



A P A T

Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici



DIPARTIMENTO DIFESA DEL SUOLO

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 256

RIMINI

A cura di:

Appennino: **L. Martelli¹, S. Quagliariere¹**

Pianura: **U. Cibin¹, P. Severi¹**;

Mare Adriatico: **A. Correggiari², M. Roveri²**

Elementi di geologia tecnica e applicata: **L. Martelli¹, P. Severi¹**

Con i contributi di:

A. Amorosi³, M. Bassetti³, M.L. Colalongo³, M.T. De Nardo¹,

M. Filippini⁴, F. Fusco³, D. Preti¹, M. Preti⁵, S.C. Vaiani³

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

² Istituto di Geologia Marina, CNR di Bologna

³ Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico Ambientali, Università di Bologna

⁴ Provincia di Rimini

⁵ ARPA, Regione Emilia-Romagna

Ente realizzatore



Direttore del Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia: L. Serva

Responsabile del Progetto CARG per il Dip. Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia: F. Galluzzo

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

Comitato Geologico Nazionale (D.P.C.M. 23-3-1999 e 9-12-1999)
N. Accardi (presidente), **G. Arnone**, **A. Boscherini**, **S. Cocco**, **V. Coccolo**,
U. Crescenti, **L. Del Sordo**, **M. Grasso**, **P. Manetti**, **G. Mariotti**,
G. Pasquarè, **R. Pignone**, **R. Polino**, **A. Praturlon**, **M. Santantonio**,
F. Trincardi

Si ringraziano i componenti del precedente Comitato Geologico Nazionale per il loro contributo scientifico.

PER IL DIP. DIFESA DEL SUOLO - SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA

Revisione scientifica:

C. D'Ambrogj, **M. D'Orefice**, **M. Rossi** (parte a terra)

S. D'Angelo, **G. Ventura** (parte a mare)

Coordinamento cartografico

D. Tacchia (coordinatore), **S. Falcetti**

Revisione informatizzazione dei dati geologici

D. Delogu, **M.C. Giovagnoli**, **R. Ventura**, **F. Visicchio**

Coordinamento editoriale e allestimento per la stampa

M. Cosci, **S. Falcetti**, **D. Tacchia**

PER LA REGIONE EMILIA-ROMAGNA

Coordinamento editoriale e allestimento cartografico:

A. Angelelli (direzione lavori), **S. Forni**, **S. Scappini** (collaudo)

Coordinamento informatizzazione dei dati geologici:

G.P. Artioli (responsabile), **M.L. Garberi**, **M. Grandi** (direzione lavori),

I. Pellegrino, **A. Pighini** (collaudo)

Informatizzazione e allestimento cartografico per la stampa dalla Banca Dati
a cura di **SystemCart s.r.l.**

Gestione tecnico-amministrativa del Progetto CARG

M.T. Lettieri (Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia)

G. Falanga, **S. Stagni** (Regione Emilia-Romagna)

Stampa:

INDICE

	INTRODUZIONE	pag. 7
 APPENNINO		
I	- LETTERATURA E CARTOGRAFIA PRECEDENTI	11
II	- INQUADRAMENTO GEOLOGICO	13
III	- STRATIGRAFIA	15
1.	- LIGURIDI S.L.	16
1.1.	- UNITÀ DELLA VAL MARECCHIA	16
2.	- SUCCESSIONE EPILIGURE	16
2.1.	- FORMAZIONE DI SAN MARINO	17
2.2.	- FORMAZIONE DI ACQUAVIVA	17
3.	- SUCCESSIONE POST-EVAPORITICA DEL MARGINE PADANO-ADRIATICO	17
3.1.	- GRUPPO DEL SANTERNO	18
3.1.1.	- <i>Argille azzurre inferiori</i>	19
3.1.2.	- <i>Arenarie di Borello</i>	20
3.1.3.	- <i>Marne, argille e tripoli di Corpolò</i>	20
3.1.4.	- <i>Argille azzurre superiori</i>	21
3.1.5.	- <i>Arenarie e argille di Savignano</i>	22
3.2.	- SABBIE DI IMOLA	22
4.	- DEPOSITI QUATERNARI INTRAAPPENNINICI CONTINENTALI PRIVI DI UNA FORMALE CONNOTAZIONE STRATIGRAFICA	23
4.1.	- FRANE	24
4.2.	- DETRITI DI VERSANTE S.L.	24
4.3.	- DEPOSITI ALLUVIONALI IN EVOLUZIONE	25
IV	- PRINCIPALI STRUTTURE TETTONICHE	27
V	- EVOLUZIONE STRATIGRAFICA E STRUTTURALE	31
 PIANURA E MARE ADRIATICO		
VI	- INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	33
VII	- STUDI PRECEDENTI	35
VIII	- METODI DI INDAGINE	39
1.	- METODI DI STUDIO DELLE AREE A TERRA	39
1.1.	- CARTOGRAFIA DI SUPERFICIE	39
1.2.	- CARTOGRAFIA DI SOTTOSUOLO	41
1.2.1.	- <i>Realizzazione della Banca Dati Geognostici</i>	41
1.2.2.	- <i>Elaborazione di uno schema geologico preliminare</i>	44

1.2.3.	- Esecuzione di nuove indagini di sottosuolo	»	45
2.	- METODI DI STUDIO DELLE AREE A MARE	»	47
IX	- STRATIGRAFIA	»	51
1.	- SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	»	53
1.1.	- SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	»	54
1.2.	- SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	»	56
1.2.1.	- <i>Subsintema di Bazzano</i>	»	60
1.2.2.	- <i>Subsintema di Villa Verucchio</i>	»	63
1.2.3.	- <i>Subsintema di Ravenna</i>	»	67
X	- SISTEMI DEPOSIZIONALI E LITOLOGIE	»	81
1.	- DEPOSITI ALLUVIONALI	»	82
1.1.	- PIANAINTRAVALLIVA, CONOIDE E PIANA ALLUVIONALE	»	82
2.	- DEPOSITI DELTIZI, LITORALI E MARINI	»	89
2.1.	- FRONTE DELTIZIA E PIANA DI SABBIA	»	89
2.2.	- PRODELTA E TRANSIZIONE ALLA PIATTAFORMA	»	90
XI	- RELAZIONI FRA EVOLUZIONE DEI DEPOSITI ALLUVIONALI TARDO QUATERNARI DEL FOGLIO 256, CICLICITÀ CLIMATICO-EUSTATICA E TETTONICA	»	91
XII	- CARTOGRAFIA	»	95
1.	- CARTOGRAFIA GEOLOGICA DELLA PIANURA E DEL MARE ADRIATICO DEL FOGLIO 256 RIMINI	»	95
1.1.	- CARTA GEOLOGICA	»	96
1.2.	- FOGLIO ALLEGATO ALLA CARTA GEOLOGICA – GEOLOGIA DI SOTTOSUOLO	»	98
ELEMENTI DI GEOLOGIA TECNICA E APPLICATA			
XIII	- STABILITÀ DEI VERSANTI	»	105
XIV	- ATTIVITÀ ESTRATTIVA	»	107
1.	- CAVE DI PIANO	»	107
2.	- CAVE DI MONTE	»	108
XV	- IDROGEOLOGIA	»	109
XVI	- EMERGENZE GEO-AMBIENTALI DELL'AREA COSTIERA	»	115
1.	- EROSIONE DELLA SPIAGGIA	»	115
2.	- SUBSIDENZA	»	122
XVII	- SISMICITÀ	»	127
APPENDICE 1			
STRATIGRAFIA DEI SONDAGGI ESEGUITI PER IL PROGETTO CARG ...			131
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI			138

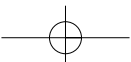
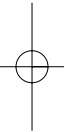
RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia ENI-Divisione AGIP per la consultazione dei dati di sottosuolo che hanno permesso la costruzione della sezione geologica e dello schema tettonico allegati alla carta. Si ringrazia AMIR S.p.A. per i proficui colloqui relativi all'idrogeologia della conoide del F. Marecchia, per il contributo finanziario fornito nella realizzazione di alcuni nuovi sondaggi ed il loro rimessaggio.

Si ringraziano anche il Comune di Rimini, G. Gurnari ed AMIR S.p.A., per aver messo a disposizione le carote di alcuni sondaggi, ubicati nel settore di pianura del Foglio 256, per lo studio diretto e la loro campionatura. Si ringrazia inoltre P. Mazzavillani per le proficue discussioni fatte sulle relazioni tra archeologia, stratigrafia e cartografia delle unità stratigrafiche più recenti della pianura alluvionale.

Si ringraziano tutti gli Enti pubblici, Privati e liberi professionisti che hanno fornito i dati raccolti nella banca dati geognostici del Foglio 256. In particolare, dato il cospicuo numero di dati forniti, si ricordano:

il Servizio Provinciale Difesa del Suolo di Rimini, il Servizio Provinciale Difesa del Suolo di Forlì, A. Angeli (Cesena), G. Gurnari (Rimini), E. Baistrocchi (Rimini), P. Pazzaglia (Rimini), AMIR S.p.A., il Consorzio Risanamento Vallata Fiume Marecchia, ANAS S.p.A., il Comune di Rimini, R. Amadei (Rimini), M. Zaghini (Rimini), le FF.SS e la Società Autostrade.



INTRODUZIONE

L'area del Foglio Rimini (fig.1) ricade nella parte sud-orientale della Pianura Padana. Essa è attraversata diagonalmente dalla linea di costa che si sviluppa lungo la direttrice NO-SE e divide il foglio in un settore occupato da aree emerse a sud-ovest ed un settore occupato dal Mare Adriatico a nord-est.

Le aree emerse ricadono nelle province di Forlì e Rimini. Il loro limite di nord-est corrisponde alla linea di costa del tratto compreso tra Cesenatico, a nord-ovest, e Riccione, a sud-est; il limite occidentale passa per Gambettola, quello meridionale per S. Giovanni in Galilea e Villa Verucchio. La superficie emersa è pari a circa il 60% del foglio ed è costituita, in uguali proporzioni, dalle colline appenniniche (settore sud-occidentale) e dalla pianura. Il margine appenninico attraversa, con direzione ONO-ESE, i quadranti meridionali.

La cartografia geologica del settore appenninico del Foglio 256 deriva dai rilevamenti 1:25.000 eseguiti alla fine degli anni '70 e nei primi anni '80, diretti da E. Farabegoli dell'Università di Bologna (FARABEGOLI 1982, 1983), e dalle successive carte 1:10.000 realizzate nell'ambito del progetto "Carta Geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo alla scala 1:10.000" della Regione Emilia-Romagna (FARABEGOLI, 1987a,b). Nel corso degli anni lo studio sempre più dettagliato di quest'area ed, in generale, di tutto questo settore dell'Appennino, ha messo a disposizione una gran mole di nuovi dati con un conseguente continuo aggiornamento ed affinamento delle conoscenze geologiche. La necessità di una sintesi aggiornata delle conoscenze acquisite ed un migliore inquadramento a

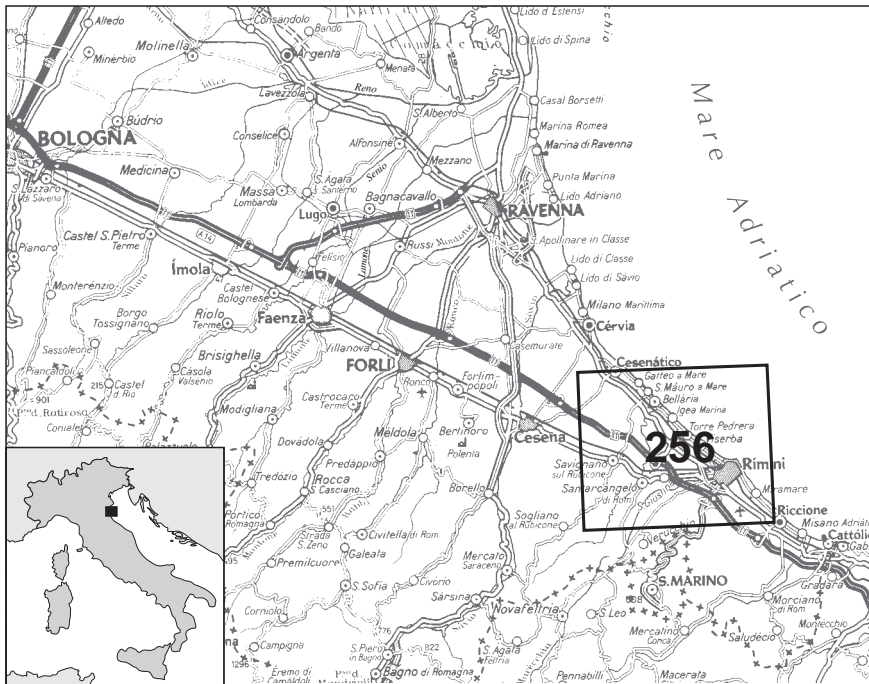


Fig. 1 - Ubicazione del Foglio 256 - Rimini. Base cartografica tratta dalla carta del Touring Club Italiano.

