



ISPR A

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA

Organo Cartografico dello Stato (legge n°68 del 2.2.1960)

**NOTE ILLUSTRATIVE
della
CARTA GEOLOGICA D'ITALIA
alla scala 1:50.000**

foglio 202

SAN GIOVANNI IN PERSICETO

A cura di

F.C. Molinari⁽¹⁾, M. Pizziolo⁽¹⁾

Con contributi di:

Petrografia: **C. Albertini⁽²⁾, A. Ceriani⁽²⁾, A. Di Giulio⁽²⁾,**

Archeologia: **I. Di Cocco⁽¹⁾**

⁽¹⁾ Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna

⁽²⁾ Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Pavia

Ente realizzatore:



Regione Emilia-Romagna

Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli

Direttore del Servizio Geologico d'Italia - ISPRA: A. Todisco

***Responsabile del Progetto CARG per il Servizio Geologico d'Italia - ISPRA:
F. Galluzzo.***

***Responsabile del Progetto CARG per la Regione Emilia-Romagna:
R. Pignone.***

PER IL SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA - ISPRA:

Revisione scientifica:

C. D'Ambrogi, M. D'Orefice, M. Rossi

Coordinamento cartografico:

D. Tacchia (coord.), S. Falcetti

Revisione informatizzazione dei dati geologici:

L. Battaglini, V. Campo, D. Delogu, R. Ventura, A. Fiorentino,
ASC: **R.M. Pichezzi, M. Rossi**

Coordinamento editoriale:

M. Cosci, S. Falcetti

PER IL SERVIZIO GEOLOGICO, SISMICO E DEI SUOLI - REGIONE EMILIA-ROMAGNA:

Coordinamento informatizzazione:

M. Grandi (direzione lavori), I. Pellegrino

Coordinamento allestimento cartografico per la stampa:

A. Angelelli (direzione lavori), S. Scappini

*Informatizzazione e allestimento cartografico per la stampa
a cura di SYSTEMCART - ROMA*

Gestione tecnico-amministrativa del Progetto CARG:

M.T. Lettieri - Servizio Geologico d'Italia - ISPRA

G. Falanga, S. Stagni - Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli - Regione
Emilia-Romagna

Si ringraziano i componenti dei Comitati Geologici per il loro contributo scientifico.

Stampa: **SYSTEMCART S.r.l.**, ROMA - 2009

INDICE

I	- INTRODUZIONE	pag. 5
II	- CENNI STORICI: CARTOGRAFIA E LETTERATURE PRECEDENTI	« 7
III	- INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	« 11
1.	- CARATTERI GEOGRAFICI E GEOMORFOLOGICI.....	« 11
2.	- INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....	« 12
2.1.	- GEOLOGIA DI SOTTOSUOLO.....	« 14
IV	- METODOLOGIA DI STUDIO	« 17
1.	- CARTOGRAFIA DI SUPERFICIE E BANCA DATI UTILIZZATA.....	« 17
2.	- CARTOGRAFIA DI SOTTOSUOLO	« 21
2.1.	- ANALISI DEI DATI GEOFISICI	« 21
2.2.	- BANCA DATI GEOGNOSTICI.....	« 24
V	- STRATIGRAFIA	« 29
1.	- DEFINIZIONE DEL CRITERIO STRATIGRAFICO UTILIZZATO.....	« 29
2.	- UNITÀ SOTTOSTANTI AL SUPERSINTEMA EMILIANO -ROMAGNOLO	« 31
3.	- SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO.....	« 32
3.1.	- SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	« 33
3.2.	- SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE.....	« 34
3.2.1.	- <i>subsintema di Bazzano</i>	« 36
3.2.2.	- <i>subsintema di Villa Verucchio</i>	« 37
3.2.3.	- <i>subsintema di Ravenna</i>	« 39
3.2.3.1.	- unità di Modena.....	« 42
VI	- SISTEMI DEPOSIZIONALI E LITOLOGIE	« 45
1.	- DEPOSITI ALLUVIONALI.....	« 46
1.1.	- DEPOSITI DI CONOIDE E PIANA ALLUVIONALE.....	« 46
1.1.1.	- <i>Ghiaie di riempimento di canale fluviale</i>	« 46
1.1.2.	- <i>Sabbie di riempimento di canale fluviale e rotta fluviale</i>	« 47
1.1.3.	- <i>Alternanze di sabbie e limi sabbiosi di argine, canale e rotta fluviale</i>	« 48

1.1.4. - <i>Alternanze di sabbie, limi ed argille di tracimazione fluviale indifferenziata</i>	« 49
1.1.5. - <i>Argille e limi di piana inondabile</i>	« 50
1.1.6. - <i>Argille e limi con sostanza organica palustri</i>	« 50
2. - DEPOSITI DELTIZI, LITORALI E MARINI	« 52
2.1. - DEPOSITI FLUVIO-DELTIZI E DI PIATTAFORMA INDIFFERENZIATI	« 52
2.2. - DEPOSITI DI PRODELTA E DI TRANSIZIONE ALLA PIATTAFORMA	« 52

VII - CONSIDERAZIONI RIGUARDO CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E SEDIMENTOLOGICHE DEI DEPOSITI QUATERNARI	« 53
1. - INTRODUZIONE	« 53
2. - DISCUSSIONE SUI PROFILI SISMICI E LOG DI POZZO	« 54
3. - DISCUSSIONE SULLE SEZIONI STRATIGRAFICHE ALLEGATE AL FOGLIO 202	« 56
4. - CONSIDERAZIONI SULLE SEQUENZE DEPOSIZIONALI CLIMATICO-EUSTATICHE (SCDE) DEL SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	« 58

VIII - CARTOGRAFIA	« 63
1. - CARTA GEOLOGICA	« 63
2. - FOGLIO ALLEGATO DI SOTTOSUOLO	« 64

APPENDICE 1 STRATIGRAFIA DEI SONDAGGI	« 67
--------------------------------------------------------	------

APPENDICE 2 L'APPLICAZIONE DELLA BANCA DATI ARCHEOLOGICA ALLA CARTOGRAFIA GEOLOGICA DI PIANURA	« 73
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------

APPENDICE 3 PETROGRAFIA DELLE SABBIE DI SOTTOSUOLO	« 87
---------------------------------------------------------------------	------

BIBLIOGRAFIA	« 99
---------------------------	------

Ringraziamenti

Si ringrazia ENI - Divisione AGIP per la consultazione e la parziale divulgazione dei dati di sottosuolo che hanno consentito lo studio, a scala regionale, dell'architettura dei depositi quaternari di sottosuolo ed hanno contribuito alla costruzione delle sezioni geologiche riportate nel Foglio allegato.

Si ringraziano tutti gli Enti pubblici, Privati e liberi professionisti che hanno fornito i dati raccolti nella banca dati geognostici del Foglio 202.

I - INTRODUZIONE

Il Foglio 202 “S. Giovanni in Persiceto” della Carta Geologica d’Italia in scala 1:50.000 è stato realizzato nell’ambito del progetto CARG, attraverso una convenzione tra il Servizio Geologico Nazionale (S.G.N.) e la Regione Emilia-Romagna (R.E-R). Lo studio dei depositi alluvionali quaternari di pianura che ricoprono per intero l’area del Foglio, è stato oggetto di specifici studi che hanno coinvolto il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna, oltre che attraverso la convenzione sopracitata, attraverso specifici progetti quali quelli attuati per la costruzione di una banca dati geologici e per l’analisi, in collaborazione con ENI-AGIP, delle sezioni sismiche della Pianura Padana. I dati pedologici utilizzati per la carta di superficie provengono in gran parte dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia - Romagna, adattati alle finalità geologiche dello studio. Il rilevamento geologico del Foglio e l’elaborazione dei dati di sottosuolo sono dovuti a Fabio Carlo Molinari, quale rilevatore, e a Marco Pizziolo in qualità di coordinatore; i sondaggi con carotaggio continuo eseguiti all’uopo sono stati diretti in cantiere da Andrea Cessari, le prove penetrometriche da Andrea Cessari e Giuseppe Caputo.

Lo studio dei depositi quaternari è stato indirizzato a definirne la geometria ed i caratteri fisico-stratigrafici nelle 3 dimensioni, vale a dire sia in affioramento che nel sottosuolo. Per la cartografia di questi terreni è stato utilizzato un criterio stratigrafico-sequenziale, che ha portato alla definizione ed alla correlazione a livello regionale di Sequenze Deposizionali *sensu* MITCHUM *et alii* (1977) che, nelle porzioni comprese tra le discontinuità stratigrafiche di base e di tetto, equivalgono ad unità formali di tipo UBSU (*Unconformity Bounded Stratigraphic Units*; SALVADOR, 1994), vale a dire supersintemi, sintemi e subsintemi, secon-

do la Guida al rilevamento della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000" (SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE, 1992). I subsistemi sono stati in parte suddivisi in sottounità informali definite su base morfologica e pedostratigrafica.

PROGETTO
CARG

II - CENNI STORICI: CARTOGRAFIA E LETTERATURE PRECEDENTI

Le prime pubblicazioni di carattere strettamente geologico sono databili alla seconda metà dell'800 (PANTANELLI, 1903). Un elenco completo delle opere relative alle Scienze della Terra pubblicate tra il 1469 e il 1920 sul territorio modenese è raccolto da BENTIVOGLIO (1901, 1925).

La situazione geologica d'insieme di questa parte della pianura padana è stata rappresentata in vari elaborati cartografici a partire dalla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 (Foglio 87 "Bologna"; Foglio 75 "Mirandola"). Nel Foglio 87 "Bologna" i depositi alluvionali di pianura vengono differenziati sulla base della litologia di superficie, mentre i depositi intravallivi vengono classificati secondo i diversi ordini di terrazzo riconosciuti.

Per quanto riguarda le conoscenze geologiche maturate successivamente possiamo ricordare le note di PELLEGRINI (1969) e di FAZZINI *et alii* (1976), relativamente alla pianura modenese e di GELMINI & PALTRINIERI (1988), sul territorio del Comune di Modena, tutte con carte geologiche allegate e che affrontano i problemi relativi alla cartografia di superficie delle aree di pianura.

Relativamente ai depositi superficiali di pianura occorre ricordare che una cartografia dei depositi affioranti in pianura distinti per classi granulometriche venne per la prima volta proposta proprio per la pianura modenese da FAZZINI *et alii* (1976) e successivamente da GASPERI *et alii* (1987) utilizzata, tra l'altro, per la ricostruzione della paleoidrografia. In questi lavori vengono proposti schemi e sezioni in cui parte dei depositi affioranti sono correlati nel sottosuolo con le conoidi ghiaiose pleistoceniche ed oloceniche dei fiumi Panaro e Secchia (si veda anche FAZZINI & GASPERI, 1996). In GASPERI *et alii* (1987) viene proposta per la

prima volta una classificazione dei terreni alluvionali quaternari con l'utilizzo delle allunità (N.A.C.S.N., 1983).

I caratteri pedologici del Foglio sono compresi nelle Note Illustrative della Carta dei Suoli 1:250.000 della REGIONE EMILIA-ROMAGNA (1994).

Gli studi sull'integrazione dei dati storici, archeologici e geomorfologici per comprendere l'evoluzione storico-geologica del paesaggio verranno trattati nella Appendice 2.

Nella presente stesura del Foglio 202 e delle note illustrative ci si è ampiamente basati su alcuni lavori di stratigrafia e cartografia dei depositi alluvionali quaternari (sia di superficie che di sottosuolo) che non riguardano specificamente questo settore della pianura emiliano-romagnola, ma che costituiscono un riferimento essenziale per l'inquadramento regionale dei depositi alluvionali padani.

Per quanto riguarda la stratigrafia fisica occorre ricordare il lavoro di RICCI LUCCHI *et alii* (1982) che utilizza un criterio di tipo sequenziale per lo studio della successione quaternaria affiorante nel margine appenninico, suddividendola in due cicli sedimentari principali: uno marino (Qm) e uno continentale (Qc).

Invece, riguardo al sottosuolo, FARABEGOLI & ONOREVOLI (1989) e FARABEGOLI *et alii* (1997) riconoscono dei cicli deposizionali costituiti da alternanze a scala pluridecametrica di depositi alluvionali grossolani e fini. I caratteri interni di questi cicli vengono rappresentati tramite carte di sottosuolo con isobate ed isopache.

A partire dal lavoro di RICCI LUCCHI *et alii* (1982), REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998) propongono uno schema stratigrafico regionale dei depositi quaternari di sottosuolo per tutto il Pleistocene-Olocene che è largamente basato su dati di stratigrafia sismica e perforazioni petrolifere. Esso è stato recentemente rivisto ed aggiornato sia nel Foglio 199 Parma Sud (2005) che nel Foglio 202 (fig. 1). In questo schema i principali cicli sedimentari Qm e Qc (definiti rispettivamente supersistema del Quaternario Marino e supersistema Emiliano-Romagnolo) vengono ulteriormente suddivisi in sequenze deposizionali di rango gerarchico inferiore (Sequenze Deposizionali Elementari) che, all'interno del supersistema Emiliano-Romagnolo, hanno una durata di c.a. 100.000 anni ciascuna e rappresentano l'unità base, a scala regionale, in cui si organizzano i depositi di riempimento della Pianura Padana. Si ricordano inoltre AMOROSI & FARINA (1995), AMOROSI *et alii* (1996; 2000) per lo studio dei cicli deposizionali pluridecametrici nel sottosuolo della pianura bolognese. In figura 1, oltre a quelle di alcuni Autori sopra citati, sono riportate le suddivisioni stratigrafiche di altri Autori, a cui si rimanda per un ulteriore approfondimento.

Da un punto di vista cartografico, la Carta Geologica di pianura dell'Emilia-Romagna in scala 1:250.000 ha costituito un documento di riferimento basilare (REGIONE EMILIA-ROMAGNA, 1999); essa rappresenta, in modo riassuntivo, i depositi alluvionali, deltizi e costieri della pianura emiliano-romagnola sulla base sia dei caratteri litologici e degli ambienti deposizionali sia dei caratteri pedostratigrafici.

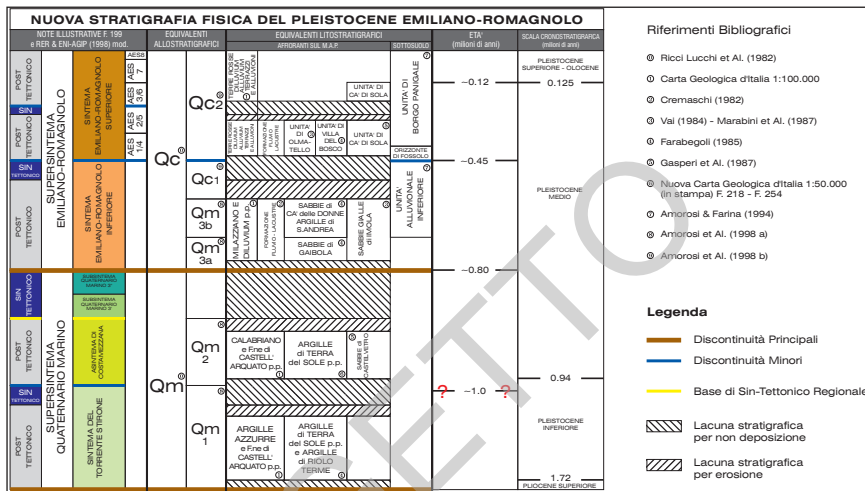


Fig. 1 - Schema geologico-stratigrafico regionale dei depositi quaternari di sottosuolo tratto da Riser-ve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna (RER-ENI/AGIP, 1998) e recentemente rivisto ed aggiornato nella stesura delle Note Illustrative del Foglio 199 "Parma Sud".

Infine i diversi fogli geologici della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, molti dei quali in corso di completamento e di stampa, ed in particolare i Fogli 201 "Modena", 222 "Lugo" e 203 "Poggio Renatico", sono stati utilizzati come esempi di cartografia geologica sia di superficie sia di sottosuolo.

PROGETTO
CARG

III - INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

1. - CARATTERI GEOGRAFICI E GEOMORFOLOGICI

L'area rappresentata nel Foglio 202 è posta interamente nella Pianura Padana, interessando le provincie di Modena, Bologna e Ferrara. Comprende nella zona meridionale gli abitati di Castelfranco Emilia, S. Giovanni in Persiceto e Nonantola, mentre più a nord si hanno gli abitati di Crevalcore e Cento. Comprende, ad ovest, un tratto del corso dei fiumi Secchia e Panaro e ad est un tratto del F. Reno. L'idrografia dell'area del foglio (fig. 2) è rappresentata, oltre che dai fiumi Reno, Panaro e Secchia, dai torrenti ad essi afferenti; in particolare il T. Samoggia e il Dosolo affluenti del F. Reno. Il territorio è inoltre caratterizzato da una rete idrografica artificiale (navigli e cavi) alcuni dei quali risalgono sicuramente al periodo romano (PASQUINUCCI, 1984).

Dal punto di vista geomorfologico (CASTIGLIONI *et alii*, 1998) l'area del Foglio comprende per la quasi totalità la media pianura, inclinata dello $0.1 \div 0.2$ %; a SO si ha un tratto della transizione tra l'alta pianura, inclinata dello $0.5 \div 0.6$ % e la media pianura. La transizione tra queste cade tra le isoipse 40 e 32. Generalmente sia la zona di transizione tra l'alta e la media pianura che la media pianura, regolarmente inclinate verso NE, sono caratterizzate da dossi, cioè forme rilevate qualche metro al massimo e allungate anche chilometri, disposti paralleli all'idrografia, e ventagli di esondazione.

Sia ad ovest che ad est sono ben visibili, attraverso l'utilizzo del modello digitale del terreno (fig. 2), le forme convesse legate alla evoluzione di antichi paleoalvei appartenenti rispettivamente ai fiumi Panaro e Reno. Per quanto riguarda il F. Reno è ben evidente, dal punto di vista geomorfologico, un vecchio alveo,

la zolla europea, o sardo-corsa, e dalla microplacca Adria o Apula o Adriatico-Padana, inizialmente connessa alla zolla africana, (BOCCALETTI *et alii*, 1980). A partire dall'Eocene medio il processo di sottoscorrimento della placca Adria al di sotto della zolla europea ha via via scomposto i vari domini paleogeografici meso-cenozoici appilando e giustappoendo tra loro in modo complesso le varie successioni stratigrafiche, costruendo così la catena appenninica. La deformazione orogenica si è propagata in direzione dell'Avampaese padano-adriatico. I vari stadi di questa evoluzione sono solitamente raggruppati in fasi principali; tralasciando quelle più antiche che non hanno riscontri evidenti nel substrato della pianura, la tettonica di accrezione dell'Appennino settentrionale, contemporanea all'apertura del Mar Tirreno, interessa a partire dal Messiniano sino al Quaternario le zone esterne della catena e coinvolge l'area padana. Infatti a partire dalla fine del Miocene l'avanzata delle falde appenniniche induce sprofondamenti flessurali nell'antistante avampaese padano con il formarsi di un bacino subsidente: si sviluppa così al fronte della catena in surrezione l'avanfossa molassica padano-adriatica. (CREMONINI & RICCI LUCCHI, 1982; GASPERI *et alii*, 1987; CASTELLARIN *et alii*, 1985; CONTI & GELMINI, 1994).

Dopo l'abbassamento del livello del mare dovuto all'isolamento del Mediterraneo la ripresa della sedimentazione si svolge per lo più a ridosso del margine settentrionale dell'Appennino in una fascia che dal Piemonte meridionale giunge sino alle Marche. L'Appennino ormai emerso fornisce all'avanfossa abbondante detrito (DONDI & D'ANDREA, 1986; RICCI LUCCHI, 1984, BARTOLINI *et alii*, 1996), mentre con il Messiniano superiore la sedimentazione, per lo più torbida di ambiente marino e salmastro, si sviluppa in profondi bacini separati da alti strutturali. Con il Pliocene, il ristabilirsi del livello del mare porta a una generale trasgressione. La deposizione pelitica interessa vaste zone e torbiditi arenaceo-pelitiche di piana bacinale e di conoide sottomarina si depongono nelle zone più profonde. Nelle aree marginali della catena la sedimentazione è controllata dalla tettonica appenninica. Con il Pleistocene si inizia un nuovo ciclo sedimentario (Qm in RICCI LUCCHI *et alii*, 1982) che porta al definitivo coltamento del bacino padano, prima con sedimenti marini batiali e successivamente, a partire da ovest verso est, con depositi via via meno profondi fino a giungere a depositi di transizione.

L'ultimo episodio di sedimentazione marina è rappresentato dalle "sabbie gialle" litorali, cioè da depositi sabbioso-ciottolosi di spiaggia che, grazie anche all'abbondante apporto sedimentario, migrano verso il centro della pianura e verso l'Adriatico. Alle sabbie gialle, ritenute di età pleistocenica inferiore-media, segue un nuovo ciclo sedimentario (Qc in RICCI LUCCHI *et alii*, 1982) e la sedimentazione si sviluppa in condizioni continentali o al massimo costiere, dominata ora dalla dinamica dei fiumi.

2.1. - GEOLOGIA DI SOTTOSUOLO

L'assetto strutturale delle successioni sepolte plio-pleistoceniche del settore di pianura in esame, desumibile dai lavori a scala regionale di PIERI & GROPPI (1981), CNR (1990) e REGIONE EMILIA-ROMAGNA & CNR (2002), è dato da una serie di pieghe e thrust ad andamento parallelo con orientazione circa NO-SE.

Il bacino padano è profondamente e intensamente coinvolto nella tettonica nord-vergente appenninica che porta allo sviluppo di sistemi di *thrust*. La strutturazione deriva da una tettonica di embricazione esplicatasi in gran parte durante il Pliocene in condizioni sottomarine e che controlla fortemente la sedimentazione. I *thrust*, a sviluppo planimetrico arcuato con concavità volta verso l'Appennino, delineano strutture positive antiformali, separate dalle successive analoghe strutture da aree sprofondate, sinformi, sulle quali sovrascorrono parzialmente.

Il Foglio 202 (fig. 3) si estende in un settore caratterizzato da un prima fascia di pieghe e sovrascorrimenti sepolti, più prossima al margine appenninico e circa parallela ad esso ("Romagna Folds" di PIERI & GROPPI, 1981) e da una seconda fascia più esterna e con forma arcuata ("Ferrara Folds" di PIERI & GROPPI, 1981).

Tra queste due fasce dominate dalle culminazioni strutturali sono compresi settori caratterizzati da depressioni strutturali; il Foglio 202 comprende nella parte centrale un'ampia sinclinale, il cui asse è orientato circa NO-SE.

Il fronte della catena risulta quindi molto più a nord del limite orografico della catena, sepolto dai sedimenti quaternari padano-adriatici.

Oltretutto le sezioni geologiche ed i profili sismici a scala regionale (REGIONE EMILIA-ROMAGNA & CNR, 2002; REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998) (fig. 3) dimostrano come, fino al Pleistocene medio, i depositi abbiano subito una tettonica compressiva maggiormente accentuata a ridosso delle pieghe ferraresi (vedi anche schema cronostatigrafico del Foglio Allegato di Sottosuolo).

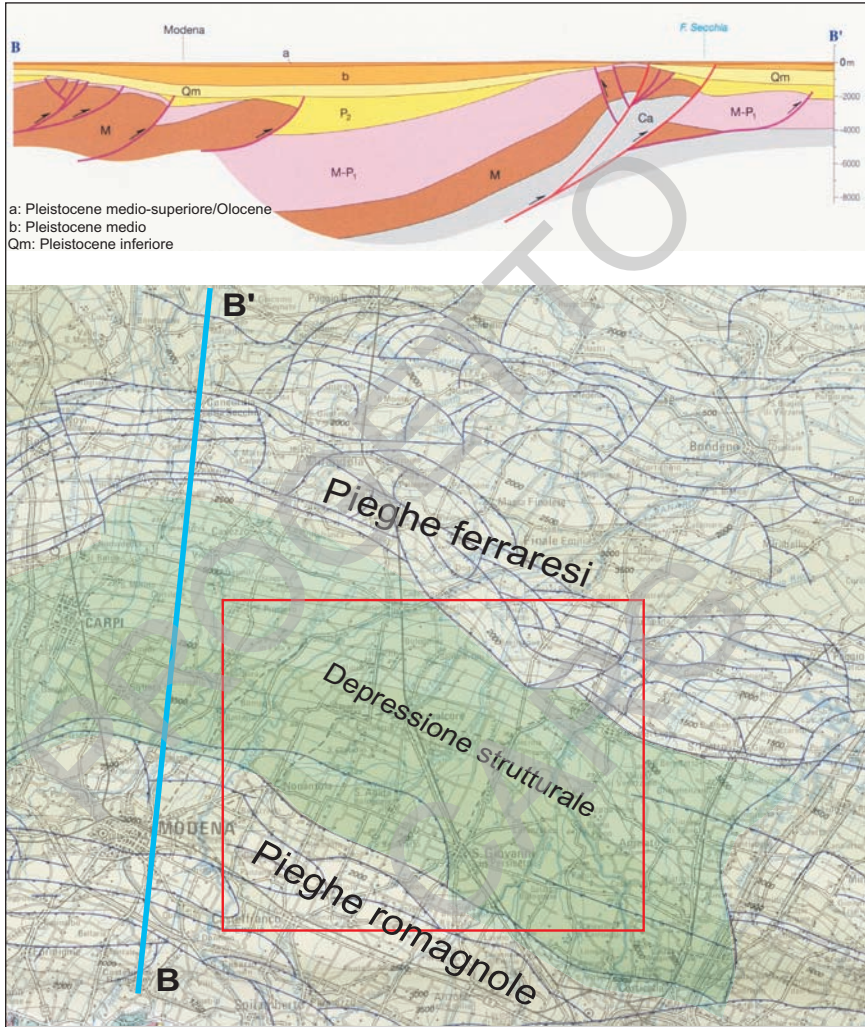


Fig. 3 - Schema geologico di sottosuolo (tratto da REGIONE EMILIA-ROMAGNA & CNR, 2002). Sono riportate le tracce dei principali sovrascorrimenti sepolti ed una sezione geologica interpretativa.

PROGETTO
CARG

IV - METODOLOGIA DI STUDIO

La progettazione dei rilievi delle aree di pianura, nell'ambito della realizzazione della carta geologica in scala 1:50.000 relativa al Foglio 202, è stata eseguita seguendo la Guida al Rilevamento della Carta Geologica d'Italia (SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE, 1992).

Le unità geologiche distinte in superficie in questo foglio ed in quelli limotrofi sono in parte riconoscibili anche nel sottosuolo. Ciò ha reso indispensabile integrare i dati e le metodologie di indagine tra le porzioni affioranti e quelle sepolte.

1. - CARTOGRAFIA DI SUPERFICIE E BANCA DATI UTILIZZATA

La ricostruzione della stratigrafia dei depositi fluviali che caratterizzano la nostra pianura presenta problemi diversi da quelli solitamente affrontati nelle aree collinari o montane. La mancanza di sezioni naturali che offrano la possibilità di esaminare direttamente l'immediato sottosuolo ci ha obbligato a utilizzare ampiamente i dati provenienti da perforazioni e da scavi artificiali temporanei.

La banca dati geognostica della Regione Emilia-Romagna comprende dati di qualità assai diversa che provengono sia da Enti pubblici (Comuni, Provincie, Regione, FF.SS, ANAS, ENEL, Aziende Municipalizzate, AGIP, TAV), liberi professionisti e imprese di perforazione. Ad esempio nelle stratigrafie relative ai pozzi per ricerche idriche vengono dettagliati, di solito, solo i livelli permeabili. Al contrario, i sondaggi a carotaggio continuo sono corredati da dettagliate descrizioni e prove di laboratorio su campioni indisturbati e vengono effettuati in

occasione di opere di ingegneria civile. Si hanno poi anche diagrammi di prove penetrometriche statiche, ampiamente utilizzate negli ultimi decenni per lo studio delle fondazioni di edifici, che consentono di ricavare dettagliate stratigrafie del sottosuolo e indicazioni di tipo geotecnico. Naturalmente sono stati utilizzati anche dati bibliografici (GASPERI *et alii*, 1987).

Oltre a questi dati, sono stati utilizzati i dati provenienti dalla Banca Dati dei Suoli 1:50.000 realizzata dall'Ufficio Pedologico della Regione Emilia-Romagna: per il Foglio S.Giovanni in Persiceto consistono in 1061 tra stratigrafie di sondaggi scavati con trivella a mano, profondi da 120 a 150 cm e profili pedologici ricostruiti utilizzando trincee appositamente scavate profonde 200-260 cm (fig. 4).

Nell'ambito del progetto CARG, dopo l'esame e una prima elaborazione di tutti i dati raccolti, sono stati effettuati n° 13 sondaggi a carotaggio continuo profondi sino a 200 m (vedi Appendice 1), che hanno contribuito all'analisi delle facies e delle caratteristiche pedologiche dei primi metri della successione, e n° 162 prove penetrometriche (fig. 4), con relative trivellate a mano, a integrazione e controllo dei dati esistenti. In particolare i dati derivati da studi pedologici della

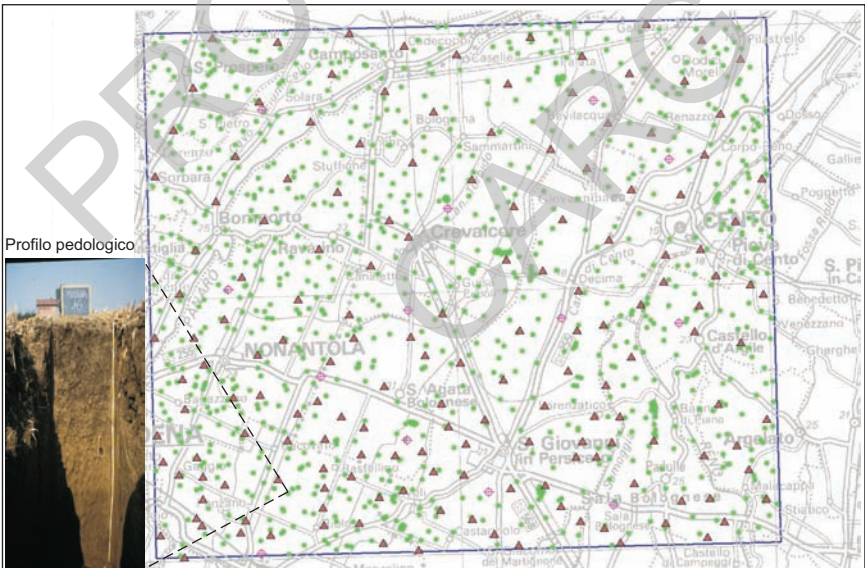


Fig. 4 - Ubicazione dei dati originali prodotti dalla RER e utilizzati per la stesura della Carta Geologica:

- ▲ Prove penetrometriche con piezocono eseguite dalla RER nell'ambito del Progetto CARG.
- Banca dati dei suoli realizzata dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della RER.
- ⊕ Sondaggi Progetto CARG.

R.E-R hanno assunto una importanza rilevante per la ricostruzione della carta geologica nelle aree di pianura.

Infatti lo studio delle caratteristiche pedologiche (tessitura e grado di alterazione dei suoli affioranti) delle superfici esposte risulta di fondamentale importanza per l'individuazione delle discontinuità e per stabilire l'età di disattivazione della sedimentazione nelle varie aree. Sono state quindi utilizzate la Banca dati pedologici e la Banca dati del Servizio analisi consulenza terreni della Regione Emilia Romagna (SACT). In particolare sono stati utilizzati i parametri relativi alla percentuale di CaCO_3 nell'orizzonte superficiale (orizzonte pedologico "A"), infatti i sedimenti alluvionali del territorio modenese e bolognese non alterati presentano un tenore in carbonati attorno al 20% (REGIONE EMILIA-ROMAGNA, 1994), che si abbassa in seguito ai processi di alterazione pedogenetica. La lisciviazione è tanto più spinta e interessa uno spessore tanto maggiore quanto più lungo è il periodo d'esposizione della superficie. Pertanto in base a questo parametro, unito alle altre determinazioni analitiche raccolte nelle sezioni pedologiche studiate in dettaglio (parametri chimici, fisici, mineralogici e micromorfologici) e integrando questi dati con altre informazioni, quali quelle storiche, archeologiche e geomorfologiche, è stato possibile stabilire l'età relativa delle superfici esposte.

Per quanto riguarda la litologia di superficie (la distribuzione granulometrica dei depositi affioranti), oltre alle sopraccitate banche dati che forniscono dati analitici relativi alle caratteristiche dei vari orizzonti pedologici, sono state analizzate foto aeree pancromatiche alle scale 1:30.000 (volo R.E-R 1985), 1:75.000 (volo Italia 1994), ortofoto digitalizzate (AIMA 1996) e ortofoto satellitari (2003). Con l'analisi dei toni di colore, dei contrasti cromatici (fig. 5), e della morfologia è stato possibile individuare le principali unità geomorfologiche quali: conoidi alluvionali, canali, argini naturali e artificiali, ventagli di rotta, bacini interfluviali e, spesso, stimare la litologia di superficie.

