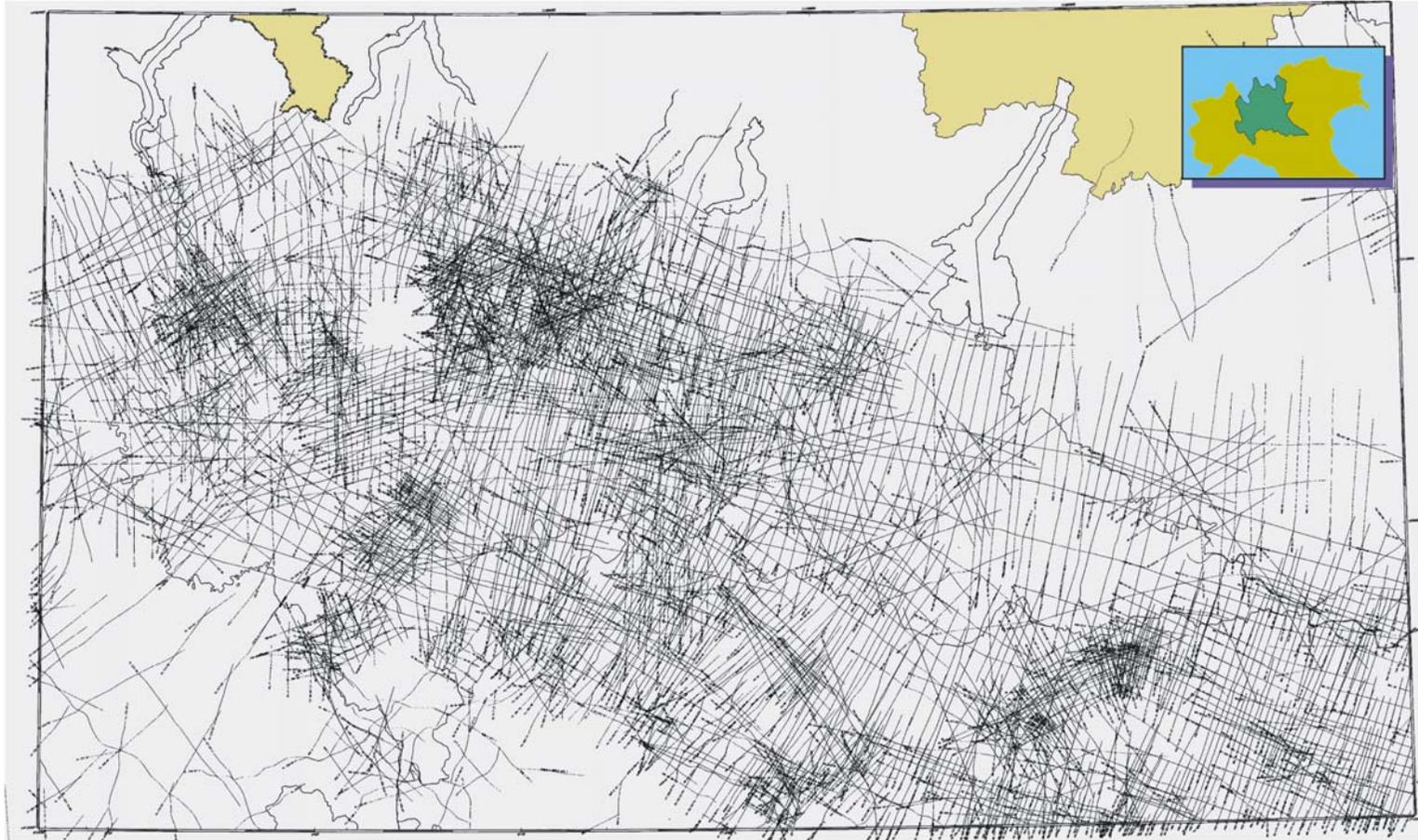


Figura 4.1 Distribuzione delle linee sismiche utilizzate

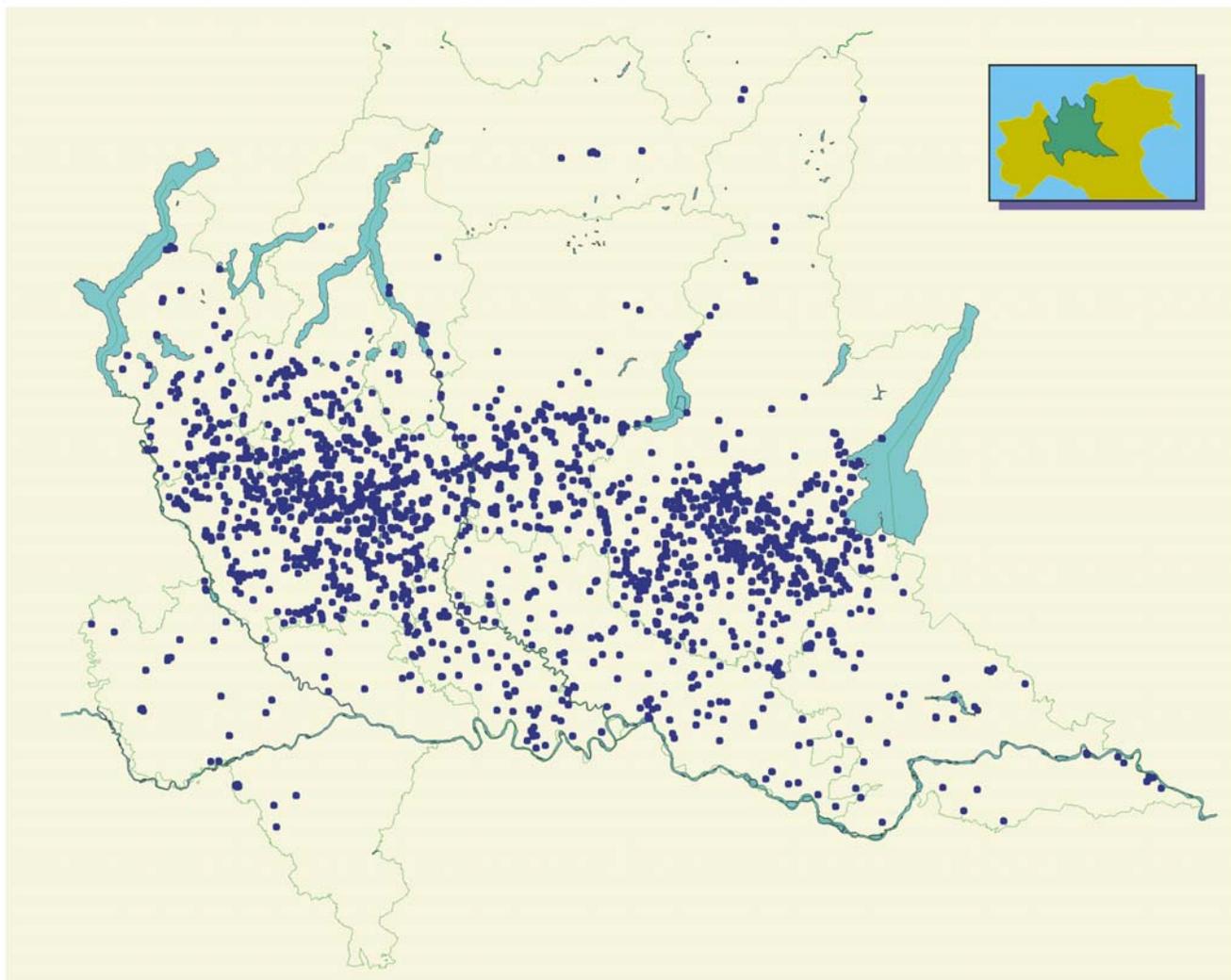


Figura 4.2 Distribuzione dei pozzi per acqua e per idrocarburi utilizzati

5 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELLA PIANURA LOMBARDA E DEI MARGINI ALPINO E APPENNINICO PADANO (OLTREPO PAVESE)