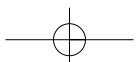
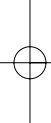
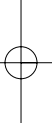
scala regionale delle problematiche e delle caratteristiche geologiche del territorio ai fini della realizzazione di questa edizione alla scala 1:50.000, ha spinto il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna (Ente Realizzatore) ad effettuare negli anni 1997-98 una revisione dei rilevamenti sopra citati.

Il rilevamento del settore di pianura e del Mare Adriatico è stato condotto attraverso l'analisi integrata di dati di superficie e di sottosuolo. L'obiettivo di questo studio è stato quello di fornire una rappresentazione tridimensionale di questi depositi tramite la carta geologica di superficie (Carta Geologica s.s.), la carta di sottosuolo e numerose sezioni geologiche realizzate con diversi gradi di dettaglio (Foglio Allegato alla Carta Geologica - Geologia di Sottosuolo). Nell'ambito della Carta Geologica d'Italia la cartografia di sottosuolo qui prodotta costituisce un elemento di novità che viene considerato dai realizzatori del foglio un importante strumento propedeutico per le analisi geologiche delle aree di pianura e costiere. Questo lavoro è stato realizzato grazie alla disponibilità di un archivio di dati stratigrafici del sottosuolo della pianura: la banca dati geognostici del Foglio 256. Questa (una delle più ricche della Regione Emilia-Romagna) è stata realizzata dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli Regionale in collaborazione con la Provincia di Rimini ed AMIR s.p.a. Oltre all'analisi dei

dati stratigrafici contenuti nella banca dati sono stati eseguiti sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche e trivellate manuali. Lo studio della parte marina del foglio, che si estende fino all'isobata -17, è stato realizzato dall'IGM-CNR di Bologna, mediante rilievi geofisici ad alta risoluzione e carotaggi.

Date le rilevanti differenze geologiche e geomorfologiche fra il settore appenninico e quello comprendente la pianura ed il Mare Adriatico, nonché la diversità dei metodi di indagine e delle unità stratigrafiche di riferimento si è preferito affrontare l'illustrazione della geologia di queste aree del foglio separatamente. Le presenti Note Illustrative, pertanto, sono state suddivise in parti distinte: nella prima parte (Appennino) è descritto il settore collinare del foglio (a cura di L. Martelli e S. Quagliariere, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna); nella seconda parte (Pianura e Mare Adriatico) sono descritte le aree emerse di fondovalle, di pianura e della costa (a cura di U. Cibin e P. Severi, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna) e le aree sommerse dal Mare Adriatico (a cura di A. Correggiari e M. Roveri, Istituto di Geologia Marina, CNR di Bologna); infine, in una terza parte (Elementi di geologia tecnica e applicata) sono trattate alcune tematiche di particolare interesse per quanto concerne la gestione del territorio (a cura di L. Martelli e P. Severi).

L'assemblaggio e l'omogeneizzazione delle tre parti è stata curata da U. Cibin.



APPENNINO

I - LETTERATURA E CARTOGRAFIA PRECEDENTI

Non è intenzione degli Autori e non è nelle finalità delle presenti Note descrivere o discutere i precedenti lavori; ci si limiterà ad elencare, a grandi linee, i principali lavori di riferimento per un inquadramento stratigrafico e strutturale a scala regionale dell'area e delle problematiche emerse durante i precedenti studi e progetti di cartografia.

Per un inquadramento geologico dell'area di catena, tra i lavori precedenti, occorre fare riferimento ai fogli 100 "Forlì" e 101 "Rimini" della seconda edizione della Carta Geologica d'Italia (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:100.000, Foglio 100-Forlì, 1968, Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, Foglio 101-Rimini, 1967 e LIPPARINI, 1969), alla sintesi sulla geologia dell'Appennino Settentrionale a cura di SESTINI (1970), alla "Guida alla geologia del margine appenninico-padano" a cura di CREMONINI & RICCI LUCCHI (1982, con alcune monografie sull'area in esame) e ai volumi 4 (Appennino Tosco-Emiliano) e 7 (Appennino Umbro-Marchigiano) delle Guide Geologiche Regionali della Società Geologica Italiana (SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA 1992, 1994); inoltre si segnala la sezione geologica n. VI della tav. 8 in "Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna" (REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998).

Per approfondimenti sull'evoluzione della catena appenninica nell'ambito della collisione ensialica tra la placca africana e quella europea, con riferimenti al settore romagnolo e del Montefeltro, si rimanda ai lavori di BOCCALETTI *et alii* (1980) e BOCCALETTI *et alii* (1990).

Tra i lavori e le cartografie di sintesi alla scala della catena, si ricordano la Carta Strutturale dell'Appennino Settentrionale alla scala 1:250.000 (CNR, 1982) e il modello strutturale d'Italia alla scala 1:500.000 (CNR, 1992).

La cartografia precedente, oltre ai già citati fogli della Carta Geologica d'Italia 1:100.000, è costituita dalle carte 1:25.000 e 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna (FARABEGOLI, 1982, 1987a,b) e, marginalmente, dalla carta geologica a scala 1:50.000 di CONTI (1989).

Relativamente ai lavori di maggior dettaglio sull'area in esame, numerosi Autori si sono interessati alla coltre alloctona del Montefeltro, con particolare riguardo ai meccanismi della sua messa in posto e al suo inquadramento alla scala della catena, argomenti che verranno trattati solo marginalmente in queste note; tra gli studi più recenti citiamo: TEN HAAF & VAN WAMEL (1979); RICCI LUCCHI (1987); CASTELLARIN *et alii* (1985); CAPUANO *et alii* (1987); CONTI *et alii* (1987); DE FEYTER (1991); CERRINA FERONI *et alii* (1997).

II - INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La quasi totalità delle litologie affioranti del settore appenninico appartiene alla successione plio-pleistocenica, nota in letteratura come Gruppo del Santerno (FARABEGOLI, 1983) o Argille Azzurre Auctt., costituita da oltre 1000 m di argille e marne di scarpata e base scarpata con intercalazioni di lenti torbiditiche arenaceo-pelitiche e di depositi di frana sottomarina.

La successione plio-pleistocenica affiorante in questo foglio si è deposta su unità alloctone ad affinità liguride (Liguridi s.l.) ed epiligure che all'epoca costituivano il margine interno dell'avanfossa.

Nel Foglio 256 la presenza di Liguridi s.l. e di lembi di successione epiligure è limitata a pochi affioramenti nell'estremità meridionale del quadrante sud-occidentale che rappresentano le ultime propaggini affioranti verso nord della coltre alloctona del Montefeltro (o Colata della Val Marecchia Auctt.). Le Liguridi s.l. sono qui prevalentemente costituite da scaglie di argille varicolori cretaceo-eoceniche con assetto caotico, inglobanti clasti e olistoliti eterogenei (Formazione di Sillano Auctt.), e da lembi di flysch calcareo-marnosi dell'Eocene inf. (Alberese Auctt.), intensamente tettonizzati; la successione epiligure è rappresentata da lembi, discontinui e discordanti sulle Liguridi s.l., di calcareniti del Miocene medio riferibili alla Formazione di San Marino e di arenarie e conglomerati del Tortoniano sup.-Messiniano inf. note in letteratura come Formazione di Acquaviva (Ciclo Saheliano di RUGGIERI, 1970).

Dati per la ricerca di idrocarburi (pozzi AGIP S. Arcangelo 1 e 2, Bellaria 1, Corpò 1, Gambettola 1 e Rubicone 1 e profili sismici) indicano che la coltre ad affinità ligure prosegue nel sottosuolo, verso NE, per qualche chilometro senza però raggiungere l'attuale linea di costa. Questa unità è intercalata nella porzione inferiore della successione pliocenica che, nella stessa direzione, aumenta di spessore fino a raggiungere una potenza di quasi 2000 metri. La base dei sedimenti pliocenici, nel sottosuolo, poggia direttamente sui terreni messiniani della Formazione a Colombacci e della Formazione di Fusignano, appartenenti alla successione "autoctona" del margine romagnolo e substrato dell'avanfossa pliocenica.

La successione pelitica plio-pleistocenica evolve verso l'alto, in affioramento, con una tendenza regressiva passando a sabbie e peliti di mare basso note in letteratura come "arenarie e argille di Savignano" che a loro volta passano a prevalenti sabbie di piattaforma interna e spiaggia sommersa del Pleistocene inferiore, distinte per la prima volta in questa sede come "litofacies sabbiosa della Grotta Rossa" (Sabbie Gialle di Imola Auctt. p.p.), che ne rappresentano la locale chiusura. Al di sopra troviamo ancora delle sabbie, discordanti, di ambiente litorale, note in letteratura come Sabbie di Imola (AMOROSI *et alii*, 1998) (Sabbie Gialle di Imola Auctt. p.p.) che costituiscono un ciclo sedimentario di età medio-pleistocenica. La successione quaternaria prosegue con i depositi prevalentemente continentali della pianura che sigillano in discordanza tutti i depositi e le strutture appenniniche e che sono descritti in dettaglio nei capitoli relativi alla parte: "Pianura e Mare Adriatico".

L'assetto strutturale del foglio è dovuto principalmente a strutture compressive, pieghe e faglie inverse, con direzione appenninica, cioè ONO-ESE, parallele all'asse della catena, con superfici assiali o di accavallamento immergenti verso SSO. Altra struttura di notevole importanza è senza dubbio la superficie di accavallamento della coltre alloctona del Montefeltro. La messa in posto della coltre, in quest'area, è avvenuta nella parte alta del Pliocene inferiore, tra la zona a *G. margaritae* e la zona a *G. punctulata* (CREMONINI & RICCI LUCCHI, 1982), durante la deposizione della successione delle Argille Azzurre e, localmente, ha costituito il substrato sul quale si sono depositati i sedimenti pliocenici affioranti in questo foglio.

Le strutture appena descritte proseguono verso NE, sepolte dai depositi della Pianura Padana e del M. Adriatico (PIERI & GROPPI 1981; CNR, 1992; REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998) e sono dislocate da faglie estensionali subverticali.

III - STRATIGRAFIA

Per il rilevamento e la descrizione dei terreni affioranti del settore appenninico è stato seguito il criterio litostratigrafico (CNR-CCGG, 1992; SALVADOR, 1994). Le attribuzioni cronologiche delle unità stratigrafiche marine pre-quadernarie derivano da dati bibliografici. Per le unità Quadernarie (litofacies sabbiosa della Grotta Rossa (SVGa) e delle Sabbie di Imola (IMO), sono state effettuate delle analisi Micropaleontologiche da M.L. Colalongo e S.C. Vaiani che hanno permesso una ricostruzione Paleoambientale e, indirettamente hanno fornito indicazioni cronostatigrafiche alla luce di quanto emerso in AMOROSI *et alii* (1998). Per le classi di spessore degli strati e delle lamine si fa riferimento a CAMPBELL (1967). Come già accennato nel capitolo precedente, la quasi totalità delle litologie affioranti nel settore appenninico appartiene alla successione plio-pleistocenica nota in letteratura come Gruppo del Santerno (FARABEGOLI, 1983) o Argille Azzurre Auctt.. Solamente nell'angolo SO sono presenti unità di tipo ligure (lembi e scaglie della Formazione di Sillano e Formazione di M. Morello o Alberese Auctt. strettamente associati ad un'unità argillosa caotica) ed epiligure (lembi della Formazione di San Marino e della Formazione di Acquaviva) che rappresentano l'estremità settentrionale affiorante della coltre alloctona del Montefeltro (o Colata della Val Marecchia Auctt.). La successione pelitica plio-pleistocenica passa verso l'alto a poche decine di metri di sabbie e peliti di ambiente di piattaforma (arenarie e argille di Savignano) e a sabbie di piattaforma interna e spiaggia sommersa (litofacies sabbiosa della Grotta Rossa) e quindi a sabbie litorali (Sabbie di Imola). La successione quadernaria prosegue con i depositi prevalentemente continentali della pianura. La descrizione delle unità litostratigrafiche segue l'ordine cronologico, dai termini più antichi a quelli più recenti.