Una seconda fase di lavoro ha riguardato l'analisi di immagini da satellite attraverso la quale è stato possibile verificare ed approfondire i risultati ottenuti dalla fotointerpretazione. In particolare si è fatto uso di un'immagine acquisita il 12 ottobre 1986 dal sensore Thematic Mapper (TM) a bordo del satellite Landsat 5; l'immagine è stata corretta geometricamente ed elaborata per migliorarne il contrasto cromatico al fine di evidenziare quelle variazioni meglio relazionabili ai caratteri geologici superficiali del terreno (fig. 6).

Informazioni sull'età effettiva dei sedimenti affioranti sono state dedotte dall'analisi dei reperti archeologici. A tal fine è stata realizzata, in collaborazione con la Sovrintendenza Archeologica dell'Emilia-Romagna, una raccolta bibliografica dei reperti archeologici, dei quali è stata presa in considerazione la rappresentazione cartografica nell'area del Foglio. Inoltre, nell'anno 2004, è stato condotto dalla dott.sa I. Di Cocco un aggiornamento delle fonti bibliografiche ed una valutazione critica dei singoli dati archeologici già raccolti (Appendice 2).

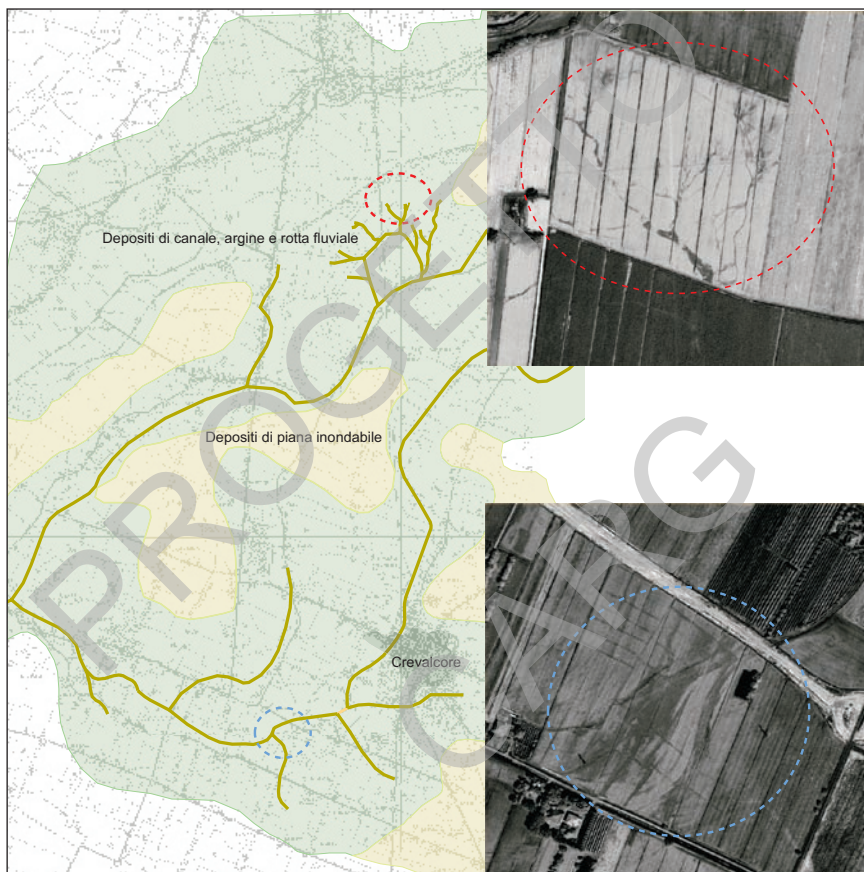


Fig. 5 - Esempi di individuazione di unità geomorfologiche utilizzando le ortofoto satellitari (2003):

— Ventaglio di rotta

— Alveo fluviale abbandonato

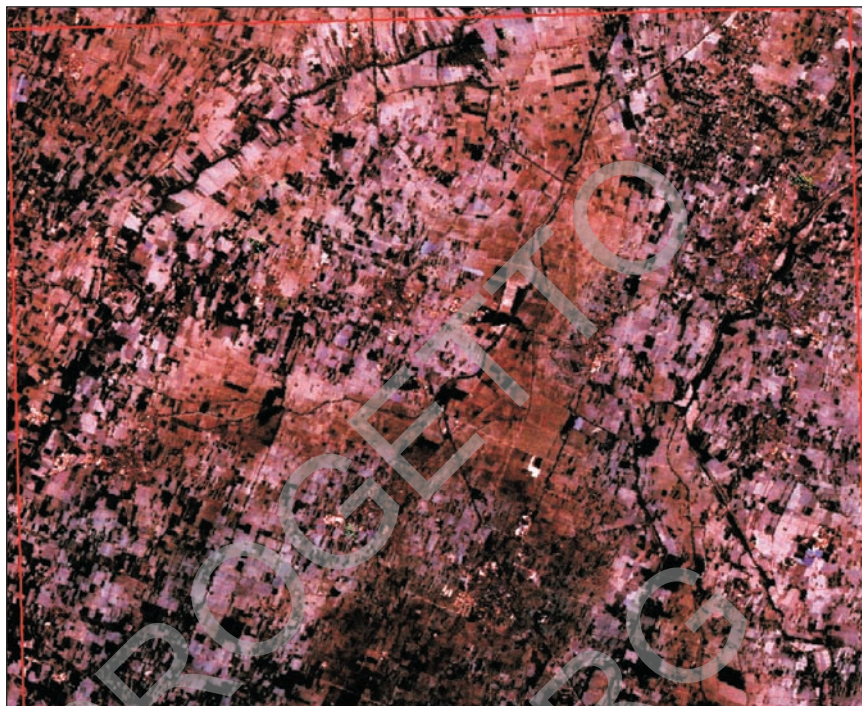


Fig. 6 - Immagine da satellite opportunamente elaborata per evidenziare meglio i caratteri geologici superficiali (12 ottobre 1986).

2. - CARTOGRAFIA DI SOTTOSUOLO

Lo studio del sottosuolo si è articolato essenzialmente in due fasi di lavoro successive:

- analisi dei dati geofisici;
- ricostruzione preliminare dei rapporti stratigrafici ed esecuzione di nuove indagini appositamente predisposte per l'affinamento del modello geologico, attraverso l'utilizzo della banca dati geognostici esistente.

2.1. - ANALISI DEI DATI GEOFISICI

Gli strumenti analitici più appropriati di cui disponga il geologo per comprendere le tappe evolutive di un bacino sedimentario sono i profili sismici acquisiti

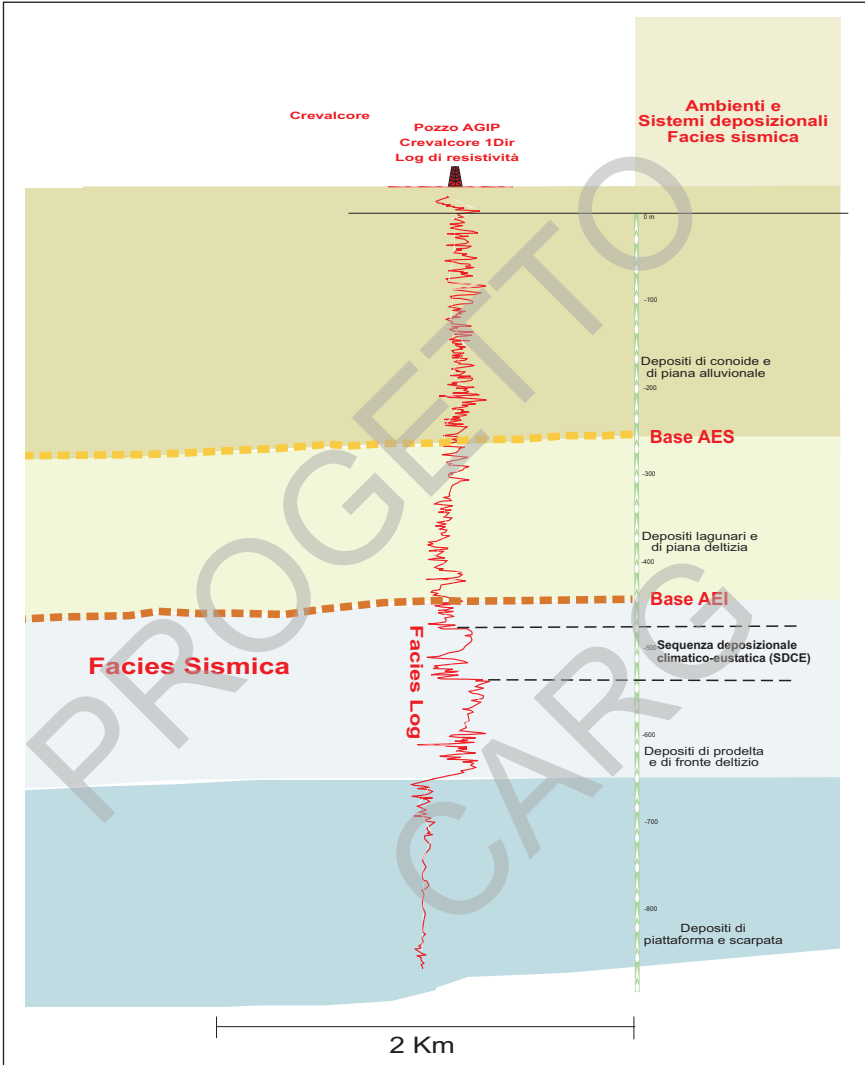


Fig. 7 - Esempio di correlazione e taratura tra le facies sismiche (sezioni sismiche AGIP) e le facies log (Log Agip di resistività).

dall'industria petrolifera, opportunamente tarati da rilevamenti di superficie e da log di pozzo (AGIP, 1972). I metodi dell'analisi sismostratigrafica sono stati esposti per la prima volta nel 1977 nella storica Memoria n° 26 dell'AAPG: *Seismic Stratigraphy-applications to hydrocarbon exploration*. L'analisi della configura-

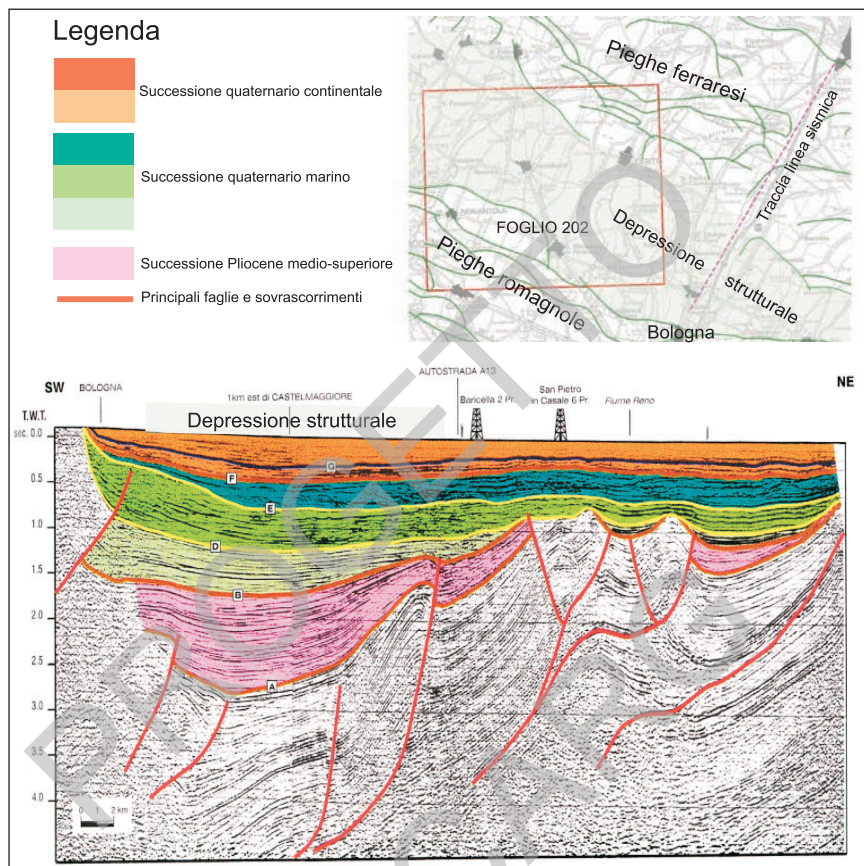


Fig. 8 - Profilo sismico interpretato tratto da *Riserve Idriche Sotterranee della regione Emilia-Romagna* (RER-ENI/AGIP, 1998) passante pochi chilometri ad est dell'area del Foglio 202.

zione geometrica d'insieme dei riflettori sismici (facies sismica) consente una lettura diretta dei profili sismici in termini di sistemi deposizionali e della loro evoluzione, soprattutto nelle situazioni tettonicamente indisturbate in cui le facies sismiche diagnostiche si presentano fisicamente contigue (ORI *et alii*, 1986; ORI, 1993). Inoltre in figura 7, all'interno della successione studiata, viene mostrata la corrispondenza tra facies sismiche e facies log che ha consentito di interpretare con un maggiore dettaglio i profili sismici.

Come evidenziato dai profili sismici industriali messi a disposizione dall'ENI-AGIP (fig. 8), nel Foglio 202 la depressione strutturale qui coincidente al bacino di *piggy-back*, compreso fra le pieghe romagnole a sud e le pieghe ferraresi a nord, passa da uno stadio di sedimentazione di tipo marino, nel Pleistocene infe-

riore, a uno stadio deposizionale marino-marginale e continentale, nel Pleistocene medio-superiore. Questa evoluzione del riempimento può essere giudicata, a prima vista, come continua e progressiva; tuttavia l'osservazione di alcune caratteristiche geometriche dei riflettori e dell'organizzazione delle facies sismiche permette di ipotizzare un'evoluzione del bacino diversa, fatta di eventi tettonico-sedimentari parossistici, separati nel tempo da periodi di quiescenza relativa.

Inoltre l'incrocio tra le linee sismiche ha consentito di evidenziare le geometrie degli elementi strutturali sepolti e di mappare le proiezioni in superficie dei principali assi delle sinclinali e delle anticlinali e dei fronti dei *thrust*.

Lo schema strutturale così elaborato è stato integrato con la Carta geologico-strutturale dell'Appennino emiliano-romagnolo della REGIONE EMILIA-ROMAGNA & CNR (2002).

Al fine di ottenere un riferimento per le correlazioni stratigrafiche della successione studiata con maggior dettaglio (Pleistocene medio-superiore) è stata mappata, all'interno dei profili sismici, una superficie (base del sistema Emiliano-Romagnolo Superiore) che sta alla base della facies sismica corrispondente ai depositi di conoide e di piana alluvionale (fig. 7). La ricostruzione dell'andamento di questa superficie diventa una linea guida per definire le geometrie dei corpi litologici e delle unità stratigrafiche nelle porzioni più profonde della successione investigata, raggiunte solo marginalmente dalle prove geognostiche puntuali, quali sondaggi e pozzi.

2.2. - BANCA DATI GEOGNOSTICI

Per la cartografia di sottosuolo, oltre alle linee sismiche ENI-AGIP, i dati sono stati ricavati prevalentemente dalla Banca dati geologici della R.E-R; in particolare la banca dati geognostici ha fornito:

- prove penetrometriche;
- statiche con punta meccanica;
- statiche con punta elettrica;
- statiche con piezocono;
- dinamiche leggere (non S.C.P.T.);
- dinamiche pesanti (S.C.P.T.);
- dilatometrie;
- sondaggi a distruzione e trivellate a secco;
- sondaggi a carotaggio continuo;
- pozzi per acqua;
- pozzi per ricerca idrocarburi;
- sondaggi elettrici verticali.

Con un apposito *software* sono state realizzate griglie di sezioni geologiche a

scala verticale ampliata su cui sono state proiettate le stratigrafie dell'archivio; è stata così ricostruita la geometria dei depositi grossolani (ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi) e fini (limosi e argillosi) e sono state ipotizzate le attribuzioni stratigrafiche e le correlazioni con le unità affioranti. Una discussione più esaustiva sulle sezioni geologiche verrà affrontata nel titolo VII "Considerazioni sulle caratteristiche stratigrafiche e sedimentologiche dei depositi quaternari."

Come per la cartografia di superficie, questa ricostruzione preliminare è stata, in una successiva fase, controllata con l'esecuzione di prove penetrometriche con piezocono (CPTU) e di sondaggi a carotaggio continuo (vedi questo titolo e Appendice I), che hanno consentito di definire ed affinare il modello geologico del sottosuolo. In particolare i sondaggi a carotaggio continuo rappresentano l'unico strumento di osservazione diretta dei depositi di sottosuolo e sono quindi di fondamentale importanza per la loro caratterizzazione litologica e per il riconoscimento degli ambienti deposizionali attraverso l'analisi di facies. Grazie alle numerose informazioni che si possono ottenere dai sondaggi a carotaggio continuo, questi sono utilizzati per l'interpretazione in chiave stratigrafico-sedimentologica di altre prove geognostiche come i log elettrici e i log delle prove penetrometriche (fig. 9).

I nuovi sondaggi, oltre alla descrizione litologica e all'attribuzione paleoambientale dei sedimenti, hanno permesso il campionamento dei terreni per analisi specifiche quali la raccolta di campioni ricchi in sostanza organica datati successivamente con il metodo del ^{14}C (tabella 1) e campioni di sabbie per analisi petrografiche.

Al fine dell'analisi stratigrafico-sedimentologica, sono stati eseguiti 13 sondaggi a carotaggio continuo per la realizzazione di questo foglio (Appendice I). Fra questi, 11 sondaggi hanno profondità comprese fra 25 e 50 m e sono stati utilizzati specificamente per analizzare i primi depositi del sottosuolo (riferibili prevalentemente alle unità AES8 e AES7, si veda il titolo V), mentre 2 sondaggi hanno raggiunto rispettivamente le profondità di 92 e 200 m e sono stati progettati per caratterizzare anche gli intervalli più profondi della successione sedimentaria ed in particolare l'unità AES6.

Per avere un quadro geologico più completo, sono stati presi in considerazione i sondaggi più significativi dei fogli limitrofi e quindi inseriti in una ricostruzione stratigrafica che si estende parzialmente ai fogli 201, 203, 220. In particolare l'utilizzo di dati provenienti dal Foglio 203 (in preparazione), ha consentito di ricostruire l'evoluzione paleogeografia dei depositi di piana alluvionale e fluvio-deltizi all'interno dei sistemi AES e AEI (vedi titolo VII).

Le prove penetrometriche realizzate *ad hoc* per il progetto CARG sono state 162, per la quasi totalità eseguite con punta elettrica e piezocono (CPTU) ed hanno raggiunto una profondità massima di c.a. 40 metri oppure sono state spinte fino al tetto delle prime ghiaie. Dato il costo decisamente inferiore a quello dei

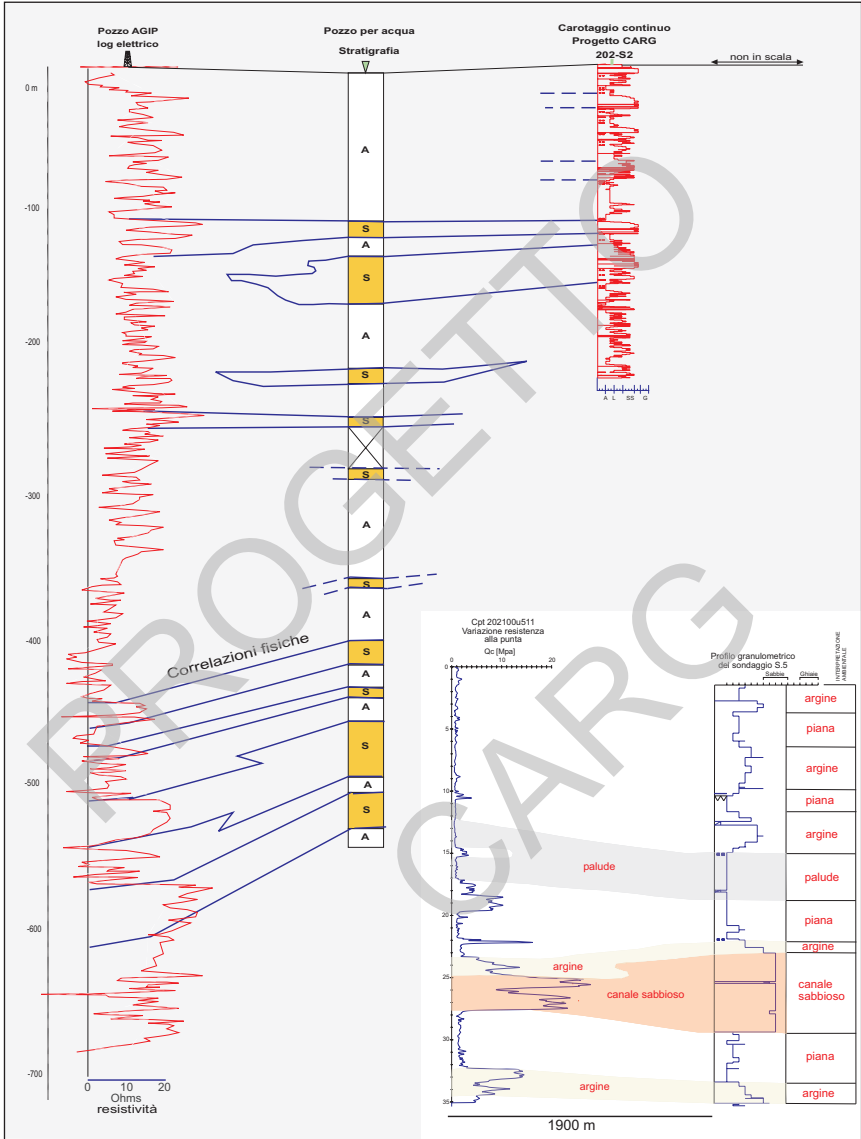


Fig. 9 - Esempio di correlazione tra i sondaggi a carotaggio continuo, appositamente realizzati per il progetto CARG, log elettrici e prove penetrometriche (CPTU) utilizzata per l'interpretazione in chiave stratigrafico-sedimentologica.

Tab. 1 - Risultati ottenuti dalle analisi radiometriche (metodo ^{14}C) su campioni di materiale organico prelevati da sondaggi del progetto CARG. L'ubicazione dei sondaggi è illustrata in figura 4 e la stratigrafia dei sondaggi CARG in Appendice I. La profondità dei campioni è riferita al piano campagna. L'età è espressa in anni e non è calibrata. Datazioni a carico dell'ENEA di Bologna e della Beta Analytic Miami-FI-USA.

Codice Sondaggio	Profondità campione	Età B.P.	Committente	Laboratorio
202080S1	-11.4 m	9360±40	R.E-R	Beta Analytic Miami-FI-USA
202120S2	-30.4 m	29040 ± 200	R.E-R	Beta Analytic Miami-FI-USA
202010S3	-10.8 m	3460 ± 70	R.E-R	Beta Analytic Miami-FI-USA
202050S4	-16.8 m	8320±80	R.E-R	ENEA-Bologna
202050S4	-37.7 m	40680 ± 720	R.E-R	Beta Analytic Miami-FI-USA
202100S5	-13.6 m	7330 ± 70	R.E-R	Beta Analytic Miami-FI-USA
202150S6	-16.3 m	7070±70	R.E-R	ENEA-Bologna
202150S7	- 19.8 m	8190 ± 80	R.E-R	ENEA-Bologna
202130S8	- 8 m	3500 ± 20	R.E-R	ENEA-Bologna
202130S8	-21.8 m	10760 ± 90	R.E-R	Beta Analytic Miami-FI-USA
202130S8	-40.2 m	>45000	R.E-R	Beta Analytic Miami-FI-USA
202140S9	-27.9 m	24120 ± 230	R.E-R	Beta Analytic Miami-FI-USA
202100S10	-26.5 m	23780 ± 150	R.E-R	Beta Analytic Miami-FI-USA
202030S12	-7.9 m	1480 ± 80	R.E-R	Beta Analytic Miami-FI-USA
202030S12	-15.3 m	8020 ± 90	R.E-R	ENEA-Bologna
202110S13	-24.25 m	22600 ± 100	R.E-R	Beta Analytic Miami-FI-USA

carotaggi continui, le penetrometrie sono state ampiamente utilizzate per aumentare la densità delle informazioni geognostiche nelle zone più povere di dati. Le prove penetrometriche sono state utilizzate per definire le litologie dei terreni attraversati, sia in base a studi precedenti (AMOROSI & MARCHI, 1999 e CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 223-Ravenna, 2002) che sulla taratura con i dati dei sondaggi a carotaggio continuo. Nel corso dell'esecuzione

delle CPTU sono state eseguite prove di dissipazione sui livelli limo-argillosi allo scopo di caratterizzarne la permeabilità.

L'elaborazione dei dati di sottosuolo ha consentito di costruire due carte delle isobate relative rispettivamente al tetto delle ghiaie del subsistema di Ravenna (AES8) ed al tetto delle ghiaie e delle sabbie del subsistema di Villa Verucchio (AES7). Essenzialmente con l'ausilio delle CPTU, nell'AES8, è stato costruito il tetto delle argille organiche palustri di piana alluvionale (vedi Foglio Allegato di Sottosuolo).

V - STRATIGRAFIA

1. - DEFINIZIONE DEL CRITERIO STRATIGRAFICO UTILIZZATO

I criteri utilizzati per l'analisi stratigrafica di questa successione sono quelli propri della stratigrafia fisica, in accordo con quanto definito dalle linee guida per il rilevamento della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 (SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE, 1992) e le successive integrazioni e con l'approccio usato per i fogli limitrofi (Fogli 201 e 220).

La stratigrafia fisica, nel corso degli ultimi venti anni, ha posto l'accento sull'identificazione di pacchi di strati delimitati da superfici-tempo e sulle relazioni genetiche tra sistemi deposizionali coevi e ha favorito il progressivo utilizzo di unità stratigrafiche delimitate da superfici di discontinuità (*Unconformity Bounded Stratigraphic Units* SALVADOR, 1994 e Unità allostratigrafiche, NORTH AMERICAN COMMISSION ON STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE, 1983; POAG & WARD, 1993) o comunque legate a cicli di eventi, come le unità stratigrafico-deposizionali (VAIL, 1987; POSAMENTIER *et alii*, 1988; GALLOWAY, 1989). Queste unità presentano un forte connotato operativo (MUTTI *et alii* 1994) e trovano un impiego naturale nella cartografia geologica dei depositi quaternari.

La successione del Foglio 202 è stata suddivisa in UBSU ovvero in unità limitate alla base ed al tetto da superfici di discontinuità dimostrabili, significative e specificamente designate (*angular unconformities, disconformities*, ecc.), di estensione preferibilmente regionale o interregionale.

Nelle aree di pianura, nell'ambito deposizionale degli ambienti fluviali, caratterizzati da frequenti lacune o diastemi (*sensu* BARRELL, 1917), l'assenza di superfici esposte rende più incerta l'individuazione delle discontinuità e la loro

entità, non escludendo la possibilità che sottocorrente, cioè verso valle, le discontinuità passino a superfici continue; quindi per poter essere applicate al contesto geologico della Pianura Padana, le UBSU devono essere maggiormente flessibili rispetto a quanto definito nel Codice Internazionale di Stratigrafia (come indicato dal SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE, 1992); in particolare si sono utilizzate anche quando le discontinuità non sono perfettamente ed ovunque seguibili sul terreno e quando queste mostrano un'estensione solo locale. Questa condizione si realizza anche per quanto riguarda le unità stratigrafiche cartografate nell'area del Foglio 202 che presentano in genere il requisito di base inconforme che ne consente l'attribuzione alla categoria delle UBSU e, tuttavia, non si esclude che, localmente, le superfici di discontinuità che delimitano queste unità possono passare a superfici di continuità stratigrafica.

Nelle aree a terra l'impiego delle UBSU trova la sua applicazione ottimale nella rappresentazione cartografica di depositi di terrazzo affioranti nei settori intravallivi della pianura (BLUM, 1993) che, per loro natura, sono compresi tra superfici di discontinuità corrispondenti a scarpate di erosione fluviale ed a suoli. Esempi di potenziali UBSU al margine appenninico emiliano-romagnolo sono i raggruppamenti di terrazzi identificati da FARABEGOLI & ONOREVOLI (1989), AMOROSI *et alii* (1996), BASSETTI & SARTI (1997), SARTI *et alii* (1997), mentre nelle aree della pianura alluvionale sono stati utilizzati come potenziali limiti di UBSU i suoli, sia affioranti che sepolti, poiché materializzano per loro stessa natura delle superfici di discontinuità non deposizionali (PRETI & GUERMANDI, 1991).

La successione sedimentaria che è stata oggetto di studio nel rilevamento del Foglio 202 fa parte del dominio padano-adriatico: successione post-evaporitica del margine padano-adriatico che si presenta nel suo complesso come un ciclo sedimentario trasgressivo - regressivo, costituito alla base da depositi continentali, seguiti da depositi francamente marini e con al tetto ancora depositi continentali.

Affiorando nel Foglio 202 unicamente i depositi olocenici, la successione pleistocenica è stata investigata attraverso lo studio di sottosuolo. In particolare nel Foglio 202 la successione pleistocenica è stata suddivisa, in accordo con i cicli trasgressivo-regressivi di RICCI LUCCHI *et alii* (1982) e REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998), in due gruppi di unità geologiche separate da importanti superfici di discontinuità stratigrafica e caratterizzate da depositi litologicamente e tessuralmente differenti. Di seguito sono elencate dalla più recente alla più antica:

- a) supersistema Emiliano-Romagnolo, equivalente al ciclo Quaternario continentale Qc;
- b) supersistema Quaternario Marino, che ricade interamente all'interno dell'omonimo ciclo Qm.

I Supersistemi consentono l'interpretazione stratigrafico-sequenziale e la correlazione fisica nel sottosuolo, a scala regionale, dei depositi quaternari (REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998), in quanto coincidono con la porzione

marginale di una sequenza deposizionale (*sensu* MITCHUM *et alii*, 1977) che si estende fisicamente sull'intero bacino sedimentario.

Il supersistema Emiliano-Romagnolo, analizzato con maggior dettaglio, è stato suddiviso in due sintemi sovrapposti, il sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI) e il sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) (fig. 1), sulla base di una discontinuità stratigrafica (passante verso nord nella correlativa superficie di continuità) individuata in affioramento e seguita nel sottosuolo tramite l'interpretazione dei profili sismici forniti dall'ENI-AGIP (REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998), tarati sulla scorta della Banca Dati Geognostici Regionale ed integrata con i dati dei carotaggi continui.

Il sintema Emiliano-Romagnolo Superiore è stato a sua volta suddiviso in unità di rango inferiore (subsintemi) corrispondenti, nei settori intravallivi della pianura (vedi Foglio 220 "Casalecchio di Reno"), a depositi alluvionali di un singolo terrazzo o di un gruppo di terrazzi.

Le superfici di discontinuità erosiva che separano i subsintemi sono state interpolate nel sottosuolo sulla griglia di sezioni geologiche che collegano i pozzi meglio descritti della Banca Dati Geognostici Regionale. I subsintemi più recenti (subsintema di Ravenna e subsintema di Villa Verucchio) sono stati ulteriormente suddivisi, sempre grazie agli attributi morfo-pedostratigrafici e stratigrafico sequenziali in unità di rango stratigrafico inferiore (Sequenze Deposizionali Elementari).

2. - UNITÀ SOTTOSTANTI AL SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO

Le unità sottostanti al supersistema Emiliano-romagnolo sono state in parte intercettate nelle sezioni geologiche di sottosuolo E, F del Foglio 202 ed affiorano a sud nei Fogli 219 "Sassuolo" e 220 "Casalecchio di Reno".

La successione sedimentaria è costituita da depositi post-evaporitici, che in catena, sono rappresentati per lo più dai terreni del Pliocene-Pleistocene inferiore e da depositi attribuiti alla formazione delle Sabbie di Imola. Questi affiorano in diversa posizione geografica e strutturale, accomunati però dalla discordanza angolare sui terreni sottostanti. I depositi più interni, in facies continentale, litorale e di piattaforma, corrispondono al "Pliocene intra-appenninico" Auctt. mentre i depositi più esterni, le Argille azzurre (Pliocene inferiore-Pleistocene inferiore), presentano facies di piattaforma e scarpata e corrispondono ai "depositi del margine padano-adriatico" Auctt. (vedere per es. RICCI LUCCHI *et alii*, 1982). Nel Foglio 219, al tetto della successione, si ha la Formazione delle Sabbie Gialle che presentano facies di spiaggia e litorali. Queste facies sabbiose sono assenti nel Foglio 220 dove affiora solo la formazione delle Argille azzurre.

3. - SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO

Nelle Note Illustrative dei Fogli 219 “Sassuolo” e 220 “Casalecchio di Reno”, in corso di completamento, il supersintema Emiliano-Romagnolo viene identificato con l'unità stratigrafica che comprende l'insieme dei depositi quaternari di origine continentale affioranti in corrispondenza del margine appenninico padano (ciclo Qc di RICCI LUCCHI *et alii*, 1982) ed i sedimenti ad essi correlati nel sottosuolo della pianura emiliano-romagnola.

Nelle porzioni collinari il limite inferiore è sempre erosivo e discordante su tutti i terreni sottostanti. Il limite superiore coincide col piano topografico. L'età dell'unità è Pleistocene medio-Olocene (REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998).

Nella Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, sia nei fogli in stampa che in quelli in corso di completamento ricadenti nel territorio della Regione Emilia-Romagna, questa unità comprende due sintemi distinti (sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore, AEI e sintema Emiliano-Romagnolo Superiore, AES) che sono stati seguiti anche nelle porzioni di sottosuolo (AMOROSI & FARINA, 1995 e REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998). In particolare nel Foglio 202 e nel settore di margine del Foglio 220 affiorano essenzialmente solo i depositi di AES mentre i depositi di AEI sono stati individuati quasi esclusivamente nel sottosuolo della pianura.

Si ritiene opportuno segnalare che in base a recenti studi condotti in occasione sia della stesura del Foglio 199 “Parma sud” che del Foglio 202 è stata proposta una revisione della stratigrafia fisica del Pleistocene emiliano-romagnolo lungo il margine appenninico. Questa revisione mostra come nei sedimenti basali dell'AEI, nel settore di margine del Foglio 220, si ha la transizione in eteropia di facies, procedendo da ovest verso est, tra i depositi continentali facenti parte del ciclo Qc di RICCI LUCCHI *et alii* (1982) e i depositi di ambiente prevalentemente litorale (formazione delle Sabbie di Imola - IMO) facenti parte del ciclo Qm.

Il contenuto faunistico delle IMO consente di attribuire a questi depositi un'età compresa tra 800.000 anni e 650.000 anni BP (AMOROSI *et alii*, 1998; REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998). Allo stesso modo la base di AEI, nella sezione del T. Stirone, viene datata approssimativamente a 800.000 anni BP con riferimento agli studi di BUCHA & HORACEK (1975), i quali individuarono il limite Matuyama - Brunhes pochi metri al di sopra della superficie di inconformità posta alla base del supersintema Emiliano-Romagnolo. Inoltre, nella parte basale dell'unità affiorante nel T. Stirone è stato rinvenuto un esemplare di *Dicerorhinus hemitoechus* (Falconer), databile intorno a 800.000 anni BP (CIGALA FULGOSI, 1976).

Le Sabbie di Imola presentano essenzialmente facies di spiaggia e delta-co-noide. La formazione delle Sabbie di Imola è stata riconosciuta e descritta nel

sondaggio “Torre Stagni” del Foglio 220 ed in particolare è stata oggetto di uno studio che ha portato ad una suddivisione interna in tre membri (AMOROSI *et alii*, 1998), dal basso verso l’alto: Membro di Monte Castellaccio (IMO1); Membro di Fossoveggia (IMO2); Membro di Castel San Pietro (IMO3). Questa stratigrafia è stata utilizzata nel Foglio 221 “Bologna” e nel Foglio 239 “Faenza” della Carta Geologica d’Italia in scala 1:50.000.

Nel ricostruire le relazioni latero-verticali e le associazioni di facies dei depositi del supersistema Emiliano-Romagnolo è stato necessario estendere l’analisi stratigrafica ad un settore che comprendesse i Fogli 201, 219, 220 e 203. Nelle sezioni geologiche E-F del Foglio Allegato di Sottosuolo, in particolare, si può osservare che il supersistema si caratterizza, nel suo complesso, per la progressiva progradazione dei sistemi deposizionali alluvionali da SO verso NE e per il conseguente arretramento, verso la stessa direzione, dei depositi fluvio-deltizi e costieri. Tale progradazione mostra due fasi di sviluppo distinte a cui corrispondono i due sistemi nei quali il supersistema è stato suddiviso: AEI ed AES. Nel primo si hanno prevalentemente depositi di piana deltizia e nelle parte basale depositi di spiaggia e di fronte deltizio in parte attribuiti a sistemi di alimentazione padana; mentre nel secondo si sviluppano prevalentemente depositi francamente fluviali di conoide e di piana alluvionale legati a sistemi di alimentazione appenninica. L’organizzazione spaziale dei depositi viene interpretata come il prodotto del continuo colmamento di questo settore del bacino Padano, a cui si sovrappongono fasi di riassetto paleogeografico, legate all’attività tettonica, con avanzamento, verso NE, dei sistemi deposizionali.

3.1. - SITEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE (AEI) (solo sottosuolo)

Il sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore costituisce la parte più antica del supersistema Emiliano-Romagnolo. Nel Foglio 202 non è presente in affioramento ma è stato individuato nel sottosuolo, sulla base dei dati geognostici (sondaggi e log ENI-AGIP) e delle geometrie delle unità stratigrafiche ricostruite attraverso le sezioni geologiche e le linee sismiche AGIP. Nelle sezioni geologiche profonde, l’interpretazione stratigrafica è parziale a causa dell’impossibilità di un’osservazione diretta attraverso i carotaggi continui; tuttavia, utilizzando stratigrafie di pozzi per acqua che raggiungono una profondità massima di 550 m e log elettrici dei pozzi ENI-AGIP (vedi sezioni E-E’, F-F’ del Foglio Allegato di Sottosuolo e AGIP, 1972), sono stati riconosciuti e correlati i principali corpi litologici.

Il limite inferiore ed i depositi basali coincidono con quelli del supersistema e sono stati descritti nel paragrafo precedente; questi depositi coincidono con *facies log* interpretabili come sedimenti fini, prevalentemente argille e limi, riferibili ad associazioni di facies di piana fluvio-deltizia e con *facies log* interpretabili

come depositi sabbiosi di ambiente marino marginale. Nella porzione sommitale di AEI, prevalentemente nel settore meridionale del Foglio, si hanno *facies log* interpretabili come alternanze cicliche di depositi fini e grossolani (ghiaie e sabbie) e riferibili ad associazioni di facies di piana deltizia, di piana alluvionale drenata e di conoide distale.

In un quadro regionale, sulla base delle geometrie e dello spessore dei corpi fluvio-deltizi e di piana alluvionale riportati nelle sezioni E-E', F-F' si ritiene che la parte più meridionale del Foglio 202, in particolare il settore SO, prossimo all'attuale margine appenninico (vedi Foglio 220) sia dominato da sistemi deposizionali alimentati dai fiumi appenninici, mentre verso NE si passa gradualmente a sistemi continentali di origine padana. I depositi continentali di origine padana passano in eteropia di facies a depositi di fronte-deltizio e di piattaforma (vedi Foglio 203 "Poggio Renatico", in preparazione). Nelle zone depocentrali del bacino lo spessore dell'unità raggiunge c.a. i 200 m, mentre sull'asse del *thrust* di Corporeno (pieghe ferraresi) ha uno spessore minimo di c.a. 50 m. L'età dell'unità è attribuita essenzialmente, per posizione stratigrafica, al Pleistocene medio; in termini di datazione assoluta, l'unità è datata tra c.a. 400.000 anni e 800.000 anni BP (REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998).

3.2. - SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE (AES)

Il sistema Emiliano-Romagnolo Superiore costituisce la porzione superiore del supersistema Emiliano-Romagnolo. Comprende i depositi continentali affioranti nel Foglio 202. Si tratta di depositi alluvionali depositi essenzialmente dai fiumi Secchia, Panaro, Reno e dal torrente Samoggia dal Pleistocene medio sino all'Attuale. Per lo più i depositi si sviluppano in ambienti di canale, argine e rotta fluviale o di piana inondabile. Nel sottosuolo della pianura AES è costituito dall'alternanza ciclica di argille organiche, limi, sabbie e ghiaie di ambiente alluvionale.

Il limite inferiore del sistema non affiora nel Foglio 202; mentre nelle porzioni collinari esso è sempre erosivo e discordante su tutti i terreni sottostanti (Fogli 219 e 220); questa superficie di discontinuità erosiva registra un evento minore, ancorchè regionale, di sollevamento delle strutture compressive appenniniche. Tale superficie, riconoscibile anche nei profili sismici, risulta particolarmente evidente in corrispondenza dei principali fronti strutturali sepolti (Di Dio *et alii*, 1997a,b).

Nel sottosuolo il limite inferiore è chiaramente espresso nel settore di alta pianura, nei pressi del margine appenninico, dove è dato da un contatto erosivo e discordante delle ghiaie di conoide alluvionale su depositi limosi, sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi di piana alluvionale del sistema AEI (vedi Foglio 220). Verso NE

tale limite si fa via via meno marcato da un punto di vista litologico, ma è riconoscibile, alla scala del Foglio 202, per la progradazione repentina e la successiva aggradazione di depositi di conoide distale e di piana alluvionale su depositi lagunari e di piana deltizia (vedi sezioni E-E', F-F' del Foglio Allegato di Sottosuolo). Il limite superiore corrisponde all'attuale superficie topografica.

La successione sedimentaria riferibile ad AES è costituita dalla sovrapposizione di cicli deposizionali di diverso ordine gerarchico. I cicli riconoscibili con maggior chiarezza hanno uno spessore di varie decine di metri e sono tipicamente *coarsening-upward* (CU). La parte basale di ogni ciclo è caratterizzata da depositi fini, dominati da facies di tracimazione fluviale e piana inondabile, mentre la porzione sommitale ha depositi grossolani, dominati da facies di riempimento di canale fluviale. Nel settore depocentrale, queste unità raggiungono uno spessore di circa 60-70 m, e sono generalmente caratterizzate da un'evoluzione di tipo trasgressivo-regressiva (T-R) (sondaggio 202-S2, Appendice 1); per questo tipo di ciclicità è stata proposta una sintesi in BLUM & TÖRNQVIST (2000).

Il ciclo più superficiale rappresenta l'unico ciclo affiorante nel Foglio 202, è incompleto ed è rappresentato dalla porzione trasgressiva seguita dalla parte iniziale di quella regressiva.

Nei settori intravallivi e pedecollinari affioranti nei fogli limitrofi (es. F. 220) AES è suddiviso in subsistemi (AES₄₋₈), ognuno dei quali è costituito da depositi alluvionali di un singolo terrazzo o di un gruppo di terrazzi separati da quelli immediatamente sopra e sottostanti da scarpate di erosione particolarmente ampie, che delimitano depositi geometricamente discordanti tra loro (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA alla scala 1:50.000 Foglio 256 Rimini, 2005, si vedano inoltre gli altri fogli della Carta Geologica d'Italia relativi al margine appenninico in corso di completamento: Fogli 219, 220, 239 e 255). Nelle aree di alta pianura le discontinuità che individuano i subsistemi così definiti sono rappresentate da paleosuoli ben sviluppati legati a periodi di interruzione della sedimentazione talora molto ampia, che hanno consentito la pedogenesi della parte sommitale dei depositi ghiaioso-sabbiosi; più a valle la superficie di separazione tra due subsistemi non è più contrassegnata da paleosuoli e può essere seguita, in genere, solo basandosi sulla differenza litologica.

Sulla base della prosecuzione fisica e/o geometrica dei corpi ghiaiosi di terrazzo e di conoide alluvionale, i 3 subsistemi più recenti (Subsistemi di Bazzano-AES₆, di Villa Verucchio-AES₇ e di Ravenna-AES₈) sono stati tentativamente correlati con i 3 cicli deposizionali più superficiali riconosciuti all'interno di AES nel sottosuolo della pianura. Questi tre cicli sono quelli meglio definiti a scala regionale dato il numero relativamente alto di pozzi che li attraversano, compresi diversi sondaggi a carotaggio continuo appositamente eseguiti per la cartografia geologica (REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998; CARTA GEOLOGICA D'ITALIA a scala 1:50.000 in stampa ed in preparazione: es. Fogli 219-220-201).

Nei depositi sepolti di AES al di sotto dei primi 3 cicli, definiti, per quanto detto in precedenza, come subsintemi, sono presenti altri 2 cicli deposizionali che non sempre, visto il numero esiguo di informazioni geologiche, è possibile individuare nel sottosuolo. Nel Foglio 202 questi cicli non sono stati distinti e ricadono in AES indifferenziato (vedi sezioni E-E', F-F' e schema cronostratigrafico).

L'età della base del sistema è attribuita per posizione stratigrafica e per confronto coi cicli climatico-eustatici, al Pleistocene medio (c.a 400.000 anni BP, REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998). I depositi del tetto dell'unità sono attualmente in evoluzione e pertanto la loro età è olocenica.

3.2.1. - *subsistema di Bazzano* (AES₆) (solo sottosuolo)

L'unità è presente nel Foglio 202 solo nel sottosuolo ed affiora a sud con gli estesi depositi fluviali terrazzati della località tipo (Foglio 220).

I depositi affioranti di questo subsistema sono stati correlati nel sottosuolo, su base geometrica, attraverso l'utilizzo dei sondaggi ubicati nel Foglio 220; in seguito, attraverso l'utilizzo di una fitta rete di sezioni di sottosuolo, AES₆ è stato correlato con i depositi del Foglio 202. In particolare AES₆ è stato attraversato interamente dai sondaggi 202-S1 e 202-S2 (Appendice 1).

Generalmente i depositi di questo ciclo (vedi sezioni geologiche E-E', F-F') poggiano in contatto netto sulle ghiaie e sabbie di canale fluviale oppure su livelli fini parzialmente decarbonatati del ciclo sottostante.

Alla base il ciclo è costituito da depositi fini alluvionali, talora con sostanza organica, di origine palustre che passano a depositi costituiti da alternanze di sabbie limose, limi sabbiosi, limi ed argille di argine, rotta e piana inondabile.

Verso l'alto il ciclo mostra un progressivo aumento di depositi ghiaiosi e sabbiosi di canale fluviale, spessi fino ad una decina di metri che si alternano a depositi argillosi e limosi di tracimazione fluviale, con contatti netti. L'architettura stratigrafica mostra come questi depositi ghiaiosi, che passano sottocorrente a depositi sabbiosi, tendano a giustapporsi lateralmente e verticalmente costituendo corpi tabulari con un'estensione di diversi chilometri. In particolare si individuano, nella sezione geologica F-F', due corpi tabulari, che vista la loro collocazione paleogeografia, possono essere attribuiti all'attività deposizionale di un paleoReno e di un paleoPanaro.

I campioni petrografici (Appendice 3) relativi ai sondaggi 202-S1 e 202-S2 indicano come i depositi di riempimento di canale fluviale siano di origine appenninica; questi depositi, pochi chilometri verso NE (Foglio 203), si amalgamano con corpi sabbiosi di origine alpina (sondaggio 203-S13).

L'unità è sigillata al tetto, con contatto netto, dai depositi argillosi di piana alluvionale e palude del ciclo sovrastante.

Lo spessore del subsistema raggiunge circa i 55 m nel settore depocentrale del Foglio per poi diminuire ad una potenza di circa 30 m nel settore NE (località Corpo Reno e Palata, pieghe ferraresi).

La sua età, desunta dalla posizione stratigrafica, è riferibile al Pleistocene medio. Sulla base della correlazione della successione con la scala dei cicli climatico-eustatici di PETIT *et alii* (1999) si può presupporre un'età compresa fra c.a. 235.000 e 120.000 anni BP (vedi titolo VII).

3.2.2. - subsistema di Villa Verucchio (AES7) (solo sottosuolo)

L'unità è presente nel Foglio 202 solo nel sottosuolo mentre affiora ad Ovest e a Sud nei Fogli limitrofi 201 e 220, dove è costituita da depositi fluviali terrazzati di piana intravalliva e di conoide alluvionale. I depositi fluviali ghiaiosi di AES7 si immergono rapidamente nel sottosuolo della pianura del Foglio 220 costituendo un ciclo deposizionale di tipo *coarsening-upward* che prosegue nel Foglio 202.

Su base morfologica, archeologica e pedostratigrafica, il subsistema di Villa Verucchio viene suddiviso nelle unità di Vignola (AES7b) al tetto e di Niviano (AES7a); queste unità sono in gran parte inglobate da limiti inconformi, separate in affioramento da scarpate fluviali alte fin oltre dieci metri.

Queste unità sono state tentativamente correlate lungo tutto il margine appenninico padano dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli (SGSS) della Regione Emilia Romagna, utilizzando decine di datazioni radiometriche.

La base del subsistema di Villa Verucchio, che corrisponde alla porzione trasgressiva del ciclo, è caratterizzata nel sottosuolo dall'inizio della deposizione fine susseguente alle ghiaie e sabbie che caratterizzano la sommità del subsistema di Bazzano; questi sedimenti sono costituiti da depositi fini di tracimazione fluviale e piana inondabile contenenti, a volte, livelli metrici di argille e limi localmente ricchi di sostanza organica, di origine palustre (sondaggio 202-S2, Appendice 1). Questa porzione fine nel sondaggio 202-S2 raggiunge i 27 m di spessore e, attraverso la correlazione di una maglia di sezioni geologiche a scala regionale prodotta dal SGSS, sembrerebbe costituire un equivalente laterale dei depositi di spiaggia attribuiti alla fase trasgressiva tirreniana (stadio isotopico 5e) nei settori costieri (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000: Foglio 223 "Ravenna", 2002).

Vi sono zone dove le differenze granulometriche, tra il tetto dell'unità sottostante (AES6) e la base di quella soprastante (AES7), si attenuano e il limite tra le due unità non è più identificabile con certezza.

L'unità coincide con un ciclo di sedimentazione *coarsening-upward*. Nella zona meridionale del Foglio, sopra i sedimenti fini, aggradano ghiaie a matrice li-

moso-sabbiosa di conoide alluvionale che proseguendo sottocorrente, verso nord, passano a depositi sabbiosi di canale fluviale. La porzione regressiva sommitale del subsistema di Villa Verucchio, che coincide con l'unità di Vignola, è costituita da lobi di conoide alluvionale; questi lobi, aventi una forma relativamente tabulare, sono riferibili ai reticoli idrografici del F. Panaro, del T. Samoggia e del F. Reno. Vista la loro vicinanza si sviluppano come sistemi fisicamente amalgamati (vedi Foglio Allegato di Sottosuolo) che, sottocorrente si sfrangiano in canali isolati a geometria nastriforme (transizione alla piana alluvionale). Nell'area del Foglio il lobo di conoide più esteso e maggiormente ghiaioso è quello del F. Panaro. Questi corpi tabulari raggiungono spessori fino a 15-17 metri nelle zone più meridionali del Foglio (vedi sondaggio 202-S8, Appendice 1); nel sondaggio 202-S8 le datazioni radiometriche ^{14}C eseguite nei depositi organici e nei frammenti legnosi posti alla base e al tetto del corpo ghiaioso hanno dato rispettivamente età comprese tra > 45.000 e 10.760 ± 90 (età in anni B.P., non cal.).

Questi depositi grossolani dell'intervallo sommitale di AES7 sono sede della prima importante falda acquifera ampiamente sfruttata nel territorio di pianura del Foglio 202 e di quelli limitrofi (LIPPARINI, 1963; FARABEGOLI & ONOREVOLI, 1989) e corrispondono al complesso acquifero A1 in REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998). Dato il loro particolare interesse dal punto di vista sia stratigrafico sia geologico applicativo, sono oggetto specifico della carta riportata nel Foglio Allegato di Sottosuolo, dove sono state mappate le isobate di tetto. In particolare, nelle aree più distali della conoide alluvionale riferibile al F. Panaro, al tempo AES7_b, è stato possibile ricostruire la distribuzione nel sottosuolo delle interdigitazioni tra i depositi ghiaioso-sabbiosi e litologie più fini. Nella carta del tetto delle ghiaie/sabbie sono quindi stati distinti due intervalli sovrapposti (AES7_{bsup.} e AES7_{binf.}).

Lateralmente e/o sottocorrente, questi depositi grossolani di canale fluviale passano a depositi più fini, limi sabbiosi e limi argillosi, di tracimazione fluviale e di piana inondabile che, al tetto, sono generalmente ben ossidati o interessati da processi pedogenetici incipienti e riferibili ad un ambiente di piana alluvionale drenata.

Il limite di tetto di AES7 non affiora nel Foglio 202. Esso viene posto, nel sottosuolo, in corrispondenza del tetto dei depositi grossolani di canale fluviale sopra descritti oppure in corrispondenza del tetto dei depositi di tracimazioni e di piana alluvionale ben drenata od interessati da pedogenesi incipiente che ne costituiscono l'equivalente laterale e/o sottocorrente.

Nelle aree prossimali di conoide, questa superficie si correla con un paleosuolo che presenta un fronte di alterazione mediamente compreso tra 1,5 m e 2 m, parzialmente o totalmente decarbonatato, articolato negli orizzonti A, Bw, Bt, Bk, (C), con evidenze di accumulo di argilla illuviale (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000: Fogli 201 e 220, in stampa).

Proseguendo verso aree di conoide più distali e quindi nel settore del Foglio 202 questo paleosuolo manca ed al massimo si hanno, in corrispondenza del limite, orizzonti decarbonatati che indicano suoli generalmente poco evoluti (entisuoli o inceptisuoli).

Il subsistema di Villa Verucchio generalmente raggiunge spessori di 60-70 m per la quasi totalità del Foglio 202, mentre si ha una diminuzione progressiva nel settore delle pieghe ferraresi dove l'unità presenta uno spessore minimo di circa 30 m.

La correlazione del subsistema con aree limitrofe attraverso una maglia di sezioni a scala regionale, in particolare nel settore del Foglio 203 "Poggio Renatico", e le età radiometriche consentono di correlare il subsistema di Villa Verucchio con il ciclo climatico-eustatico compreso fra gli stadi isotopici 5e (Tirreniano Auct.) e 2 della curva degli isotopi dell'ossigeno di MARTINSON *et alii* (1987). Sulla base di questa considerazione l'età del subsistema è attribuita all'intervallo compreso fra c.a. 120.000 anni e c.a. 14.000 anni B.P. (Pleistocene superiore).

3.2.3. - *subsistema di Ravenna (AES8)*

Tutti i depositi affioranti nel Foglio 202 sono stati attribuiti a questo subsistema. A differenza delle unità continentali più antiche di ambiente intravallivo e di conoide affioranti in aree pedecollinari, questa si sviluppa in condizioni di piana alluvionale e rappresenta l'intero spessore dei sedimenti, prevalentemente fini, depositi nell'ultimo postglaciale, in parte al di sopra dell'esteso corpo ghiaioso e sabbioso attribuito all'unità di Vignola (AES7b).

La base del subsistema di Ravenna nell'area tipo (AMOROSI *et alii*, 1999; Foglio 223 "Ravenna") è caratterizzato da una superficie di discontinuità corrispondente a una lacuna stratigrafica di entità variabile e marcata da un netto contrasto di facies: i depositi alluvionali di età pleistocenica (parte sommitale di Villa Verucchio) sono sovrastati da depositi di ambiente paralico e marino-marginale riconducibili all'ultimo ciclo trasgressivo-regressivo di età olocenica.

Verso monte (es. Foglio 220) AES8 è costituito da depositi di terrazzo, in contesto di piana intravalliva, e di conoide.

Nel Foglio 202 l'unità è costituita da sabbie, limi e argille di canale, argine, rotta fluviale, e piana inondabile; anche la maggior parte delle porzioni affioranti hanno le tessiture riferibili ai depositi di argine, rotta e piana inondabile. I corpi ghiaiosi sono rari e affiorano in una zona limitata al settore SO in prossimità del F. Panaro (loc. Sant'Anna).

Il tetto del subsistema, che coincide con il piano topografico, presenta suoli con diverso grado di alterazione, i cui orizzonti superiori variano da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei, affiorano prevalentemente

nel margine sud-occidentale del Foglio 202. Essi hanno un profilo di tipo A/Bw/Bk (C) di colore giallo-bruno ed uno spessore degli orizzonti decarbonatati da 0,5 ad 1,5 m; al di sotto dell'orizzonte decarbonatato si sviluppano orizzonti ad accumulo di carbonato di calcio sotto forma di concrezioni o concentrazioni soffici (Inceptisuolo). I suoli calcarei appartengono all'unità di Modena AES8a (vedi par. successivo) ed occupano gran parte della superficie affiorante.

Nella porzione affiorante compresa tra Castelfranco Emilia, Nonantola e S. Giovanni in Persiceto (vedi Appendice 2) sono stati ritrovati insediamenti Romani e dell'età del Ferro e del Bronzo; questa superficie topografica coincide su ampi tratti con il piano di frequentazione Romano (tranne che per AES8a), su cui spesso si rinvenivano insediamenti di varia natura e/o le tracce della centuriazione romana.

Gli affioramenti del Foglio 202 riguardano solamente i depositi sommitali del subsistema, pertanto la sua organizzazione interna ed i rapporti con il subsistema sottostante sono stati ricostruiti in gran parte con l'ausilio di dati geognostici di sottosuolo (vedi sezioni A-A', B-B', C-C' e D-D' allegate alla Carta Geologica e al Foglio Allegato di Sottosuolo).

La parte inferiore dell'unità è caratterizzata, oltre che da depositi fini di piana inondabile, dalla presenza diffusa di depositi palustri ricchi di sostanza organica (vedi titolo VI) in livelli centimetrici e decimetrici di colore bruno nerastri e dall'alternanza di livelli millimetrici limoso sabbiosi, limosi e argillosi simili a ritmiti. Questi livelli palustri hanno come equivalente laterale verso le zone costiere depositi lagunari e marino-marginali (Fogli 204 e 205, in preparazione). In base alla ricostruzione stratigrafica di sottosuolo, all'analisi di facies e alle datazioni radiometriche si è visto come l'aggradazione di questi depositi palustri e di piana inondabile, della durata di circa 4000 anni, sia coincisa con la fase olocenica di *optimum* climatico (fig. 10); sembra che le argille organiche di origine palustre abbiano raggiunto la loro massima estensione circa 7000 anni B.P. (vedi sezioni C-C', D-D'). La sedimentazione della porzione basale del subsistema di Ravenna si sarebbe quindi sviluppata su una piana alluvionale mal drenata caratterizzata da estese paludi, che hanno colmato, con rapporti geometrici di *on-lap*, le depressioni presenti nella topografia costituita dal tetto dei depositi sommitali di AES7.

All'intervallo basale ricco in sostanza organica segue essenzialmente una sedimentazione prevalentemente fine, più o meno spessa, di argine, rotta fluviale e piana inondabile in condizioni drenate; a profondità variabili a seconda delle zone sono presenti altri livelli torbosi meno estesi (vedi sezioni A-A', B-B', C-C' e D-D'). Questi depositi fini di piana alluvionale verso SO, nelle aree prossime al F. Panaro, passano a depositi ghiaiosi che raggiungono spessori di 5-6 m; questi depositi di conoide alluvionale e di riempimento di canale fluviale presentano una estensione limitata con geometria complessivamente nastriforme. Visto il

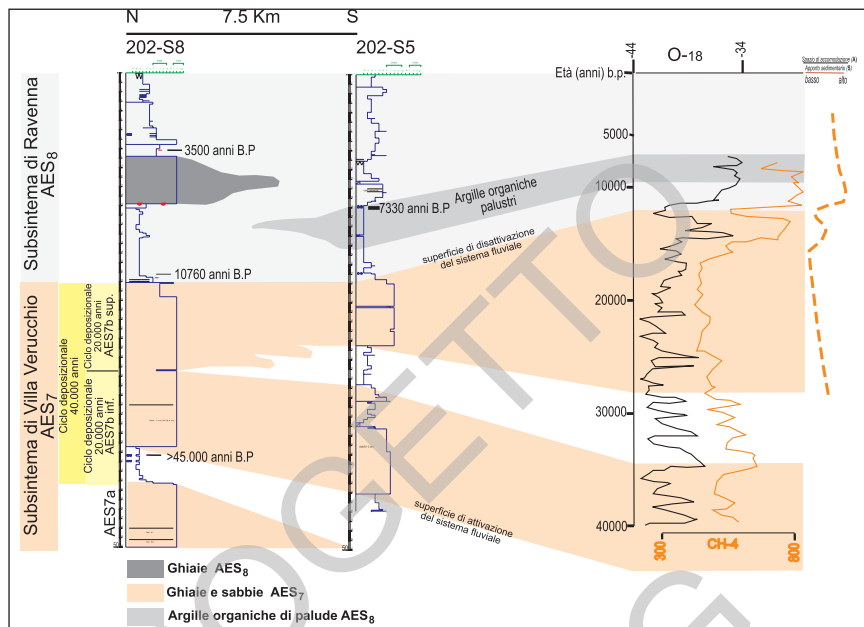


Fig. 10 - Schema stratigrafico relativo ai Subsistemi AES_8 e AES_7 , dove è possibile riconoscere, attraverso le datazioni radiometriche, delle sequenze deposizionali elementari (RER-ENI/AGIP,1998) alla scala dei 40.000 e 20.000 anni e delle superfici fisiche di attivazione e disattivazione dei sistemi fluviali. Correlazione con le oscillazioni climatico-eustatiche ad alta frequenza desumibili dalle curve ^{18}O (CHAPPELLAZ et alii, 1993).

numero di dati geognostici che intercettano queste ghiaie è stato possibile creare una mappa delle isobate di tetto (vedi Foglio Allegato di Sottosuolo).

La disattivazione di questi depositi ghiaiosi è datata su base radiometrica a 3500+/-120 anni B.P. (sondaggio 202-S8, Appendice 1), al passaggio tra il medio ed il tardo Olocene.

Il ritorno a condizioni di piana drenata è probabilmente legato a una serie di fattori: la regressione marina in seguito alla stabilizzazione del livello del mare alle attuali quote ed anche il mutamento delle condizioni climatiche verso climi più piovosi e più freddi (il sub-boreale e il sub-atlantico), condizioni che si sono protratte, sia pure con oscillazioni, sino ai giorni nostri.

I depositi del subsistema di Ravenna affioranti nel Foglio sono essenzialmente fini, dalla sabbia media all'argilla, deposti in ambienti di piana alluvionale sviluppata a valle delle conoidi. Gli affioramenti sono praticamente inesistenti e le osservazioni, oltre a quelle rese possibili da occasionali scavi, sono basate su dati ricavati dai sondaggi (Banca Dati Geognostici del SGSS).

I depositi di questo subsistema sono il prodotto della sedimentazione preva-

lentamente verticale dovuta a processi di tracimazione di corsi d'acqua sinuosi (l'andamento rettilineo di alcuni corsi d'acqua è dovuto a opere antropiche iniziate nel territorio a partire dall'età romana), che si sviluppano a valle dei corsi *braided* caratteristici delle conoidi pedemontane. I processi deposizionali hanno portato alla formazione di argini naturali prevalentemente sabbiosi, *crevasse* e piane inondabili limose e argillose, mentre la migrazione dei meandri e delle barre di meandro hanno condotto alla deposizione di corpi sabbiosi nastriformi allungati nel senso di scorrimento delle acque.

Carattere distintivo della cartografia geologica di pianura in un contesto di piana alluvionale è la distribuzione superficiale delle classi granulometriche (la litologia superficiale) perché riflette l'ambiente deposizionale e permette di riconoscere e cartografare i vari sottoambienti del sistema fluviale; ad esempio le sabbie affioranti secondo fasce allungate da sud a nord che, dipartendosi dal piede delle conoidi, corrispondono ad antichi argini fluviali o a fasce di migrazione di meandri (fiumi Secchia, Panaro, Reno e T. Samoggia); le argille e i limi hanno una maggior distribuzione areale nel settore centrale del Foglio, che corrisponde ad aree di tracimazione fluviale indifferenziata e piana inondabile (area interfluviale) tra i reticoli idrografici del Panaro e del Reno-Samoggia (vedi Carta Geologica).

Il subsistema ha una geometria complessiva relativamente tabulare con spessori che si aggirano intorno ai 20-22 m e passa ad una geometria cuneiforme verso lo spigolo NE del Foglio, nel settore delle pieghe ferraresi (località Cento e Corpo Reno), dove lo spessore si riduce progressivamente ad una quindicina di metri.

Sulla base dei dati radiometrici l'età del subsistema è pleistocenica superiore-olocenica, ed è compresa fra c.a. 14.000 anni (B.P. non calibrata) e l'attuale; essa corrisponde con la fase di rapida risalita eustatica e di miglioramento climatico che si sviluppa a partire dal tardo Pleistocene fino a tutto l'Olocene (cfr. con CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 220 "Casalecchio di Reno", in stampa; e Foglio 201 "Modena", in stampa).

3.2.3.1. - unità di Modena (AES_{8a})

Analogamente a ciò che è stato fatto negli altri Fogli della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 in corso di realizzazione o stampa della pianura emiliano romagnola, nel subsistema di Ravenna è stata distinta una unità a limiti inconformi di rango gerarchico inferiore, l'unità di Modena (AES_{8a}); essa contiene i depositi più superficiali e più recenti del Foglio 202, compresi quelli attualmente in evoluzione. All'unità appartengono i depositi fluviali in evoluzione **b₁** che però, in accordo con la tradizione della cartografia geologica preesistente, sono stati cartografati separatamente.