La maggior parte degli acquiferi della Regione Lombardia, sfruttabili a scopo idropotabile, è contenuta nei depositi pleistocenici della Pianura Padana, sia continentali che marini. Tale circostanza ha richiamato l'interesse di numerosi studiosi che, nel corso degli ultimi decenni, hanno indagato la stratigrafia e l'idrogeologia del sottosuolo Padano. Seppure con diversi accenti ed interpretazioni tali studi, basati sostanzialmente su correlazioni di dati stratigrafici e idrogeologici di pozzo, hanno messo in evidenza il carattere tendenzialmente regressivo della successione sedimentaria plio-pleistocenica Padana: alla base sono presenti depositi torbiditici di mare profondo, ricoperti da un prisma sedimentario progradante. In tale prisma è possibile identificare, con l'ausilio della sismica e dei dati di pozzo, le seguenti facies sedimentarie: scarpata, piattaforma esterna, litorale, deltizia/lagunare e fluviale.

Nei profili sismici si riconoscono due direzioni prevalenti di progradazione dei corpi sedimentari: la prima assiale rispetto al bacino Padano, Est vergente, originata dal paleo-delta del Po; la seconda trasversale, Sud-Est vergente, originata dai sistemi deltizi ad alimentazione alpina.

5.1 – STRATIGRAFIA SEQUENZIALE E SISTEMI DEPOSIZIONALI

Il riempimento del bacino marino ed il passaggio alla sedimentazione continentale è il risultato di eventi tettonico-sedimentari parossistici, separati nel tempo da periodi di forte subsidenza bacinale e attività ridotta delle strutture compressive. Le numerose superfici stratigrafiche osservabili sulle linee sismiche sono il risultato dell'evoluzione del bacino. Partendo dalle superfici riconosciute sulla sismica e tarate biostratigraficamente in bacino, dove la sequenza sedimentaria è continua, ed estendendole alla Pianura Padana centrale è stato possibile definire il quadro stratigrafico complessivo. Fig. 5.1

Le unità definite ed utilizzate nel presente studio sono dello stesso tipo di quelle già individuate per lo studio degli acquiferi del settore emiliano-romagnolo della Pianura Padana e rientrano nella classe delle Sequenze Deposizionali sensu Mitchum et Al. (1977).

Gli effetti dei movimenti verso Nord – Est delle falde appenniniche sono rilevabili alla scala dell'intero bacino sedimentario. Le linee sismiche evidenziano perfettamente questo legame di causa ed effetto ed, in particolare, si possono osservare i seguenti fenomeni:

1. - estese superfici di erosione sul margine appenninico del bacino e sui fronti delle falde, ora sepolti (dorsale ferrarese);
2. - importanti segmentazioni del bacino di avanfossa con spostamenti del depocentro;
3. - rapidi e consistenti spostamenti delle zone di Transizione Scarpata sottomarina - piana Bacinale (TSB).

La TSB è definita in sismica come il punto in cui i riflettori clinoforici della scarpata sottomarina si raccordano. Fig. 5.2

Nell'intervallo tra un evento tettonico di sollevamento regionale e quello successivo, la TSB rimane bloccata sul fronte dell'arco strutturale, posto al margine del bacino marino, che separa le due zone del cuneo di accrezione che presentano la maggiore subsidenza differenziale. Durante ogni evento tettonico regionale si assiste al sollevamento dei margini del bacino (soprattutto del margine meridionale, appenninico) e, contemporaneamente, allo spostamento della massima subsidenza differenziale sul fronte di un arco strutturale più avanzato. La TSB può allora progradare rapidamente fino a raggiungere il nuovo fronte maggiormente attivo. Così si ha allo stesso tempo la formazione della superficie di discontinuità erosiva sui margini e lo sviluppo di un prisma fluvio-deltizio progradante nella zona compresa tra i due fronti strutturali.