1. - LIGURIDI S.L.

Lembi e scaglie di unità ad affinità ligure prevalentemente costituite da argille varicolori e flysch calcareo-marnosi cretaceo-eocenici intensamente deformati e qui associati in modo complesso a formare un'unità caotica (unità della Val Marecchia). Nei settori più interni, il fronte delle Liguridi s.l. costituisce il substrato stratigrafico della successione plio-pleistocenica. Attualmente le Liguridi s.l. costituiscono l'unità tettonica più elevata nell'edificio strutturale del foglio.

1.1. - UNITÀ DELLA VAL MARECCHIA (MAE)

Unità interessata da un'intensa deformazione che ha generato un assetto caotico; è composta da argilliti scure con blocchi fortemente eterometrici, da meno di 1 metro fino ad alcune centinaia di metri, di calcari marnosi bianchi a frattura concoide e calcari marnosi siltosi giallastri e lembi cartografabili di successioni torbiditiche calcareo-marnose in strati spessi alternati a sottili argilliti grigie, con rapporto arenite/pelite (A/P) $\ll 1$, riferibili alla Formazione di Monte Morello Aucct. (MLL) o Alberese Aucct. (Eocene inferiore-medio, VENERI, 1986); alla base rare argilliti siltose rosa, brune e verdastre fogliettate, rappresentanti probabilmente la Formazione di Sillano (SIL) (Cretacico sup.-Eocene inf., CONTI, 1989), interpretata da vari Autori (RUGGIERI, 1970; CONTI, 1989) come la base stratigrafica della Formazione di Monte Morello.

La potenza dell'unità in affioramento è circa 450 metri; i dati del pozzo Corpòlò 1 evidenziano una potenza di quasi 650 metri nel sottosuolo del margine appenninico. Il contatto stratigrafico di letto è su un substrato non affiorante; tale substrato è considerato da ABBATE & SAGRI (1982) di natura oceanica e oggi completamente subdotto. Attualmente l'Unità della Val Marecchia costituisce un *mélange* interpretato come il risultato delle deformazioni tettoniche e gravitative delle unità liguridi s.l. ed epiliguri. L'età della principale fase di messa in posto in zona è Pliocene inferiore, base della zona a *G. puncticulata* (CONTI *et alii*, 1987).

2. - SUCCESSIONE EPILIGURE

Questa successione è litologicamente eterogenea e mostra variazioni di facies molto rapide sia lateralmente che verticalmente. Essa è caratterizzata da una sedimentazione sintettonica, sviluppatasi in discontinuità sulle unità liguridi in bacini confinati e topograficamente molto articolati dall'Eocene medio al Messiniano (SESTINI, 1970; RICCI LUCCHI, 1985). In questa carta affiorano solo lembi isolati riferibili alla Formazione di San Marino e alla Formazione di Acquaviva.

2.1. - FORMAZIONE DI SAN MARINO (SMN)

Formazione costituita da calcareniti organogene compatte, di colore grigio chiaro al taglio fresco, grigie all'alterazione, da medie a molto grossolane in banchi spessi e molto spessi saldati tra loro, fossilifere, alternate a peliti grigie; verso l'alto vi è un graduale aumento della frazione terrigena, ricca in glauconite, con una generale diminuzione dello spessore degli strati che assumono un colore verdastro. La potenza in affioramento (parziale) è di circa 100 metri. Il limite inferiore è tettonico su MAE. Nelle aree limitrofe al foglio, la formazione è in contatto stratigrafico discordante sulle Marne di Antognola e passa lateralmente e verso l'alto alla Formazione di Monte Fumaiole.

L'età è stata attribuita sulla base di dati di letteratura (CONTI, 1989 e AMOROSI 1992) al Burdigaliano sup.-Langhiano. La sedimentazione di questa unità è avvenuta in ambiente di piattaforma.

2.2. - FORMAZIONE DI ACQUAVIVA (AQV)

La formazione è presente nel foglio solo in una ridottissima area in cui sono presenti arenarie giallastre, poco cementate, da fini a medie in strati medio-spessi. L'attribuzione delle arenarie affioranti alla Formazione Acquaviva è stata effettuata per omogeneità con le aree adiacenti dove hanno una potenza variabile lateralmente da circa 150 metri a oltre 250. Il limite inferiore è discordante, con lacuna stratigrafica, su SMN; nei dintorni di Torriana in un'area adiacente al Foglio 256 (Foglio 267-Verucchio) al contatto è presente un conglomerato a matrice arenacea con ciottoli di SMN. Al tetto sembrano mancare gli altri termini del ciclo Saheliano (Argille di Casa Gessi e le evaporiti) ed il limite superiore è discordante, direttamente con i depositi pliocenici delle Arenarie di Borello (BOE), posteriori alla messa in posto della coltre ligure s.l. alloctona. Questo suggerisce che le arenarie di BOE possano qui rappresentare la base del ciclo pliocenico sovrastante, con sviluppo di una notevole lacuna stratigrafica. L'età della formazione di Acquaviva è Tortoniano sup.-Messiniano inf. (Ciclo Saheliano di RUGGERI, 1970). I depositi sono riferiti ad un ambiente di conoide alluvionale progradante in mare.

3. - SUCCESSIONE POST-EVAPORITICA DEL MARGINE PADANO-ADRIATICO

In questo foglio questa successione comprende il Gruppo del Santerno, le Sabbie di Imola e il Supersistema Emiliano-Romagnolo. In questa parte delle note sono descritte le prime due unità della successione mentre il Supersistema Emiliano-Romagnolo è illustrato nella parte relativa alla pianura ed al mare Adriatico. Per l'organizzazione interna in cicli deposizionali del Gruppo del Santerno e delle Sabbie di Imola si fa riferimento a RICCI LUCCHI *et alii* (1982) e AMOROSI *et alii* (1998).

Il Gruppo del Santerno è prevalentemente costituito da peliti di scarpata, con

intercalazioni di torbiditi arenaceo-pelitiche e frane sottomarine deposte in due cicli deposizionali (P1, Pliocene inferiore e P2, Pliocene medio-Pleistocene inferiore) che passano ad arenarie e peliti di piattaforma del Pleistocene inferiore (arenarie e argille di Savignano, ciclo Qm1) e quindi a depositi arenacei di piattaforma interna e spiaggia sommersa del Pleistocene inf. (litofacies sabbiosa della Grotta Rossa, ciclo Qm1). Sul Gruppo del Santerno poggiano, in discordanza, sabbie di ambiente litoraneo (Sabbie di Imola) deposte all'inizio del Pleistocene medio (ciclo Qm3). È probabile che il ciclo Qm2 manchi per erosione.

3.1. - GRUPPO DEL SANTERNO

In letteratura la successione pelitica plio-pleistocenica è stata descritta sia come una formazione contenente membri e litozone (Argille Azzurre in VAI, 1988, o Argille e marne di Riolo Terme nella CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 254-Modigliana), che come gruppo suddiviso in formazioni, a loro volta articolate in membri e litozone (Gruppo del Santerno in FARABEGOLI 1987a,b e nella Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, Foglio 238-Castel S. Pietro Terme)

Questa successione, ben distinguibile litologicamente dalle successioni sopra e sottostanti, è limitata alla base e al tetto da discontinuità stratigrafiche di importanza regionale e contiene, al suo interno, almeno un'altra discontinuità a carattere regionale: quella tra i cicli P1 e P2 (RICCI LUCCHI *et alii*, 1982).

L'estensione geografica dell'unità è notevole, in quanto borda tutto il margine padano-adriatico dell'Appennino settentrionale; lo spessore è frequentemente superiore ai 1000 m e l'estensione temporale è di oltre 4 milioni di anni. Inoltre alcuni corpi torbiditici arenaceopelitici compresi nella successione pelitica (per esempio le arenarie di Borello) possono essere considerati e trattati come formazioni a causa delle loro peculiarità litologiche, dell'estensione geografica (alcune decine di km) e dello spessore (varie centinaia di metri). Per questi motivi si è scelto di trattare la successione plio-pleistocenica come un gruppo costituito da più formazioni sebbene, localmente, questa successione si presenti litologicamente omogenea e costituita interamente da sedimenti pelitici. Questa scelta è in accordo con quanto fatto da altri Autori in altri settori della Romagna (per es. FARABEGOLI, 1983 e 1987a,b). Tuttavia, nella descrizione che segue sono presenti sostanziali differenze. Infatti, nel Gruppo del Santerno Aucct. l'omogeneità litologica e l'impossibilità di riconoscere sul terreno superfici di discontinuità hanno portato al paradosso di una formazione (Argille e Marne di Riolo Terme) che contiene altre formazioni (vedere ad esempio FARABEGOLI, 1987a,b e CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000 Fogli-238-Castel S. Pietro Terme e 254-Modigliana). D'altronde, la sola applicazione dei criteri litostratigrafici non offre alternative, se non quella di considerare le Argille e Marne di Riolo Terme, laddove non sono suddivisibili e non sono riconoscibili discontinuità stratigrafiche, come una litozona (unità informale fuori rango) che contiene altre unità litostratigrafiche formali con rango di formazioni e membri. Nel caso particolare del Foglio 256 questo inconveniente può essere evitato in quanto tra le peliti del ciclo P1 e quelle del

ciclo P2 si interpongono le torbide arenaceo-pelitiche di Borello (ancora appartenenti al ciclo P1) e quindi è possibile, anche per posizione stratigrafica, distinguere due grandi intervalli pelitici e istituire due unità litostratigrafiche con il rango di formazioni, per il momento informali, circa corrispondenti alle peliti del ciclo P1 e a quelle del ciclo P2. In realtà questo limite non coincide perfettamente con la discontinuità regionale tra i due cicli che nel foglio a sud (Foglio 267) cade all'interno dell'intervallo pelitico superiore. Tuttavia, data l'importanza dell'informazione, si ritiene che alla scala del foglio questa approssimazione possa essere accettabile.

In sintesi, nel Foglio 256 il Gruppo del Santerno è articolato, dal basso verso l'alto, in:

- una formazione pelitica basale: argille azzurre inferiori (AAI);
- le arenarie di Borello (BOE);
- le marne, argille e tripoli di Corpolò (TCO);
- una formazione pelitica superiore, argille azzurre superiori (AAS) contenente, a varie altezze stratigrafiche, corpi torbiditici arenaceo-pelitici;
- le arenarie e argille di Savignano (SVG) e la litofacies sabbiosa della Grotta Rossa (SVG_a).

L'ambiente geodinamico in cui si sedimenta la successione del Gruppo del Santerno affiorante in questo foglio è considerato il margine interno dell'avanzata fossa plio-pleistocenica, dalla piattaforma alla base della scarpata.

3.1.1. - Argille azzurre inferiori (AAI)

Formazione costituita da argille, argille marnose e marne siltose generalmente grigie e grigio-azzurre, talora scure, in strati sottili, con stratificazione poco marcata o assente anche per l'intensa bioturbazione. Rare intercalazioni molto sottili di arenarie fini e finissime con A/P sempre $\ll 1$, a laminazione piano parallela; ricche in foraminiferi e macrofossili (Lamellibranchi, Scafopodi, radioli di Echinidi etc.). È presente la tipica frattura a "saponetta".

Nella porzione basale sono sovente presenti blocchi di Alberese s.l., depositi microconglomeratici con spessore ridotto (di cui uno con interessanti coralli isolati) e, in località Tribola, una frana sottomarina extraformazionale composta in prevalenza da frammenti della Formazione di Letto (siltiti ed arenarie finissime alternate a prevalenti peliti grigio scure; A/P sempre $\ll 1$; strati molto sottili; età: Messiniano inf.) e della Gessoso-Solfifera (evaporiti messiniane, tra le quali si ritrovano gessi selenitici in grossi cristalli spesso ricchi di impurità argillose, cartografati con sigla GES), risultato della instabilità insedimentaria dei margini del bacino. La potenza affiorante massima è superiore a 450 metri. Il limite inferiore dell'unità non affiora nel Foglio 256, ma in aree adiacenti e nel sottosuolo (cfr. pozzi AGIP) questa unità poggia sia sulla successione romagnola (Formazione a Colombacci, Marne di Cella) che sulle liguridi (MAE) e sulla successione epiligure della coltre alloctona del Montefeltro. Verso l'alto la formazione è in parziale eteropia con BOE. Nel sottosuolo, il limite superiore è discontinuo con AAS.