L'unità di Modena è definita dalla presenza a tetto di un suolo a bassissimo grado di alterazione con profilo di alterazione inferiore a 100 cm, non decarbonato, articolato negli orizzonti A, Bw, C, e A, C (entisuolo e inceptisuolo), con colore Munsell di alterazione dell'orizzonte BC nella pagina 2,5Y (grigio-giallastro). Ad essa appartengono i sedimenti depositi dopo l'età romana (post VI secolo d.C.). Affiora per circa il 70 % del Foglio, ricoprendo ampi tratti della centuriazione romana (PASQUINUCCI, 1984), e lasciando affiorare il subsistema di Ravenna nel settore SO del Foglio compreso tra il F. Panaro ed il T. Samoggia (vedi Carta Geologica).

La base dell'unità è stata definita sulla base dei dati archeologici e dai dati pedologici. Infatti nei profili eseguiti dall'Ufficio pedologico della Regione Emilia-Romagna è ben riconoscibile la sovrapposizione dei sedimenti dell'unità di Modena al di sopra del suolo evoluto che caratterizza il tetto del subsistema di Ravenna. All'interno dell'unità, ulteriormente suddivisa in base alla granulometria dei depositi affioranti e all'ambiente deposizionale, sono stati distinti alcuni elementi morfologici quali paleovalle, ventagli di rotta e argini artificiali, utili alla ricostruzione dell'evoluzione idrografica dell'area. Oltretutto questa suddivisione è stata facilitata dalla buona preservazione delle forme deposizionali originarie. Nel sottosuolo la porzione basale è formata essenzialmente da depositi palustri e di piana inondabile che con una geometria irregolare ricoprono la morfologia precedente; su questi depositi aggradano sabbie, limi e argille di canale, argine, rotta fluviale, e piana inondabile. Rispetto ai depositi sottostanti, subsistema di Ravenna, l'unità di Modena sembra svilupparsi in un contesto di piana scarsamente o non drenata.

I dati relativi al sottosuolo, litologici e archeologici mostrano come l'unità di Modena si appoggi, in discontinuità, sul suolo di epoca romana (vedi Appendice 2); al suo interno si ritrovano spesso reperti romani rimaneggiati.

E' assai probabile che la deposizione di AES_{8a} sia da mettere in relazione con l'instaurarsi di un'importante fase di deterioramento climatico che, tra il IV e il VI secolo d.C., determinò un importante incremento della piovosità, con conseguente modifica della rete idrografica e alluvionamento di gran parte della pianura (VEGGIANI, 1994).

Nelle sezioni A-A' e B-B' (Carta Geologica) si evidenzia l'alto tasso di sedimentazione lungo l'asse deposizionale del F. Reno, con la base dell'unità datata c.a 1480+/-80 anni B.P. (sondaggio 202-S12) e posta a circa 8 m dal piano campagna; l'unità raggiunge poco più ad est (vedi sezione B-B') lo spessore di circa 12 m. La stessa sezione mostra come spostandosi verso i fiumi Panaro e Secchia lo spessore diminuisca, con una geometria cuneiforme, fino a raggiungere i 5-6 m. Il maggiore alluvionamento dato dal F. Reno sembra confermato dal totale seppellimento della centuriazione romana, che al contrario rimane maggiormente preservata nel settore del F. Panaro (vedi Appendice 2). Un forte alluvionamen-

to sembra testimoniato anche in località Crocetta (Comune di Crevalcore), nei pressi della linea ferroviaria Roma-Bologna, dove una struttura abitativa di età alto-medioevale è sepolta da circa 3 m di sedimento.

L'Età è post IV sec. d.C.- Attuale (attribuzione archeologica).

Depositi alluvionali in formazione (b₁). Si tratta di sabbie e ghiaie generalmente embriate e subordinati limi argillosi attualmente in evoluzione all'interno degli alvei e nelle zone golenali stagionalmente interessate da piene. L'età è ovviamente riferibile all'Olocene Attuale.

VI - SISTEMI DEPOSIZIONALI E LITOLOGIE

Secondo la normativa sul rilevamento e cartografia geologica dei depositi quaternari le UBSU descritte in carta vengono caratterizzate anche sulla base delle litologie e degli ambienti deposizionali (Servizio Geologico Nazionale, 1992). Nella carta geologica di superficie questa caratterizzazione viene fatta con l'ausilio di sovrassegni che si accompagnano alla tradizionale colorazione delle unità stratigrafiche. Per questo motivo nelle presenti note viene inserito un titolo per la descrizione delle litologie e degli ambienti deposizionali che completa le informazioni già riportate nello spazio dedicato alla stratigrafia. In queste pagine sono state inserite anche le descrizioni delle litologie e degli ambienti non affioranti, ma estesamente presenti nella pianura sepolta e rappresentati negli elaborati del Foglio allegato alla Carta geologica. Per la caratterizzazione di questi ultimi si è fatto largo uso sia di osservazioni dirette (carotaggi appositamente realizzati) che di quelle indirette (informazioni contenute nella Banca Dati geognostici del SGSS). Per quanto riguarda la cartografia di superficie una grossa importanza hanno avuto i dati prodotti dall'Ufficio Pedologico della Regione Emilia-Romagna, ovvero trivellazioni manuali e osservazioni in scavi di trincee appositamente realizzati. Questi dati sono spesso corredati da analisi granulometriche effettuate in laboratorio ed hanno quindi permesso raffinate distinzioni in base al contenuto di argilla, limo, sabbia, sabbia fine, e ghiaia. Fra le osservazioni indirette si sottolinea l'importanza delle prove penetrometriche elettriche (CPTe), con particolare riferimento a quelle con piezocono (CPTU) appositamente realizzate per il Progetto CARG e le cui potenzialità per la caratterizzazione dei sistemi deposizionali sepolti è stata recentemente enfatizzata in AMOROSI & MARCHI (1999).

1. - DEPOSITI ALLUVIONALI

1.1. - DEPOSITI DI CONOIDE E PIANA ALLUVIONALE

1.1.1. - Ghiaie di riempimento di canale fluviale

Ghiaie prevalenti più o meno sabbiose alternate a rare sabbie che sottocorrente aumentano a discapito della ghiaia; le ghiaie sono eterometriche, con diametro medio di 5 centimetri (ciottoli) e massimo di 15 centimetri, con matrice sabbiosa, a volte embricate; a volte si hanno depositi di *lag* basale con ciottoli di maggiori dimensioni, privi di matrice. La stratificazione è prevalentemente massiva in strati solitamente amalgamati. Questi depositi sono interpretati come sequenze di riempimento di canale ghiaioso (fig.11). Le intercalazioni sabbiose sono costituite da sabbie medie e fini con ciottoli dispersi o allineati e con intercalazioni subordinate di sabbie limose e limi sabbiosi; presenti anche frustoli vegetali e frammenti di legno. Al tetto, possono essere presenti sabbie limose e limi argillosi che costituiscono la chiusura della sequenza *fining-upward* di riempimento di canale. Nelle penetrometrie meccaniche ed elettriche queste ghiaie offrono una

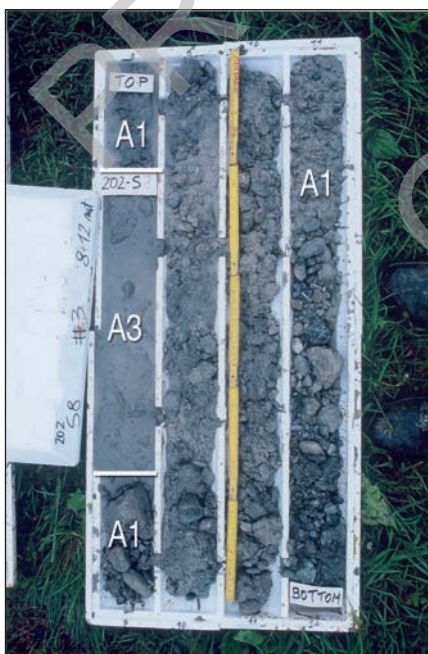


Fig. 11 - Ghiaie di riempimento di canale fluviale con matrice sabbiosa (A1, da -12 m a -8.8 m circa) con intercalate sabbie fini e limi sabbiosi di tracimazione fluviale indifferenziata (A3, da -8.8 m a -8.2 m circa). Le sigle utilizzate fanno riferimento all'Appendice 1.

resistenza all'attraversamento della punta estremamente alta (maggiore di 350-400 kg/cm²) per cui la prova si arresta in corrispondenza della superficie sommitale del deposito. I depositi ghiaiosi formano corpi a geometria tabulare che incidono con contatto netto ed erosivo i depositi di piana alluvionale adiacenti; lo spessore può aumentare sensibilmente per amalgamazione con ghiaie sottostanti; in questo caso si hanno dei corpi compositi che possono raggiungere spessori fino a 15 metri ed oltre (sondaggio 202-S8, Appendice 1). Questi corpi nel sottosuolo formano, in corrispondenza del margine meridionale del Foglio, estesi lobi di conoide alluvionale (vedi Foglio Allegato).

Le ghiaie considerate affioranti sono comprese tra il piano campagna e 1 m di profondità, e si trovano nel margine SO del Foglio 202, in corrispondenza del F. Panaro (vedi Carta geologica). Normalmente le ghiaie sono sepolte da depositi più fini rappresentanti il deposito di abbandono del canale.

1.1.2. - *Sabbie di riempimento di canale fluviale e rotta fluviale* (solo sottosuolo)

I depositi di canale sono costituiti da sabbie fini e medie, debolmente limose, in strati spessi e medi; rari i ciottoli presenti soprattutto nelle porzioni basali. Solitamente presentano una struttura massiva, in parte dovuta al disturbo del carotaggio, e solo raramente sono presenti lamine trattive piano-parallele (fig. 12). Di solito le sabbie sono organizzate in sequenze positive con al tetto, per passaggio netto o graduale, sedimenti limosi ed argillosi. Questi depositi raggiungono spessori anche di 6-7 metri circa, con uno spessore massimo di 16-17 m (vedere la sezione C-C' nel Foglio Allegato, sondaggio 202-S12). I contatti inferiori sono di tipo erosivo con a volte *lag* residuali formati sia da ciottoli che da lamellibranchi dulcicoli (fig. 12).

Nelle CPTe e CPTU questi corpi si caratterizzano per gli alti valori di resistenza alla punta (> 100 kg/cm²), il basso rapporto fra l'attrito laterale e la resistenza alla punta, i valori negativi di sovrappressione interstiziale ed il tipico andamento della curva della resistenza alla punta con il brusco aumento dei valori alla base e la progressiva diminuzione verso l'alto (AMOROSI & MARCHI, 1999). Questi depositi sono interpretati come sequenze di riempimento di canale sabbioso (es. sondaggi 202-S4, 202-S11, 202-S2, 202-S9, Appendice 1). In superficie sono presenti sporadicamente nelle vicinanze del F. Panaro e del F. Reno e sono costituiti da granulometrie fini (sabbie fini e finissime); da un punto di vista cartografico, sono stati accorpati e mappati con i depositi di argine, canale e rotta fluviale (vedi sotto). Nel sottosuolo di tutta la pianura alluvionale questi depositi formano corpi a geometria nastriforme, larghi da qualche centinaio di metri a più di un chilometro, che incidono con contatto netto ed erosivo i depositi di piana inondabile adiacenti. Questi corpi costituiscono la prosecuzione fisica sottocorrente dei lobi ghiaiosi di conoide alluvionale.

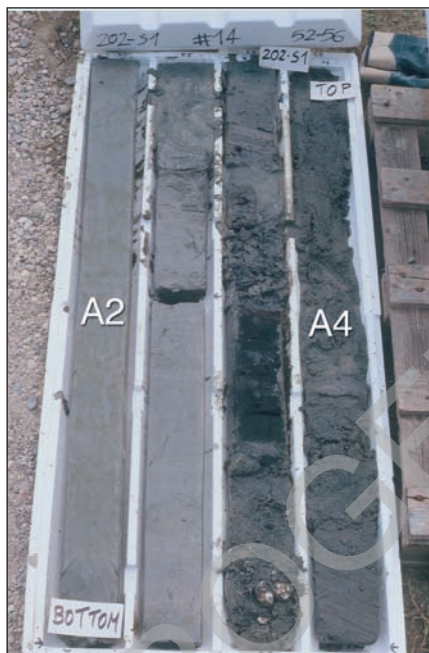


Fig. 12. - Argille e limi grigio-verdastre di piana inondabile (A4, da -56 m a -54.2 m) che passano con base erosiva a sabbie medie e grossolane, localmente laminate, di riempimento di canale fluviale (A2, da -54.2 m a -52 m). All'interno delle sabbie si hanno frammenti di lamellibranchi dulcicoli e frammenti di legno. Le sigle utilizzate fanno riferimento all'Appendice 1.

1.1.3. - Alternanze di sabbie e limi sabbiosi di argine, canale e rotta fluviale

I depositi costituiti prevalentemente da sabbie fini e finissime, con contenuto in sabbia >30%, sono spesso alternati a limi sabbiosi, con contenuto in sabbia compreso tra il 20% ed il 30%. Gli strati vanno da sottili a spessi e sono organizzati in sequenze con gradazione positiva o negativo-positiva. Localmente sono presenti sabbie medio-grossolane alla base delle sequenze positive ed intercalazioni di argilla al tetto. Questi sono considerati depositi di argine, di riempimento di canale e di rotta fluviale. Questi depositi sono stati cartografati solo in superficie (riferiti sia a AES_g che a AES_{ga}) dove formano dei corpi rilevati a geometria nastriforme, di larghezza variabile da poche centinaia di metri a 8-9 km e possono essere formati da un singolo sistema fluviale (es. F. Panaro) o da più sistemi coalescenti (F. Reno-T. Samoggia). Sulla superficie di questi corpi sono spesso visibili le tracce dei canali abbandonati e dei ventagli di rotta (vedi Carta Geologica). Questi depositi possono raggiungere lo spessore di circa 5-6 m (sondaggio 202-S9, Appendice 1) e passano lateralmente a depositi di trascinamento fluviale indifferenziata e di piana inondabile con contatti graduali.

1.1.4. - *Alternanze di sabbie, limi ed argille di tracimazione fluviale indifferenziata*

Per la cartografia di superficie i dati prodotti dall'Ufficio Pedologico della Regione Emilia-Romagna, ovvero trivellazioni manuali e osservazioni in scavi di trincee appositamente realizzati, hanno consentito di cartografare all'interno dell'Unità AES_{8a} una litologia limosa predominante: limi prevalenti con contenuto in sabbia < 20% e contenuto in argilla < 40%, in strati spesso non definibili, prevalentemente sottili. Raramente è possibile osservare le tessiture originarie che mostrano alternanze millimetriche di depositi limoso sabbiosi e limoso argillosi (fig. 13). Il processo predominante è quello della tracimazione e rota fluviale. I depositi si collocano tra i depositi di argine distale/rota fluviale e quelli di piana inondabile. Generalmente raggiungono spessori di 2-3 m.

Per quanto riguarda il sottosuolo i depositi sono costituiti da alternanze millimetriche, centimetriche e decimetriche di sabbie fini e finissime, limi ed argille in strati da molto sottili a spessi. Il rapporto fra sabbia, limo ed argilla è variabile da zona a zona. Gli intervalli sabbioso limosi sono caratterizzati da stratificazione prevalentemente sottile e media all'interno di sequenze decimetriche e metriche con gradazione positiva o negativa-positiva. Questi passano verso l'alto ad argille in strati da medi a molto spessi; la bioturbazione può essere diffusa o con-

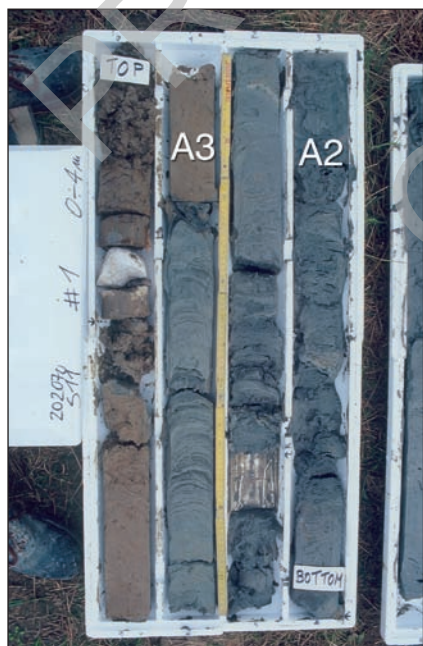


Fig. 13 - Sabbie fini di riempimento di canale fluviale (A2, da -4 m a -2.4 m) passanti gradualmente ad alternanze di sabbie, limi ed argille di tracimazione fluviale indifferenziata (A3, da -2.4 m a 0 m) con colorazione "ocra" nella parte sommitale. Di A3 è possibile osservare le tessiture originarie che mostrano alternanze millimetriche di depositi limoso sabbiosi e limoso argillosi. Le sigle utilizzate fanno riferimento all'Appendice 1.

centrata intorno agli apparati radicali. I colori di questi depositi possono essere grigio omogeneo, grigio con screziature giallastre e giallo ocreo omogeneo.

Gli intervalli caratterizzati da colori grigi e preservazione di sostanza organica sono riferiti a condizioni non drenate, mentre quelli con colori gialli sono riferiti a condizioni ben drenate e alla presenza di suoli (FARREL, 1987).

Questi depositi sono interpretati come sequenze composite costituite prevalentemente da tracimazioni fluviali, all'interno delle quali, vista la scarsa densità di informazioni litologiche presenti nel sottosuolo, non viene operata una differenziazione fra i depositi di argine e rotta fluviale da quelli di piana inondabile.

1.1.5. - *Argille e limi di piana inondabile*

Depositi costituiti da argille e argille limose con contenuto in argilla >40%; costituiscono i depositi di tracimazione fine e di decantazione caratteristici delle aree più depresse, lontane dai corsi d'acqua principali, ove si ha la presenza quasi continua di acqua in superficie. Spesso le argille contengono tracce di apparati radicali, arricchimento in sostanza organica e sono intensamente bioturbate per cui non sono più visibili la stratificazione e le strutture sedimentarie originarie (fig. 12).

Questi sono interpretati come depositi di piana inondabile e sono stati cartografati solo in superficie interposti ai rilievi deposizionali degli argini, canali e rotte fluviali e ai depositi di tracimazione fluviale indifferenziata. Generalmente formano corpi a geometria allungata parallelamente agli assi fluviali e sono spessi da pochi metri fino a 6-7 metri (sondaggio-S12, Appendice 1). I contatti basali e laterali sono di tipo eteropico, in particolare questi depositi costituiscono la prosecuzione laterale sottocorrente dei depositi di argine e rotta fluviale descritti al paragrafo precedente.

1.1.6. - *Argille e limi con sostanza organica palustri (solo sottosuolo)*

Questi depositi, illustrati negli elaborati del Foglio Allegato alla Carta Geologica, sono stati individuati e caratterizzati solo nel sottosuolo sulla base di indagini geognostiche (carotaggi continui e CPTU). Sono costituiti da argille ed, in minor misura, limi variamente arricchiti in sostanza organica indecomposta in strati da sottilissimi a medi (raramente spessi) alternati ad argille, limi e, raramente, limi sabbiosi, in cui la sostanza organica è molto subordinata od assente. La presenza di sostanza organica indecomposta conferisce a questi depositi un colore grigio-nerastro (fig. 14). La sostanza organica può essere presente in lamine millimetriche dentro argille limose finemente stratificate, oppure sottofor-



Fig. 14 - Argille e, in minor misura, limi grigio-nerastri variamente arricchiti in sostanza organica indecomposta in strati da sottilissimi a medi (raramente spessi) alternati ad argille e limi grigio-verdastri e, raramente, limi sabbiosi, in cui la sostanza organica è molto subordinata od assente (A5, da -20 m a -16 m). Le sigle utilizzate fanno riferimento all'Appendice 1.

ma di frammenti vegetali e apparati radicali verticali in posizione fisiologica e come sostanza organica diffusa nell'argilla. Quest'ultimo caso è il più frequente. Talora sono presenti diffusi fenomeni di bioturbazione che hanno obliterato tutte le strutture sedimentarie interne.

Nelle CPTU questi depositi si caratterizzano per i valori particolarmente bassi di resistenza alla punta ($< 10\text{kg/cm}^2$) e di attrito laterale, nonché valori molto alti di sovrappressione interstiziale che si accompagnano a tempi di dissipazione particolarmente lunghi (AMOROSI & MARCHI, 1999). Gli orizzonti più spessi ed arealmente estesi, che in parte sono stati cartografati nel Foglio Allegato (isobate di tetto), sono interpretati come sedimenti depositi per sospensione in un ambiente essenzialmente anossico, all'interno di una tavola d'acqua permanente (*shallow lakes sensu* Jo, 2003) che inondava i depositi di piana alluvionale.

Gli orizzonti più sottili di questi depositi sono riferiti invece ad episodi palustri effimeri entro un'associazione di facies di piana inondabile non drenata oppure al tetto di sequenze di canali abbandonati.

Lo spessore complessivo dell'associazione di facies varia da pochi decimetri a qualche metro (4-5 m nei sondaggi 202-S4 e 202-S5, Appendice 1). Questi corpi passano lateralmente e verticalmente a depositi di trascinamento fluviale in contatto graduale.

2. - DEPOSITI DELTIZI, LITORALI E MARINI

2.1. - DEPOSITI FLUVIO-DELTIZI E DI PIATTAFORMA INDIFFERENZIATI (solo sottosuolo)

Questi depositi sono presenti nella porzione sommitale della successione marina pleistocenica, denominata informalmente substrato marino pleistocenico (vedi Schema Cronostratigrafico e sezioni E-E' e F-F'), e alla base del sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore. Solitamente questi depositi sono raggiunti, vista la notevole profondità (300-400 m da p.c), da pozzi Agip o da alcuni pozzi per acqua. Le *facies log* di resistività indicano sequenze sabbiose e sabbioso limose di tipo *coarsening upward* con spessori massimi di 30-40 m che sembrano indicare un'evoluzione sedimentaria di tipo regressivo, confermata anche dal fatto che alla base sono saturi in acqua salata/salmastra (log di resistività <10 ohm x m) che verso l'alto viene spiazzata dall'acqua dolce (>10 ohm x m). Nei Fogli 203 "Poggio Renatico" e 204 "Portomaggiore" (in preparazione) queste sequenze sono state carotate e osservate direttamente per tutto il loro spessore; esse mostrano un'evoluzione sedimentaria di tipo regressivo, infatti, nella porzione inferiore, sono presenti depositi fini di piattaforma e/o prodelta che passano, nella porzione superiore, a sabbie di fronte deltizio e litorali e quindi a sabbie di canale fluviale e depositi fini di ambiente alluvionale al tetto.

I depositi sabbiosi formano corpi a geometria tabulare di grande estensione e continuità laterale. Le sequenze che si trovano all'interno della successione marina pleistocenica sembrano essenzialmente attribuibili al sistema fluvio-deltizio padano e passano in coalescenza, verso il margine appenninico (vedi Foglio 220), a depositi di delta-conide di origine appenninica. Mentre nell'AEI queste sequenze sembrano attribuibili, a causa dello spostamento paleogeografico verso NE, esclusivamente al sistema fluvio-deltizio padano.

2.2. - DEPOSITI DI PRODELTA E DI TRANSIZIONE ALLA PIATTAFORMA (solo sottosuolo)

Nel Foglio questi depositi sono presenti esclusivamente all'interno della successione marina pleistocenica; in senso stratigrafico e sequenziale stanno alla base delle sequenze *coarsening-upward* descritte in precedenza (vedi sezioni E-E' e F-F'). Vista la notevole profondità a cui si trovano vengono intercettati dai pozzi AGIP (*facies log*) e da alcuni pozzi per acqua.

Le *facies log* di resistività indicano depositi fini e a scala regionale esse sono state intercettate nei sondaggi 203-S9, 204-S4 e 204-S15 dove si hanno depositi costituiti da argille e limi argillosi ricchi di materiale conchigliare, con intercalazioni di sabbie fini e finissime in strati da molto sottili a sottili. Questi sedimenti passano gradualmente, verso terra, a depositi di cordone litorale.

VII - CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E SEDIMENTOLOGICHE DEI DEPOSITI QUATERNARI

1. - INTRODUZIONE

Lo studio dei depositi quaternari dell'Emilia-Romagna, è stato intrapreso in modo sistematico dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli a partire dal 1992 ed in collaborazione con l'AGIP S.p.a. dal 1994, con l'obiettivo di sviluppare strumenti cartografici che permettessero di interpretare e rappresentare, tramite sezioni, la distribuzione dei corpi geologici nel sottosuolo. In particolare nel Foglio 199 - Parma Sud (2005), è ampiamente trattata la metodologia di studio dei depositi quaternari attraverso l'utilizzo di modelli stratigrafico-deposizionali.

L'evoluzione paleogeografica del bacino Padano-Adriatico nel settore emiliano è inquadrabile in un contesto geodinamico compressivo. Il bacino sedimentario in questione, sui margini del quale si sviluppano sistemi deposizionali fluvio-deltizi dominati sia dal moto ondoso sia dai processi di piena fluviale (MUTTI *et alii*, 1996), è tettonicamente attivo.

In particolare la migrazione progressiva verso NE delle avanfosse plio-pleistoceniche, nel settore del Foglio 202 e dei Fogli 220 e 219, è legata alla nascita e allo sviluppo dell'attività di sovrascorrimento lungo due archi principali di strutture compressive, orientate NO-SE: il Fronte di Sovrascorrimento Pedepenninico e il Fronte di Sovrascorrimento più esterno delle Pieghe Ferraresi. Nel settore in questione questi archi di strutture condizionano in tutto il Plio-Pleistocene la crescita e la distribuzione dei sistemi deposizionali, interferendo con le fasi di erosione e sedimentazione guidate dalle oscillazioni climatico-eustatiche.

Questo capitolo, con l'ausilio delle mappe e delle sezioni geologiche allegata alla Carta Geologica del Foglio 202, si propone di documentare e illustrare i rapporti tra tettonica e sedimentazione, nonché l'evoluzione dei sistemi deposizionali nel Quaternario.

2. - DISCUSSIONE SUI PROFILI SISMICI E LOG DI POZZO

Gli strumenti analitici più appropriati di cui disponga il geologo per comprendere le tappe evolutive di un bacino sedimentario sono i profili sismici acquisiti dall'industria petrolifera, opportunamente tarati da rilevamenti di superficie e da *log* di pozzo. I metodi dell'analisi sismostratigrafica sono stati esposti per la prima volta nel 1977 nella storica Memoria n° 26 dell'AAPG: *Seismic Stratigraphy - applications to hydrocarbon exploration* (MITCHUM *et alii*, 1977).

L'analisi della configurazione geometrica d'insieme dei riflettori sismici (*facies sismica*) consente una lettura diretta dei profili sismici in termini di sistemi deposizionali e della loro evoluzione, soprattutto nelle situazioni tettonicamente indisturbate in cui le facies sismiche diagnostiche si presentano fisicamente contigue (ORI *et alii*, 1986; ORI, 1993). Oltretutto è possibile tarare, passando ad un dettaglio stratigrafico migliore, le facies sismiche con i *log* di resistività o potenziale spontaneo dei pozzi AGIP (fig. 7).

Come evidenziato dai profili sismici industriali messi a disposizione dall'ENI-AGIP, nel settore del Bacino di *foreland* Padano del Foglio 202 i depositi quaternari passano da uno stadio di sedimentazione di tipo marino (*piattaforma esterna-slope*) nel Pleistocene inferiore, a uno stadio deposizionale marino marginale e continentale nel Pleistocene medio-superiore. La stessa evoluzione sedimentaria è ben documentata nella successione quaternaria affiorante del margine appenninico nel lavoro di RICCI LUCCHI *et alii* (1982), il quale utilizza un criterio di tipo stratigrafico-sequenziale per suddividere la successione quaternaria in due cicli sedimentari principali: un marino (Qm) e uno continentale (Qc).

La correlazione nel sottosuolo delle *facies sismiche* e delle *facies log* dei pozzi AGIP e le sezioni geologiche E-F mostrano come l'evoluzione regressiva dei sistemi deposizionali non sia un fenomeno continuo ma avvenga a velocità variabile: vi sono periodi nei quali si ha una accelerazione dello spostamento dei sistemi deposizionali verso N-NE. Nel settore NE del Foglio, sull'alto strutturale di Corpo Reno (Pieghe Ferraresi), questo spostamento repentino si manifesta con geometrie di *toplap* dei riflettori sismici sotto superfici di discordanza divergenti verso il depocentro locale. Il *toplap* registra una regressione sedimentaria, vale a dire una contrazione delle aree del bacino in cui si è deposto sedimento. Al contrario i riflettori sismici, sopra queste superfici di discordanza, mostrano caratteristiche geometriche di *onlap*; genericamente si può affermare che l'*onlap*

rappresenta un'espansione delle aree del bacino in cui si è depositato sedimento. Alla scala dell'intero Bacino Padano (REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998) si è visto come queste geometrie siano associate al sollevamento degli archi strutturali, procurato da eventi tettonici di compressione (geometrie di *toplap*) e al successivo periodo di collasso strutturale o subsidenza bacinale (geometrie di *onlap*).

Per definizione due superfici di discordanza sovrapposte racchiudono una sequenza deposizionale (*sensu* MITCHUM *et alii*, 1977); per cui nella pratica si-smostratigrafica è fondamentale distinguere, correlare e cartografare le superfici di discordanza regionalmente più evidenti. Gli improvvisi cambi nello *stacking pattern* delle facies sismiche/log all'interno della successione pleistocenica rappresentano, a livello gerarchico, i maggiori limiti di sequenza deposizionale e sono correlabili con le importanti superfici di discontinuità presenti sul Margine Appenninico Padano.

Nell'area del Foglio, con questo criterio, sono state individuate una *sequenza deposizionale principale* (SD principale) equivalente al supersistema Emiliano-Romagnolo e due *sequenze deposizionali minori* (SD minori) corrispondenti al sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI) e al sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES).

Nell'area dell'intero Foglio, l'evento tettonico di compressione che si manifesta al tetto della successione marina pleistocenica, porta repentinamente *facies sismiche* di sistemi deltizi e costieri sopra a facies sismiche di scarpata e piattaforma esterna; i sistemi deltizi e costieri rappresentano il colmamento della depressione strutturale (*shallowing-up* e *overflowing* *sensu* TANKARD, 1986), compresa tra i due archi strutturali delle Pieghe Romagnole e Ferraresi, e si manifestano come riflettori piano-paralleli con geometria esterna tabulare, frequenza medio-bassa, ampiezza elevata e costante; lo spessore in tempi di questi sistemi non supera i 100 ms. I sistemi di scarpata invece hanno riflettori divergenti o sub-paralleli, cliniformi, di tipo sigmoidale e/o obliquo, con frequenza medio-alta e ampiezza bassa.

Al termine della fase di parossismo tettonico si ha un nuovo assetto paleogeografico e nella porzione basale di AEI, durante la successiva fase di subsidenza isostatica bacinale, si ha l'aggradazione di una facies sismica, più prossimale rispetto a quella sottostante, rappresentata da riflettori a geometria tabulare, spesso discontinui, con ampiezza bassa e frequenza elevata. Questa facies sismica tarata con le facies log di resistività e/o potenziale spontaneo sembra identificare un sistema di piana alluvionale e/o deltizia dominato da una debole attività dei sistemi fluvio-deltizi.

L'AEI può essere scomposto in due porzioni ben distinte:

- 1) una porzione inferiore dominata dalle facies sismiche/log appena descritte che corrisponde ad una fase di sedimentazione, in un contesto di incremento ge-

neralizzato della subsidenza isostatica, che inibisce il trasporto di sedimento grossolano nelle zone depocentrali del bacino

- 2) una porzione superiore dominata, soprattutto nella zona meridionale del Foglio, dalla progradazione repentina di facies sismiche/log regressive di conoide e piana alluvionale correlabile con un evento tettonico a scala regionale di compressione e sollevamento degli archi strutturali (REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998)

La stessa suddivisione non può essere fatta all'interno del sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) per due motivi:

- 1) AES coincide con la SD minore più superficiale e quindi manca della risoluzione sismica necessaria
- 2) nell'area dell'intero Foglio questa sequenza è dominata da facies log di conoide e piana alluvionale e non vi sono più fasi di parossismo tettonico, se non uno a scala minore (vedi Foglio 199, 2005), in grado di riorganizzare in modo apprezzabile i sistemi deposizionali in questione.

Uno studio approfondito dell'AES verrà trattato nei paragrafi successivi.