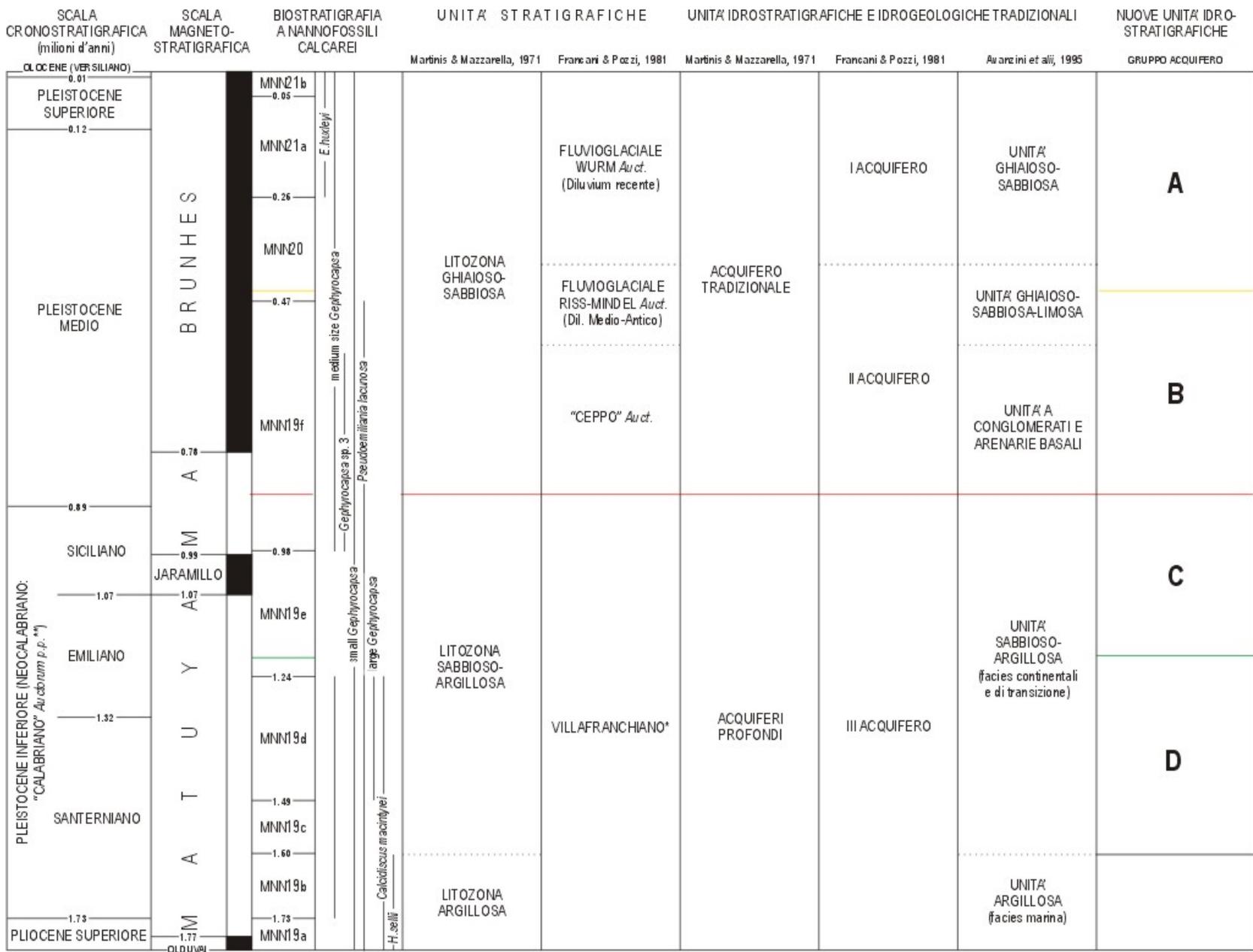


Figura 5.1 Schema dei rapporti stratigrafici

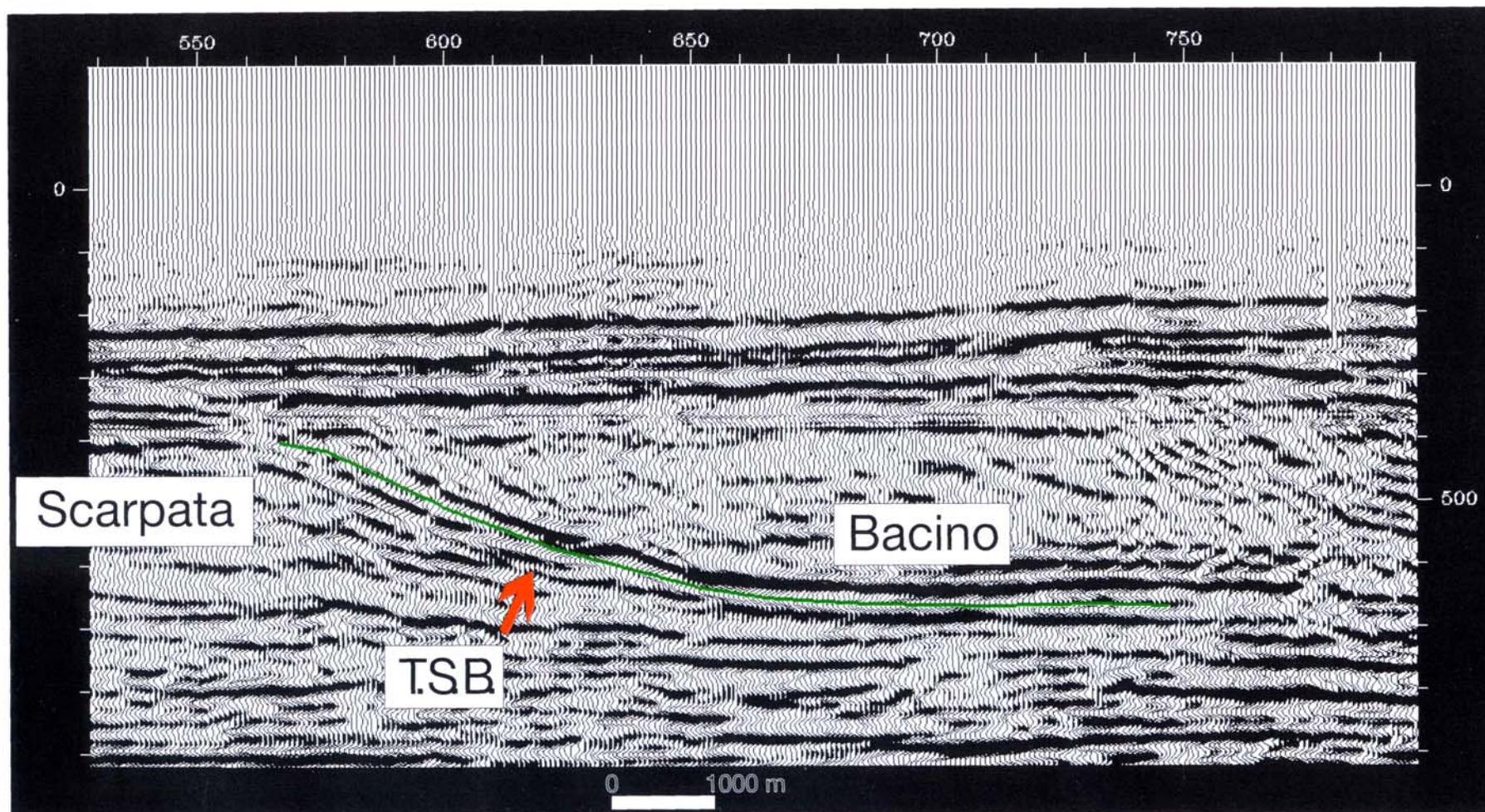


Figura 5.2 Transizione Scarpata sottomarina - piana Bacinale (TSB)

Tutto ciò può essere sintetizzato con il termine "regressione (o progradazione) forzata". Concluso l'evento tettonico con la regressione forzata, si instaura un regime di subsidenza generalizzato che porta all'ampliamento delle aree deposizionali sui margini del bacino; tale ampliamento si manifesta nelle sezioni sismiche con geometrie di riflettori in "onlap" sulle superfici di discontinuità generate in precedenza.

All'interno delle Unità evidenziate è possibile distinguere le principali classi di sistemi deposizionali tramite l'analisi integrata dei dati di sismica e pozzo; esse possono essere raggruppate come segue:

1. - piana alluvionale ad alimentazione assiale (paleo-Po);
2. - conoide alluvionale e piana alluvionale ad alimentazione alpina e appenninica;
3. - delta ad alimentazione assiale (paleo-Po), alpina e appenninica;
4. - delta conoide alpino e appenninico;
5. - piana costiera;
6. - piattaforma sommersa;
7. - scarpata sottomarina;
8. - piana bacinale.

L'organizzazione verticale delle facies all'interno delle prime quattro classi di sistemi deposizionali, ed in particolare nei sistemi di piana alluvionale, di conoide alluvionale e nei sistemi deltizi, è invariabilmente costituita dall'alternanza ciclica di corpi sedimentari a granulometria prevalentemente grossolana con corpi sedimentari a granulometria prevalentemente fine. Molte volte è possibile distinguere una gerarchia di spessori, con insiemi di cicli di rango inferiore spessi alcuni metri che costituiscono cicli di rango superiore, spessi alcune decine di metri. Tavole 9 e 10

Si può ipotizzare che tali unità cicliche rappresentino fasi sedimentarie di alta energia alternate a fasi di bassa energia dovute rispettivamente all'attivazione e alla disattivazione dei sistemi deposizionali. Queste fasi sembrerebbero controllate dalle oscillazioni climatico - eustatiche sviluppate alla scala dei 20 e dei 100 ka, per i cicli di rango inferiore e superiore rispettivamente (e.g. Di Dio, 1996; Di Dio & Valloni, 1997). In tal senso questi ultimi si configurano come Sequenze Deposizionali Elementari e rappresentano i mattoni con cui si costruiscono le Sequenze di ordine gerarchico superiore.