L'età dei depositi è il Pliocene inferiore (ciclo P1, zona a G. *puncticulata*; vedere anche COLALONGO *et alii*, 1982) e l'ambiente deposizionale è pelagico di scarpata. Queste peliti corrispondono al ciclo P1 delle Argille Azzurre e delle argille e marne di Riolo Terme Auctt..

3.1.2. - Arenarie di Borello (BOE)

Costituiscono un'unità arenaceo-pelitica con rapporto A/P e spessore medio degli strati molto variabili, per cui sono state distinte due litofacies: pelitico-arenacea (BOE_p) e arenaceo-pelitica (BOE_a). Localmente sono presenti depositi di frane sottomarine extraformazionali e *slumps*. La potenza massima è di circa 1000 metri (F. Marecchia). La base della formazione è in parziale eteropia con AAI, mentre il limite superiore è netto, probabilmente in discontinuità, con TCO e AAS.

L'età della formazione è compresa nel Pliocene inferiore, tra la zona a G. *puncticulata* e la zona a G. *bononiensis*. I depositi sono interpretati come torbiditi di piattaforma esterna, scarpata e base scarpata che riflettono un ringiovanimento dei rilievi emersi a seguito delle fasi tettoniche che hanno portato alla formazione di nuove aree fonte. Le frane sottomarine e gli *slumps* dimostrano l'attività sui margini del bacino nel corso della sedimentazione di BOE.

Litofacies pelitico-arenacea (BOE_p). Costituita da prevalenti argille ed argille marnose grigio-azzurre, sempre molto siltose, fossilifere e caratterizzate da intensa bioturbazione, in strati molto sottili e sottili, con sottilissimi livelli di sabbie fini; rare intercalazioni sabbiose, giallastre, molto sottili con A/P < 1/2.

Litofacies arenaceo-pelitica (BOE_a). Costituita da alternanze di argille sabbiose grigie, localmente marnose, biancastre all'alterazione e arenarie torbiditiche quarzose grigio-gialle in strati sottili e medi, poco cementate, fortemente fossilifere. Il rapporto A/P varia da 1/2 a 2 per passare a prevalenti arenarie quarzose grigio-giallastre in strati da spessi a metrici, mal definiti, a laminazione inclinata e con livelli di tritume conchigliare; sono presenti livelli siltosi; le arenarie, solitamente poco cementate presentano nuclei a maggiore cementazione (concrezioni diagenetiche).

3.1.3. - Marne, argille e tripoli di Corpolò (TCO)

Formazione caratterizzata da argille marnose e marne siltose grigie e grigio-azzurre, in strati sottili poco evidenti, con intercalazioni di strati arenacei, da sottili a molto spessi, del tutto analoghi a quelli presenti nell'unità superiore (AAS_a), con evidenze di bioturbazione, alternate a strati sottili di silt argillosi con lamine sottilissime di marne tripolacee e tripoli bianchi ricchi in pesci fossili organizzati in intervalli anche decametrici. Questa unità raggiunge lo spessore massimo, circa 450 metri, in corrispondenza dell'alveo del Marecchia, mentre non sembra essere pre-

sente ad ovest del Torrente Uso. Di particolare interesse nella zona è il giacimento con vertebrati fossili affiorante nel F. Marecchia a est di Poggio Berni (SORBINI, 1982) costituito da almeno 15 livelli sapropelitici di marne diatomitriche siltose alternate ad argille, marne ed arenarie. Nelle marne diatomitriche, fittamente laminate, sono stati ritrovati resti di mammiferi, anfibi, cefalopodi e soprattutto pesci.

Questa formazione riunisce i depositi caratterizzati da facies poco ossigenate interposti tra l'ultimo banco arenaceo contenuto in BOE ed il primo strato arenaceo di AAS (tipo AAS_a). Essa è in rapporti di eteropia con la porzione inferiore di AAS.

COLALONGO *et alii* (1982) attribuiscono all'affioramento dell'alveo del Marecchia, a est di Poggio Berni, un'età compresa tra la parte terminale della zona a *G. puncticulata* e la zona a *G. crassaformis* (Piacenziano). Recentemente RIO *et alii* (1996), grazie ad un dettagliato lavoro stratigrafico e paleoambientale mediante lo studio integrato di nannofossili calcarei, foraminiferi planctonici e magnetostratigrafia, attribuiscono più precisamente alla stessa successione un'età compresa tra 3.0 e 2.2 Ma (biozone MNN16a-MNN18 di RIO *et alii*, 1990; Piacenziano-Gelasiano p.p., quest'ultimo di recente istituzione).

Questi depositi sono l'espressione del ciclico riproporsi di facies "stagnanti", comunque di ambiente relativamente profondo, da -500 a -1200 m, e fortemente subsidente (circa 450 metri di sedimenti depositi in 800.000 anni) (RIO *et alii*, 1996), organizzate in cicli di ossidazione/riduzione dovuti a scarsa circolazione sul fondo alternata a periodi "normali", ossigenati, con apporti detritici. La causa dell'alternarsi di queste condizioni è ancora oggetto di discussione (a questo riguardo si rimanda a CREMONINI & RICCI LUCCHI, 1982 e a RIO *et alii*, 1996). In ogni caso appare chiaro che le condizioni per la formazione di questo deposito sono in stretta relazione con l'assenza di afflussi torbidity frequenti; infatti il deposito è compreso tra il tetto delle torbidity di Borello e le torbidity intercalate nelle Argille Azzurre superiori; pertanto, oltre a condizioni paleoambientali legate ai cicli climatici, appare chiara anche la relazione con i periodi di attività e stasi tettonica del fronte della catena e del bacino.

3.1.4. - Argille azzurre superiori (AAS)

Unità costituita da argille marnose e marne argillose simili a quelle descritte in AAI, dalle quali differiscono per il colore più azzurrognolo, il maggiore tenore in silt e per la posizione stratigrafica. Al suo interno sono presenti rare intercalazioni di arenarie quarzoso-micacee, medio-fini giallastre, in letti da sottili a spessi, alternate ad argille marnose e siltose grigie, in letti sottili e molto sottili, con rapporto A/P > 1, potenti qualche decina di metri (AAS_a). Si tratta di torbidity arenaceo-pelitiche probabilmente correlabili con le Arenarie di Lardiano dei fogli più occidentali (per es. Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 Foglio 254-Modigliana). Il contatto inferiore è in probabile discontinuità su BOE, mentre nel sottosuolo esso è in discontinuità su AAI. La parte inferiore è in eteropia con TCO. Questi depositi al tetto passano, per aumento della frazione sabbiosa, a SVG. Essi si sviluppa-

no per circa 700 m di spessore e rappresentano i depositi pelagici di scarpata e base scarpata del ciclo P2 (Pliocene medio-Pleistocene inferiore).

3.1.5. - Arenarie e argille di Savignano (SVG)

Questa formazione è costituita da una alternanza di argille sottili, grigie chiare, beige all'alterazione, e arenarie sottili e molto sottili, fini e finissime, poco cementate, piano parallele, lenticolari alla scala dell'affioramento. Il rapporto A/P, generalmente $\ll 1$, è crescente verso l'alto e lateralmente verso SO. Nella parte alta e lateralmente verso SO l'aumento delle arenarie è tale da permettere la distinzione della litofacies sabbiosa della Grotta Rossa (SVG_a) che verso SO sostituisce interamente la facies argilloso-arenacea tipica della formazione. La potenza della formazione è di almeno 200 metri. Il limite inferiore è graduale su AAS per aumento della frazione pelitica mentre il limite superiore è discordante con IMO.

L'età di questi depositi è Pleistocene inf. (per posizione stratigrafica e letteratura, FARABEGOLI, 1987a,b) (ciclo Qm1); essi sono riferibili a facies di piattaforma.

Litofacies sabbiosa della Grotta Rossa (SVG_a). Litofacies costituita da arenarie medie e fini, giallo ocra, poco cernite e poco cementate, in strati spessi e molto spessi frequentemente amalgamati tra loro, con tritume conchigliare associato a laminazione ondulata, alternate a livelli metrici di peliti grigio-azzurre contenenti faune marine di ambiente circa litorale. La potenza di questa litofacies sabbiosa è estremamente variabile, da 0 metri a Santarcangelo fino ad un massimo nella zona di S. Fortunato, dove raggiunge i 100 metri circa. Il limite inferiore è rapido e parzialmente eteropico con SVG mentre il limite superiore è discordante con IMO. Questi depositi sono riferiti ad un ambiente di spiaggia sommersa e piattaforma interna, probabilmente non lontano da una foce fluviale.

Questa unità litostratigrafica è di nuova istituzione. Con essa si vogliono separare i depositi sabbiosi marini ancora riferibili al ciclo Qm1, e contenenti al loro interno delle sottili intercalazioni di peliti marine di piattaforma (SVG_a), dalle sovrastanti Sabbie di Imola (IMO) che fanno parte del ciclo Qm3, hanno come base una discordanza angolare e sono più propriamente riferibili ad un ambiente litorale con intercalazioni di depositi fini lagunari (in analogia con AMOROSI *et alii*, 1998). È probabile che i depositi del ciclo Qm2 siano assenti per erosione.

3.2. - SABBIE DI IMOLA (IMO)

Questa formazione è caratterizzata da arenarie e sabbie da medie a finissime, generalmente poco cementate, giallastre all'alterazione, in strati spessi e molto spessi, mal definiti, frequentemente amalgamati fra loro. La parte inferiore dell'unità è generalmente costituita da arenarie e sabbie fini e medie con rari livelli conglomeratici contenenti ciottoli silicei bruni; sono presenti rare intercalazioni

pelitiche, spesse fino ad alcune decine di centimetri, all'interno delle quali, in un caso, sono state rinvenute faune continentali. Le arenarie sono caratterizzate da stratificazione incrociata ad alto angolo e piano-parallela; localmente sono presenti *ripples* da onda drappeggiati da sottili intercalazioni pelitiche. La parte superiore è generalmente costituita da arenarie e sabbie fini e finissime in cui sono presenti sporadici livelli centimetrici di peliti grigie frequentemente interessate da formazione di concrezioni carbonatiche. Le arenarie sono caratterizzate da stratificazione piano-parallela e strutture tipo *hummocky*. La distinzione fra una parte inferiore ed una superiore è confrontabile con quanto proposto da AMOROSI *et alii* (1998); tuttavia, l'assenza del livello pelitico (membro di Fossoveggia di AMOROSI *et alii*, 1998) che in altri settori dell'Appennino (fogli 220, 221, 238 e 239, in preparazione) si interpone tra le due porzioni sabbiose, non consente la cartografia di queste ultime come corpi separati e non consente quindi la suddivisione della formazione in membri come proposto dagli Autori citati.

Nella parte alta della formazione, in particolare in destra del F. Marecchia, sono presenti intercalazioni conglomeratiche a matrice sabbiosa con ciottoli derivanti da unità liguri ed epiliguri (**IMO_a**). Questa litofacies riflette verosimilmente la presenza della foce del F. Marecchia in questo punto del margine appenninico durante la parte basale del Pleistocene medio.

La potenza della formazione affiorante è variabile fino ad un massimo di circa 60 metri, mentre nel sottosuolo supera i 150 metri. Il limite inferiore è una discordanza angolare su SVG e SVG_a ed il limite superiore è erosivo e discordante con i depositi alluvionali quaternari. Sulla base di quanto riportato da GAGNEPAIN *et alii* (1996), REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998) e AMOROSI *et alii* (1998), l'età della formazione è stimata 0,8-0,65 MA, corrispondente alla parte basale del Pleistocene medio (ciclo Qm3). Questi depositi sono riferibili all'ambiente litorale, variabile da spiaggia sommersa a laguna di retrospiaggia. Le associazioni microfaunistiche dei depositi litorali ad alta energia appaiono tipicamente mal conservate a rimaneggiate per età e ambiente, mentre associazioni a foraminiferi dominate da *Ammonia* spp. ed *Elphidium* spp. si rinvencono nei sedimenti di spiaggia sommersa. La presenza di ostracofaune di ambiente ipoalino (*Candona* spp., *Ilyocypris* spp.) o salmastro (*Cyprideis torosa*) caratterizza localmente i depositi lagunari.

4. - DEPOSITI QUATERNARI INTRAAPPENNINICI CONTINENTALI PRIVI DI UNA FORMALE CONNOTAZIONE STRATIGRAFICA

Appartengono a questo insieme tutti quei terreni, eterogenei per genesi e litologia, che sono il risultato della deposizione in ambiente continentale, in particolare depositi di versante, che si trovano in discordanza sulle unità stratigrafiche descritte nei precedenti paragrafi e per i quali, allo stato attuale delle conoscenze, non è stato possibile ricostruire una correlazione regionale e quindi una stratigrafia almeno alla scala di bacino. Queste unità quaternarie sono rappre-

sentate nell'area del Foglio dalle frane, dai detriti di versante e dai depositi alluvionali attualmente in evoluzione.