3. - DISCUSSIONE SULLE SEZIONI STRATIGRAFICHE ALLEGATE AL FOGLIO 202

La metodologia di studio per i depositi quaternari di sottosuolo, che in senso logico succede a quella descritta nel paragrafo precedente, è quella dell'analisi e della correlazione di una fitta maglia di sezioni geologiche, a loro volta correlate con un quadro stratigrafico regionale. La banca dati geognostici utilizzata comprende stratigrafie di carotaggi continui, pozzi per acqua, pozzi petroliferi ed indagini geotecniche (CPTU).

Le sezioni stratigrafiche costruite e allegate, in parte, al Foglio 202 sono state sviluppate e correlate tramite l'utilizzo delle Sequenze Deposizionali (SD) *sensu* MITCHUM *et alii* (1977). Una delle sezioni più interessanti è la sezione E-E'. Con il tratto blu di spessore massimo è tracciata la base del supersistema Emiliano-Romagnolo (*Sequenza Deposizionale Principale*). Con il tratto blu di spessore intermedio è tracciata la base del sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (*Sequenza Deposizionale Minore*).

Nella porzione sommitale della successione marina pleistocenica è ben evidente una forte e repentina progradazione dei sistemi fluvio-deltizi e di piattaforma al di sopra di sistemi di piattaforma esterna/scarpatata. Dall'andamento dell'interfaccia acqua dolce/acqua salmastra (log di resistività dei pozzi AGIP) e dello *stacking pattern* degli ambienti deposizionali, sembra che questa progradazione avvenga in direzione NE e che quindi sia in gran parte dovuta a sistemi deposizionali appenninici.

Sempre nella sezione E-E', vista l'architettura stratigrafica, sembra che questo limite di sequenza registri delle forti erosioni in corrispondenza dell'arco strutturale sepolto delle Pieghe Ferraresi (località Corpo Reno e Palata); il che testimonierebbe la maggiore attività tettonica di queste ultime rispetto alle Pieghe Romagnole (località Castelfranco Emilia) nel Pleistocene inferiore.

La fase di progradazione sopracitata sembra registrare, al suo interno, delle fasi di progradazione e retrogradazione di rango gerarchico inferiore dei sistemi fluvio-deltizi e di piattaforma. Queste fasi sembrano coincidere, vista la loro frequenza, con delle Sequenze Deposizionali di rango gerarchico inferiore dovute alle oscillazioni climatico-eustatiche ed informalmente chiamate Sequenze Deposizionali Climatico-Eustatiche (fig. 7) (SDCE, vedi Foglio 199, 2005). Le SDCE corrispondono anche alle Sequenze Deposizionali Elementari (REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998) e sono unità stratigrafiche appartenenti alla classe delle SD *sensu* MITCHUM *et alii* (1977). In particolare quelle che si sviluppano nel sistema fluvio-deltizio padano sono ben documentate sia nei carotaggi 204-S15, 204-S4 e 204-S16 (vedi Foglio 204, in preparazione) attraverso analisi palinologiche, datazioni al ^{14}C e analisi di facies, che nelle *facies log* dei pozzi Agip limitrofi e sono chiaramente legate ai cicli climatico-eustatici del Pleistocene medio-superiore. Le *facies log* sopracitate sono identiche a quelle dei cicli di progradazione e retrogradazione dei sistemi fluvio-deltizi appartenenti alla porzione sommitale della successione marina pleistocenica del Foglio 202.

Le SDCE, essendo di rango gerarchico inferiore, si sovrappongono al segnale tettonico delle SD principali, producendo uno *stacking pattern* di superfici trasgressive nei sistemi fluvio-deltizi che diventano superfici di disattivazione nei sistemi continentali di piana alluvionale (fig. 10).

La sezione E-E' mostra come nella porzione basale di AEI, con un andamento da sud verso nord, da depositi di piana deltizia si apra, in eteropia di facies, un cuneo sabbioso che raggiunge lo spessore di circa 20 m; il medesimo andamento è visibile nella sezione F-F' procedendo da ovest verso est. Questo corpo è interpretabile, sia a livello di *facies log* e carotaggi (Campo Pozzi AGIP di Corpo Reno) che per il quadro stratigrafico presente nel Foglio 203 "Poggio Renatico", come un corpo depositosi in un contesto marino-marginale o di fronte deltizio e rappresenta la fase di massima trasgressione sedimentaria (*maximum flooding surface*-MFS) all'interno di AEI.

In un quadro stratigrafico regionale (vedi Fogli 203 e 204, in stampa) il sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore passa in eteropia di facies e con una paleogeografia che essenzialmente ricalca la geometria degli archi strutturali sepolti, da sistemi deposizionali di piana deltizia e piana alluvionale nei Fogli 202-203 a depositi fluvio-deltizi e di piattaforma nei Fogli 203-204.

Le sezioni E-E' e F-F' mostrano come la porzione sommitale di AEI sia interessata, soprattutto nel settore meridionale del Foglio, dal ripetersi di cicli de-

posizionali *coarsening upward* (CU) in sistemi prossimali di conoide e piana alluvionale di origine appenninica. Anche questi cicli sembrano coincidere con delle SDCE, ma al contrario di quelli descritti in precedenza si pensa, vista la loro distanza dalla linea di costa, che i fattori allogeni che controllano il loro *stacking pattern* siano la tettonica (subsidenza isostatica) e il clima, mentre l'eustatismo sembra essere un fattore marginale (Jo, 2003).

Anche il sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) è caratterizzato dall'aggradazione di cicli deposizionali tipo CU in sistemi di conoide e di piana alluvionale, che vista l'architettura stratigrafica, sembrano depositi dai paleo-reticoli idrografici del F. Panaro e del F. Reno (Sezioni E-E', F-F').

In particolare i cicli deposizionali della porzione sommitale di AES, che coincidono con delle SDCE (vedi par. successivo), sono stati correlati all'interno di un quadro stratigrafico regionale (in particolare vedi Fogli 203 e 204) e corrispondono ai Subsistemi AES₆, AES₇ e AES₈.

All'interno di AES₇ è possibile riconoscere delle unità stratigrafiche di ordine gerarchico inferiore ai subsistemi ma che corrispondono sempre a delle sequenze deposizionali elementari. Ad esempio nella sezione C-C' (sondaggi 202-S8 e 202-S5, Appendice 1) sono distinguibili dei cicli deposizionali tipo *coarsening upward* alla scala dei 40.000 e dei 20.000 anni (fig. 10). Nella porzione sommitale di AES₇ (unità di Vignola), i cicli deposizionali attribuibili alla scala dei 20.000 anni, sono stati mappati (isobate del tetto delle ghiaie, Foglio Allegato di Sottosuolo) e distinti in AES_{7b} superiore e AES_{7b} inferiore.

4. - CONSIDERAZIONI SULLE SEQUENZE DEPOSIZIONALI CLIMATICO-EUSTATICHE (SDCE) DEL SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE

Da un punto di vista pratico le SDCE si cartografano correlando tra loro sezioni stratigrafiche misurate in affioramento con colonne stratigrafiche ricavate da pozzi e carotaggi. I metodi dell'analisi di facies, applicati essenzialmente sui carotaggi, e i rilevamenti morfo-pedostratigrafici risultano fondamentali in questo genere di correlazione. Le sezioni stratigrafiche del Foglio 202 sono state correlate con un quadro stratigrafico regionale che, soprattutto per quanto riguarda la porzione sommitale di AES, ha il vantaggio di essere noto e calibrato da studi interdisciplinari molto approfonditi (CORREGGIARI *et alii*, 1992; AMOROSI, 1999; AMOROSI *et alii*, 1996c, 1999; DI DIO *et alii* 1997a, b; DI DIO & CAPORALE, 1998; DI DIO & MOLINARI, 2000: dati non pubblicati dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna).

La sismica industriale è comunque utile per osservare e comprendere le relazioni geometriche tra due o più SDCE sovrapposte (fig. 7); infatti gruppi di SDCE

formano quelle associazioni di facies sismiche che consentono di seguire, alla scala di bacino, l'evoluzione paleogeografica dei sistemi deposizionali esposti in precedenza.

Le SDCE sono unità stratigrafiche appartenenti alla classe delle SD *sensu* MITCHUM *et alii* (1977). I limiti delle SDCE sono per gran parte del bacino padano equivalenti a superfici trasgressive, ovvero, per i sistemi continentali, a superfici di disattivazione, che passano a superfici di discontinuità stratigrafica verso il margine appenninico padano.

In particolare nel sondaggio 202-S2 (fig. 15), i subsistemi Bazzano (AES₆) e Villa Verucchio (AES₇), che come esposto in precedenza coincidono con delle SDCE, mostrano al loro interno una successione di facies molto simile. La porzione basale trasgressiva è caratterizzata essenzialmente da depositi fini (argille limose e limi argillosi) di colore grigio e grigio scuro depositi in una piana alluvionale non drenata o in ambienti palustri (laghi effimeri/*shallow-lakes*). Solo raramente vi sono intercalati livelli con accumulo di calcinelli dovuti a processi pedogenetici incipienti; raramente si hanno delle intercalazioni di corpi più grossolani (limi sabbiosi e sabbie limose) di spessore metrico (2-3 m) interpretabili come depositi di argine e rotta fluviale. In particolare nell'AES₇ questi depositi raggiungono una potenza di 27 m (sondaggio 202-S2, Appendice 1) e la loro estensione areale comprende l'intero Foglio 202.

Verso l'alto i subsistemi AES₆ e AES₇ hanno una successione di facies dove i corpi sabbiosi passano da depositi di argine a depositi di riempimento di canale sabbioso o ghiaioso (sondaggi 202-S2, 202-S8 e 202-S7: Appendice 1) (Fig.15). I depositi di canale e argine spesso si sovrappongono lateralmente formando corpi sabbiosi tabulari aventi una notevole estensione areale (vedi Foglio Allegato di Sottosuolo) oppure passano in eteropia di facies a depositi di piana alluvionale ben drenata.

L'architettura stratigrafica di AES₆ e AES₇ (vedi sezioni geologiche del Foglio Allegato di Sottosuolo) può essere riassunta in cicliche espansioni e contrazioni di facies di depositi palustri e di piana alluvionale poco drenata. Anche le facies di riempimento di canale sabbioso e di piana alluvionale ben drenata ripetono le stesse espansioni e contrazioni. I depositi di riempimento di canale sabbioso/ghiaioso aumentano in proporzione, spessore, granulometria ed estensione areale durante la contrazione dei depositi palustri e viceversa.

Da quanto esposto sopra si possono trarre delle considerazioni sui fattori allogenici che controllano l'evoluzione sedimentaria delle SDCE in sistemi deposizionali continentali.

La prima considerazione riguarda l'attività dei sistemi fluvio-deltizi, intesa come capacità di produzione, trasporto e deposizione di sedimento ghiaioso-sabbioso in un intervallo di tempo geologicamente significativo. Oltretutto l'attività dei sistemi fluvio-deltizi sembra molto influenzata dalla copertura vegetale: essa

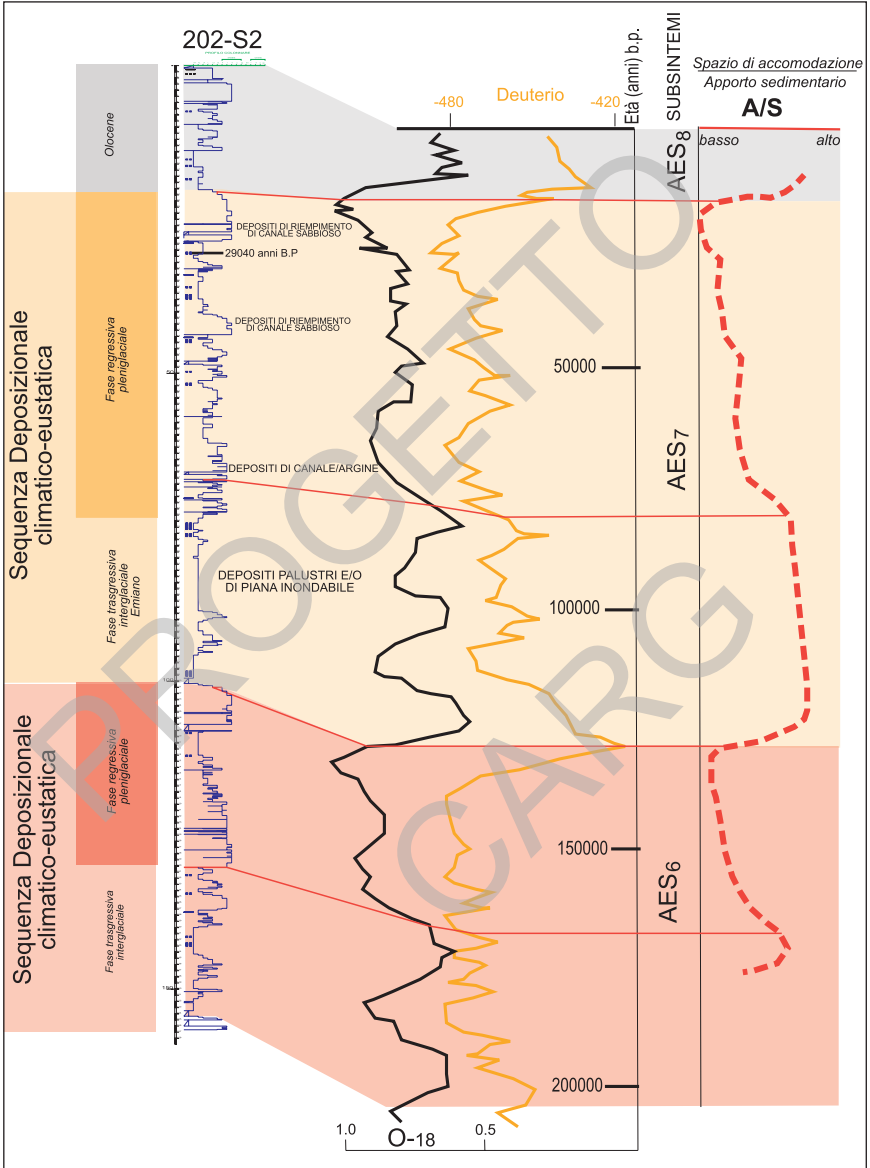


Fig. 15 - Correlazione tra il sondaggio 202-S2 e le curve isotopiche dell' ^{18}O e Deuterio (PETT et alii, 1999) prendendo in considerazione l'evoluzione stratigrafico-sequenziale e le successioni di facies all'interno dei cicli AES₆ e AES₇.

dipende dalla geomorfologia del bacino imbrifero e dalla fase climatica e la sua mancanza permette ad uno stesso evento meteorico di sviluppare nello stesso bacino un evento di piena di potenza maggiore e quindi un maggiore apporto sedimentario. In base ad analisi polliniche fatte su diversi sondaggi (204-S4, 204-S15, ecc.) si vede come durante le fasi di deterioramento climatico, quindi andando verso le fasi glaciali, si avesse una forte diminuzione della copertura vegetale.

Esistono prove osservabili, che le *oscillazioni climatiche*, intese nel senso di modulazioni cicliche della frequenza, dell'intensità e del tipo di precipitazioni, producano *attivazioni e disattivazioni dei sistemi fluvio-deltizi* (fig. 10), vale a dire l'alternarsi di fasi di forte e debole attività relativa del corso d'acqua su scale temporali variabili da poche migliaia di anni a diverse decine di migliaia di anni. La ricostruzione dettagliata delle geometrie dei corpi grossolani (ghiaie e sabbie) nel sottosuolo evidenzia quanto detto sopra (vedi sezioni geologiche del Foglio Allegato).

Una dimostrazione di quanto detto sopra è l'esistenza dei terrazzi fluviali intravallivi (HALL, 1990; BLUM *et alii*, 1994). Nei depositi intravallivi del F. Reno, a sud di Bologna, che verso valle e nel sottosuolo passano in parte ai depositi cartografati e studiati nel Foglio 202, è possibile cartografare più di 20 ordini di terrazzi separati da scarpate erosive fluviali di altezza variabile da alcuni metri ad alcune decine di metri (AMOROSI *et alii*, 1996). Datazioni radiometriche e archeologiche confinano lo sviluppo di quei terrazzi in un intervallo di tempo di circa 120.000 anni. I terrazzi fluviali indicano che su una stessa verticale intravalliva, in concomitanza con il continuo sollevamento della catena, si sono succeduti nel tempo momenti di erosione e momenti di parziale aggradazione sedimentaria fluviale. Detto in altri termini, i terrazzi fluviali intravallivi registrano il ciclico progredire e retrogradare del sistema fluviale stesso.

Passando dai depositi intravallivi terrazzati a quelli di piana alluvionale (Foglio 202), durante le fasi di attivazione fluviale, dove prima aggradavano depositi palustri e di piana alluvionale non drenata, iniziano ad aggradare e progredire associazioni di facies di canale/argine e conoide distale all'interno di una piana alluvionale ben drenata dove, procedendo verso monte, prevalgono i processi sedimentari di erosione *e by-pass*.

Una seconda considerazione riguarda, dato che i sistemi fluviali studiati sono adiacenti al sistema fluvio-deltizio padano, le oscillazioni eustatiche ad alta frequenza desumibili dalle curve del $\delta^{18}\text{O}$ (PETIT *et alii*, 1999 e CHAPPELLAZ *et alii*, 1993). Osservando lo schema stratigrafico in (fig. 10) si nota come le oscillazioni eustatiche, influenzino lo spazio disponibile per la sedimentazione dei sistemi fluviali adiacenti ai sistemi deltizi. In particolare, in base alla ricostruzione stratigrafica di sottosuolo e alle datazioni ^{14}C (sondaggio 202-S8), si nota come lo spazio di accomodazione nelle fasi di caduta eustatica (caduta del livello di base dei sistemi fluvio-deltizi), ipotizzando un tasso di subsidenza costante, sia mi-

nore rispetto alle fasi di risalita del livello del mare. Oltretutto le fasi di risalita eustatica, essendo molto rapide e sviluppandosi, nel caso del bacino padano, su gradienti molto bassi, producono una disattivazione repentina dei sistemi fluviali e un annegamento degli stessi dato dall'espansione di depositi palustri (*shallow lakes*) e di piana inondabile non drenata. Inoltre la risalita eustatica è concomitante ad un repentino aumento delle temperature (curve isotopiche del Deuterio); e a uno *spreading* vegetazionale (documentato dalle analisi polliniche), che inibisce l'apporto sedimentario grossolano. Quanto descritto si può osservare sia in figura 10 che nel Foglio Allegato di Sottosuolo, dove si nota la repentina diminuzione in proporzione, spessore, granulometria ed estensione areale dei depositi di conoide distale e di canale fluviale (carta del tetto delle ghiaie/sabbie) appartenenti al subsistema AES8 (Olocene) rispetto ai medesimi depositi appartenenti alla parte sommitale del subsistema AES7 e sedimentati durante la fase pleniglaciale *Wurm*.

Le datazioni radiometriche e un quadro stratigrafico molto approfondito, sia regionale che all'interno del Foglio 202 (vedi sopra), hanno permesso di correlare alcuni sondaggi con le curve isotopiche dell' $\delta^{18}\text{O}$ e del Deuterio (figg. 10 e 15). Questo schema di correlazione mostra come il sistema fluviale abbia una repentina attivazione e progradazione (vedi anche sezione C-C') proprio in concomitanza di un cambiamento dei fattori allogeni sopra descritti (eustatismo, paleotemperature) che, per le considerazioni fatte in precedenza, sembra portare ad una rapida diminuzione del rapporto tra spazio di accomodazione (A) ed apporto sedimentario (S). Al contrario il sistema fluviale ha una repentina disattivazione e quindi retrogradazione per un rapido aumento del rapporto A/S sempre dovuto ai fattori allogeni citati precedentemente (fig.10).

VIII - CARTOGRAFIA

Alla Carta Geologica in scala 1:50.000 è stato aggiunto un Foglio Allegato, che esprime attraverso oggetti diversi la “geologia di sottosuolo”. Le informazioni ricavabili dal Foglio Allegato alla Carta Geologica, combinate con quelle derivate dalla lettura della Carta Geologica e delle sezioni geologiche, consentono la ricostruzione tridimensionale dei corpi sedimentari di maggiore interesse nell’area in esame.

Nei due paragrafi seguenti vengono evidenziati gli elementi principali (unità stratigrafiche e sistemi deposizionali) dei prodotti cartografici presentati in questa edizione del Foglio 202. Le sezioni geologiche non verranno prese in considerazione in quanto già discusse nei paragrafi precedenti.

1. - CARTA GEOLOGICA

La Carta Geologica, in scala 1:50.000, descrive distribuzione e caratteristiche litologiche e di facies delle unità stratigrafiche contenute nel supersistema Emiliano-Romagnolo, affioranti e subaffioranti nell’area del Foglio 202.

I depositi di superficie cartografati si riferiscono interamente al subsistema più recente (subsistema di Ravenna - AESg) appartenente al sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES). L’unità cartografica di rango gerarchico più piccolo è l’unità di Modena (AESg_a) che costituisce la parte sommitale di AESg. Essa affiora in gran parte dell’area del Foglio, ad eccezione del settore nel quadrante sud-occidentale.

All’interno delle unità geologiche sono state distinte differenti classi granu-

lometriche dominanti corrispondenti ad associazioni di facies (ad es. argille e argille limose di piana inondabile, ecc.; vedi legenda allegata alla Carta Geologica) che caratterizzano i diversi sistemi deposizionali presenti.

Nel suo complesso il subsistema di Ravenna è così suddiviso: a) ambienti fluviali di argine distale e di bacino interfluviale a composizione fine, limo-argillosa e b) depositi di canale e argine a composizione prevalentemente sabbiosa. Gli unici depositi ghiaiosi affioranti, espressione di riempimento di canale fluviale, si rinvencono solo in prossimità del reticolo idrografico del F. Panaro (vedi Carta Geologica).

Il subsistema AESg affiora nel margine SO del Foglio ed ha un'estensione di circa 125 km²; al suo interno sono stati distinti i depositi di canale ed argine dai depositi di piana inondabile, sulla base dei dati tessiturali e degli studi condotti nel Foglio limitrofo 220 (in stampa). La superficie sommitale è generalmente interessata da pedogenesi, anche se il grado di alterazione (es. spessore e grado di decarbonatazione) decrescono progressivamente da SO verso NE fino ad essere ricoperti dai depositi più recenti di AES_{8a} (vedi sezione A-A'). Le relazioni morfodeposizionali ed i caratteri tessiturali mostrano come sia riconoscibile un settore di piana inondabile, posto ad est di S. Agata Bolognese, che separa ad est, depositi di canale e argine attribuibili, molto probabilmente, al T. Samoggia, da quelli attribuibili al F. Panaro ad ovest.

In AES_{8a} è possibile ricostruire con maggiore dettaglio l'evoluzione sottocorrente dei depositi della piana alluvionale. In particolare si notano i due grossi paleo-apparati di canale e argine, attribuibili al fiume Panaro e al sistema fluviale Reno-Samoggia, separati da un'area di bacino interfluviale di notevole estensione (circa 71 km²). Le geometrie morfodeposizionali di questi depositi sono allungate in senso nord-sud. I depositi di canale e argine attribuibili al F. Secchia si trovano nel margine NO del Foglio.

L'evoluzione tardo-olocenica della rete idrografica del Foglio 202 verrà trattata in Appendice 2 approfondendo gli aspetti della Carta Geologica sopra citati.

2. - FOGLIO ALLEGATO DI SOTTOSUOLO

La cartografia geologica di sottosuolo si realizza sulla base di dati puntuali e su processi di interpolazione, volti all'identificazione delle relazioni spaziali tra corpi sedimentari. L'obiettivo delle carte di sottosuolo è la definizione dell'architettura stratigrafica di una data area, attraverso l'identificazione e la caratterizzazione di superfici di discontinuità e dei confini tra associazioni di facies. La definizione dettagliata dell'assetto stratigrafico nel sottosuolo ha una grande importanza a fini pratici, divenendo la base scientifica fondamentale per studi legati a subsidenza, protezione del suolo, ricerca e sfruttamento delle risorse idriche, ecc..

Nel Foglio Allegato alla Carta Geologica in scala 1:50.000 sono riportati:

- a) il “tetto delle ghiaie e sabbie alluvionali dei Subsintemi di Ravenna (AES8) e di Villa Verucchio (AES7);
- b) il tetto delle argille organiche palustri appartenenti al subsintema di Ravenna.

Per la costruzione della carta delle isobate di tetto di questi depositi, riportata in allegato, sono stati utilizzati 546 sondaggi geognostici (carotaggi continui e pozzi per acqua) e 563 prove penetrometriche. Tali dati costituiscono solo una parte del totale dei dati disponibili, poiché non tutti i dati raccolti sono stati giudicati attendibili e solo una parte raggiunge profondità significative per l’obbiettivo proposto. Essendo dati puntiformi si è proceduto a una estensione del loro significato mediante interpolazione lineare e attraverso l’utilizzo di una fitta maglia di sezioni geologiche. L’attendibilità della carta è strettamente legata alla densità dei dati oltre che alla geometria dei depositi; di conseguenza un tale elaborato è soggetto a continue correzioni derivanti dall’acquisizione di nuovi dati.

I depositi grossolani (ghiaie e sabbie) cartografati hanno uno spessore minimo di 3 m e nei diagrammi penetrometrici le sabbie presentano valori di resistenza alla punta > 10Mpa.

Nella Carta del tetto delle ghiaie/sabbie sono indicati:

- la appartenenza stratigrafica e la quota del tetto delle ghiaie (o sabbie) con isobate riferite al livello del mare;
- i depositi ghiaiosi affioranti e quelli sepolti.

L’unità più nota e ricostruita in sottosuolo in modo completo è l’unità di Vignola (AES7b), che coincide con la parte regressiva sommitale più marcatamente grossolana del subsintema di Villa Verucchio (AES7). Tale ricchezza di informazioni, particolarmente nei quadranti meridionali ove essa è più continua, è dovuta al fatto che l’unità di Vignola è l’unità ghiaiosa più superficiale, a geometria tabulare e solo in parte nastriforme, ad ampia diffusione nel sottosuolo; infatti in essa si concentra la gran parte dei pozzi per acqua presenti nel Foglio 202. Questi depositi ghiaioso sabbiosi di conoide distale e di riempimento di canale fluviale registrano una repentina fase di attivazione dei sistemi fluviali a scala regionale (vedi sezioni C-C’, D-D’ e titolo VII). Oltretutto nella carta del tetto delle ghiaie e sabbie dell’unità di Vignola è stato possibile distinguere, nel settore occidentale del Foglio, due intervalli sovrapposti appartenenti entrambi alla unità di Vignola (AES7b sup. e AES7b inf.). L’unità sovrastante, subsintema di Ravenna, presenta estensione delle ghiaie limitata al settore sud-occidentale del Foglio, in prossimità del reticolo idrografico del F. Panaro ed una geometria complessivamente nastriforme.

La differente distribuzione areale delle ghiaie tra il subsintema di Ravenna e l’unità di Vignola appare evidentemente legata al diverso regime idraulico dei corsi d’acqua che si è avuto durante le fasi glaciali, espresse nell’unità di Vignola, e durante le fasi inter-glaciali e temperate, che caratterizzano invece

la deposizione di AES₈ (vedi titolo VII). Durante la deposizione dell'unità di Vignola sembra che i fiumi Panaro, Samoggia e Reno abbiano costruito un vero e proprio apparato di conoidi distali coalescenti con un'estensione dei depositi ghiaiosi di circa 60 km²; mentre l'estensione complessiva dei depositi grossolani (ghiaie e sabbie) di AES_{7b} raggiunge i 203 km² rispetto ai 16 km² dei depositi ghiaiosi appartenenti al subsistema di Ravenna.

Nelle aree più distali è stato possibile ricostruire la distribuzione nel sottosuolo del passaggio tra ghiaie e sabbie appartenenti all'unità di Vignola. La distribuzione delle sabbie si è sviluppata nelle aree sottocorrente rispetto alle ghiaie con estese fasce nastriformi.

La differente estensione dei depositi appartenenti ad AES₇ e AES₈ si riflette proporzionalmente sulle rispettive geometrie nastriformi: le sabbie coalescenti di migrazione e riempimento di canale di AES_{7b} hanno un'estensione laterale di circa 3-4 km, mentre i medesimi depositi grossolani di AES₈ raggiungono un'estensione laterale di circa 0,7-0,8 km. Le aree prive di ghiaie e sabbie sono limitate essenzialmente ai quadranti settentrionali del Foglio 202.

Il secondo elaborato si riferisce alle isobate di tetto, sempre riferite al livello del mare, dei depositi prevalentemente argillosi e limosi, ricchi di sostanza organica, di origine palustre. I depositi cartografati hanno uno spessore minimo di 2 m e sono limitati al settore nord-orientale del Foglio 202 raggiungendo un'estensione di circa 30 km².

Nelle CPTU questi depositi si caratterizzano per i valori particolarmente bassi di resistenza alla punta (< 10 kg/cm²) e di attrito laterale (che spesso è al di sotto della risoluzione strumentale), nonché valori molto alti di sovrappressione interstiziale che si accompagnano a tempi di dissipazione particolarmente lunghi (AMOROSI & MARCHI, 1999).

Questi depositi hanno una certa rilevanza dal punto di vista applicativo perché individuano una fascia di sedimenti sepolti contraddistinti da caratteristiche geotecniche scadenti, alta comprimibilità e da una sostanziale impermeabilità.

APPENDICE 1

STRATIGRAFIA DEI SONDAGGI
















In questa appendice sono riportate le stratigrafie descrittive dei 13 sondaggi a carotaggio continuo eseguiti appositamente per la realizzazione della Carta Geologica (sondaggi del progetto CARG). L'ubicazione dei sondaggi è illustrata in figura 4, nella Carta Geologica di Superficie e nel Foglio Allegato di Sottosuolo.

Nelle stratigrafie riportate in appendice è illustrato:

- il profilo granulometrico in termini di contenuto in argilla, limo e sabbia;
- il contenuto in sostanza organica;
- i paleosuoli;
- la presenza di alcuni costituenti particolari (es. fossili e legni);
- le strutture sedimentarie;
- l'età rilevata al carbonio ^{14}C ;
- le associazioni di facies;
- le unità stratigrafiche a cui viene riferito il singolo intervallo.

LEGENDA DELLE STRATIGRAFIE DEI CAROTAGGI

simboli

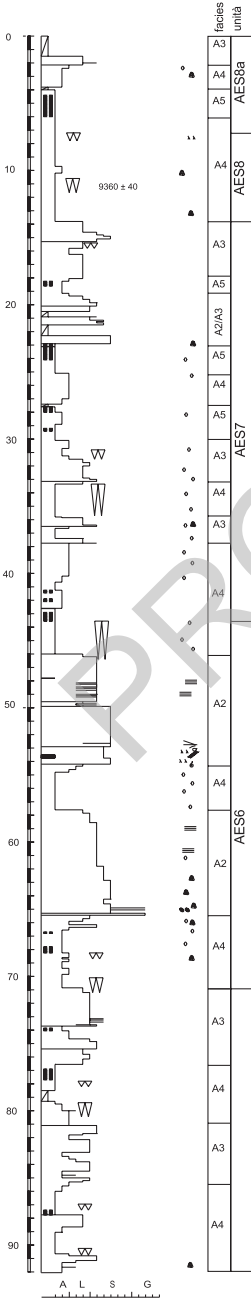
16.7 m s.l.m.	quota del piano campagna riferita al livello del mare
	intervallo non recuperato o fortemente disturbato
	tracce di sostanza organica
	abbondante sostanza organica diffusa e torbe
	frustoli vegetali
	frammenti di legno
	fossili
	fossili continentali
	fossili marini
	radici
	bioturbazione diffusa
	clasti di argilla
	fessure di essiccazione
	fitta laminazione pianoparallela
	laminazione obliqua e angolo massimo osservato
	suolo evoluto (parzialmente o totalmente decarbonatato)
7420 ±60	età ¹⁴ C in ka b.p. non calibrata
A	argille
L	limi
S	sabbie
G	ghiaie

associazioni di facies

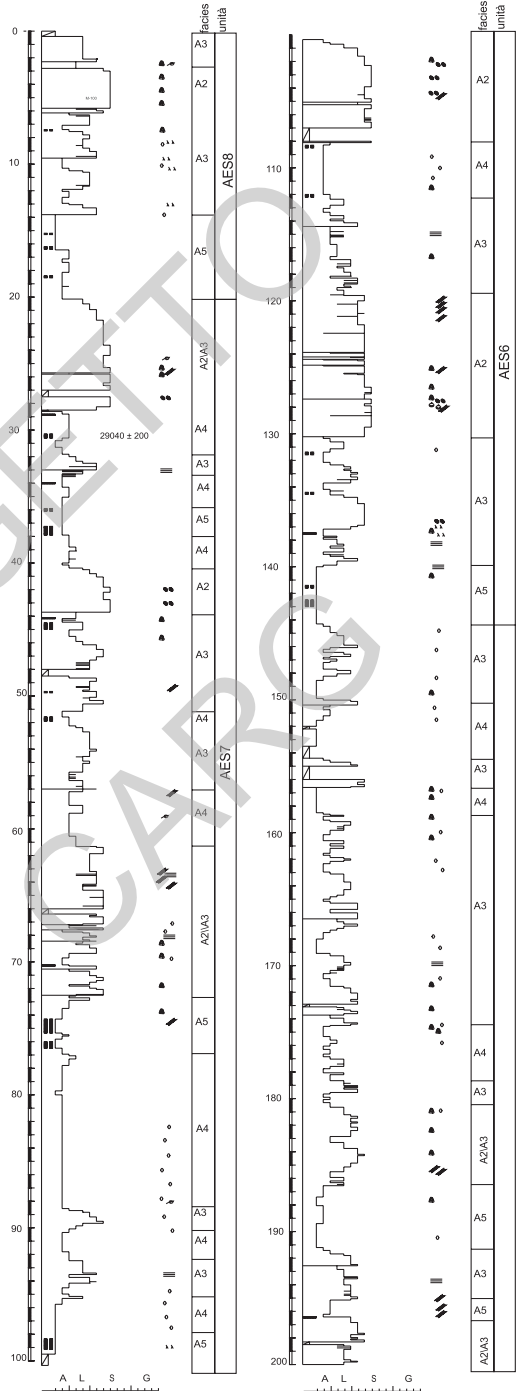
DEPOSITI ALLUVIONALI

A1	ghiaie di riempimento di canale fluviale
A2	sabbie di riempimento di canale fluviale
A3	alternanze di sabbie, limi ed argille di argine e di rotta fluviale
A4	argille e limi di piana inondabile
A5	argille e limi con sostanza organica palustri

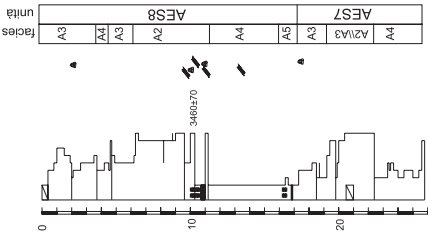
202-S1
13,6 m s.l.m.