In questo studio sono state correlate, nella pianura lombarda, alcune Sequenze Deposizionali Elementari dell'ordine dei 40-100 ka. Tali sequenze, a partire dai dati già disponibili per l'Emilia-Romagna, sono state individuate, tramite la sismica, i log e le stratigrafie di pozzo, nell'ambito delle Sequenze Deposizionali. Le Sequenze Elementari sono la chiave per le correlazioni idrostratigrafiche delle Tavole 9 e 10.

5.2 – EVOLUZIONE DEL BACINO

A partire dal Messiniano cessano quasi completamente i movimenti tettonici legati all'edificio alpino. Nel contempo si registra un sensibile spostamento verso Nord – Est del fronte dell'Appennino settentrionale. Da questo momento le geometrie deposizionali del bacino Padano sono strettamente legate ai repentini sollevamenti e movimenti in avanti delle falde Nord appenniniche e dai lunghi periodi di relativa calma e subsidenza isostatica dei bacini. Il margine meridionale del bacino Padano, a ridosso del fronte appenninico, risente in modo consistente di tali movimenti. Il margine settentrionale risente invece in modo più blando di quanto succede nel bacino. I movimenti sono registrati da superfici di erosione arealmente anche molto estese, dalla riattivazione delle strutture mioceniche sepolte e dalla deposizione di livelli detritici fini legati ai movimenti eustatici.

L'evoluzione del bacino Padano, dal Pliocene superiore all'attuale, può essere sintetizzata in sette fasi principali:

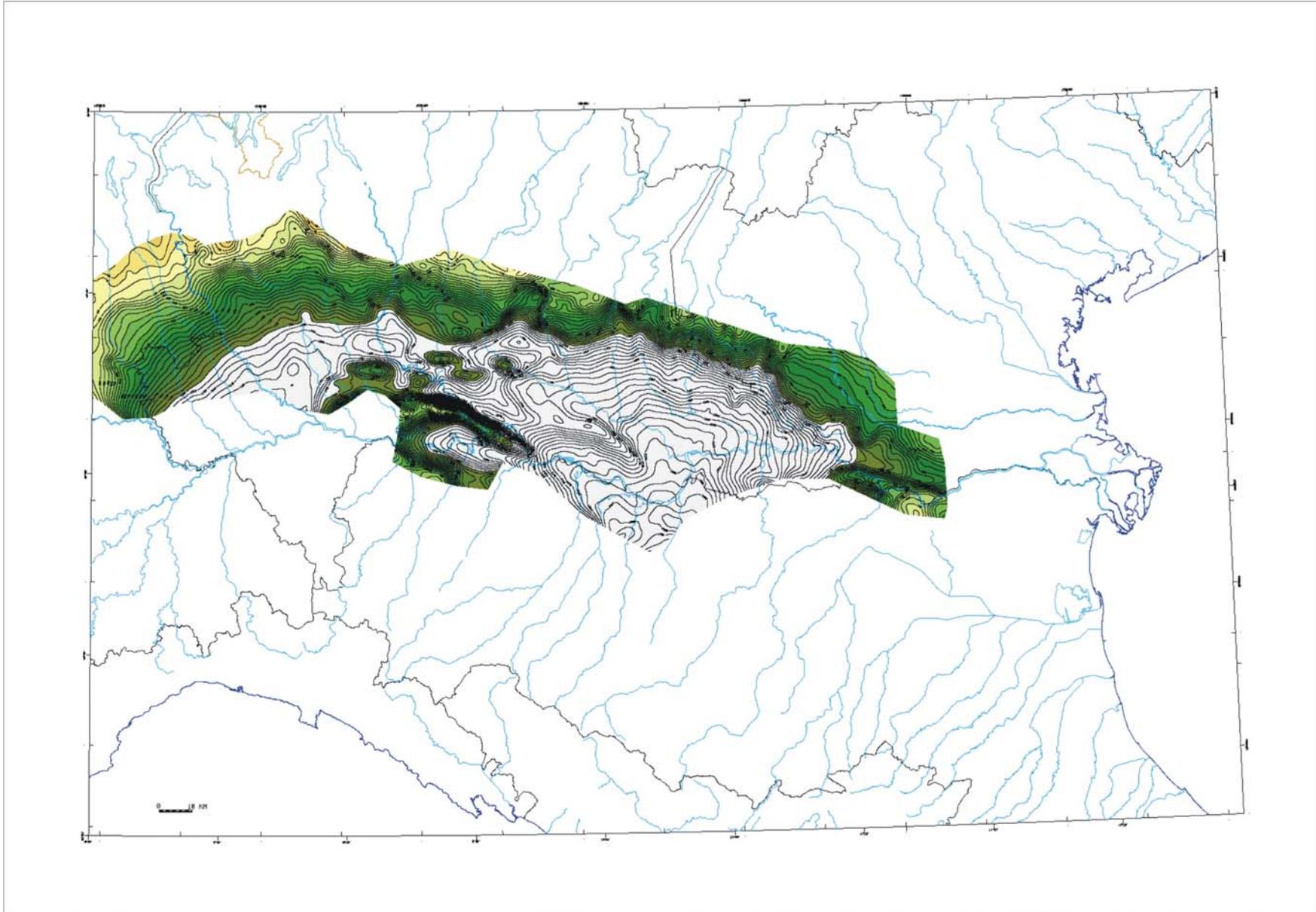


Figura 5.3 Superficie stratigráfica 1.6 Ma.