4.1. - FRANE (a_1 e a_2)

I depositi di frana non sono stati distinti geneticamente, ma in base al loro grado di attività. Tale attribuzione deriva essenzialmente da osservazioni geomorfologiche e non strumentali, cioè si basa su caratteri direttamente visibili sul terreno. Sono stati distinti i corpi di frana in evoluzione (a_1) e i corpi di frana senza indizi di evoluzione (a_2). Per corpo di frana in evoluzione s'intende un deposito "associato a processi gravitativi in atto al momento del rilevamento, o che ricorrono con un ciclo il cui periodo massimo non supera quello stagionale", mentre per corpo di frana senza indizi di evoluzione s'intende un accumulo dovuto a processi gravitativi "non attivi al momento del rilevamento, per le quali però esistono indizi che ne dimostrino un'oggettiva possibilità di riattivazione, in quanto esse non hanno esaurito la loro potenzialità di evoluzione" (VARNES, 1978; GNGFG, 1987; CRUDEN & VARNES, 1996). Sono frequenti i casi di corpi di frane senza indizi di evoluzione che presentano localizzati fenomeni di riattivazione, spesso non cartografabili. Dal punto di vista litologico si tratta di depositi incoerenti a composizione eterogenea e granulometria eterometrica, con assetto caotico.

La densità e la tipologia delle frane varia notevolmente in relazione alle caratteristiche litologiche del substrato su cui si impostano. In particolare, i litotipi stratificati e costituiti da alternanze di livelli litoidi con livelli pelitici o marnosi favoriscono lo sviluppo di frane di scorrimento rotazionale e/o traslativo, in particolar modo sui versanti con giacitura degli strati a franapoggio. Questo si verifica soprattutto nei terreni di natura torbiditica. Frequentemente si osservano fenomeni franosi in corrispondenza di direttrici tettoniche, soprattutto faglie o sovrascorrimenti.

In corrispondenza delle scarpate più acclivi su terreni litoidi sono presenti frane di crollo o miste, di crollo e scorrimento. Dove affiorano terreni prevalentemente argilloso-marnosi (brecce argillose, unità argilloso-calcaree e formazioni argillose), concentrati in gran parte nel settore sud-occidentale del Foglio, la densità dei fenomeni franosi è molto maggiore; prevalgono frane di colata o di tipo complesso, colate e scorrimenti traslativi. In queste litologie, sono inoltre frequenti forme calanchive, fenomeni di soliflusso (*creep*) e di espansione laterale.

4.2. - DETRITI DI VERSANTE S.L. (a_3)

Le coperture detritiche sono state cartografate come detriti di versante s.l. (a_3) e sono costituiti da materiale incoerente, eterogeneo ed eterometrico accumulato per gravità e ruscellamento superficiale sulle porzioni meno acclivi o alla base dei versanti.

Sui ripiani o sui versanti con debole pendenza sono presenti anche coltri eluvio-colluviali; queste sono costituite da elementi litoidi di varie dimensioni e da materiali incoerenti, quali sabbie, limi ed argille, talora pedogenizzati, che rappresentano il

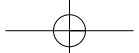
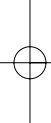
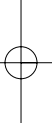
mantello detritico, ancora in posto, derivante dall'alterazione della roccia del substrato o accumulato dopo un breve trasporto per ruscellamento superficiale.

Ad eccezione delle frane in evoluzione (a_1), chiaramente attuali, l'età dei depositi di versante riferibili alle unità a_2 e a_3 , è presumibilmente da riferirsi all'ultimo ciclo climatico (Pleistocene superiore-Olocene).

4.3. - DEPOSITI ALLUVIONALI IN EVOLUZIONE (b_1)

Prevalenti ghiaie, generalmente embriciate, e sabbie e subordinati limi argillosi attualmente in evoluzione all'interno degli alvei e nelle zone golenali stagionalmente interessate da piene. Allo sbocco di impluvi e nelle valli secondarie sono presenti depositi detritici, generalmente incoerenti e caotici, costituiti da clasti eterometrici ed eterogenei, talora arrotondati, spesso in matrice sabbiosa.

L'età è ovviamente riferibile all'Olocene attuale.



IV - PRINCIPALI STRUTTURE TETTONICHE

Come anticipato nel cap. II, una delle strutture tettoniche di maggiore importanza è costituita dalla superficie di accavallamento della coltre del Montefeltro, affiorante nell'estremità SO del foglio. Attualmente questa superficie in affioramento ha direzione ONO-ESE è fortemente inclinata verso SSO e mette a contatto le Liguridi s.l. sulla successione plio-pleistocenica. In origine questa superficie di accavallamento doveva essere circa sub-orizzontale, o comunque meno inclinata di oggi, ad esempio come si presenta nel sottosuolo (vedere sezioni geologiche); attualmente questo contatto e i depositi plio-pleistocenici sono piegati e dislocati da strutture di accavallamento tardive.

Le principali strutture che oggi interessano la successione plio-pleistocenica sono, da SO verso NE: una superficie di sovrascorrimento, circa parallela al fronte delle Liguridi s.l., che porta le peliti del Pliocene inferiore ad accavallarsi sulle arenarie di Borello; un'anticlinale fagliata che permette anche la risalita di una scaglia di "Alberese"; la sinclinale di Borghi, anch'essa fagliata; una struttura di accavallamento (antiforme di Felloniche-Montalbano) che permette la risalita delle peliti del Pliocene inferiore e del substrato liguride e in accavallamento sulle arenarie di Borello e, infine, immediatamente a SO di Poggio Berni, un'anticlinale fagliata che costituisce la struttura affiorante più nord-orientale dell'Appennino il quale, proseguendo verso NE oltre Savignano e Santarcangelo, si immerge con assetto a monoclinale sotto i depositi quaternari della Pianura Padana e del M. Adriatico (vedere anche PIERI & GROPPI, 1981; CNR, 1992; REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998).

Tutte le principali strutture descritte hanno una direzione ONO-ESE, circa parallela all'asse della catena, e sono dislocate da faglie subverticali che interessano anche i depositi medio-pleistocenici di Santarcangelo e Covignano (Sabbie di Imola) e quindi sono presumibilmente di età tardo-pleistocenica ($< 0,65$ MA, età del tetto delle Sabbie di Imola).

Come si può osservare dalla carta geologica, sono presenti anche linee con andamento antiappenninico, cioè trasversale alla catena, e probabile superficie sub-verticale, che sbloccano localmente l'andamento del margine. È probabile che lungo queste strutture, le principali delle quali controllano l'andamento degli attuali alvei del Rubicone, dell'Uso e del Marecchia, si siano verificati anche scorrimenti con componente orizzontale.

Le principali strutture sepolte ricadenti nell'area del Foglio 256 sono note grazie alla ricerca di idrocarburi; sono stati perforati diversi sondaggi (vedere per esempio i pozzi Agip Miramare 2, Corpolò 1, Santarcangelo 1 e 2, Gambettola 1, Bellaria 1 e Rubicone 1) e realizzate numerose linee sismiche per cui le informazioni disponibili sulla stratigrafia e sulle strutture profonde di questo settore della Pianura Padana sono piuttosto dettagliate. Le strutture sepolte rappresentate nello schema tettonico sono quelle più superficiali che interessano la Formazione Marnoso-Arenacea e buona parte della successione pliocenica. Si tratta principalmente di pieghe e sovrascorrimenti con vergenza NE e locali retroscorrimenti. Le strutture più prossime alla catena possono essere considerate appartenenti all'insieme delle Pieghe Romagnole mentre quelle più esterne possono essere considerate appartenere all'insieme delle Pieghe Adriatiche (PIERI & GROPPI, 1981); questa distinzione, all'altezza della Val Marecchia, diventa difficile in quanto i due insiemi di strutture ruotano e dalla tipica direzione appenninica (ONO-ESE) si dispongono circa N-S e convergono fino ad unirsi. A SE della Val Marecchia, le strutture proseguono nuovamente parallele all'asse della catena.

I sistemi di accavallamento descritti si presentano con una geometria tipo "*Imbricate thrust systems*" (BOYER & ELLIOTT, 1982; MCCLAY, 1992) (vedere le sezioni geologiche a corredo della carta). Dall'analisi delle unità stratigrafiche coinvolte, l'attività principale sembra essersi sviluppata nel Pliocene inferiore. I dati di superficie indicano che le spinte compressive NE vergenti sono state attive anche successivamente, in quanto le Sabbie di Imola (0,8-0,65 MA, Pleistocene medio basale) si presentano localmente deformate e inclinate di circa 15° - 20° verso la pianura; tuttavia, tutte le unità del Pleistocene inferiore e medio, pur presentandosi basculate, non sembrano coinvolte in importanti dislocazioni, piegamenti e accavallamenti e sembrano sigillare le strutture adattandosi alla topografia preesistente, con spessori massimi nelle sinformi e ridotti sugli alti (vedere anche capitolo successivo). È probabile che nel settore dell'Appennino emerso le strutture compressive attivate nel Pliocene inferiore siano state riattivate anche successivamente, fino al Pleistocene medio, mentre questo non sembra sia avvenuto, in maniera evidente, per le strutture esterne sepolte.

Per una ricostruzione geometrica più dettagliata di queste strutture si rimanda alla rappresentazione cartografica della base del Pliocene (CNR, 1992). La

base della successione pliocenica, *marker* stratigrafico che meglio indica la distribuzione e geometria delle principali strutture sepolte, è ad una profondità variabile da oltre 3000 m nelle sinformi a meno di 2500 m in corrispondenza degli alti.

Per la ricostruzione geometrica del fronte di avanzamento della coltre di materiale ad affinità liguride, intercalata nella successione pliocenica inferiore, sono di estremo interesse i pozzi Santarcangelo 1 e 2 e Corpolò 1 che la attraversano ad una profondità mediamente compresa tra circa 1550 e 2350, per uno spessore medio di almeno 600 m. La terminazione verso NE di questa coltre può essere stimata interpolando i dati dei pozzi suindicati con quelli dei pozzi Gambettola 1 e Bellaria 1 e 2 che attraversano tutta la successione fino al Miocene senza attraversare unità ad affinità liguride; è probabile che la coltre alloctona non si spinga molto a nord dei pozzi Santarcangelo 1 e 2 e Corpolò 1, almeno con spessori significativi riconoscibili nelle linee sismiche, e che non raggiunga l'attuale linea di costa.

Nel sottosuolo del settore appenninico, le principali strutture di accavallamento sopra descritte sembrano convergere in profondità alla base della Formazione Marnoso-Arenacea e avere una frequenza maggiore rispetto alle strutture di accavallamento che interessano la sottostante successione carbonatica; questo permette di ipotizzare un comportamento meccanico indipendente della successione neogenica dalla sottostante successione paleogenico-mesozoica e l'orizzonte di scollamento sembra corrispondere alle marne basali della Formazione Marnoso-Arenacea (marne dello Schlier) (sez. n. VI in: REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998). Questo piano di scorrimento, piegato, è individuabile a circa 4000 m di profondità sugli alti e a circa 6000 metri di profondità nelle sinclinali. Un altro livello di scollamento sembra essere costituito dalle evaporiti triassiche, a circa 8-10.000 m di profondità (BOCCALETTI *et alii*, 1990; FARABEGOLI *et alii*, 1991; CERRINA FERONI *et alii*, 1997).

Verso l'esterno, in prossimità della linea di costa, il pozzo Rubicone 1 ha attraversato la successione umbra fino a -5550 m, fermandosi nella successione carbonatica giurassica, apparentemente senza incontrare ripetizioni tettoniche (vedere sezione geologica a corredo della carta).

Infine, dai dati di sottosuolo emerge che nel sottosuolo di Rimini la base dei depositi continentali (tetto delle Sabbie di Imola) è ad una profondità superiore ai 300 metri dal piano campagna (-315 m nel pozzo Rubicone 1) mentre nel sottosuolo di Riccione la stessa superficie è ad una profondità inferiore ai 100 m (-50 m rispetto al l.m. nel pozzo Miramare 2) (si veda lo schema tettonico); inoltre, immediatamente ad est del foglio, il substrato marino è affiorante (promontorio di Gabicce, Foglio 268, si veda lo schema di inquadramento). Poiché non ci sono evidenze di particolari strutture che possono spiegare questo sollevamento del settore SE, è possibile che ciò sia dovuto ad un alto del basamento. Tale alto sembra costituire anche il limite SE della pianura emiliano-romagnola e, poichè interessa le Sabbie di Imola, sembra essersi attivato negli ultimi 650.000 anni.