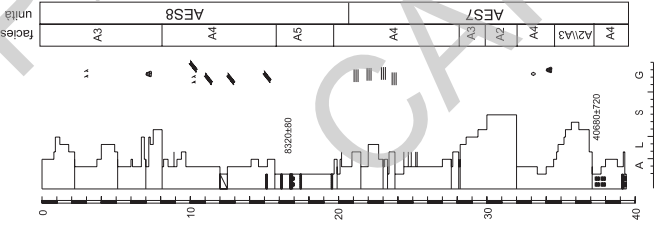
202-S2
19 m s.l.m.



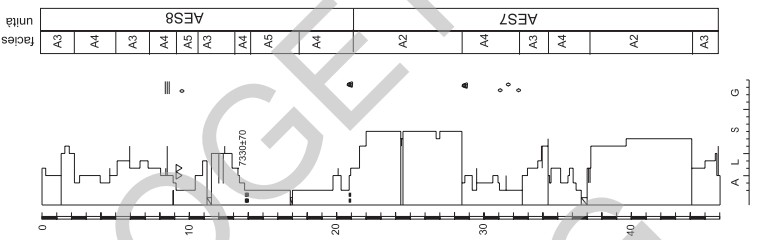
202-S3
19.6 m s.l.m.



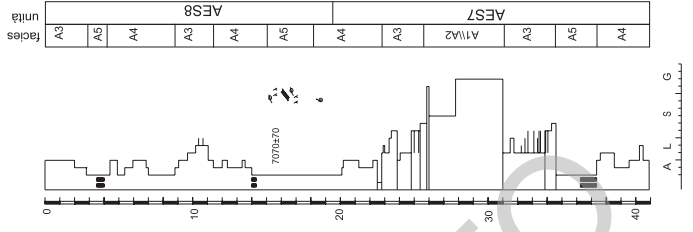
202-S4
23.1 m s.l.m.



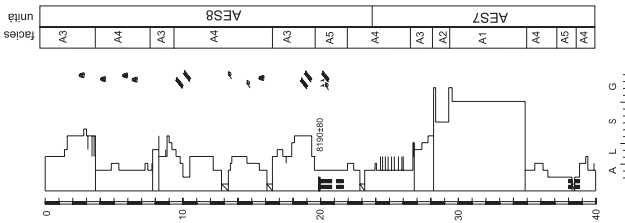
202-S5
23 m s.l.m.



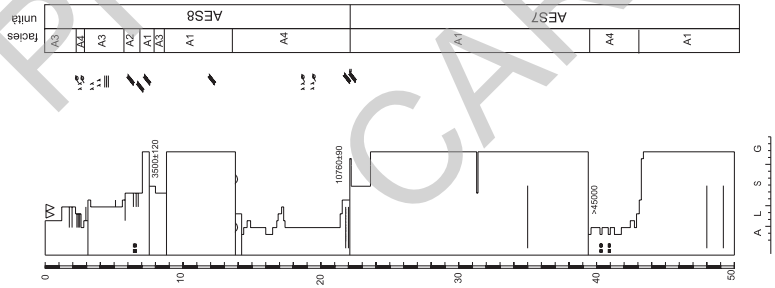
202-S6
25.5 m s.l.m.



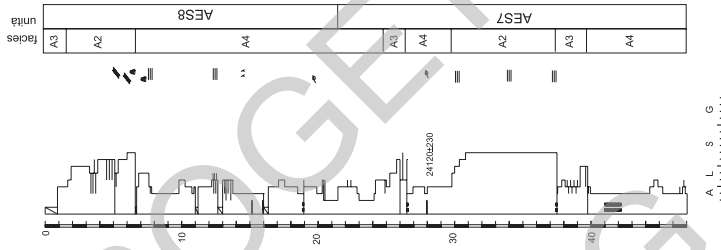
202-S7
24 m s.l.m.



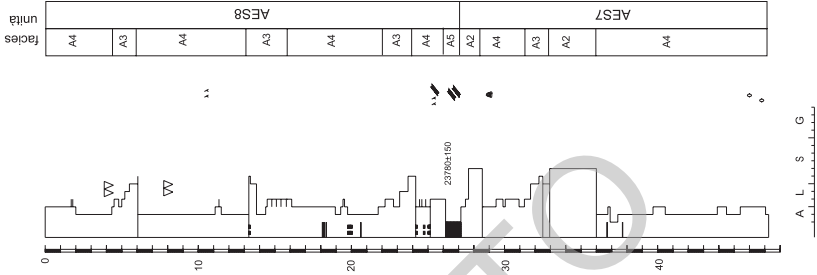
202-S8
38.7 m s.l.m.



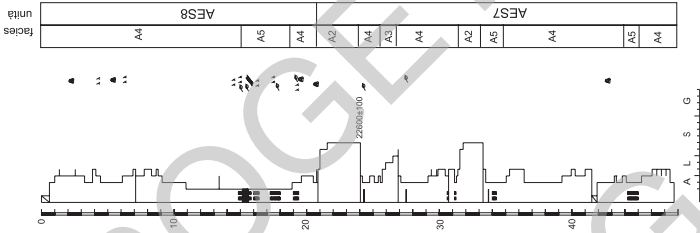
202-S9
23.7 m s.l.m.



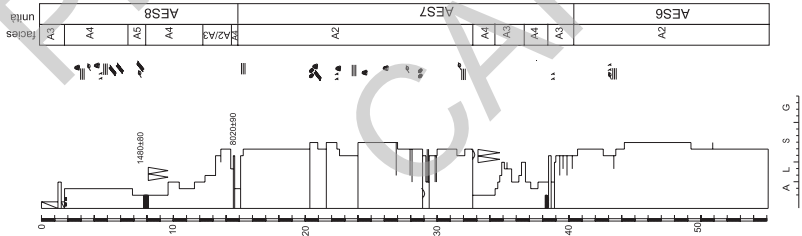
202-S10
18.5 m s.l.m.



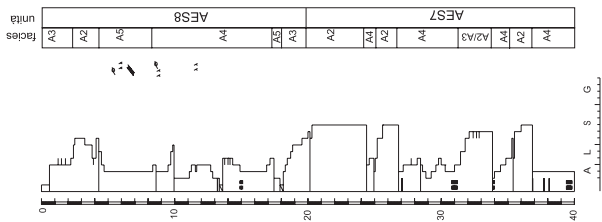
202-S13
16.7 m s.l.m.



202-S12
14.7 m s.l.m.



202-S11
17.9 m s.l.m.



APPENDICE 2

**L'APPLICAZIONE DELLA BANCA DATI ARCHEOLOGICA ALLA
CARTOGRAFIA GEOLOGICA DI PIANURA**
(a cura di I. Di Cocco)

1. - INQUADRAMENTO REGIONALE

L'origine relativamente recente della pianura e il ruolo che l'uomo ha avuto nella sua sistemazione e nel suo sfruttamento fanno sì che uno studio storico sul popolamento antico rivesta grande importanza nell'interpretazione e datazione delle unità geologiche di superficie. La presenza o meno dell'uomo e la diversa profondità dei resti archeologici sono, infatti, elementi che aiutano a comprendere e datare i processi di formazione dei suoli e delle morfologie, specialmente se il dato archeologico non è utilizzato in modo meccanico come indicazione sulla profondità dei resti antichi, ma se si procede ad una sua contestualizzazione all'interno della storia del popolamento del territorio e delle diverse forme di occupazione e insediamento.

In questo modo è possibile giungere ad una lettura approfondita delle dinamiche insediative antiche e delle trasformazioni del territorio, riconoscendo le tracce dei cambiamenti ambientali che, a diversa scala, hanno causato la cancellazione o al contrario la conservazione degli assetti territoriali antichi. Tale lettura, svolta con una metodologia storico-topografica che valorizzi tutte le fonti a nostra disposizione per la comprensione dei fenomeni a monte delle trasformazioni del territorio, permette di cogliere i fattori antropici che ne hanno condizionato l'evoluzione, evitando un rigido determinismo legato all'analisi univoca delle condizioni ambientali e climatiche.

Il settore preso in esame corrisponde sostanzialmente a zone di bassa e media pianura, a valle della via Emilia, in cui il paesaggio è stato modellato nei secoli principalmente dall'azione dei fiumi, che con i loro mutamenti di corso e l'apporto dei loro sedimenti hanno profondamente modificato l'assetto territoriale. Solo negli ultimi secoli infatti si è giunti a determinare la situazione che possiamo osservare attualmente, spesso intervenendo artificialmente con opere di grande portata. Si pensi ad esempio al corso odierno del Reno, che solo dopo la Rotta Panfilia, nella prima metà del XVIII secolo, ha iniziato a delinearsi il Reno attuale, con l'immissione di uno dei canali di rotta nel Cavo Passardo; sistemazione completata nel 1771-2 con il drizzagno tra Rotta Panfilia e Cavo Passardo e inalveamento da questo al Cavo Benedettino.

È necessario quindi soprattutto cercare di ricostruire i mutamenti della rete idrografica per riuscire a datare le unità geologiche affioranti, distinguendo le zone in cui i suoli antichi si sono conservati sostanzialmente stabili, grazie alla presenza di macrostrutture sopraelevate e all'assenza di imponenti mutamenti della rete idrografica, da quelle in cui gli antichi piani di calpestio sono coperti da metri e metri di nuovi strati alluvionali.

Per tale studio sono preziose da un lato le testimonianze di documenti d'archivio e della cartografia storica, che forniscono numerosi elementi dal Medioevo ad oggi, mentre dall'altro è necessario rivolgersi soprattutto alle fonti classiche e all'archeologia per la ricostruzione dei mutamenti più antichi.

In questo senso il progetto ha raccolto tutti i dati archeologici editi riferibili a siti ubicabili con precisione sufficiente, ponendo particolare attenzione a quelli di cui era nota la profondità dei ritrovamenti e l'eventuale individuazione di piani di calpestio antichi. È stato così possibile individuare, all'interno di un territorio caratterizzato da suoli piuttosto recenti, aree in cui al contrario i suoli antichi sono sostanzialmente affioranti, come l'ampia conoide compresa tra la via Emilia, Nonantola e S. Giovanni in Persiceto o il dosso che si snoda a nord di Bologna verso S. Giorgio di Piano e S. Pietro in Casale, fino a S. Vincenzo (fig. 16).

È stato inoltre possibile distinguere fra zone in cui l'attività alluvionale dei fiumi ha completamente cancellato le tracce del paesaggio antico, con eventi spesso rovinosi, da altre in cui nonostante il piano antico risulti sepolto da più di un metro di depositi sono sopravvissute tracce della centuriazione anche consistenti, segno di processi meno catastrofici e più gradualmente, che hanno permesso il periodico ripristino di canali d'irrigazione e limiti catastali che non avevano perduto la loro funzionalità per l'organizzazione delle campagne. Sono questi i casi rispettivamente dell'area centese, dove le numerose rotte del Reno medievale hanno sepolto con 3-5 metri di depositi il piano antico, e di quella di Crevalcore, dove pur in assenza di siti antichi affioranti la centuriazione romana risulta progressivamente risistemata, tanto che anche il centro urbano, fondato ex-novo intorno al 1227, la assume come riferimento per il proprio sviluppo urbanistico (fig. 17).

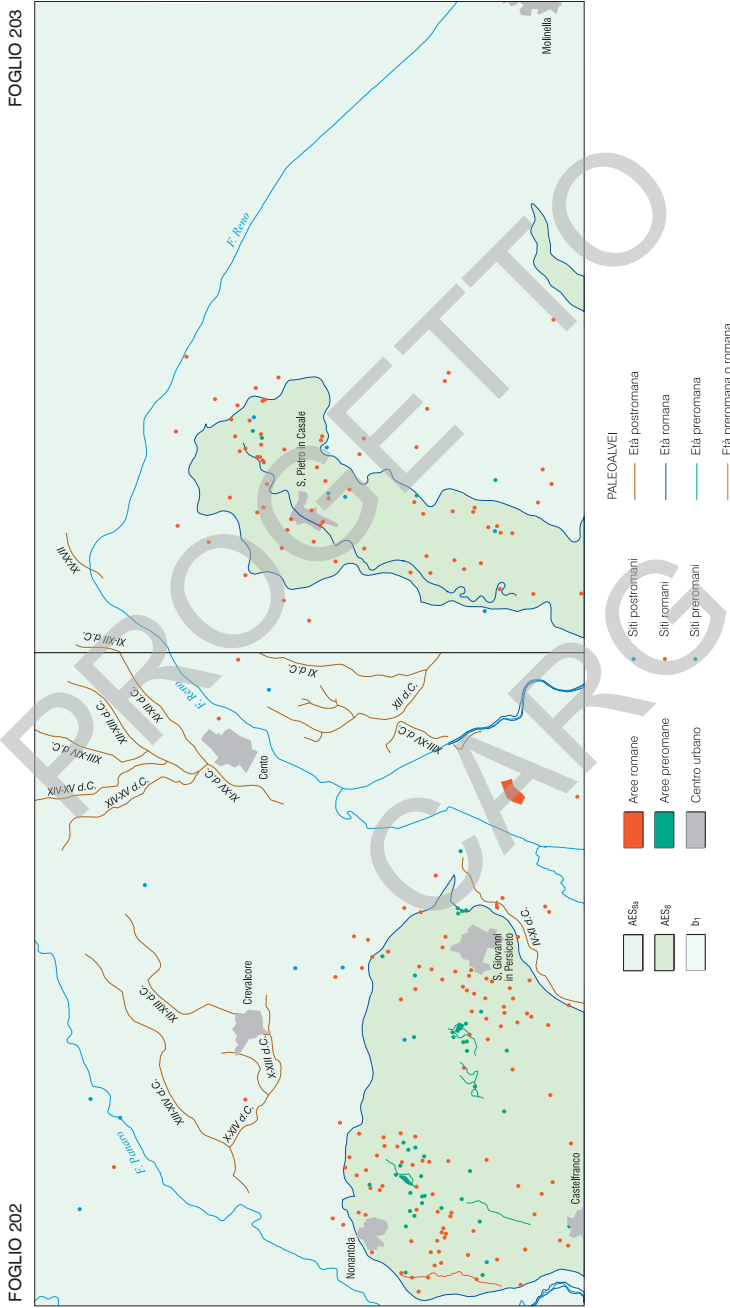


Fig. 16 - Distribuzione dei siti archeologici, affioranti e sepolti, nell'area considerata. I ritrovamenti sono naturalmente più frequenti nelle aree dove il suolo antico è meglio conservato.

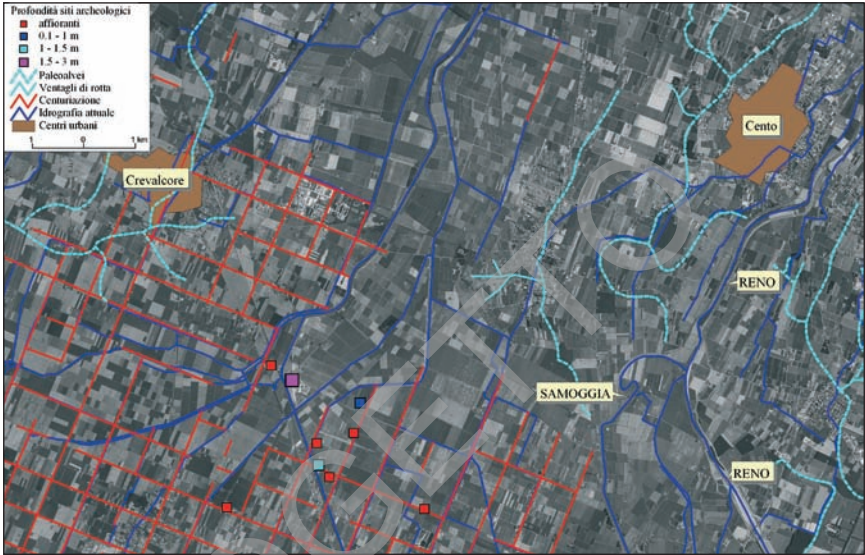


Fig. 17 - Diversa conservazione della centuriazione romana nelle zone di Crevalcore e di Cento, condizionata dai mutamenti di corso rispettivamente del Panaro e del Reno.

Lo studio della distribuzione dei siti antichi, delle fonti scritte classiche e medievali e delle tracce geomorfologiche degli antichi alvei ha inoltre permesso di delineare la datazione dei principali cambiamenti di percorso dei fiumi presenti nell'area di esame. Molti di questi dati sono già stati presentati da studi specialistici, talora con risultati e posizioni contrastanti;¹ si ritiene dunque utile darne una panoramica di sintesi, non priva peraltro di alcuni elementi di novità.

PANARO. Il fiume, chiamato in età romana *Scoltenna*² e dal corso sostanzialmente stabile fino a Vignola, ha depositato un'ampia conoide che si estende a valle della via Emilia da Nonantola a S. Giovanni in Persiceto. La superficie di questa appare sostanzialmente stabile, come anticipato, ed era probabilmente solcata in antico dal fiume, come mostrano numerosi dossi sopra cui affiorano resti archeologici. In particolare è stato ipotizzato di riconoscere un corso più antico, databile al II millennio a.C., per Piumazzo - Manzolino - San Giovanni in Persiceto, lungo cui si dispongono importanti insediamenti dell'età del bronzo come Rastellino e

¹ Si vedano specialmente CREMASCHI *et alii*, 1980; UGGERI, 1987; GASPERI *et alii*, 1987; CASTALDINI, 1989; CALZOLARI, 1989; FUOCO *et alii*, 1999; CASTALDINI, 2001; MAZZERI, 2004.

² Il nuovo nome, già attestato nel IX secolo d.C., potrebbe essere legato ad uno dei cambiamenti di corso del fiume, probabilmente ad uno dei più importanti, ad esempio all'abbandono del percorso romano per Panzano per quello più occidentale ai margini della conoide.

Montironi di S. Agata (siti F202_030 e 010 in fig. 18). Il fiume quindi avrebbe proseguito la sua corsa nella zona di Cento, negli alvei che saranno ripercorsi dal Reno a partire dal X secolo d.C.. Studi più recenti hanno portato ad ipotizzare che il paleoalveo di Manzolino sia ancora più antico, e sostanzialmente non più attivo nell'età del bronzo, quando avrebbe catturato solo acque di risorgive.³ Tale ipotesi appare confermata dal fatto che è possibile individuare un altro paleoalveo più occidentale, tra Panzano e Nonantola, che può essere identificato come il Panaro dell'età del Bronzo. Tra Castelfranco e Nonantola infatti il fiume ha lasciato alcuni dossi ben marcati, in passato generalmente attribuiti ad età romana. Tuttavia la presenza di molti siti affioranti in superficie, tra cui numerosi databili all'età del Bronzo, alcuni di recente scoperta, come la terramara di Gaggio (F202_156),⁴ altri ben noti da tempo, come la terramara di Redù (F202_009),⁵ portano ad una datazione più antica di tale dossi, e in particolare del paleoalveo di Panzano, che avrebbe attratto il popolamento attorno alle sue sponde, e che avrebbe mantenuto tale attrattiva nell'età del Ferro (fig. 18). Il Panaro poi si sarebbe spostato verso il margine occidentale della conoide, forse già nella stessa età del Ferro, a cui si data il sito F202_089, localizzato nei pressi di un ulteriore paleoalveo che da Gaggio si dirige verso Bagazzano, affiancato a sua volta da insediamenti romani. È quindi ricostruibile una progressiva migrazione verso ovest del fiume in epoca pre-protostorica, continuata in età romana e recente. In particolare concordiamo sull'identificazione del Panaro romano con la direttrice che da San Cesario passa ad est di Villa Graziosa, e che intersecava la via Emilia nella zona della Madonna degli Angeli, dove è stata rinvenuta una grande quantità di anfore conficcate nel terreno, che costituivano probabilmente il sottofondo dell'Emilia in un tratto dal difficile drenaggio, e dove la via consolare cambia leggermente il suo orientamento, verosimilmente in corrispondenza dell'attraversamento del fiume.⁶ A nostro parere poi, a valle della Madonna degli Angeli, il fiume si dirigeva proprio verso la zona di Gaggio, ai margini della conoide, verso il paleoalveo occidentale sopra identificato. Lo spostamento del Panaro in questo settore è provato anche

³ Tale funzione di cattura si mantenne nel tempo, tanto che anche la centuriazione romana risulta danneggiata in quest'area limitata, mentre un "Rivo Mortuo" è ancora attestato in documenti di età longobarda (BOTTAZZI, 1997, p. 181).

⁴ La piccola terramara, individuata da recentissimi scavi, è coeva alla fase più antica di quella di Redù (AA.VV. Atlante, 2003, p. 108). In una relazione preliminare alla pubblicazione degli scavi si è già ipotizzato che sia Gaggio sia Redù fossero toccati nell'età del bronzo dal medesimo paleoalveo del Panaro (BALISTA *et alii*, 2003), tesi presentata anche nell'Atlante Storico Ambientale Urbano di Modena (MAZZERI, 2004) e che concorda con le nostre conclusioni.

⁵ Alcuni siti di recente scoperta sono prossimi alla terramara di Redù (F202_078-082): è molto probabile quindi che i resti individuati nelle ricognizioni di superficie siano stati spostati con il terriccio tolto dalla cava legata alla terramara stessa, secondo un uso ben noto e documentato.

⁶ PELLEGRINI (1995), pp. 145-146.



Fig. 18 - Proposta di datazione dei paleoalvei del Panaro tra la via Emilia e Nonantola.

dalla cancellazione della centuriazione nella zona attorno all'alveo attuale, che ha costretto anche la via Emilia ad effettuare una deviazione dal suo tracciato originale, mentre tutta l'area a sud-est di Nonantola appare caratterizzata dall'affioramento di numerosissimi siti, e quindi da una sostanziale conservazione del piano di calpestio antico, tutt'al più disturbata dalla presenza di scoli superficiali come lo Scolo Sanaro/Fossetta Rubbiara (si veda ancora la figura 18).

Il fiume poi poteva proseguire verso le valli di Crevalcore, oppure continuare verso nord in direzione di Solara e San Felice, lungo un dosso caratterizzato dalla presenza di qualche sito romano affiorante non distante dalle sue sponde nei pressi di S. Felice, e di siti altomedievali e medievali sui suoi spalti.

La ricostruzione dei cambiamenti di alveo del Panaro non appare semplice, anche per la presenza di numerose citazioni dello Scoltenna, non sempre riferibili al corso principale del fiume, ma a suoi rami secondari.

Si può ritenere comunque che in età tardoantica o altomedievale il fiume sia andato dapprima a sfruttare tratti di antichi canali della centuriazione, salendo da Navicello (dove è attestato già nel 1009) a Bomporto lungo un cardine e di lì a Ravarino (dove è presente nel 1030) e Guisa Pepoli lungo due decumani. In questa zona il Panaro avrebbe seguito diversi tracciati tra il IX e il XIV secolo, spostandosi progressivamente verso ovest e lasciando numerose citazioni nei documenti e numerose tracce sul terreno), fino a che attorno al 1347 venne inalveato

nel vecchio canale di Modena, corrispondente al percorso Bomporto - Solara - Camposanto - Finale Emilia - Bondeno e, in linea di massima, al percorso attuale del fiume. Infine non ci sono elementi per datare la sistemazione attuale del tratto tra Solara e Finale, mentre il taglio del “Ramo della Lunga”, ossia dell’ampia curva che il Panaro descriveva tra Finale e Santa Bianca, risale al XIX secolo.

SAMOGGIA. Il corso del torrente non è stato tanto studiato quanto i vicini e più importanti alvei del Panaro e del Reno, anche se ad esso sono stati dedicati alcuni studi recenti.

Per quanto riguarda le fasi più antiche, è stato ipotizzato che proprio il Samoggia, piuttosto che il Panaro, abbia lasciato nell’età del bronzo il dosso di Piumazzo e le sue continuazioni. Esso secondo un’altra lettura avrebbe percorso i tre dossi ad occidente di quello del Panaro, che solcano il territorio tra Manzolino, Tivoli ed Amola. In effetti questa zona è caratterizzata da una perfetta conservazione della centuriazione e molti siti romani affioranti, quindi sicuramente essa è morfologicamente stabile da millenni. Tale caratteristica di zona rilevata e difficilmente inondabile spiega anche il concentrarsi del popolamento. In epoca romana probabilmente il Samoggia doveva costituire per un tratto il confine fra i territori



Fig. 19 - I cambiamenti di corso del T. Samoggia hanno cancellato la centuriazione e sepolto i siti archeologici ad ovest di San Giovanni in Persiceto (sono evidenziate le quote dei siti rinvenuti ad 1 m o più di profondità).

di Modena e Bologna, e scorrere all'altezza della via Emilia non distante dall'attuale Ponte Samoggia, probabilmente poco più ad ovest, nella fossa Vecchia, che ancora oggi costituisce il confine provinciale. In prossimità dell'incontro tra la via Emilia e il Samoggia doveva trovarsi la stazione di *Ad Medias*, posta, come dice il nome, a metà distanza tra Modena e Bologna. Il corso attuale del Samoggia invece a Calcara si immette in un cardine della centuriazione, e quindi è ad esso posteriore. Più a valle il percorso doveva ricalcare il lungo dosso di Castagnolo, la cui datazione oscilla tra l'epoca romana e quella medievale. Tuttavia la discreta conservazione di un cardine centuriale alla sua sommità fa propendere verso la prima ipotesi, mentre successivamente il Samoggia deve aver cambiato frequentemente percorso, anche se con spostamenti dell'ordine di qualche centinaio di metri o al massimo di un paio di chilometri. I suoi spostamenti hanno causato la totale cancellazione della centuriazione a est e sud-est di S. Giovanni in Persiceto, mentre ad ovest essa risulta perfettamente conservata. La stessa azione ha inoltre naturalmente causato l'interro del piano di campagna antico, confermato da alcuni scavi, che hanno portato alla scoperta di consistenti depositi sabbiosi lasciati dal fiume (fig. 19)

RENO. Il fiume Reno è sicuramente il responsabile dei maggiori cambiamenti del tratto di pianura in esame, e la sua sistemazione idraulica ha causato numerosissimi problemi fino a tempi molto recenti, specialmente per la difficoltà del suo deflusso nel Po o in mare.

In età romana il Reno scorreva più ad est di oggi, in corrispondenza dell'imponente dosso che corre dalla periferia nord-occidentale di Bologna fino a S. Vincenzo: il fiume era superato dalla via Emilia dal ponte sito subito ad ovest di S. Viola, 300 m ad est dell'attuale, e proseguiva verso Pescarola (dove nel X secolo è ancora attestato un porto bolognese), Corticella, Castelmaggiore, Funo, S. Giorgio di Piano, S. Pietro in Casale, S. Vincenzo, S. Prospero, Poggio Renatico. Come anticipato, questa è una delle poche zone del foglio 203, adiacente, in cui si sono conservati i suoli antichi, per l'imponenza dei depositi fluviali lasciati in epoca romana, che hanno creato una zona rialzata e non più esondabile, come mostra anche l'andamento dell'idrografia attuale. Più in particolare sembra che il Reno abbia più volte mutato leggermente di corso, come paiono indicare le numerose tracce di paleocanali e di ventagli di rotta,⁷ di cui sono stati riportati solo i principali (fig. 20). La lettura di alcune di queste tracce è resa difficoltosa dagli insediamenti attuali, che si collocano sui maggiori alti morfologici, corrispondenti forse agli apici di piccoli ventagli di rotta e alla sommità di antichi dossi fluviali. I depositi lasciati dal Reno possono essere genericamente riferiti ad età antica, specialmente sulla base del grado di alterazione riscontrato nei dati pedo-

⁷ Alcuni di essi sono certamente molto antichi, in quanto sui loro depositi affiorano materiali romani.

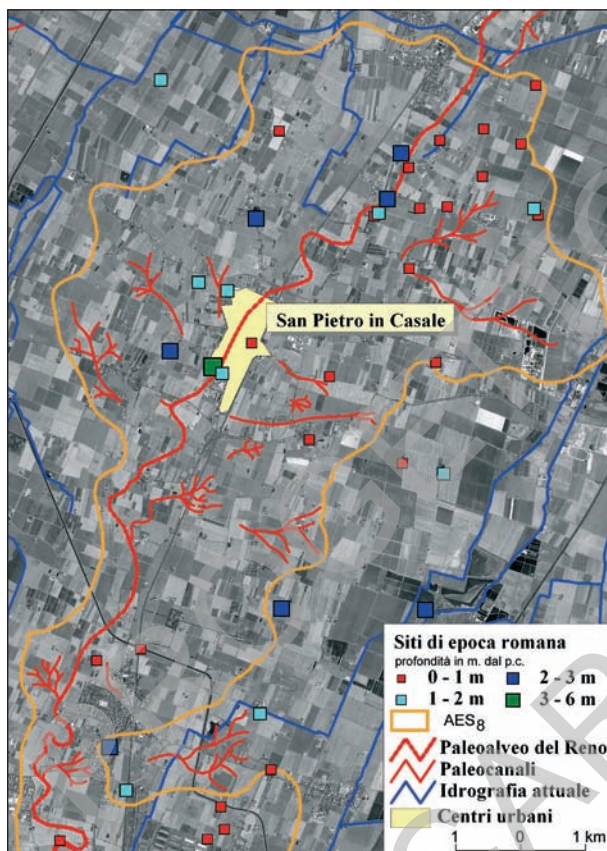


Fig. 20 - Dosso corrispondente ai depositi del Reno di età romana.

logici. Il definitivo allontanamento del fiume verso ovest è infatti databile tra l'età tardoantica e l'altomedioevo, in corrispondenza del peggioramento climatico che colpì buona parte dell'Italia e che ebbe forti conseguenze sull'assetto del territorio a causa della concomitante crisi economica, demografica e sociale, che impedì di porvi rimedio in modo efficace. Tuttavia eventi di rotta e mutamenti d'alveo dovettero verificarsi già nei secoli precedenti, come hanno provato alcuni recenti ritrovamenti (si veda *infra*, siti F203_26 e F203_29). Tali circostanze possono spiegare l'apparente contraddittorietà dei dati archeologici, che documentano la presenza di siti affioranti, specialmente in destra del Reno romano, ma anche di siti coperti da consistenti coltri alluvionali, in particolare sulla sinistra.

Il definitivo allontanamento del Reno potrebbe datarsi addirittura al X secolo, poiché un documento del 972 ricorda che il fiume passava non lontano da S. Pietro in Casale. Nel 1075 in appezzamento *in fundo Sulixano* (Soresana presso

Maccaretolo) nella pieve di S. Vincenzo confinava con il Reno “antico”, testimoniando l’venuto spostamento, ma anche che si aveva ancora memoria dell’antico corso; nello stesso anno nella medesima zona è ricordato un “fondo Reno”, probabilmente ricavato dalle terre abbandonate dal fiume.