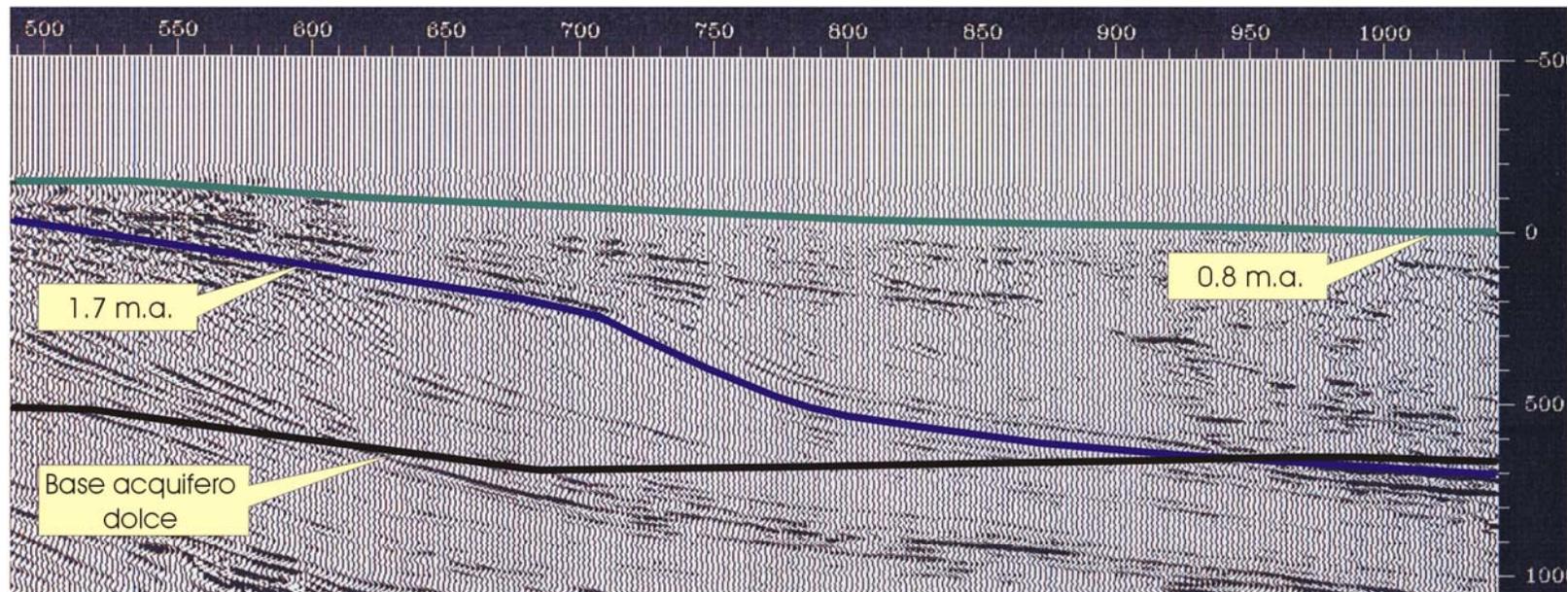


Figura 5.4 Transizione Scarpata sottomarina - piana Bacinale (TSB)

1) Da ~3.9 a ~3.6 – 3.3 Ma

Evento tettonico di sollevamento regionale che provoca un'importantissima regressione forzata nell'area piemontese Sud-orientale.

Le diverse superfici stratigrafiche che definiscono temporalmente le sequenze deposizionali sono state ritirate per questo studio nei pozzi Eni Divisione Agip (Alfianello 1, Seniga 1 e Solarolo 1) che hanno attraversato successioni a carattere bacinale e che presentano quindi un record biostratigrafico più continuo. Per la definizione stratigrafica sono stati utilizzati foraminiferi e nannofossili calcarei, secondo gli standard in uso nell'industria petrolifera.

2) Da ~3.6 – 3.3 a ~2.4 Ma

Subsidenza bacinale e quiescenza tettonica relativa inducono una rapida aggradazione ed un ampliamento delle aree deposizionali, espresso dagli onlap dei riflettori sismici sulla superficie di erosione formatasi in precedenza.

3) Da ~2.4 a 1.6 Ma

Evento tettonico di sollevamento regionale del settore meridionale del bacino Padano che provoca un'importante regressione forzata. La situazione a 1.6 Ma vede la TSB localizzata lungo il margine sud-alpino, a partire dal lago Maggiore fino al lago di Garda. Fig. 5.3 – 5.4.

Sul lato meridionale del bacino progradava rapidamente fin sul fronte dell'allineamento strutturale S.Colombano al Lambro - Pieghe Emiliane. Alle spalle della TSB si osserva un prisma sedimentario fluvio-deltizio, progradante, sormontato sul Margine da un'estesa superficie subaerea d'erosione e/o non deposizione.

4) Da 1.6 a ~0.8 Ma

La coalescenza dei delta-conoidi dei paleo-fiumi alpini (Ticino e Adda) e del sistema deltizio centro padano ha colmato la parte meno subsidente del bacino marino profondo spostando la TSB più ad Est, nella zona di Cremona.

La situazione cartografata a 0.8 Ma vede il settore colmato in condizione di piattaforma. La TSB si estende verso Sud con andamento NNE – SSO, da Sud di Brescia fino all'alto di Cortemaggiore (PC) e verso Est si spinge lungo il margine Sudalpino verso l'alto corso del Mincio e quindi nella pianura veneta. Fig. 5.5–5.6

5) Da 0.8 a ~0.65 Ma

A circa 800.000 anni inizia l'ultima importante fase di traslazione verso Nord delle falde appenniniche.

Si realizza un sollevamento dell'intera "Dorsale Ferrarese", con conseguente riduzione della subsidenza nel retrostante bacino di Bologna-Ravenna, erosione sui margini del bacino Padano e sui culmini strutturali. I delta-conoidi alpini a Nord e quelli appenninici a Sud, diminuendo lo spazio disponibile per la sedimentazione, coalescono con il sistema fluvio deltizio centro padano, portando al riempimento definitivo del bacino marino profondo.

In questo momento si realizza la concomitanza tra un incremento repentino e generalizzato a tutto il bacino Padano della subsidenza tettonica e le fluttuazioni del livello eustatico, legate a variazioni climatiche globali. La TSB progradava rapidamente fin sul fronte dell'allineamento strutturale di Ferrara – Ravenna, lasciandosi alle spalle un prisma sedimentario fluvio-deltizio, progradante, sormontato sul Margine da un'estesa superficie subaerea d'erosione e/o non deposizione. La base di questi depositi è una superficie di discontinuità regionale, evidente sul margine appenninico e sulle linee sismiche. Potrebbe essere dovuta a un'oscillazione eustatica innescata da fattori climatici, sovrapposta al sollevamento tettonico regionale. Le aree che erano già in condizione emersa sono di nuovo invase dalla trasgressione marina. Se al rapido innalzamento relativo del livello del mare si unisce la riduzione di apporto di materiale grossolano