Infine, nella sezione superficiale A-A' e nella sezione costiera del foglio allegato alla carta geologica sono presenti indizi di una struttura di sollevamento recentissima. Infatti, nel sottosuolo di Igea Marina è presente un'inflexione che coinvolge tutto lo spessore indagato, dai depositi più profondi del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore fino a quelli superficiali in cui sono stati rinvenuti reperti dell'età del Bronzo. Inoltre, anche il profilo topografico risulta inarcato e proprio in corrispondenza della fascia di massimo inarcamento si ha la maggiore erosione litorale che si esprime con la maggiore altezza della scarpata del terrazzo marino (sezione superficiale A-A').

V - EVOLUZIONE STRATIGRAFICA E STRUTTURALE

I sedimenti affioranti in questo foglio permettono di ricostruire l'evoluzione stratigrafica e strutturale a partire dal Pliocene inferiore.

In questo intervallo di tempo sono riconoscibili almeno 4 importanti fasi tettoniche intervallate da periodi di "stasi" in cui è probabile si siano depositi i sedimenti fini della successione plio-pleistocenica.

La prima di queste fasi è quella responsabile della messa in posto della coltre del Montefeltro sulle Argille Azzurre inferiori ed è quindi databile, in zona, alla parte alta del Pliocene inferiore, tra la zona a *G. margaritae* e la zona a *G. punctulata*. Questa fase è con ogni probabilità anche responsabile della variazione di sedimentazione che si registra nella successione pelitica con l'intercalazione delle arenarie di Borello, testimoni della creazione di nuove aree fonte di sedimenti e della instabilità dei margini del bacino.

La seconda fase tettonica interrompe nuovamente una sedimentazione fine, caratterizzata da frequenti episodi anossici (marne, argille e tripoli di Corpolò), con la deposizione delle torbiditi associate alle Argille Azzurre superiori e quindi è localizzata nel Pliocene superiore.

La terza fase è quella che permette la definitiva emersione dell'Appennino e la sedimentazione da ambiente di scarpata e piattaforma passa ad ambiente di spiaggia sommersa; a questa fase è probabilmente dovuta anche la discordanza che separa le Sabbie di Imola dalla sottostante litofacies sabbiosa della Grotta Rossa che, localmente, chiude il Gruppo del Santerno; questa fase è

quindi localizzabile dal Pleistocene inferiore al Pleistocene medio basale.

La quarta fase è responsabile della deformazione, prevalentemente fragile, e dell'inizio del piegamento verso la pianura delle Sabbie di Imola nonché dell'inizio della deposizione alluvionale lungo il margine appenninico-padano, ed è quindi databile a partire dal Pleistocene medio, in particolare $< 0,65$ MA (età del tetto delle Sabbie di Imola) (vedere anche REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998).

Il sollevamento della catena è poi continuato fino al tardo Pleistocene superiore e forse anche nell'Olocene.

Nel vicino Appennino forlivese (ACHILLI *et alii*, 1990; MARTELLI, 1994; SARTI *et alii*, 1997; CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 265-Bagno di Romagna, in stampa) e lungo l'asta valliva del T. Conca (BASSETTI & SARTI, 1997) sono stati riconosciuti terrazzi alluvionali datati dal Pleistocene medio terminale al Paleolitico sup., a quote molto elevate rispetto agli alvei attuali, basculati e, in alcuni, casi dislocati da faglie (MARTELLI, 1994; CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 265-Bagno di Romagna, in stampa). Inoltre, nel pedeappennino e nell'alta pianura forlivese e faentina sono stati riconosciuti depositi di conoide alluvionale, attribuiti al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES, vedere "Pianura e Mare Adriatico", cap. IX, 1.2.), ricchi di ciottoli, anche decimetrici, di liguridi s.l. (calcari marnosi e calcari selciferi eocenici attribuiti alla Formazione di Monte Morello; ciottoli cristallini attribuiti alla Formazione di Loiano; biocalcareni attribuiti alla Formazione di San Marino o di Pantano del Gruppo di Bismantova), evidente indizio che le ultime fasi di sollevamento dell'Appennino e la definitiva erosione della coltre alloctona liguride, l'unità tettonica superiore dell'Appennino Emiliano-Romagnolo che ricopriva i depositi della successione romagnola (Formazione Marnoso-Arenacea) (CERRINA FERONI *et alii*, 1997; sull'argomento vedere anche ZATTIN, 1998) sono avvenuti tra il Pleistocene medio terminale ($< 0,3$ MA) e il Pleistocene superiore terminale.

Infine, l'inarcamento descritto nel precedente capitolo (vedere sezione superficiale A-A' e sezione costiera del foglio allegato alla carta geologica) indica, almeno nella zona costiera compresa tra Bellaria e Viserba, una recentissima attività di sollevamento, dato che nei terreni coinvolti sono stati rinvenuti reperti dell'età del Bronzo.

PIANURA E MARE ADRIATICO

VI - INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

I depositi alluvionali e marini tardo-quadernari sono distribuiti in un ampio areale del Foglio 256. Essi sono presenti nell'area collinare come pianure intravallive dei fiumi e torrenti che solcano il substrato marino plio-pleistocenico, si sviluppano nella fascia di pianura compresa fra gli sbocchi vallivi e la costa, dove costituiscono la parte terminale sud-orientale della Pianura Padana, e proseguono nel fondale marino dell'Adriatico.

Nel Foglio 256 il settore collinare ha una estensione modesta perciò le pianure intravallive sono poco sviluppate. Anche il F. Marecchia che rappresenta il corso d'acqua più importante dell'area (bacino idrografico di 540 km² e lunghezza dell'asta fluviale di 80 km, GIULIANI & GURNARI, 1994) ha la gran parte della sua pianura intravalliva che si sviluppa nei fogli meridionali a quello in esame. Al contrario in questo foglio sono ben rappresentate le parti terminali delle valli, dove i corsi d'acqua sboccano in pianura e le pianure intravallive si allargano (fino a quasi 5 km nel F. Marecchia). Questi settori si caratterizzano dal punto di vista geomorfologico per la coesistenza fra i processi di sedimentazione e quelli erosivi per cui si sviluppano estesi affioramenti di depositi alluvionali variamente incisi da scarpate erosive (depositi di terrazzo fluviale). In queste aree le pianure intravallive fanno transizione, senza soluzione di continuità, con la Pianura

Padana e la distinzione fra piana intravalliva e pianura alluvionale può talora risultare arbitraria.

La pianura alluvionale si estende lungo una fascia confinata fra il margine appenninico (direzione c.a. N 115°) e la piana costiera che fiancheggia il litorale adriatico (direzione c.a. N 140°). A causa della marcata differenza di orientazione fra questi due limiti fisiografici la pianura alluvionale è abbastanza ampia solo nel settore nord-occidentale (fino a 10-12 km misurati perpendicolarmente al margine appenninico). Qui prevalgono i processi di sedimentazione rispetto a quelli erosivi per cui si annullano le scarpate di terrazzo, le quote degli alvei dei corsi d'acqua tendono a divenire più alte rispetto alla pianura circostante e compaiono gli argini (naturali e/o artificiali) attorno agli alvei dei fiumi e torrenti. Il piano topografico di questa fascia di pianura immerge verso nord-est ed è compreso fra c.a. 35 e 1 m di quota sul livello del mare. Nel settore sud-orientale la fascia di pianura è ridotta a qualche chilometro e conserva, sostanzialmente, caratteri simili a quelli descritti per gli sbocchi vallivi, tra cui un marcato incasamento degli alvei lungo le scarpate fluviali.

La piana costiera, che costituisce il raccordo fra la piana alluvionale ed il Mare Adriatico, è data da una stretta fascia parallela al litorale larga meno di un chilometro e compresa fra le quote 2 e 0 m s.l.m. L'andamento prevalentemente rettilineo della linea di costa anche a ridosso delle foci fluviali (ad eccezione della piccola cuspidè presso la foce del F. Marecchia, la cui origine è comunque fortemente condizionata dalla presenza del molo artificiale di Rimini) indica che il settore costiero del Foglio 256 è dominato da processi marini. Tra questi i più significativi sono (si veda la parte "Elementi di geologia tecnica ed applicata"):

- la redistribuzione ad opera del mare del sedimento trasportato dai corsi d'acqua, che impedisce lo sviluppo di sistemi deltizi;
- il trasporto lungo costa delle sabbie litorali, con componente prevalente da sud-est a nord-ovest;
- i fenomeni di erosione costiera attualmente in corso (e tentativamente ostacolati con strutture di difesa costiera a nord-ovest del molo di Rimini) o del recente passato (che hanno originato la falesia costiera abbandonata fra Gabicce e la foce del T. Uso).

Il settore marino si sviluppa nell'area nord-orientale ed occupa quasi la metà della superficie del foglio. Esso è dato:

- da una fascia prossimale allungata lungo il litorale, larga fino a 2 km e compresa fra le quote 0 e -8/-9 m s.l.m.; essa si caratterizza per il fondale a gradiente relativamente alto e prevalentemente sabbioso.

- Da un'ampia zona estesa fino all'isobata -17 m s.l.m., caratterizzata da un fondale a basso gradiente e prevalentemente fangoso.

VII - STUDI PRECEDENTI

Nella II edizione della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:100.000, il foglio 100-Forlì (1968) ed il foglio 101-Rimini (1967) descrivono i depositi continentali quaternari in modo sintetico con alcune sommarie indicazioni riguardanti l'ambiente deposizionale, la posizione geomorfologica e l'età (alluvioni di fondovalle oloceniche, terrazzi pleistocenici medio-sup., ecc.); nei depositi della bassa pianura sono state fatte anche alcune distinzioni litologiche sulla base della prevalenza di sabbie ed argille. Nelle sezioni geologiche riportate nei fogli i depositi quaternari continentali sono indistinti.

Oltre alla cartografia geologica ufficiale sono disponibili alcune carte geologiche più propriamente tematiche (soprattutto orientate agli aspetti geomorfologici e idrogeologici) fra cui si segnalano quelle di TONI & ZAGNINI (1988) e ELMI & NESCI (1991).

I lavori di stratigrafia delle alluvioni quaternarie si riferiscono prevalentemente ai depositi grossolani del F. Marecchia. BULI (1935) sviluppa un schema litologico tridimensionale del sottosuolo in cui i depositi fluviali ghiaiosi sono amalgamati nell'area prossimale mentre si suddividono nell'area distale in più corpi ghiaioso-sabbiosi, lateralmente continui e separati verticalmente da orizzonti fini. Questo schema stratigrafico del sottosuolo viene affiancato da uno studio introduttivo di superficie in cui vengono individuati diversi ordini di terrazzi caratterizzati da un grado variabile di alterazione ("ferrettizzazione"). LIPPARINI (1969) inserisce lo schema stratigrafico di BULI (1935) nelle note illustrati-

ve della Carta Geologica d'Italia. PRONI (1984) e TONI & ZAGHINI (1988) integrano il medesimo schema con nuovi dati di pozzi, aumentano i dettagli nelle ricostruzioni geometriche dei corpi grossolani ed individuano la presenza di due orizzonti continui di sabbie marine (rispettivamente a circa 90 e 200 m di profondità sotto l'attuale linea di costa) intercalati ai depositi alluvionali.

Per ciò che riguarda lo studio dei terrazzi intravallivi e del margine appenninico del settore sud-occidentale del foglio (F. Rubicone, T. Uso ed in parte F. Marecchia) si segnala FARABEGOLI (1987a,b) che distingue due famiglie di terrazzi: quelli di pertinenza dei settori intravallivi e dei conoidi più recenti, solo parzialmente pedogenizzati (b_{2-6}) e quelli più antichi intensamente alterati (b_{7-8}).

Uno dei principali studiosi dei depositi fluviali della pianura cesenate e riminese è stato sicuramente Antonio Veggiani, il quale ha incentrato i propri studi sull'integrazione dei dati storici, archeologici e geomorfologici per comprendere l'evoluzione del paesaggio geologico-naturalistico di questo settore della Pianura Padana. Fra i suoi numerosissimi lavori si ricordano quelli incentrati sui fenomeni di esondazione dei corsi d'acqua secondari (Rio Rigossa, T. Pisciatello e F. Rubicone) in epoca storica (VEGGIANI, 1984, 1985) e le sintesi delle conoscenze relative alla geologia dei terreni affioranti e sepolti del territorio riminese (VEGGIANI, 1991) e dell'intera pianura romagnola (VEGGIANI, 1994).