Nell’alto medioevo il corso romano dovette essere sostituito da un alveo corrispondente all’attuale fosso Riolo da Bologna ad Argelato; presso questa località infatti nel 1200 sono attestati un *Renus veclus* e più ad est un *Renus mortuus*. Infatti da qui verso Sant’Agostino sono riconoscibili due alvei, uno verso Santa Maria di Venezzano e Galliera (nel 1009 il Reno attraversava terre vicine a Galliera, situazione compatibile sia con questo alveo che con quello romano) e uno che si dirigeva verso Volta Reno e Castello d’Argile. Ancora nel XIII secolo il Reno seguiva il corso attuale da Casalecchio al passo di Padulle, dove voltava più ad est nel paleoalveo di Volta Reno verso Castello d’Argile, dove confluivano Samoggia e Lavino⁸; quindi proseguiva verso Cento e di qui a nord, verso Finale Emilia dove raggiungeva il Panaro. Quest’ultimo tratto è segnato da numerosi paleoalvei corrispondenti a toponimi quali Corpo Reno, Renazzo, Reno Centese e Reno Finalese ed attivi tra l’XI e il XV secolo. In tutto questo periodo la confluenza del Reno in Po doveva avvenire nella zona di Santa Bianca, mentre l’instabilità del fiume è ricordata anche da un documento del 1312, in cui il vescovo di Bologna concede ai Centesi alcune terre “per quod flumen Reni diversos habet alveos et decursus”.

Anche la storia recente del Reno è assai complessa. Tra la fine XV e l’inizio del XVI secolo, dopo una rotta avvenuta presso Palazzo Ariosto, 2,5 km a sud-ovest di Cento, il Reno viene inalveato tra Cento e Pieve, dove passa tuttora; più a valle il Reno attuale cominciò a delinarsi solo nella prima metà del XVIII secolo, con la Rotta Panfilia, due km a sud di Sant’Agostino, quando uno dei canali di rotta fu immesso nel Cavo Passardo; la sistemazione fu completata nel 1771-2, con un drizzagno tra Rotta Panfilia e Cavo Passardo e con l’inalveamento da questo al Cavo Benedettino.

SAVENA. Anche il Savena risulta aver modificato notevolmente il suo corso. In età romana passava sotto l’Emilia più ad occidente del Ponte Vecchio (dove passava un suo alveo posteriore, ma comunque precedente all’attuale), quindi lambiva Bologna ad est; di qui è incerto se confluisse nel Reno o seguisse l’attuale “Scolo Savena Abbandonata”, in cui di certo passava in età altomedievale, come ricorda un documento del 1065 che ricorda un *alveum de Savena antiqua qui vocatur Arcovegio* (l’Arcoveggio). L’appellativo *antiqua* prova che il Savena si era

⁸ Il Lavino in particolare si sarebbe staccato dal corso attuale a Sacerno, proseguendo per Sala Bolognese e Padulle, con un percorso forse risalente già ad età romana, come proverebbero i siti affioranti ai suoi margini (traccia 35).

già allontanato, come conferma un documento del 1068 che ricorda nei pressi di Lovoletto una *via publica que fuit fluvio Savina*). Il Savena altomedievale proseguiva verso Minerbio, seguendo un percorso più occidentale di quello successivo, posteriore alla rettificazione dell'alveo a valle di Capo d'Argine, per Minerbio ed Altedo, per poi perdersi nelle paludi di Baricella. Solo nel XVII secolo le acque del torrente furono convogliate in quelle dell'Idice.

2. - OSSERVAZIONI SUI DATI ARCHEOLOGICI RELATIVI AL FOGLIO 202 E SUI SITI DI MAGGIOR INTERESSE PALEOAMBIENTALE

Il territorio considerato appare caratterizzato da una documentazione archeologica abbastanza consistente, corrispondente sia a ritrovamenti dei secoli scorsi sia a scoperte recenti, spesso documentate da archeologi professionisti e, nei casi più favorevoli, legate all'effettuazione di scavi archeologici veri e propri, che talora hanno portato all'individuazione del piano di calpestio antico, offrendo così indicazioni particolarmente utili ed affidabili per l'analisi dell'evoluzione dei suoli (fig. 21). Inoltre in molte zone si dispongono di dati recenti ottenuti tramite ricognizioni di superficie più o meno sistematiche, che hanno portato ad un notevolissimo incremento dei siti riconosciuti grazie all'affioramento di materiali archeologici dopo le arature. Tali rinvenimenti permettono di riconoscere



Fig. 21 - Localizzazione dei siti archeologici citati nel testo.

le zone in cui il piano di campagna antico non è distante dall'attuale,⁹ coincidenti perlopiù con le zone di maggior conservazione della centuriazione di età romana, ossia del reticolo di strade e canali drenanti che era alla base della sistemazione agraria del tempo. È questo il caso della pianura attorno a Nonantola,¹⁰ dove addirittura affiorano materiali riferibili all'età del Bronzo¹¹ e del Ferro, e ad est di S. Giovanni in Persiceto. Allo stesso modo anche nella zona ad ovest di Castelfranco Emilia il piano di campagna non risulta aver subito mutamenti di rilievo negli ultimi millenni, poiché da un lato affiorano in superficie numerosi materiali di età romana, dall'altro recenti scavi hanno individuato un villaggio di epoca etrusca (sito F202_003) i cui resti sono conservati a solo 60 cm dal piano attuale.

Grazie alle ricognizioni di superficie e in generale ad alcune pubblicazioni recentissime¹², la documentazione archeologica raccolta è quindi molto consistente. Sono state schedate 176 attestazioni, di cui 159, ossia il 90%, riferibili a ritrovamenti quotati, e quindi direttamente utilizzabili per l'analisi delle profondità dei suoli antichi, mentre i restanti 17 contribuiscono a definire il quadro del popolamento storico.

Esistono tuttavia delle aree in cui la documentazione è assai limitata, poiché il piano di campagna antico risulta sepolto da consistenti alluvioni, in particolare dovute ai mutamenti di corso del fiume Reno.

È questo il caso delle aree orientali del foglio, ad esempio della zona di Cento e di Pieve di Cento, dove i ritrovamenti sono rarissimi ed effettuati a grande profondità, dove la centuriazione di epoca romana non risulta conservata e dove le fonti medioevali confermano i cambiamenti di corso del fiume.

In aree con tali caratteristiche i ritrovamenti possono avvenire unicamente in occasione di interventi a grande profondità, come è avvenuto ad esempio a sud-est di S. Giovanni in Persiceto, dove agli inizi degli anni '90 gli scavi per la posa del metanodotto hanno individuato due volte il piano di età romana a 3 m di profondità (siti F202_004 e F202_005).

⁹ Le arature infatti non raggiungono livelli inferiori al metro di profondità, tranne casi eccezionali. Si è segnalato ad esempio il caso in cui le arature siano seguite a lavori svolti a profondità maggiore, come l'espianto di alberi da frutta; in questo caso i materiali possono provenire da profondità maggiori. Tuttavia ovviamente non sempre è possibile sapere se tali lavori siano stati eseguiti in passato.

¹⁰ Dove il piano romano è stato riconosciuto in alcuni scavi alla profondità di 80 cm, confermando le osservazioni di materiali affioranti in superficie.

¹¹ Inoltre strutture tipiche di questa età quali le terramare (ad esempio i siti F202_009, F202_010), villaggi fortificati circondati da terrapieni e fossati, sono tuttora riconoscibili in foto aerea, a conferma dello scarso sovralluvionamento.

¹² AA.VV., *Atlante dei Beni Archeologici della Provincia di Modena*, volume I, *Pianura*, Firenze 2003; P. Pancaldi, *Per una carta archeologica dell'area persicetana: schede e documenti*, in "Strada Maestra" n. 55, 2003; D. Neri (a cura di), *La Collezione del Museo Civico Archeologico di Castelfranco Emilia*, Firenze 2003.

Anche il torrente Samoggia dovette contribuire con le sue alluvioni e cambiamenti di corso all'innalzamento del piano di campagna, come è stato ipotizzato già dallo Scarani per la zona della "la Bora" (sito 202_032), dove lavori di cava hanno ripetutamente messo in luce consistenti depositi sabbiosi che si sovrapponevano al piano antico.¹³ In quest'ottica è possibile che i materiali affioranti nel sito F202_035 si trovino in giacitura secondaria, vista la posizione del sito, in prossimità di uno svincolo e non distante dalla cava della Bora, e che siano stati portati in luce dai lavori infrastrutturali. Tutta la zona infatti appare aver subito importanti modifiche in età postclassica, essendo stata cancellata la centuriazione romana (si veda ancora la figura 21).

¹³ Sull'area si veda la recente pubblicazione AA.VV., *La Bora, da cava ad area protetta. Storia e recupero ambientale*, San Giovanni in Persiceto 2003.

PROGETTO
CARG

APPENDICE 3**PETROGRAFIA DELLE SABBIE DI SOTTOSUOLO**

(a cura di: C. Albertini, A. Ceriani & A. Di Giulio)

1. - MATERIALE E METODI

Nell'ambito del rilevamento per la nuova Carta Geologica della Pianura Padana Emiliano-Romagnola, sono state effettuate analisi granulometriche e petrografiche di sabbie pleistoceniche di sottosuolo campionate nei sondaggi S1 e S2 ubicati all'interno del Foglio 202, ed S4, S5, S8, S9, S10, S13 del Foglio 203. I 23 campioni analizzati, di cui la tabella 2 riporta le profondità di campionamento, sono stati tutti interpretati come appartenenti a facies di canale fluviale.

Le indagini petrografiche e tessiturali sono state condotte al fine di caratterizzare da un punto di vista compositazionale e granulometrico i campioni in esame ed evidenziarne similitudini e differenze, possibilmente identificando il/i corso/i d'acqua responsabile/i del deposito, con particolare riferimento alla distinzione tra depositi ascrivibili ai fiumi di provenienza appenninica dai depositi ascrivibili al Po. Tale distinzione assume particolare rilevanza nella costruzione di un modello geologico-idrogeologico del sottosuolo padano. Questa differenziazione si basa sul confronto dei dati compositazionali derivanti dalle analisi dei campioni di sottosuolo con i campioni contenuti in un database relativo alla composizione delle sabbie attuali del Po, dei suoi affluenti e degli altri maggiori fiumi che drenano la Pianura Padana.

Ad eccezione di 6 campioni relativamente superficiali (sondaggi 203-S4, S5 e S8) è stata inizialmente effettuata un'analisi granulometrica tramite setacciatura

TAB. 2 - *Elenco dei sondaggi con indicazione di località, facies e profondità di campionamento.*

Sondaggio	Ubicazione	Ambiente di provenienza	Profondità Campionamento
202 S1	Cento (FE)	Canale fluviale	54,2 m
		Canale fluviale	65,2 m
202 S2	Castello d'Argile (BO)	Canale fluviale	26,3 m
		Canale fluviale	109,2 m
		Canale fluviale	127,9 m
203 S4	Poggio Renatico (FE)	Canale fluviale	22,6 m
		Canale fluviale	32,1 m
203 S5	S. Giorgio di Piano (FE)	Canale fluviale	29,9 m
		Canale fluviale	37,5 m
203 S8	Ferrara	Canale fluviale	17,5 m
		Canale fluviale	30,5 m
203 S9	Poggio Renatico (FE)	Canale fluviale	17,5 m
		Canale fluviale	72,1 m
		Canale fluviale	86,5 m
		Canale distributore	118,9 m
		Canale fluviale	189,1 m
		Canale distributore	196,9 m
203 S10	Minerbio (BO)	Canale fluviale	17,5 m
		Canale fluviale	32,9 m
		Canale fluviale	109,9 m
203 S13	S. Agostino (BO)	Canale fluviale	26,1 m
		Canale fluviale	59,5 m
		Canale fluviale	66,5 m

utilizzando vagli standard ad intervallo di 1 phi, nell'intervallo compreso tra -4 e +5 phi. I parametri granulometrici fondamentali ottenuti da questa fase sono riportati in tabella 3 e figure 22 e 23.

La frazione compresa tra 1-2 phi (0.5-0.25 mm), separata tramite setacciatura, è stata successivamente inglobata in resina e sezionata al fine di ottenere sezioni sottili petrografiche standard per permetterne l'analisi al microscopio ottico.

L'analisi petrografica è stata condotta tramite conteggio per punti utilizzando, secondo una prassi ormai consolidata, una scheda di conteggio strutturata secondo il metodo Gazzi-Dickinson, ma attraverso la quale è comunque possibile ricalcolare anche i parametri petrologici classificativi secondo il metodo tradizionale (per una discussione sui metodi si veda DI GIULIO & VALLONI, 1992; CIBIN

TAB. 3 - Parametri granulometrici principali dei campioni analizzati. I valori di cernita (espressi con il *trask index*) indicano delle sabbie mediamente o ben cernite.

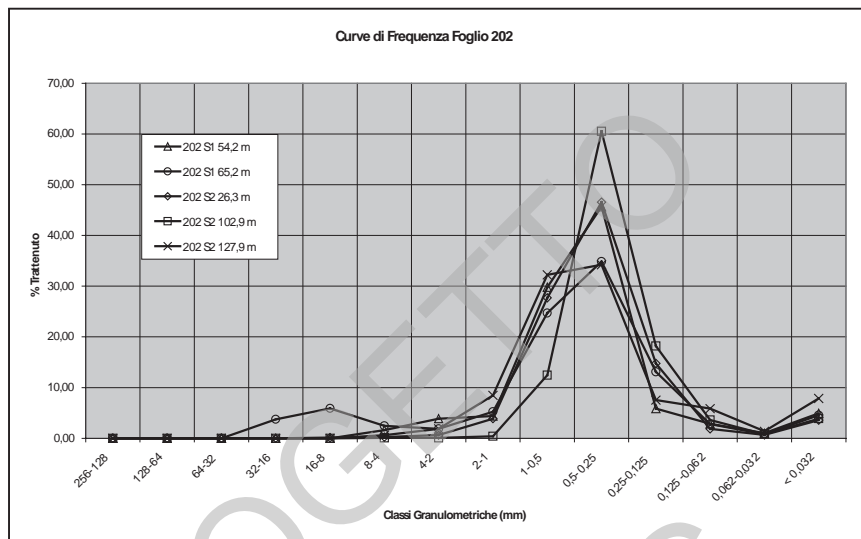
Campione	Media (phi)	Media (mm)	Cernita (Trask Index)	
202 S1 54,2 m	1,79	0,29	1,54	Mediamente cernite
202 S1 65,2 m	1,4	0,38	1,85	Mediamente cernite
202 S2 102,9 m	2,32	0,20	1,29	Ben cernite
202 S2 127,9 m	2	0,25	1,59	Mediamente cernite
202 S2 26,3 m	2	0,25	1,45	Mediamente cernite
203 S10 109,9 m	2,06	0,24	1,45	Mediamente cernite
203 S10 17,5 m	1,56	0,34	1,48	Mediamente cernite
203 S10 32,9 m	2,25	0,21	1,43	Mediamente cernite
203 S13 26,1 m	2	0,25	1,26	Ben cernite
203 S13 59,5 m	2,25	0,21	1,27	Ben cernite
203 S13 66,5 m	2,25	0,21	1,41	Mediamente cernite
203 S9 118,9 m	3,32	0,10	1,25	Ben cernite
203 S9 17,5 m	2,18	0,22	1,33	Ben cernite
203 S9 189,1 m	2,64	0,16	1,23	Ben cernite
203 S9 196,9 m	3,18	0,11	1,71	Mediamente cernite
203 S9 72,1 m	3,06	0,12	1,25	Ben cernite
203 S9 86,5 m	2,12	0,23	1,2	Ben cernite

& DI GIULIO, 1996). Il conteggio è stato condotto fino ad ottenere, per la Frazione Principale dell'Ossatura, 250 punti per campione.

Particolare attenzione è stata posta nel dettagliare, assieme alla composizione principale, espressa dai parametri Quarzo, Feldspati, Litici+Carbonati Extrabacinali (diagramma QFL+CE), la frazione litica a tessitura fine dell'ossatura, espressa dai parametri Litici metamorfici, Litici vulcanici, Litici silicoclastici+carbonatici (diagramma LmLvLs+C), che combinate forniscono gli elementi chiave per discriminare sabbie con diverse sorgenti.

I dati composizionali così ottenuti sono mostrati in forma di tabella assieme ai parametri petrologici principali (tabelle 4 e 5); nelle figure 24 e 25 sono riportati, sotto forma di diagramma, i parametri petrologici chiave della Composizione Principale (fig. 24) e della Composizione Litica dell'Ossatura (fig. 25).

A



B

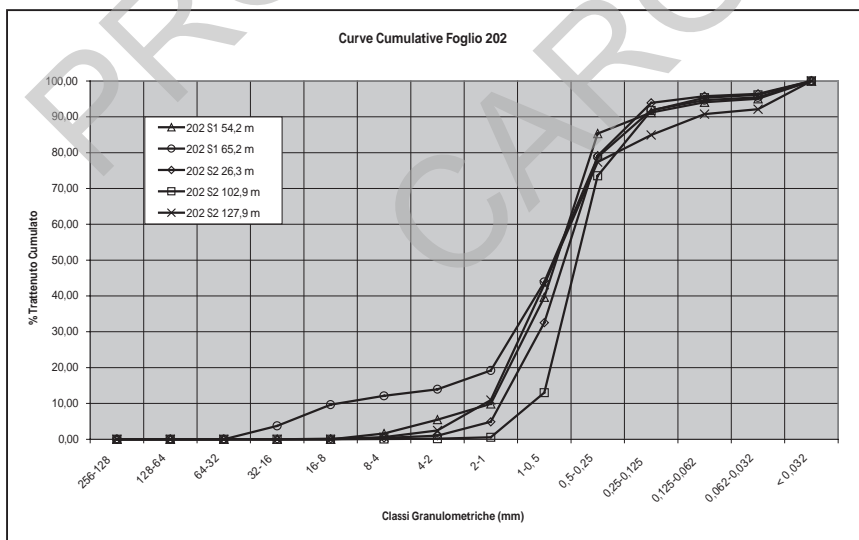
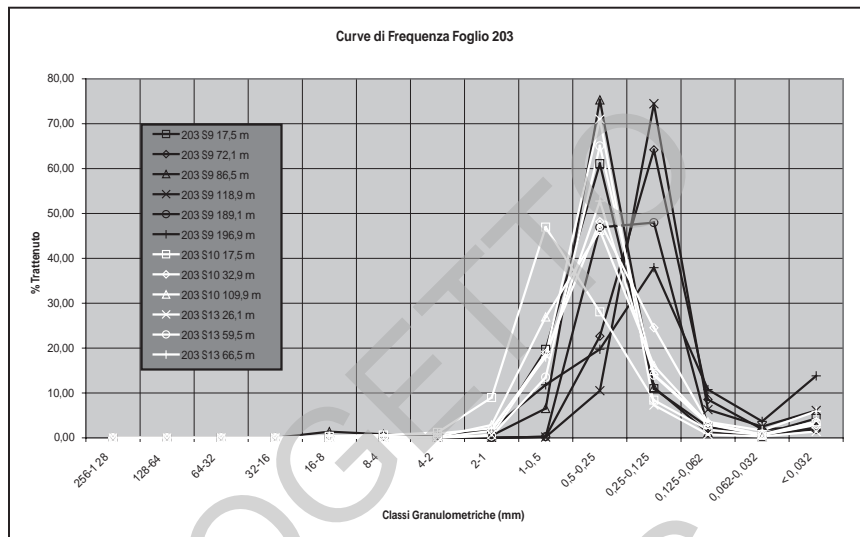


Fig. 22 - Curve di frequenza (A) e Curve cumulative (B) dei campioni del foglio 202. Campioni unimodali (sabbie medie), il 202 S1 65,2 m presenta una coda di materiale grossolano (8-16 mm di diametro).

A



B

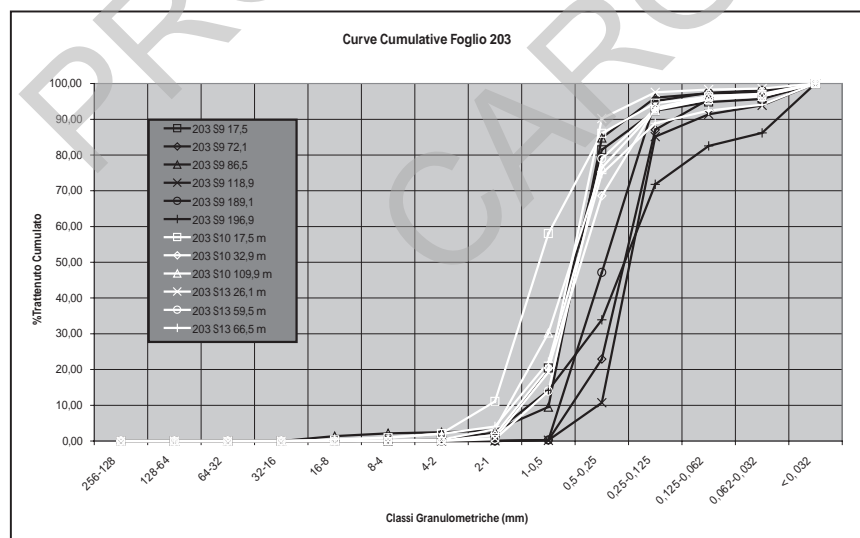


Fig. 23 - Curve di frequenza (A) e Curve cumulative (B) dei campioni del foglio 203. Campioni unimodali (sabbie medie o fini), quasi tutti presentano una buona cernita.

2. - ANALISI GRANULOMETRICHE

In tabella 3 sono riportati i parametri granulometrici principali (media e cernita), necessari per descrivere in modo sintetico i caratteri tessiturali dei campioni. Inoltre, i risultati delle analisi granulometriche sono espressi tramite curve di frequenza e curve cumulative (figg. 22 e 23).

I parametri granulometrici presi in considerazione sono il diametro medio (o *Media*) delle particelle ed il grado di selezionamento (*cernita*) espresso tramite il trask index (*T.I.*).

I campioni mostrano un diametro medio compreso fra 0,1 e 0,38 mm (ovvero tra 3,32 e 1,4 phi), mentre il loro grado di selezionamento va da medio a buono (T.I. da 1,85 a 1,2). I campioni con cernita più scarsa presentano in questo caso una piccola coda grossolana, ad esempio di ciò citiamo il campione 202 S1 65,2 m ben visibile nei grafici delle curve di frequenza (figg. 22A e 23A). Nel complesso i campioni sono risultati essere tutti unimodali, la cui moda è quella di una sabbia media o al massimo fine.

3. - ANALISI PETROGRAFICHE

Sulla base di dati di bibliografia di campioni di fiumi attuali (GARZANTI *et alii*, 1988; GAZZI *et alii*, 1973; CAVAZZA *et alii*, 1993), e del confronto sia con dati analitici di campioni di sottosuolo relativi a sondaggi su Fogli adiacenti a quello in esame, e sia con dati di superficie su campioni di sabbie dei fiumi attuali che drenano l'area adiacente al sondaggio, i principali indicatori petrografici che hanno portato all'identificazione della petrofacies sono:

- 1) la Composizione Principale dell'Ossatura (DI GIULIO & VALLONI, 1992);
- 2) la Composizione della Frazione Litica dell'Ossatura (DI GIULIO & VALLONI, 1992).

In queste note illustrative vengono riportati, nei diagrammi delle figure 24 e 25, i dati sulle sabbie attuali del Fiume Po (GARZANTI *et alii*, 1988) e del Reno (GAZZI *et alii*, 1973), che scorre nelle vicinanze del sondaggio indagato.

Un'attribuzione qualitativa utile a distinguere tra depositi padani ed appenninici può essere stimata dal rapporto tra grani litici metamorfici (Lm) e silicoclastici+carbonatici (Ls+C). Come riportato nei diagrammi di figura 25, si può evidenziare un dominio padano quando la percentuale di Lm > 50%, mentre, quando i litici metamorfici sono subordinati rispetto a quelli silico-carbonatici (Lm < 50%) possiamo attribuire i campioni ad un dominio appenninico. La percentuale dei minerali accessori, ovvero dei minerali fillosilicatici (miche chiare o scure) e dei bioclasti (di origine vegetale), è significativa dell'attendibilità dei parametri petrografici del campione in questione. Infatti un'alta percentuale di minerali acces-

TAB. 4a - Parametri petrologici principali espressi come valore percentuale sul totale frazione d'ossatura e frazione litica. **Q-F-L+C** (totale grani quarzosi; totale grani feldspatici; totale grani litici silicatici a tessitura fina più carbonatici); **Q-F-Rf** (componente monomineralica a tessitura grossolana dei grani quarzosi; componente monomineralica dei grani feldspatici; totale grani litici più quarzosi a tessitura fina e carbonatici); **Lm-Lv-Ls+C** (grani metamorfici a tessitura fina; grani vulcanici a tessitura fina; grani silicoclastici a tessitura fina più carbonatici); **Rcr-Rvo-Rse** (grani plutonici e metamorfici; grani vulcanici; grani sedimentari). **%Acc** (percentuale di minerali fillosilicatici e bioclasti rispetto al totale della roccia).

Foglio: 202		% Acc.	Metodo Gazzi-Dickinson						Metodo Tradizionale					
Sondaggio	Profondità Campioni (m)		Q-F-L+C			Lm-Lv-Ls+C			Q-F-Rf			Rcr-Rvo-Rse		
			Q	F	L+C	Lm	Lv	Ls+C	Q	F	Rf	Rcr	Rvo	Rse
202 S1	202 S1 54,2m	2,7	35,5	22,3	42,2	6,6	1,9	91,5	24,5	14,6	60,9	32,5	1,9	65,6
	202 S1 65,2m	2,4	33,1	26,1	40,8	20	2	78	20,6	14,2	65,2	44,1	1,9	54
202 S2	202 S2 26,3m	2,7	31,7	22,1	46,2	9,6	2,6	87,8	18,5	12,4	69,1	35,5	2,9	61,6
	202 S2 102,9m	2,5	39	22,7	38,3	13,6	1,9	84,5	24,7	13,7	61,6	38,9	3	58,1
	202 S2 127,9m	1,6	38,7	21,4	39,9	6,1	0	93,9	25,8	13,7	60,5	34	0	66

sori implica il fatto che i ricalcoli sugli altri granuli si basino su un numero troppo esiguo di elementi per l'affidabilità dei risultati.

Foglio 202

Se consideriamo i dati divisi per fogli, dal punto di vista composizionale i campioni sono risultati essere omogenei tra loro (v. tabella 4a). Sulla base della composizione della frazione litica, per quanto detto sopra, la loro attribuzione risulta essere alla petrofacies appenninica (MARCHESINI *et alii*, 2000). Più in particolare, il fiume che maggiormente ha contribuito alla deposizione di tali sabbie è con grande probabilità il Reno.

Foglio 203

Eccezion fatta per 3 campioni (203 S13 66.5 m, 203 S9 86.5 m e 189.1 m) assimilabili alla petrofacies Padana (MARCHESINI *et alii*, 2000), tutti gli altri campioni del foglio 203 presentano un contenuto in granuli litici silico-clastici in proporzione maggiore al 50% dell'intera frazione litica e dunque sono ascrivibili alla petrofacies appenninica e più precisamente il fiume più indiziato alla deposizione di questi campioni dovrebbero essere il Reno.

L'analisi della Composizione Principale dell'Ossatura ha evidenziato come il campione 203 S9 196,9 m presenti delle caratteristiche particolari per cui non è possibile attribuirne la provenienza. Nel campione in questione la quasi totalità

TAB. 4b - Parametri petrologici principali espressi come valore percentuale sul totale frazione d'ossatura e frazione litica. Il campione ritenuto non significativo (vedi testo) è stato rimosso dalla tabella. **Q-F-L+C** (totale grani quarzosi; totale grani feldspatici; totale grani litici silicatici a tessitura fina più carbonatici); **Q-F-Rf** (componente monomineralica a tessitura grossolana dei grani quarzosi; componente monomineralica dei grani feldspatici; totale grani litici più quarzosi a tessitura fina e carbonatici); **Lm-Lv-Ls+C** (grani metamorfici a tessitura fina; grani vulcanici a tessitura fina; grani silicoclastici a tessitura fina più carbonatici); **Rcr-Rvo-Rse** (grani plutonici e metamorfici; grani vulcanici; grani sedimentari). %**Acc** (percentuale di minerali fillosilicatici e bioclasti rispetto al totale della roccia).

Foglio: 203			Metodo Gazzi-Dickinson						Metodo Tradizionale					
Sondaggio	Profondità Campioni (m)	% Acc.	Q-F-L+C			Lm-Lv-Ls+C			Q-F-Rf			Rcr-Rvo-Rse		
			Q	F	L+C	Lm	Lv	Ls+C	Q	F	Rf	Rcr	Rvo	Rse
203 S13	203 S13 26,1m	1,1	41,4	20,3	38,3	8,8	1	90,2	24,5	14,6	60,9	32,5	1,9	65,6
	203 S13 59,5m	3	36,3	26,3	37,5	19,6	0	80,4	20,6	14,2	65,2	44,1	1,9	54
	203 S13 66,5m	4	54,9	17,3	27,9	67	9	24	18,5	12,4	69,1	35,5	2,9	61,6
203 S4	203 S4 22,6m	4	45,5	21,6	32,9	2,9	2,9	94,1	24,7	13,7	61,6	38,9	3	58,1
	203 S4 32,1m	4,6	50,3	9,6	40,1	3,4	0	96,6	25,8	13,7	60,5	34	0	66
203 S8	203 S8 17,5m	2,2	51,7	18,8	29,5	1,9	0	98,1	28,9	10,2	60,9	40,7	0,6	58,6
	203 S8 30,5m	3,4	44	21,5	34,5	0,9	0	99,1	22,7	12,7	64,6	47,6	0	52,4
203 S9	203 S9 17,5m	2	44,5	22,6	32,9	27,3	0	72,7	36,4	7,9	55,7	82,9	4,4	12,7
	203 S9 72,1m	10,4	44,2	29,1	26,6	45,3	1,9	52,8	38,3	15,4	46,3	25	2,1	72,9
	203 S9 86,5m	4,5	41,4	23,1	35,6	59	4,8	36,2	44,9	6,8	48,3	18,4	0	81,6
	203 S9 118,9m	3,5	31,1	25,9	43	24,1	0	75,9	43,5	15,3	41,2	16,4	0	83,6
	203 S9 189,1m	1,8	51,4	28,4	20,1	100	0	0	38	15,5	46,5	20,4	0	79,6
203 S5	203 S5 29,9m	1,5	54,5	14,8	30,8	5,7	4,9	89,4	27,9	16,9	55,2	69,4	0,9	29,7
	203 S5 37,5m	3	54,6	10	35,4	4,9	1	94,2	27,5	8,9	63,6	76	2,6	21,4
203 S10	203 S10 17,5m	0,9	40,7	32	27,3	14,8	0	85,2	18,7	17,9	63,5	45	0,6	54,4
	203 S10 32,9m	1,2	44,5	31,1	24,3	12	3	85	37,7	19,2	43,1	97,5	0,8	1,7
	203 S10 109,9m	0	43	20,8	36,2	2,7	0,9	96,4	15,9	5,7	78,4	50,7	21,7	27,5

di grani, nella frazione granulometrica compresa tra 0.25 e 0.5 mm, è costituita da minerali accessori (71,2% sul totale roccia), costituiti per la maggior parte da minerali fillosilicatici (miche bianche e miche scure) e bioclasti non carbonatici di origine vegetale. L'abbondanza di grani di tale natura nella frazione compresa tra 125-250 micron è, con tutta probabilità, da ricercarsi nei processi di selezione idraulica attivi negli ambienti di deposizione del campione (canale fluviale).

Menzione a parte meritano il campione 203 S9 189,1 m che presenta l'intera frazione litica di origine metamorfica e il 203 S9 72,1 m che presenta una composizione della frazione litica quasi intermedia rispetto alle petrofacies padana e appenninica. La percentuale di minerali accessori nel primo campione è bassissima, ovvero il campione ha una provenienza padana attendibile, ma il fatto che non vi siano granuli di diversa origine rimane comunque un fatto eccezionale, mentre nel secondo caso, l'anomala composizione può essere lievemente inficiata dal fatto che il campione possieda più del 10% di minerali accessori rispetto al totale della roccia. Nonostante qualche dubbio il campione dovrebbe essere ascrivibile alla petrofacies appenninica.