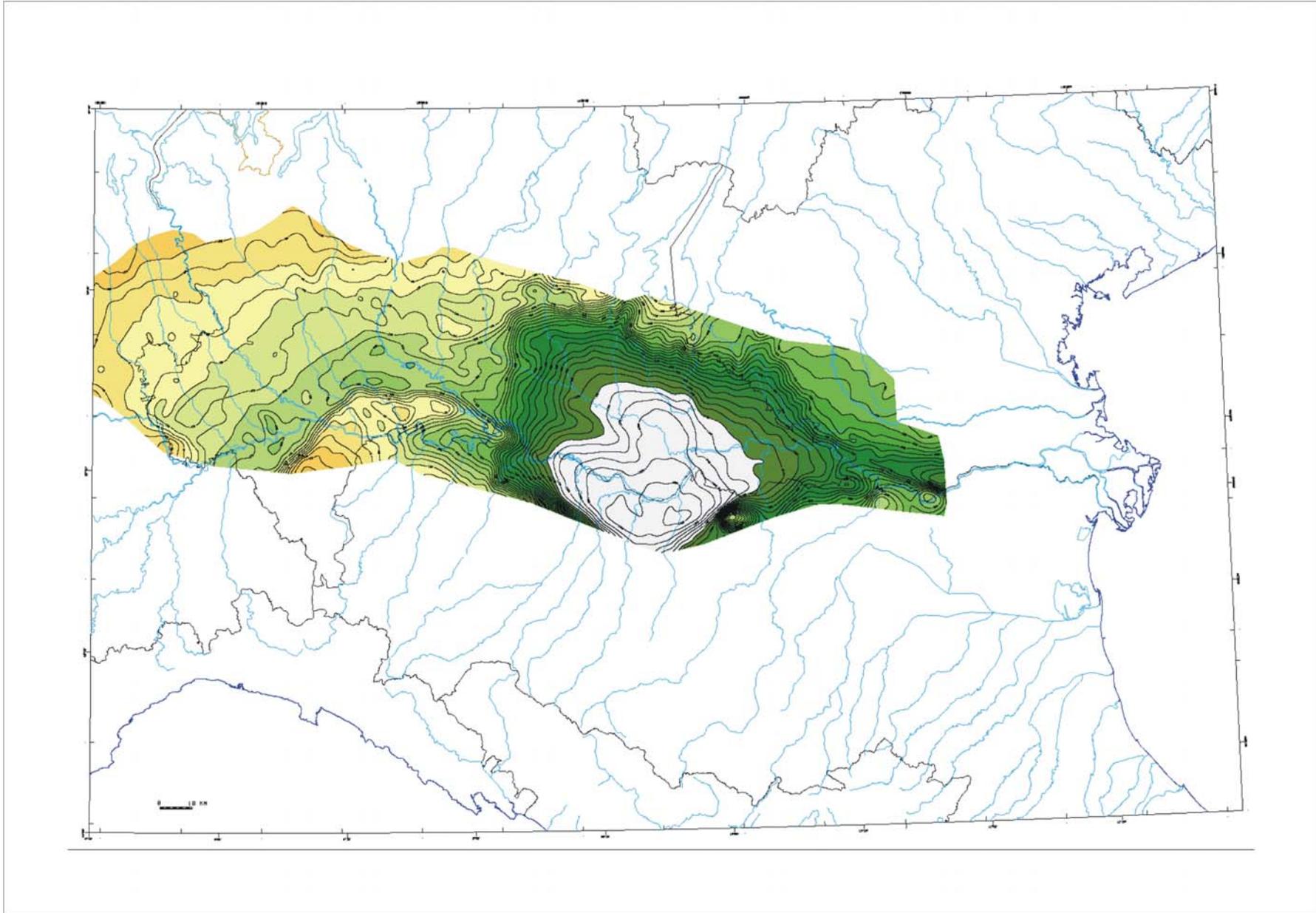


Figura 5.5 Superficie stratigrafica 0.8 Ma.

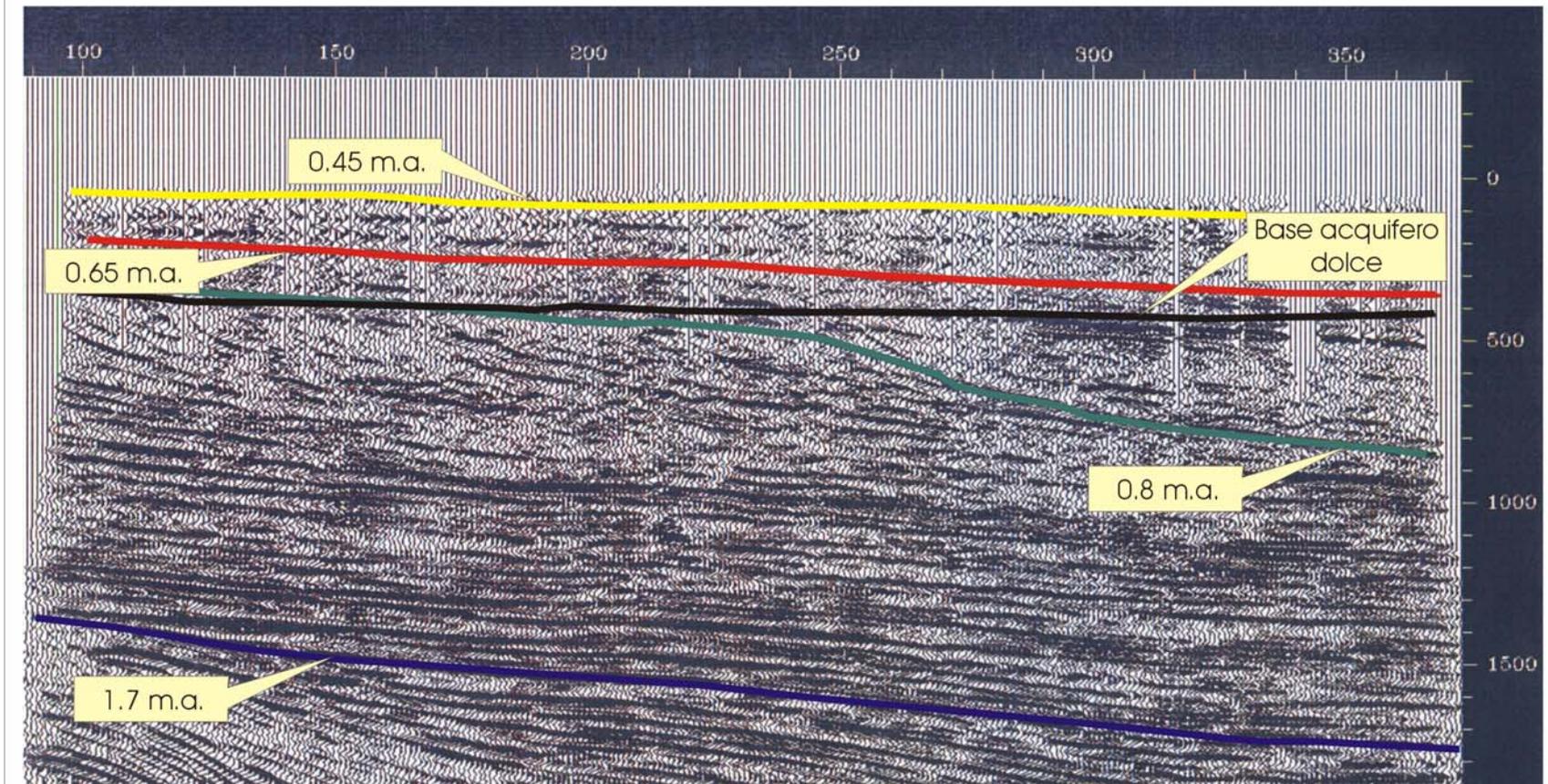


Figura 5.6 Transizione Scarpata sottomarina - piana Bacinale (TSB)

(ghiaia e sabbia) da parte dei fiumi, si ha come risultato la deposizione di sedimenti fini (argilla) su gran parte del bacino. La riduzione di apporto di materiale grossolano da parte dei fiumi è legata al fattore climatico: precipitazioni ridotte, tipiche di un interglaciale, cui si somma un aumento della vegetazione che riduce l'erosione dei versanti, determinano una ridotta energia da parte dei fiumi e un ridotto apporto di materiale grossolano in bacino. A questa serie di fattori occorre aggiungere anche l'arretramento dei punti di sbocco dei sistemi fluvio-deltizi causato dalla trasgressione. Fig. 5.7

6) Da ~0.65 a ~0.45 – 0.35 Ma

Forte subsidenza bacinale e quiescenza tettonica relativa inducono una rapida aggradazione sedimentaria nell'area di pianura attuale, e la contemporanea trasgressione della superficie di erosione formatasi in precedenza sul Margine Sudalpino e Appenninico Padano.