La presenza di una scarpata costiera (terrazzo marino) inattiva a sud-est di Bellaria ed i problemi dell'erosione delle spiagge adriatiche hanno spinto vari Autori ad interessarsi dell'evoluzione del sottile tratto di piana costiera occupato da sabbie litorali. In particolare si segnalano VEGGIANI (1988) e PAREA (1991) i quali legano la presenza dei depositi litorali alla massima ingressione marina olocenica di c.a 5.000 anni fa ed individuano nei processi erosivi costieri l'origine del terrazzo marino.

Il primo esempio di approccio stratigrafico-sequenziale ai depositi quaternari affioranti di questo settore della pianura si deve a PAREA (1991). L'Autore inquadra i principali terrazzi intravallivi ed i depositi della pianura alluvionale nell'area fra il F. Rabbi ed il F. Marecchia all'interno di 4 sequenze deposizionali che si sarebbero sviluppate durante gli ultimi cicli glacioeustatici tardo-Quaternari. Di tali cicli viene proposta una carta di superficie a scala 1:50.000 (PAREA, 1991 Tav. 1) contenente anche alcune distinzioni nei sedimenti alluvionali in termini di ambiente deposizionale.

Nella presente stesura del Foglio 256 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 stratigrafico essenziale per l'inquadramento regionale dei depositi alluvionali padani. Primo fra tutti il lavoro di RICCI LUCCHI *et alii* (1982) che fornisce un inquadramento stratigrafico di tipo sequenziale della successione quaternaria affiorante al margine appenninico suddividendola in due cicli sedimentari principali (fig. 2), uno marino (Qm) e uno continentale (Qc). A partire da questo lavoro, REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998) propongono uno sche-

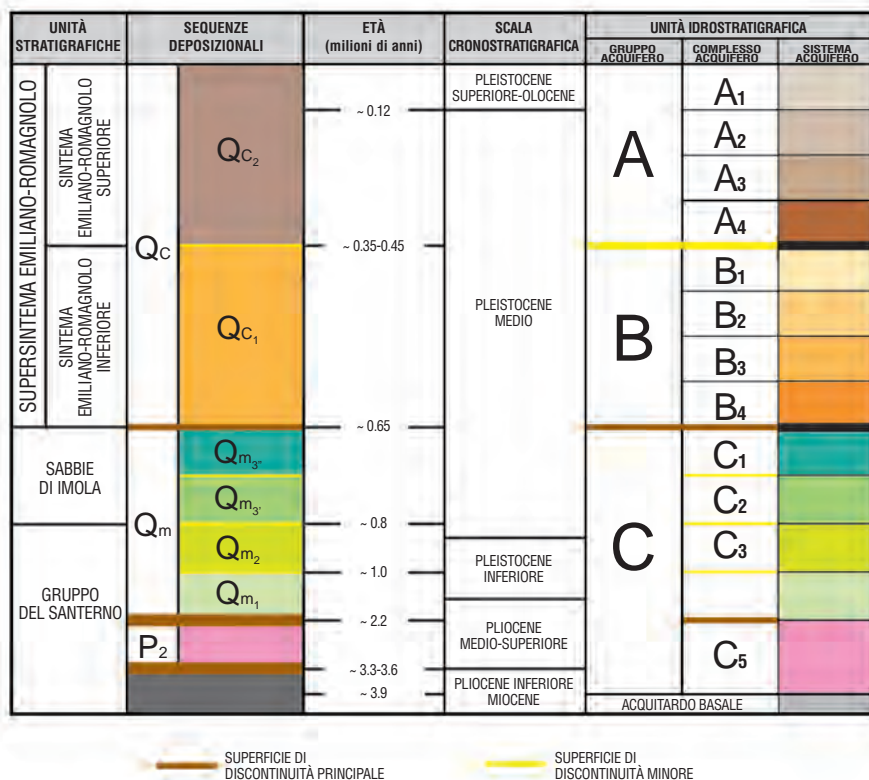


Fig. 2 - Schema stratigrafico dei depositi plio-quadernari del bacino padano, con indicazione delle principali unità stratigrafiche, sequenze deposizionali ed unità idrostratigrafiche (modificato da REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998).

ma stratigrafico regionale dei depositi quaternari di sottosuolo per tutto il Pleistocene-Olocene, largamente basato su dati di stratigrafia sismica e perforazioni petrolifere. In questo studio 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 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 (fig. 2).

Si ricordano inoltre AMOROSI & FARINA (1995), AMOROSI *et alii* (1996) e SARTI *et alii* (1997) per ciò che riguarda la stratigrafia di successioni terrazzate e l'individuazione di cicli deposizionali pluridecametrici nel sottosuolo della pia-

nura bolognese; AMOROSI *et alii* (1999a) per l'evoluzione tardo-pleistocenica ed olocenica della pianura costiera romagnola; alcuni fogli geologici della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 in corso di completamento e di stampa (fogli 180, 199, 219, 220 e 238) come esempi di cartografia geologica di superficie e sottosuolo di aree pedeappenniniche.

In chiusura di questa breve rassegna bibliografica si vogliono ricordare due recenti prodotti di cartografia delle aree di pianura: la CARTA GEOLOGICA DI PIANURA DELL'EMILIA-ROMAGNA in scala 1:250.000 (1999) e la CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 223-Ravenna (1999). La Carta Geologica di pianura dell'Emilia-Romagna in scala 1:250.000 (1999) descrive e 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. La stratigrafia dei depositi affioranti tardo-pleistocenici ed olocenici proposta nel Foglio 256 ricalca in gran parte quanto esposto nel succitato lavoro. La CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 223-Ravenna (1999) rappresenta il primo esempio pubblicato dal Servizio Geologico Nazionale in cui viene affrontato in modo sistematico lo studio integrato di superficie e sottosuolo sia in aree a terra che a mare nell'ambito della pianura costiera padana.

VIII - METODI DI INDAGINE

La progettazione dei rilievi delle aree di pianura e delle aree a mare, nell'ambito della realizzazione della carta geologica in scala 1:50.000 relativa al Foglio Rimini, è stata eseguita nel rispetto delle linee guida per il rilevamento e la cartografia, stabilite dal Comitato Geologico della Pianura Padana per le aree a terra (SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE, 1992, 1999), e della normativa stabilita dalla Commissione di Studio per la Cartografia Geologica Marina per le aree a mare (CATALANO *et alii*, 1996). Le unità riconoscibili in superficie e nel sottosuolo delle aree a terra proseguono a mare, rendendo così indispensabile l'integrazione dei dati e delle metodologie di indagine.

1. - METODI DI STUDIO DELLE AREE A TERRA

Per la realizzazione della cartografia di superficie e di sottosuolo della pianura si sono utilizzati, in modo integrato, diversi approcci.

1.1. - CARTOGRAFIA DI SUPERFICIE

Lo studio dei terreni di superficie si è effettuato preliminarmente attraverso l'analisi di foto aeree pancromatiche alle scale 1:30.000 circa (volo RER 1985) e 1:75.000

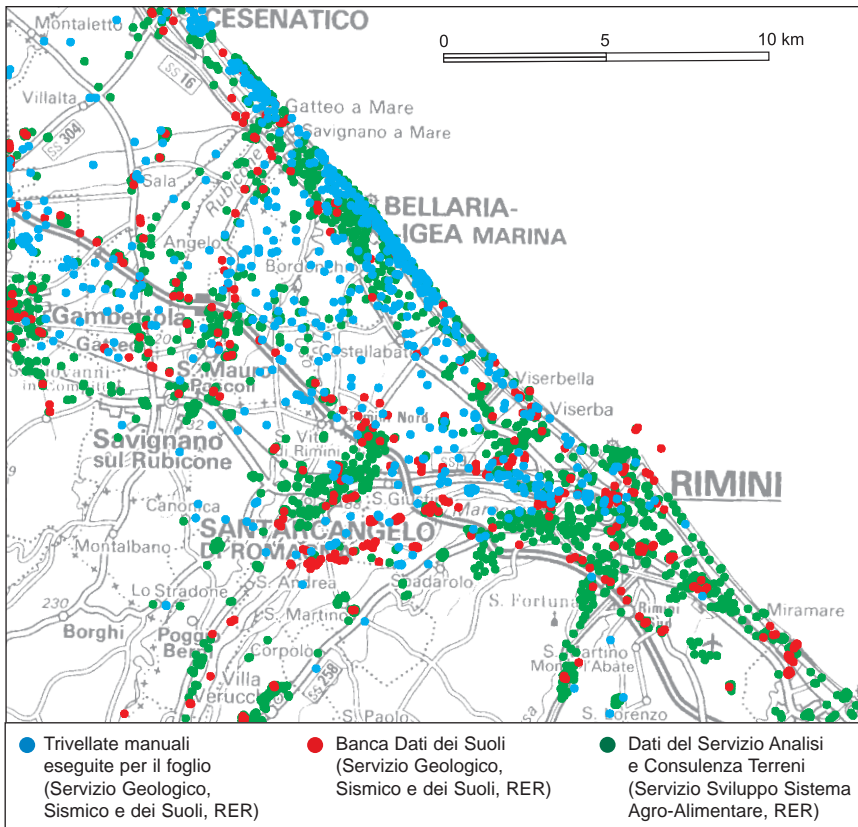


Fig. 3 - Distribuzione in pianta dei dati pedologici utilizzati per la carta geologica di pianura.

circa (volo Italia 1994). L'analisi del colore, del tono e del suo *pattern*, della tessitura e densità del drenaggio, nonchè l'analisi morfologica dedotta dall'altimetria, hanno permesso: i) il riconoscimento in via preliminare delle principali unità geomorfologiche quali terrazzi intravallivi, canali e argini naturali, ventagli di rotta, piane inondabili, ecc.; ii) una valutazione sulla litologia dei sedimenti associati a queste unità, e iii) una valutazione sul grado di alterazione degli stessi (FAO, 1967).

Le informazioni geomorfologiche, litologiche e pedologiche dedotte dall'analisi delle foto aeree sono poi state controllate e completate attraverso il rilievo geologico e pedologico in campagna. I rilievi geologici sono stati condotti sui rari affioramenti disponibili (scarpate di terrazzo, cave, scavi per fondazioni) e con l'aiuto di alcune trivellate manuali spinte sino alla profondità di 1.5 metri dal piano campagna. Le informazioni pedologiche (tessitura e grado di alterazione dei suoli affioranti) sono state tratte dalla Banca Dati dei Suoli 1:50.000, realiz-

zata dall'Ufficio Pedologico della Regione Emilia-Romagna ed integrate con i dati del Servizio Analisi e Consulenza Terreni (a cura del Servizio Sviluppo Sistema Agro-Alimentare, Regione Emilia-Romagna) (fig. 3).

L'analisi delle tessiture ha permesso di verificare e caratterizzare dal punto di vista litologico le unità morfologiche individuate dalle foto aeree; mentre l'analisi del grado di alterazione ha consentito la stima dell'età minima del sedimento ⁽¹⁾.

Informazioni sull'età dei sedimenti affioranti sono anche state dedotte dall'analisi dei reperti archeologici. A tal fine è stata realizzata, in collaborazione con i Musei Comunali di Rimini e la Sovrintendenza Archeologica dell'Emilia-Romagna, una raccolta bibliografica dei reperti archeologici, alla quale è seguita una rappresentazione cartografica degli stessi su tutto il territorio della pianura riminese (fig. 4).

1.2. - CARTOGRAFIA DI SOTTOSUOLO

Lo studio del sottosuolo si è articolato in più fasi di lavoro, comprendenti la realizzazione di una banca dati geognostici, l'elaborazione di uno schema geologico preliminare e l'esecuzione di nuove indagini appositamente predisposte.

1.2.1. - *Realizzazione della Banca Dati Geognostici*

La raccolta dei dati geognostici esistenti e la formazione di una banca dati ha comportato:

1. l'acquisizione di copie cartacee relative a carotaggi, penetrometrie, stratigrafie di pozzi per acqua presso enti pubblici (Comuni, Province, Regione, FF.SS., ANAS, ENEL, ecc.) e privati (AMIR S.p.A., liberi professionisti, imprese di perforazione, ecc.) (tab. 1 e tab. 2).
2. L'ubicazione delle prove geognostiche nella cartografia tecnica regionale in scala 1:10.000, la loro georeferenziazione ed il caricamento delle informazioni stratigrafiche e idrogeologiche disponibili in un archivio informatico con relativo collaudo dei dati caricati attraverso test automatizzati.