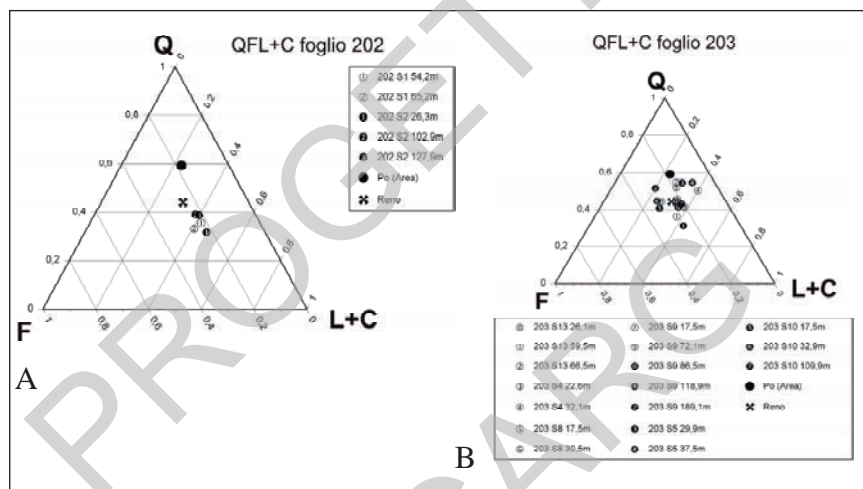


Fig. 24 - A) Diagramma della composizione principale dell'ossatura dei campioni del foglio 202. Già da questo diagramma è ben visibile come i campioni si possano associare più facilmente alla petrofacies appenninica, che non a quella padana (Gazzi et alii, 1973; B) Diagramma della composizione principale dell'ossatura dei campioni del foglio 203. In questo caso il solo diagramma dei costituenti principali dell'ossatura non è sufficiente a discriminare tra depositi padani e appenninici.

La figura 24 mostra i diagrammi della composizione principale dell'ossatura rispettivamente del foglio 202 e 203. Nel primo caso già le differenze dei campioni nel contenuto di quarzo, feldspati e frammenti litici evidenziano da subito l'accostamento dei campioni alla petrofacies appenninica, piuttosto che a quella padana. La figura 24B, invece, evidenzia una dispersione maggiore dei campioni attorno alle petrofacies di riferimento, e addirittura in qualche caso campioni che sembrerebbero avvicinarsi alla petrofacies padana sono poi risultati appartenere a quella appenninica e viceversa, a testimonianza della scarsa significatività della composizione principale d'ossatura rispetto alla comprensione della provenienza dei campioni.

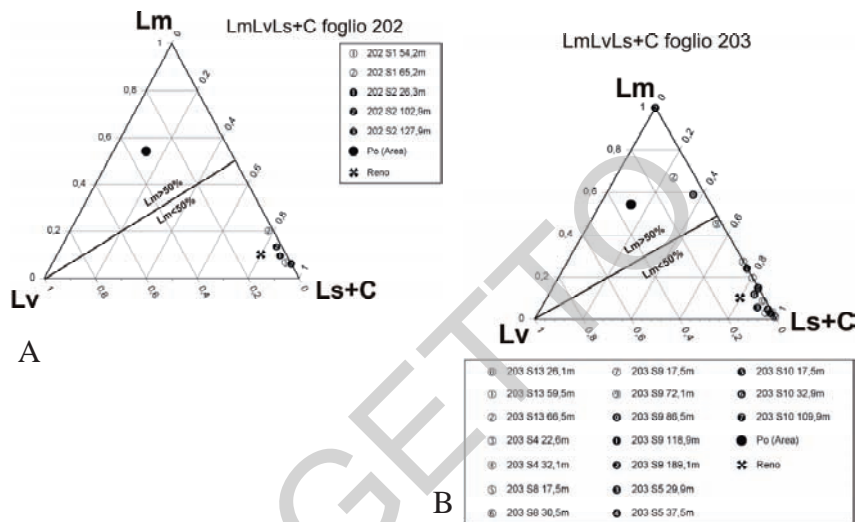


Fig. 25 - A) Diagramma della composizione della frazione litica dei campioni del foglio 202. L'evidenza che i campioni provenissero tutti dal Reno era visibile anche nel diagramma della composizione principale, la stima delle percentuali dei costituenti la frazione litica conferma ed evidenzia il legame tra i campioni e il fiume appenninico (Reno); B) Diagramma della composizione della frazione litica dei campioni del foglio 203. L'analisi della frazione litica evidenzia bene la diversa pertinenza dei campioni, ponendo vicino al polo dei frammenti litici silico-clastici i campioni appartenenti alla petrofacies appenninica (Reno), mentre i campioni di provenienza padana si trovano al di sopra della linea $Lm/Ls+C=1$.

La figura 25 inequivocabilmente stabilisce l'appartenenza di tutti i campioni ad una certa petrofacies di appartenenza. La linea tracciata ($Lm/Ls+C=1$) delimita nella parte alta campioni di pertinenza padana e nella parte bassa campioni di pertinenza appenninica.

Nel foglio 202, come già visto, tutti i campioni sono ascrivibili alla petrofacies appenninica e la loro composizione della frazione litica è assai simile a quella del fiume Reno. I campioni del foglio 203 hanno una diversa distribuzione: 3 di loro si distribuiscono al di sopra della linea che delimita la petrofacies padana da quella appenninica e sono dunque depositi del Po, i restanti dovrebbero essere stati tutti depositi dal Reno.

Un altro aspetto messo in luce dai diagrammi della figura 25, è il fatto che i valori dei frammenti silico-carbonatici sono mediamente più bassi rispetto a quelli del Po e del Reno attuale, ciò comporta conseguentemente valori più alti di frammenti metamorfici. Una possibile spiegazione di tale scostamento tra i valori può essere dovuta agli effetti di alterazione/dissoluzione che agiscono con maggiore evidenza sui grani litici instabili, carbonatici in particolare, nei campioni di sottosuolo.

TAB. 5 - Tabella riassuntiva dell'attribuzione della petrofacies e dei probabili fiumi che hanno concorso alla deposizione dei campioni analizzati. 3 soli campioni nei sondaggi 203 S9 (2) e 203 S13 (1) sono risultati provenire dal Po, mentre tutti gli altri dovrebbero appartenere con buona approssimazione a depositi del fiume Reno.

Sondaggio	Campioni	Ambiente di provenienza	Petrofacies di appartenenza
202 S1	202 S1 54,2m	Canale fluviale	Appenninica
	202 S1 65,2m	Canale fluviale	Appenninica
202 S2	202 S2 26,3m	Canale fluviale	Appenninica
	202 S2 102,9m	Canale fluviale	Appenninica
	202 S2 127,9m	Canale fluviale	Appenninica
203 S4	203 S4 22,6m	Canale fluviale	Appenninica
	203 S4 32,1m	Canale fluviale	Appenninica
203 S5	203 S5 29,9m	Canale fluviale	Appenninica
	203 S5 37,5m	Canale fluviale	Appenninica
203 S8	203 S8 17,5m	Canale fluviale	Appenninica
	203 S8 30,5m	Canale fluviale	Appenninica
203 S9	203 S9 17,5m	Canale fluviale	Appenninica
	203 S9 72,1m	Canale fluviale	Appenninica/Padana
	203 S9 86,5m	Canale fluviale	Padana
	203 S9 118,9m	Canale distributore	Appenninica
	203 S9 189,1m	Canale fluviale	Padana
203 S10	203 S10 17,5m	Canale distributore	Appenninica
	203 S10 32,9m	Canale fluviale	Appenninica
	203 S10 109,9m	Canale fluviale	Appenninica
203 S13	203 S13 26,1m	Canale fluviale	Appenninica
	203 S13 59,5m	Canale fluviale	Appenninica
	203 S13 66,5m	Canale fluviale	Padana

3.1. - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le indagini petrografiche e tessiturali relativamente ai carotaggi profondi 202-S1, 202-S2, 203-S13, S9 e S10, offrono la possibilità di caratterizzare i depositi di provenienza appenninica da quelli del Po all'interno della *cross-section* (fig. 26) che mostra il modello geologico-idrogeologico del sottosuolo del foglio 203. In

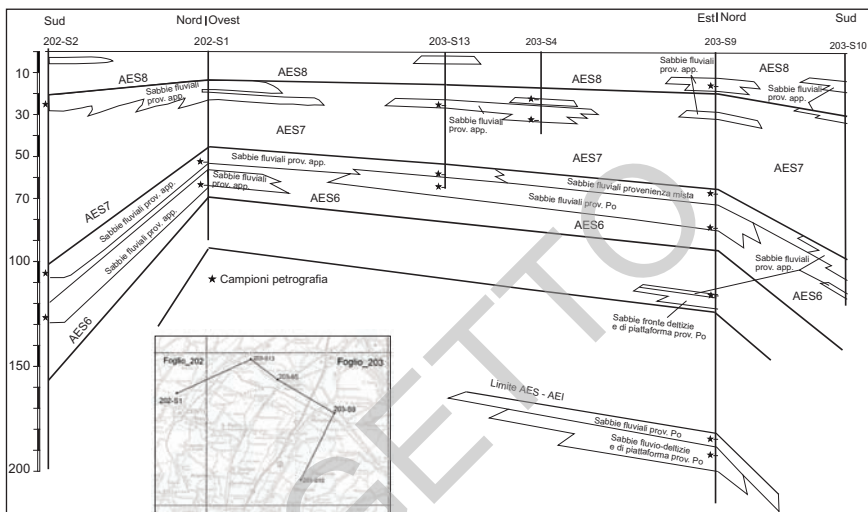


Fig. 26 - Modello geologico-idrogeologico del sottosuolo dei fogli 202 e 203.

un quadro di notevole complessità, le sabbie sommitali di AES₆ (il principale acquifero nel sottosuolo del foglio insieme alle sabbie fluvio-deltizie presenti al tetto di AEI) mostrano le seguenti caratteristiche:

- la porzione basale delle sabbie fluviali di provenienza padana attraversate nel carotaggio 203-S9 e 203-S13, risultano confinate a nord della direttrice Molinella (foglio 204)-Altedo (foglio 203)-Corpo Reno (foglio 202);
- la porzione sommitale delle medesime sabbie risulta di provenienza appenninica (Fiume Reno) ed in continuità fisica con le sabbie sottostanti di provenienza padana.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (2003) - *Atlante dei Beni Archeologici della Provincia di Modena*, volume I, *Pianura*, Firenze.
- AA.VV. (2003) - *La Bora, da cava ad area protetta*. Storia e recupero ambientale, San Giovanni in Persiceto.
- AGIP (1972) - *Acque dolci sotterranee*. Grafiche Palombi, Roma, 914 pp.
- AMOROSI A., ASIOLI A., BONDESAN M., CIBIN U., COLALONGO M.L., CORREGGIARI A., PASINI G., PRETI D., ROVERI M., SARTI G., SEVERI P., STEFANI M., TRINCARDI F., VAIANI S.C. & VINCENZI S. (2000) - *Dalle conoidi pedemontane al mare aperto: l'architettura stratigrafica tardo-quadernaria dell'Adriatico settentrionale e della pianura costiera emiliano-romagnola*. Atti del convegno: Le Pianure Conoscenza e salvaguardia, Ferrara 8-11 Novembre 1999, 191-194.
- AMOROSI A., CAPORALE L., CIBIN U., COLALONGO M.L., PASINI G., RICCI LUCCHI F., SEVERI P. & VAIANI S.C. (1998) - *The Pleistocene littoral deposits (Imola Sands) of the northern Apennines piedmont*. *Giornale di Geologia*. Serie 3^a. Vol. **60**: 1998, 83-118
- AMOROSI A., COLALONGO M.L., FUSCO F., PASINI G. & FIORINI F. (1999) - *Glacio-eustatic control of continental-shallow marine cyclicity from Late Quaternary deposits of the south-eastern Po Plain (Northern Italy)*. *Quaternary Research*, **52**: 1-13.
- AMOROSI A. & FARINA M. (1995) - *Large-scale architecture of a thrust-related alluvial complex from subsurface data: the Quaternary succession of the Po Basin in the Bologna area (northern Italy)*. *Giornale di geologia*, **57**: 3-16.
- AMOROSI A., FARINA M., SEVERI P., PRETI D., CAPORALE L. & DI DIO G. (1996) - *Genetically Related alluvial deposits across active fault zone: an example of alluvial fan-terrace correlation from the upper Quaternary of the southern Po Basin, Italy*. *Sedimentary Geology*, **102**: 275-295.
- AMOROSI A. & MARCHI N. (1999) - *High-resolution sequence stratigraphy from piezocone tests: an example from the Late Quaternary deposits of the SE Po Plain*. *Sedimentary Geology*, **128**: 69-83.
- BALISTA C., CARDARELLI A., STEFFÈ G., LABATE D. & MAZZONI C. (2003) - *Terramara di Gaggio - Castelfranco Emilia*, in *Archeologia ad Alta Velocità in Emilia*. Atti del Convegno di Parma (9 giugno 2003), testo pubblicato in internet.
- BARRELL J. (1917) - *Rhythms and the measurements of geologic time*. *Geol. Soc. America Bull.*, **28**: 745-904.
- BARTOLINI C., CAPUTO R. & PIERI M. (1996) - *Pliocene - Quaternary sedimentation in the northern Apennine foredeep and related denudation*. *Geol. Mag.*, **133**: 255-273
- BASSETTI M.A. & SARTI G. (1997) - *Stratigraphy of terraced fluvial deposits of Conca River (Northern Apennines, Italy)*. *Giornale di Geologia*, **59**. 1-2: 81-90.
- BENTIVOGLIO T. (1901-1925) - *Bibliografia geo-mineralogica e paleontologica delle province di Modena e Reggio Emilia: 1469-1900*. *Atti Soc. Nat. Mat. Modena*, **4**, **3**; con suppl. 1901 - 1920: id. (1909), **11**; (1912), **14**; (1918), **4**; (1925), **8**.
- BLUM M.D. (1993) - *Genesis and architecture of incised valley fill sequences: a late Quaternary example from the Colorado River, Gulf Coastal Plain of Texas*. In: WEIMER P. & POSAMENTIER H.W. (eds.), *Siliciclastic sequence stratigraphy: recent developments and applications*. *Tulsa AAPG Memoir* **58**: 259-283.
- BLUM M. D., TOOMEY III R. S. & VALASTRO JR. S. (1994) - *Fluvial response to Late Quaternary climatic and environmental change, Edwards Plateau, Texas*. *Palaeogeogr., Palaeocli., Palaeoclim.*, **108**: 1-21.
- BLUM M.D. & TÖRNQVIST T.E. (2000) - *Fluvial responses to climate and sea-level change: a review and look forward*. *Sedimentology*, **47** (Suppl. 1): 2-48.
- BOCCALETTI M., COLI M., DECANDIA F.A., GIANNINI E. & LAZZAROTTO A. (1980) - *Evoluzione dell'Appennino settentrionale secondo un nuovo modello strutturale*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **21**: 359-373.
- BOTTAZZI G. (1997) - *Ambiente ed insediamenti in area bolognese nell'età del bronzo*, in M. BERNABÒ

- BREA - A. CARDARELLI - M. CREMASCHI, *Le Terramare: la più antica civiltà padana*, Milano, pp. 177-183.
- CALZOLARI M. (1989) - *Per una ricostruzione dell'antica idrografia modenese: ricerche per la datazione dei paleolaghi del Panaro*, in "Quaderni della Bassa Modenese" **16**: 33-48
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA *in scala* 1:100.000, Foglio 75 - Mirandola (1957) - Servizio Geologico Nazionale
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA *in scala* 1:100.000, Foglio 87 - Bologna (1963) - Servizio Geologico Nazionale
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA *in scala* 1:50.000, Foglio 223 - Ravenna (2002) - Servizio Geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA *in scala* 1:50.000, Foglio 223 - Ravenna (2002) - Servizio Geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna. Appendice 4: Petrografia delle unità sabbiose, a cura di Marchesini L., Spadafora E., Cibin U. e Zuffa G.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA *in scala* 1:50.000, Foglio 199 - Parma sud (2005) - APAT - Servizio Geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA *in scala* 1:50.000, Foglio 219 - Sassuolo (2005) - APAT - Servizio Geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA *in scala* 1:50.000, Foglio 240-241- Forlì-Cervia (2005) - APAT - Servizio Geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA *in scala* 1:50.000, Foglio 256 - Rimini (2005) - APAT - Servizio Geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA *in scala* 1:50.000, Foglio 180 - Salsomaggiore (in stampa) - ISPRA - Servizio Geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA *in scala* 1:50.000, Foglio 201 - Modena (in stampa) - ISPRA - Servizio Geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA *in scala* 1:50.000, Foglio 203 - Poggio Renatico (in stampa) - ISPRA - Servizio Geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA *in scala* 1:50.000, Foglio 204 - Portomaggiore (in stampa) - ISPRA - Servizio Geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA *in scala* 1:50.000, Foglio 205 - Comacchio (in stampa) - ISPRA - Servizio Geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA *in scala* 1:50.000, Foglio 220 - Casalecchio di Reno (in stampa) - ISPRA - Servizio Geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA *in scala* 1:50.000, Foglio 221 - Bologna (in stampa) - ISPRA - Servizio Geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA *in scala* 1:50.000, Foglio 222 - Lugo (in stampa) - ISPRA - Servizio Geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA *in scala* 1:50.000, Foglio 239 - Faenza (in stampa) - ISPRA - Servizio Geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA *in scala* 1:50.000, Foglio 255 - Cesena (in stampa) - ISPRA - Servizio Geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna.
- CASTALDINI D. (1989) - *Evoluzione della rete idrografica centropadana in epoca protostorica e storica*, in AA.VV., *Insedimenti e viabilità nell'Alto Ferrarese dall'età romana al Medioevo*, Ferrara, pp. 114-134
- CASTALDINI D. (2001) - *Geomorfologia del territorio delle valli e dei dossi*, in *Le valli dei dossi e delle acque: geomorfologia, storia e archeologia, fauna e flora, itinerari*, a cura di M. Carletti, S. Rebecchi, P. Campagnoli, Mirandola, pp. 11-32.
- CASTELLARIN A., EVA C., GIGLIA G. e VAI G.B. (1985)-*Analisi strutturale del Fronte Appenninico Padano*. *Giorn. Geol.*, **47** (1-2) (1985): 47-75.
- CASTIGLIONI G.B., BONDESAN A., BONDESAN M., CAVALLIN A. & GASPERI G. (Eds.) (1998) - *Carta Geomorfologica della Pianura Padana*. S.EL.CA., Firenze.

- CAVAZZA W., ZUFFA G.G., CAMPORESI C. & FERRETTI C., (1993) - *Sedimentary recycling in a temperate climate drainage basin (Senio River, north-central Italy): composition of source rock, soil profiles, and fluvial deposits*. GSA Bull., Special Paper **284**: 247-261.
- CHAPPELLAZ J., BLUNIER T., RAYNAUD D., BARNOLA J. M., SCHWANDER J. & STAUFFER B. (1993) - *Synchronous changes in atmospheric CH₄ and greenland climate between 40 and 8 kyr BP*. Nature, **336**.
- CIBIN U. & DI GIULIO A. (1996) - *Proposta di normativa per l'analisi della composizione delle areniti al microscopio ottico nell'ambito della Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000*. Boll. Serv. Geol. It., Roma, **115**: 87-98.
- CIGALA FULGOSI F. (1976) - *Dicerorhinus hemitoechus (Falconer) del Post-Villafranchiano fluvio-lacustre del T. Stirone (Salsomaggiore, Parma)*. Boll. Soc. Paleont. It., **15**: 59-72.
- CNR (1990) - *Structural model of Italy and gravity map*. Quaderni della Ricerca Scientifica **144**, Selca, Firenze.
- CONTI S. & GELMINI R. (1994) - *Miocene-Pliocene tectonic phases migration of foredeep-thrust belt system in the Northern Apennines*. Mem. Soc. Geol. It., **48**: 261-274.
- CORREGGIARI A. M., TRINCARDI F. & ROVERI M. (1992) - *Regressioni "forzate", regressioni "deposizionali" e fenomeni di instabilità in unità progradazionali tardo-quadernarie (Adriatico Centrale)*. Giornale di Geologia, **54**: 19-36.
- CREMASCHI M., BERNABÒ BREA M., TIRABASSI J., D'AGOSTINI A., DALL'AGLIO P.L., MAGRI S., BARICCHI W., MARCHESINI A. & NEPOTI S. (1980) - *L'evoluzione della pianura emiliana durante l'età del Bronzo, l'età romana e l'alto medio evo: geomorfologia ed insediamenti. "Padusa"* - Bollettino del Centro Polesano di Studi Storici Archeologici ed Etnografici, Rovigo - 1980.
- CREMONINI G. & RICCI LUCCHI F. (1982) - *Guida alla geologia del margine appenninico-padano*. Guida Geol. Reg. S.G.I., Bologna.
- DI DIO G. & CAPORALE L. (1998) - *Un modello fisico tridimensionale della conoide alluvionale del Fiume Reno per la gestione degli acquiferi e lo studio della subsidenza*. In: BRIGHENTI G. & MESINI E. (a cura di), Problemi di Geingegneria: estrazione di fluidi e subsidenza, GEOfluid '98, GEO-GRAPH, Segrate (MI): 67-76.
- DI DIO G., LASAGNA S., PRETI D. & SAGNE M. (1997a) - *Stratigrafia dei depositi quaternari della Provincia di Parma*. Boll. Soc. Paleont. Ital., **35**: 181-189.
- DI DIO G., LASAGNA S., PRETI D. & SAGNE M. (1997b) - *Carta geologica dei depositi quaternari della Provincia di Parma*. Il Quaternario, **10** (2): 443-450.
- DI DIO G. & MOLINARI F. (2000) - *A study of the groundwater resources in the Ferrara Province (Po River Basin, Northern Italy)*. Proceedings of III Congress on Regional Geological Cartography and Information Systems, 24-27/10/2000. Bavaria, Munich, Germany: 84-86.
- DI GIULIO A. & VALLONI R. (1992) - *Analisi microscopica delle Areniti Terrigene: parametri petrologici e composizioni modali*. Acta Ateneo Parmense, **28**, 3/4: 55-101, Parma.
- DONDI L. & D'ANDREA M. G. (1986) - *La Pianura Padana e Veneta dall'Oligocene superiore al Pleistocene*. Giorn. Geol., ser. 3, **48**: 1/2, 197-225.
- FARABEGOLI E. & ONOREVOLI G. (1989) - *Introduzione all'analisi dei depositi alluvionali quaternari del margine appenninico-padano. Il fiume Savio*. Giornale di Geologia, **51**: 119-146.
- FARABEGOLI E., ONOREVOLI G., RUFFINO C. & COSTANTINI B. (1997) - *Struttura del sottosuolo quaternario della Pianura Padana meridionale (Provincia di Ravenna - Italia)*. 12 Tavv. Università degli Studi di Bologna - AGIP. Selca, Firenze.
- FARREL K.M. (1987) - *Sedimentology and facies architecture of overbank deposits of the Mississippi River, False River Region, Louisiana*. In: F.G. ETHRIDGE et alii (Eds): Recent developments in fluvial sedimentology. SEPM Spec. Publ., **39**: 111-120.
- FAZZINI P., GASPERI G. & GELMINI R. (1976) - *Litologia di superficie dell'alta e media pianura modenese*. Atti Soc. Nat.e Mat. Di Modena, **107**: 53-66.
- FAZZINI P. & GASPERI G. (1996) - *Il sottosuolo della città di Modena*. Accad. Naz. di Sc. Lett. e Arti, Modena. Miscellanea Geologica. 41-54.

- FUOCO M., PIZZOLI P. & SOLA S. (1999) - *Evoluzione paleoidrografica della pianura compresa tra Samoggia e Reno*, in *Tra Reno e Samoggia: soluzioni per due fiumi*, San Giovanni in Persiceto.
- GALLOWA W.E. (1989) - *Genetic stratigraphic sequences in basin analysis I. architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units*. AAPG Bulletin, **73**: 125-142
- GARZANTI E., SCUTELLÀ M. & VIDIMARI C. (1988) - *Provenance from ophiolites and oceanic allochthons: modern beach and river sands from Liguria and the Northern Apennines (Italy)*. Ofioliti, **23** (2): 65-82.
- GASPERI G., CREMASCHI M., MANTOVANI UGUZZONI M. P., CARDARELLI A., CATTANI M. & LABATE D. (1987) - *Evoluzione plio-quadernaria del margine appenninico modenese e dell'antistante pianura. Note illustrative alla carta geologica*. Mem. Soc. Geol. It., **39**: 375-431.
- GAZZI P., ZUFFA G. G., GANDOLFI G. & PAGANELLI L. (1973) - *Provenienza e Dispersione Litoranea delle Sabbie delle Spiagge Adriatiche fra le Foci dell'Isonzo e del Foglia: Inquadramento Regionale*. Mem. Soc. Geol. It., v. **12**: 1-37.
- GELMINI R. & PALTRINIERI N. (1988) - *Litologia di superficie e isobate del tetto del primo livello ghiaioso*. Progetto Ambiente, Comune di Modena-Istituto di Geologia di Modena. S.EL.CA., Firenze.
- HALL S.A. (1990) - *Channel trenching and climatic change in the southern U.S. Great Plains*. Geology, **18**: 342-345.
- JO H.R. (2003) - *Depositional environments, architecture, and controls of Early Cretaceous non-marine successions in the northwestern part of Kyongsang Basin, Korea*. Sedimentary Geology, **161**: 269-294.
- MARCHESINI L., AMOROSI A., CIBIN U., ZUFFA G. G., SPADAFORA E. & PRETI D. (2000) - *Sand composition and sedimentary evolution of a Late Quaternary depositional sequence, Northwestern Adriatic coast, Italy*. Journal of Sedimentary Research, v. **70**, **4**: 829-838.
- MARTINSON D.G., PISIAS N.G., HAYES J.D., IMBRIE J., MOORE T.C., SHACKLETON N.J. (1987) - *Age dating and the orbital theory of the ice ages-development of a high-resolution 0 to 300.000 year chronostratigraphy*. Quat. Res., **27**: 1-29.
- MAZZERI C. (2004) (a cura di) - *L'Atlante Storico Ambientale Urbano di Modena*. Modena 2004.
- MITCHUM R.M. JR., VAIL P.P. & THOMPSON S. (1977) - *Seismic Stratigraphy and global changes of sea level, Part 2: The Depositional Sequence as a Basic Unit for Stratigraphic Analysis*. in *Seismic Stratigraphy - applications to hydrocarbon exploration*, C.E.Payton Editor, A.A.P.G. MEMOIR **26**: 53-62, Tulsa Oklahoma, U.S.A.
- MUTTI E., DAVOLI G., MORA S. & SGAVETTI M. (1994) - *Conceptual stratigraphic framework*. In: E. MUTTI, G. DAVOLI, S. MORA & M. SGAVETTI, eds., *The Eastern Sector of the South-Central Folded Pyrenean Foreland: Criteria for Stratigraphic Analysis and Excursion Notes*. Second High-Resolution Sequence Stratigraphy Conference, 20-26 June 1994, Tremp, Spain, 1-16.
- MUTTI E., DAVOLI G., TINTERI R. & ZAVALA C. (1996) - *The importance of ancient fluvio-deltaic systems dominated by catastrophic flooding in tectonically active basins*. Mem. Sci. Geol., Padova, **48**: 233-291.
- NERI D. (a cura di) (2003) - *La Collezione del Museo Civico Archeologico di Castel Franco Emilia*. Firenze, archeologia 202.
- NORTH AMERICAN COMMISSION ON STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE (1983) - *North American Stratigraphic Code*. AAPG Bulletin, **67**: 841-875.
- ORI G. (1993) - *Continental depositional systems of the Quaternary of the Po Plain (northern Italy)*. Sedimentary Geology, **83**: 1-14. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- ORI G.G., ROVERI M. & VANNONI F. (1986) - *Plio-Pleistocene sedimentation in the Apenninic-Adriatic foredeep (Central Adriatic Sea, Italy)*. In Allen P. A. & Homewood P. (Eds.) - *Foreland basins*. Spec. Pubbl. Int. Ass. Sediment., **8**: 183-198.
- PANCALDI P. (2003) - *Per una carta archeologica dell'area persicetana: schede e documenti*. "Strada Maestra" n. 55, archeologia 202.
- PANTANELLI D. (1903) - *Andamento delle acque sotterranee nei dintorni di Modena*. Mem. R. Acc. Sc. Lett. E Arti in Modena, s. 3, **5**.

- PASQUINUCCI M. (1984) - *Il territorio modenese e la centuriazione*. In: Misurare la terra: centuriazione e coloni nel mondo romano, il caso modenese. Ed Panini - Modena, pp. 147.
- PELLEGRINI M. (1969) - *La pianura del Secchia e del Panaro*. Atti Soc. Nat. e Mat. di Modena, **100**: 1-51.
- PELLEGRINI S. (1995) - *La via Emilia da Bononia a Placentia: ricostruzione del tracciato d'età romana*, in AA.VV *Agricoltura e commerci nell'Italia antica* (= I Supplemento dell'Atalante Tematico di Topografia Antica), Roma 141-168
- PETIT J. R., JOUZEL J., RAYNAUD D., BARKOV N. I., BARNOLA J. M., BASILE I., BENDER M., CHAPPELLAZ J., DAVIS M., DELAYGUE G., DELMOTTE M., KOTLYAKOV V. M., LEGRAND M., LIPENKOV V. Y., LORIUS C., PEPIN L., RITZ C., SALTZMAN E., STIEVANARD M. (1999) - *Climate and atmospheric history of the past 420000 years from the Vostok ice core, Antarctica*. Nature, **399**: 429-436.
- PIERI M. & GROPPI G. (1981) - *Subsurface geological structure of the Po Plain (Italy)*. C.N.R. Progetto Finalizzato Geodinamica, Pubbl. n°414, 1-13.
- POAG C.W. & WARD L.W. (1993) - *Allostratigraphy of the U.S. Middle Atlantic Continental Margin - Characteristics, distribution, and depositional history of principal unconformity-bounded Upper Cretaceous and Cenozoic sedimentary units*. U.S. Geological Survey Professional Paper, **1542**:81.
- POSAMENTIER H.W., JERVEY M.T. & VAIL P.R. (1988) - *Eustatic controls on clastic deposition I: Conceptual framework*. In: Sea Level Changes: An Integrated Approach (Ed. by C.K. WILGUS, B.S. HASTINGS, C.G.St.C. KENDALL, H.W. POSAMENTIER, C.A. ROSS & J.C. VAN WAGONER), Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Miner., **42**: 109-124.
- PRETI D. & GUERMANDI M. (1991) - *Esempio di applicazione delle "Unità Allostratigrafiche"*. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, **46**: 551-553.
- REGIONE EMILIA-ROMAGNA (1994) - *I suoli dell'emilia-Romagna, Note Illustrative*. pp.383.
- REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998) - *Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna*. Selca, Firenze.
- REGIONE EMILIA-ROMAGNA (1999) - *Carta Geologica di pianura dell'Emilia-Romagna in scala 1:250.000*. Selca, Firenze.
- REGIONE EMILIA-ROMAGNA & CNR (2002) - *Carta geologico-strutturale dell'Appennino emiliano-romagnolo, scala 1:250000*. Selca, Firenze.
- REGIONE EMILIA-ROMAGNA & CNR (2003) - *Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna, scala 1:250000*. Selca, Firenze.
- RICCI LUCCHI F. (1984) - *Flysch, molassa, cunei clastici: tradizione e nuovi approcci nell'analisi nei bacini orogenici dell'Appennino settentrionale*. In: "Cento anni di geologia italiana". Vol. Giub. I° Centenario S.G.I.: 279-295.
- RICCI LUCCHI F., COLALONGO M.L., CREMONINI G., GASPERI G.F., IACCARINO S., PAPANI G., RAFFI S. & RIO D. (1982) - *Evoluzione sedimentaria e paleogeografica nel margine appenninico*. In: Guida alla geologia del margine appenninico padano (a cura di G. CREMONINI & F. RICCI LUCCHI). Guide Geologiche Regionali S.G.I, Bologna, 17-46.
- SALVADOR A. (1994) - *International stratigraphic guide, second edition - International Subcommission on Stratigraphic Classification of IUGS International Commission on Stratigraphy*. IUGS and GSA, pp. 214.
- SARTI G., PRETI D. & SEVERI P. (1997) - *Stratigrafia dei terrazzi intravallivi dei fiumi Savio, Bidente, Montone, Lamone, Senio e Santerno (margine romagnolo della catena appenninica): dati preliminari*. Geoitalia, I Forum FIST, Riassunti, **2**: 261-263.
- SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE (1992) - *Cartografia geologica del Quaternario continentale*. In: Carta Geologica d'Italia - 1:50.000. Guida al rilevamento, Quaderni SGN, Serie III, **1**: 67-86.
- TANKARD A.J. (1986) - *Tectono-stratigraphy of Appalachian and Cordilleran basins*. In ALLEN P.A. & HOMEWOOD P. (Eds.) - *Foreland basins*. Spec. Publ. Int. Ass. Sediment., **8**: 369-392.
- UGGERI G. (1987) - *Le origini del popolamento*, in AA.VV., *Storia di Cento. Dalle origini alla fine del XV secolo*, Cento, pp. 37-204

- VAIL P.R. (1987) - *Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy. Part 1: seismic stratigraphy interpretation procedure*. In: Atlas of Seismic Stratigraphy, Vol. 1 (Ed. by A.W. BALLY). AAPG Stud. Geol., **27**: 1-10.
- VEGGIANI A. (1994) - *I deterioramenti climatici dell'età del ferro e dell'alto medioevo*. Torricelliana, Boll. Soc. Torricelliana di Sc. e Lett., **45**: 1-80.

PROGETTO
CARG