Alternanze cicliche di facies fini e grossolane, alluvionali e deltizie, probabilmente originate da oscillazioni climatico - eustatiche ad alta frequenza (Sequenze Deposizionali Elementari), sono state riconosciute nel sottosuolo e utilizzate nel presente lavoro per le correlazioni idrostratigrafiche delle Tavole 9 e 10 allegate.

Verso la fine di questo periodo si verifica un evento minore di sollevamento delle strutture compressive appenniniche; esso è registrato in affioramento da una superficie di discontinuità erosiva che, solitamente, separa i depositi di piana alluvionale e conoide distale, citati in precedenza, dai depositi di conoide prossimale sovrastanti. Tale superficie, tracciata in sismica, risulta particolarmente evidente in corrispondenza dei principali fronti strutturali sepolti. Fig. 5.8

7) Da ~0.45 – 0.35 Ma all'Attuale

Prosegue la forte subsidenza bacinale e la quiescenza tettonica relativa dello stadio evolutivo precedente. Nell'intervallo tra circa 200.000 e circa 100.000 anni B.P., l'ampliamento delle aree deposizionali raggiunge la massima espansione sulle superfici di erosione del Margine. Il Margine Sudalpino del bacino è caratterizzato dalla presenza di depositi fluviali grossolani con intercalati paleosuoli con differenti tipi di alterazione. La sedimentazione nettamente continentale è influenzata da frequenti variazioni climatiche che portano poderosi apparati glaciali fino ad affacciarsi in pianura. La ridistribuzione dei depositi glaciali nelle valli fluviali porta all'accumulo di livelli fino a decametrici di ghiaie. L'alternanza con climi più miti è registrata dalla frequente presenza di paleosuoli intercalati.

Depositi di conoide alluvionale, appartenenti a questa fase, affiorano in modo continuo lungo tutto il Margine Appenninico e Sudalpino. Depositi di piana alluvionale, deltizi e costieri, coevi dei precedenti, aggradano nelle aree di pianura attuali del bacino Padano.

5.3 – DEFINIZIONE STRATIGRAFICA DELLE SUPERFICI

Nell'ambito del presente studio sono stati utilizzati limiti di sequenza con valenza bacinale. Tra i numerosi limiti riconosciuti nel bacino Padano – Adriatico per il Pleistocene e l'Olocene, sono stati selezionati quattro limiti di sequenza principali. Per tali limiti si è cercato di definire la rispettiva collocazione stratigrafica, schematizzata con una datazione assoluta al fine di rendere più immediata la loro posizione. I quattro limiti selezionati rappresentano tappe significative nell'evoluzione del bacino sopra descritta.

La prima superficie (1.6 Ma) è tarata stratigraficamente nei pozzi Eni Divisione Agip della bassa pianura mantovana e dell'Emilia. In questo settore della Pianura Padana la densità di sondaggi, e quindi di dati stratigrafici provenienti da sedimenti di ambiente bacinale, permette di avere una buona distribuzione dei punti di controllo nell'ambito di una sequenza sedimentaria relativamente completa. La datazione è basata sui nanofossili calcarei: la comparsa di *Calcidiscus macintyreii*, permette di localizzare l'orizzonte appena

al di sotto del tetto della zona MNN 19 b (Rio et alii, 1990) e quindi di attribuirgli un'età di circa 1.6 Ma, poco più recente del limite Pliocene-Pleistocene

Anche la seconda superficie (0.8 Ma) è tarata stratigraficamente nei pozzi Eni Divisione Agip della bassa pianura mantovana e dell'Emilia, come la superficie precedente. Anche in questo caso la datazione è basata sui nannofossili calcarei. Questa superficie si colloca nella parte medio bassa della zona MNN 19 f (Rio et alii, 1990), caratterizzata da *Gephyrocapsa sp. 3*, e le è quindi attribuita un'età indicativa di 0.8 Ma.

La terza superficie (0.65 Ma) è stata riconosciuta negli affioramenti dell'Appennino settentrionale (Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna, 1998). La taratura stratigrafica è sempre basata sui nannofossili calcarei nei pozzi Eni Divisione Agip dell'alto Adriatico, correlati sismicamente con il bacino Padano e con gli affioramenti emiliani. Questa superficie si colloca nella parte alta della sopracitata zona MNN 19 f. Dato che tale zona si estende per circa 0.4 Ma, la terza superficie è riferibile a circa 0.65 Ma.

Fra 0.8 e 0.6 Ma si verifica una variazione climatica rispetto al periodo precedente e successivo, a livello globale. I periodi glaciali sono descritti da diversi autori (es. Dupont et alii, 2001, Poore et alii 2001) come freschi e umidi, mentre i periodi interglaciali caldi e asciutti. Gli estremi di questo periodo climatico sono segnati nel bacino Padano dai due evidenti limiti di sequenza mappati in questo studio.

La quarta superficie (0.45 Ma) è tarata stratigraficamente nei pozzi Eni Divisione Agip dell'alto Adriatico, che garantiscono un buon controllo della sequenza sedimentaria. La datazione è basata sui nannofossili calcarei: la comparsa di *Pseudoemiliania lacunosa*, permette di localizzare l'orizzonte nella parte superiore della zona MNN 19 f (Rio et alii, 1990). I dati dei pozzi sono poi correlati sismicamente con il bacino Padano e gli affioramenti del margine dell'Appennino emiliano-romagnolo. L'alternanza climatica è caratterizzata da periodi glaciali freddi e asciutti e da interglaciali caldi e umidi. Il livello eustatico è stato stimato 20 m più alto di quello attuale, a seguito di un'interglaciale molto caldo e umido. (Dupont et alii, 2001, Poore et alii 2001)

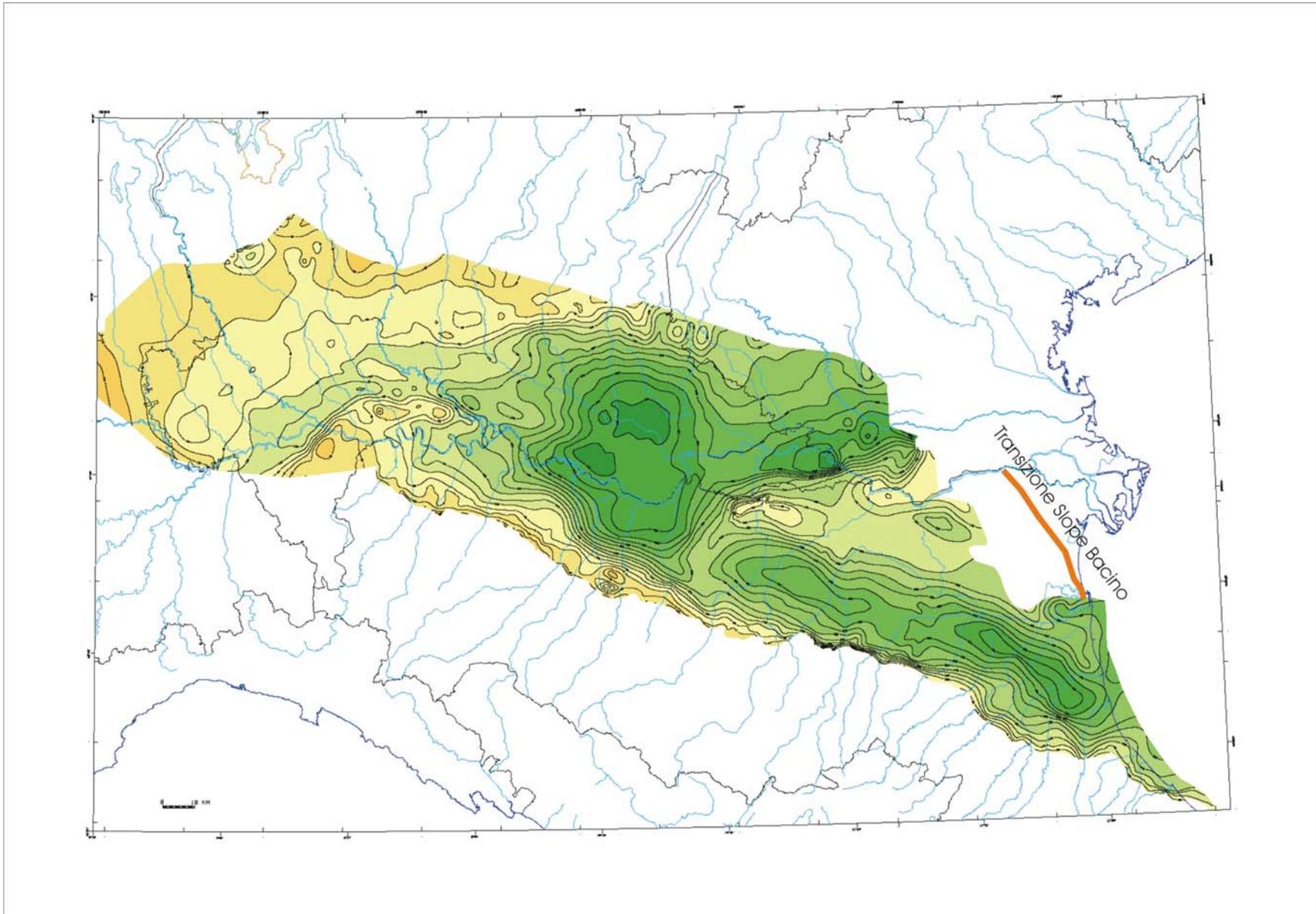


Figura 5.7 Superficie stratigrafica 0.65 Ma.

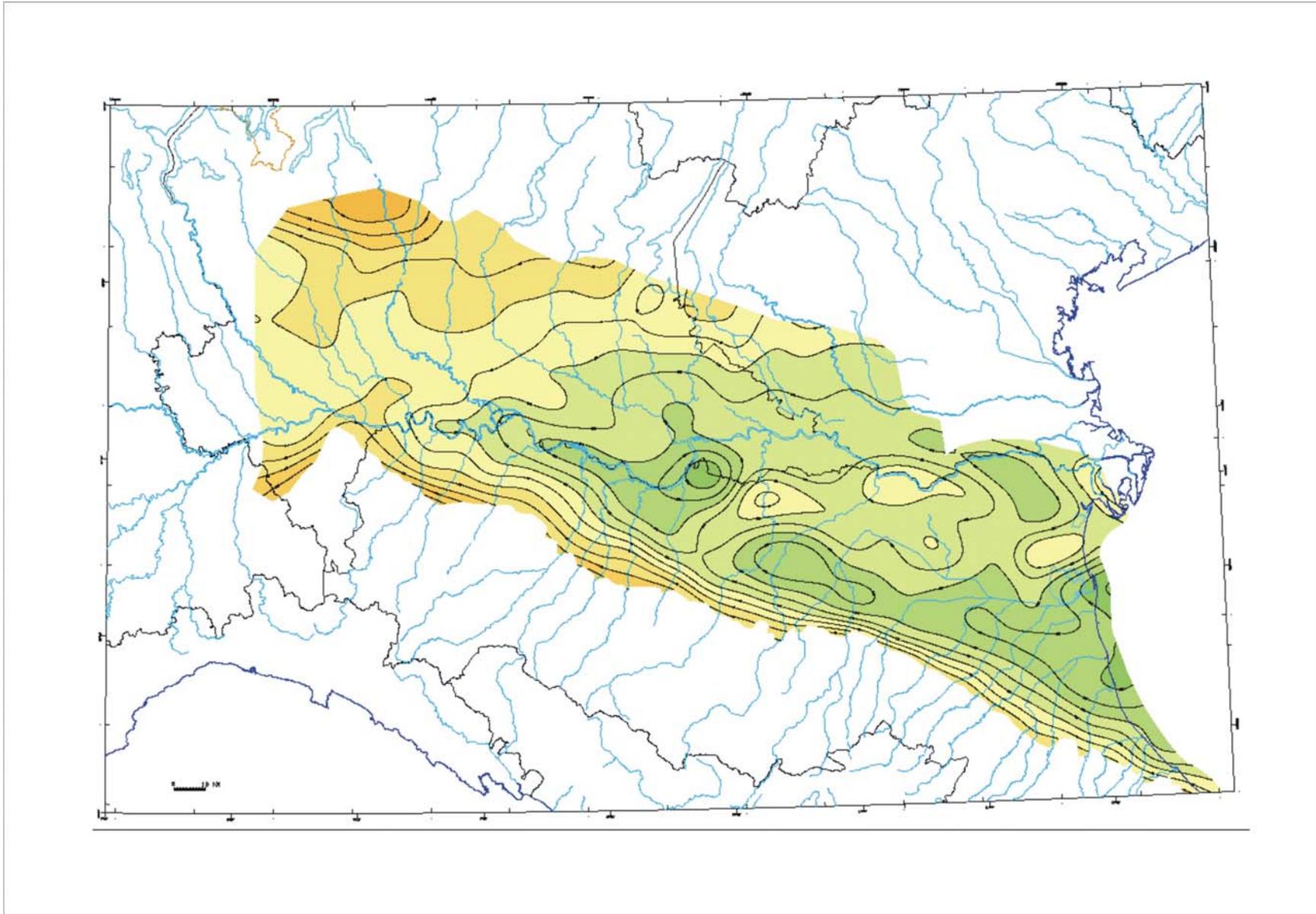


Figura 5.8 Superficie stratigrafica 0.45 Ma.