(1) Comunemente i terreni appena depositi sono caratterizzati da un alto contenuto di CaCO_3 (mediamente intorno al 20% nei sedimenti non alterati della pianura padana, come si desume dalle analisi chimiche riportate in REGIONE EMILIA-ROMAGNA, 1994). Al contrario i terreni più antichi sono impoveriti di CaCO_3 , a causa dei processi di lisciviazione pedogenetica che li ha interessati durante l'esposizione subaerea, e lo spessore dell'orizzonte decarbonato aumenta proporzionalmente con il tempo trascorso da quando la sedimentazione si è interrotta. Questo spesso fornisce un'idea dell'età relativa del deposito o, più precisamente, del momento in cui la sedimentazione si è interrotta. Gli altri metodi di datazione disponibili (metodo ^{14}C ed archeologico) completano le informazioni necessarie per precisare la correlazione tra grado di alterazione ed l'età del deposito. Queste considerazioni sottolineano come i caratteri pedologici di un deposito possano costituire degli elementi di correlazione stratigrafica validi nei diversi ambiti della sedimentazione fluviale: tra terrazzi della stessa asta valliva, tra terrazzi in diverse aste vallive, tra terrazzi e pianura, e tra i diversi sottoambienti della pianura alluvionale.

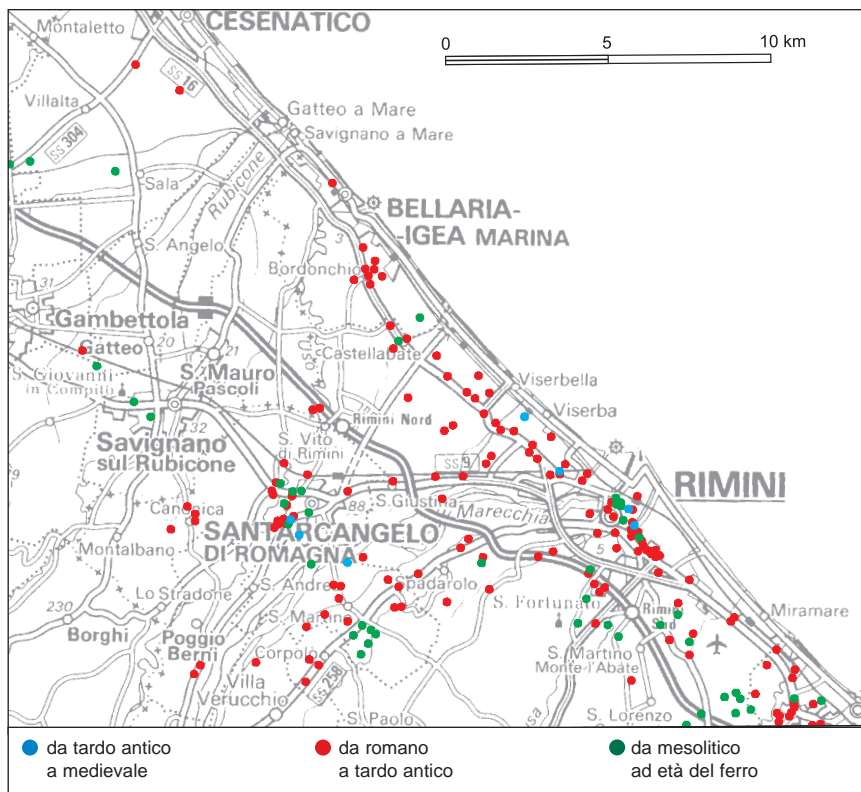


Fig. 4 - Distribuzione in pianta dei siti archeologici utilizzati per la carta geologica di pianura (dati raccolti dai Musei Comunali di Rimini e dalla Soprintendenza Archeologica dell'Emilia-Romagna). Le classi di età sono riportate in modo sintetico, in funzione dell'età delle unità stratigrafiche rappresentate nel foglio. I punti si riferiscono sia a reperti affioranti che sepolti.

3. La riorganizzazione dei dati caricati in funzione del *software* utilizzato per la loro elaborazione, e lo sviluppo di *software* applicativi per facilitarne l'analisi in chiave stratigrafica.

L'attendibilità dei dati recuperati è valutabile solamente attraverso lo studio stratigrafico comparato di tutti i dati disponibili nell'area. Nell'ambito della realizzazione del Foglio 256 i dati ritenuti sicuramente non attendibili, ovvero quelli palesemente in contraddizione con il quadro stratigrafico complessivo, sono risultati inferiori all'1%. Essi sono in gran parte pozzi per acqua e la loro inaffidabilità può essere dovuta a una descrizione sommaria o errata, ad un errore nell'ubicazione del pozzo o a duplicazioni artificiali delle stratigrafie.

La densità dei dati geognostici recuperati per l'area di pianura del Foglio 256 (circa 260 km²) è di circa 13 dati per km², ed è una delle più alte di tutta la Regione Emilia-Romagna. Come si evince dalla figura 5 la distribuzione delle informazioni non è omogenea, essendo più frequenti i dati nelle zone urbanizzate (fino a 50 dati per km²) rispetto a quelle agricole (2 dati per km²). Le caratteristiche principali dei dati raccolti sono illustrate in tabella 1 e tabella 2.

TAB. 1 - Banca dati geognostici del Foglio 256: enti fornitori dei dati.

ENTI FORNITORI	numero di dati	%
S.P.D.S. Rimini	1470	41.8
S.P.D.S. Forlì	631	17.9
Consorzi	106	3
Comuni	68	1.9
ANAS	46	1.3
FF.SS.	32	0.9
Soc. Autostrade	29	0.8
AMIR Spa	14	0.4
AGIP Spa	6	0.2
Liberi professionisti	1070	30.4
Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli R.E.R. (Progetto CARG)	53 (nuove realizz.)	1.4
Totale	3525	100

TAB. 2 - Banca dati geognostici del Foglio 256: tipi di dati.

TIPI DI DATI	numero di dati	% sul totale (3525)	Prof. media	Prof. min	Prof. max
Prove penetrometriche statiche	1287	36.6	14	1.4	40
Prove penetrometriche dinamiche	1026	29.2	6.2	0.6	15.8
Sondaggi a carotaggio continuo	396	11.2	20.4	2.8	76
Pozzi per acqua	691	19.6	82	5.3	350
Sondaggi esaminati dai rilevatori (di cui 9 del Progetto CARG)	41	1.1	29	11.5	158.6
Prove penetrometriche con punta elettrica (di cui 14 del Progetto CARG)	22	0.6	16.6	3.2	25
Prove penetrometriche con punta elettrica e piezocono (Progetto CARG)	30	0.8	22.7	6.2	36
Altre indagini	32	0.9			

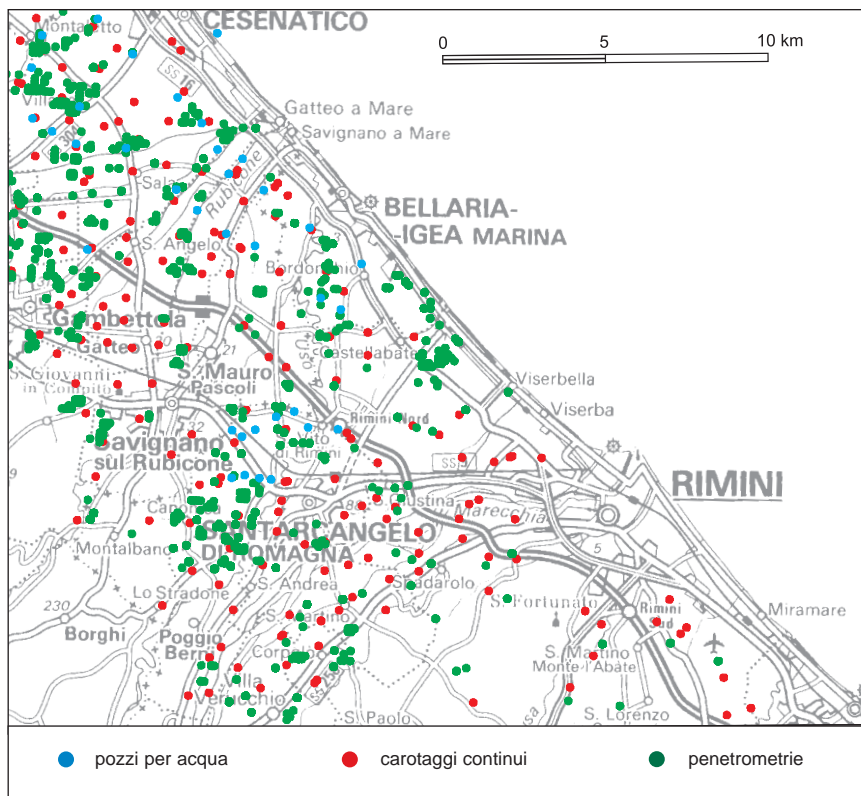


Fig. 5 - Distribuzione in pianta delle indagini geognostiche raccolte nella banca dati del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna ed utilizzate per la cartografia geologica del sottosuolo.

1.2.2. - Elaborazione di uno schema geologico preliminare

L'elaborazione di uno schema geologico preliminare del sottosuolo si è basato sullo studio di una rete di sezioni geologiche costruite con tutti i dati geognostici disponibili, con particolare attenzione per i più profondi e/o dettagliati. Le correlazioni sono state effettuate sulla base di criteri geometrici, guidati dall'individuazione di orizzonti guida, quali ad esempio livelli di sabbie fossilifere, orizzonti di torba e di argilla ricchi in sostanza organica, oppure corpi grossolani (ghiaia e sabbia) o corpi pelitici tabulari e particolarmente estesi. Questa fase di lavoro pertanto ha consentito di realizzare in via preliminare la ricostruzione tridimensionale dei depositi alluvionali e marini sepolti del Foglio 256.

1.2.3. - Esecuzione di nuove indagini di sottosuolo

I sondaggi a carotaggio continuo rappresentano l'unico strumento di osservazione diretta delle unità di sottosuolo e sono quindi di fondamentale importanza per la loro caratterizzazione. Essi inoltre permettono il campionamento dei terreni per analisi stratigrafiche specifiche (datazioni ^{14}C , analisi palinologiche e micropaleontologiche) le quali sono strumenti indispensabili per la verifica delle correlazioni stratigrafiche proposte. Per questi motivi sono stati eseguiti 9 sondaggi a carotaggio continuo per la realizzazione di questo foglio (fig. 6, Appendice 1). Tra questi 6 sono serviti per analizzare i depositi alluvionali che sono specificamente oggetto della cartografia di sottosuolo ed hanno una profondità compresa tra 40 e 60 metri. Due sondaggi sono stati eseguiti per analizzare un intervallo più ampio della successione stratigrafica ed hanno raggiunto entrambi una profondità di 150 metri circa. Un sondaggio è stato eseguito per caratterizzare i depositi relativi al terrazzo più antico affiorante nella valle del F. Marecchia ed è profondo 12 metri.

Durante il rilevamento del foglio è stato inoltre possibile effettuare delle osservazioni dirette su carote derivanti da sondaggi commissionati da enti pubblici o privati per scopi indipendenti dalla realizzazione della Carta Geologica d'Italia, grazie alla collaborazione dei medesimi enti con il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna. Alcuni di questi sondaggi sono stati appositamente prolungati a profondità maggiori di quelle previste dal committente e campionati per le analisi radiocronometriche e biostratigrafiche (es. il sondaggio 256110P507, eseguito per il Piano Regolatore del Comune di Rimini, Appendice 1).



Fig. 6 - Sonda utilizzata per i sondaggi a carotaggio continuo di profondità inferiore a 70 m, realizzati per il progetto CARG. Nell'immagine la sonda sta eseguendo il sondaggio 256-S6 "Cesenatico" (ditta SOGEO Lugo, dicembre 1997).

Fra le nuove indagini sono state inoltre realizzate 44 prove penetrometriche, sia con punta elettrica (14) che con punta elettrica e piezocono (30), che hanno raggiunto una profondità media di c.a 20 metri. Dato il costo decisamente inferiore a quello dei 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 con l'ausilio di alcune tarature fatte con sondaggi a carotaggio continuo ad esse adiacenti (si veda per esempio AMOROSI & MARCHI, 1999 e CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 223-Ravenna, 1999). Esse hanno inoltre consentito l'individuazione della profondità del tetto dei depositi ghiaiosi riportati nella carta di sottosuolo.

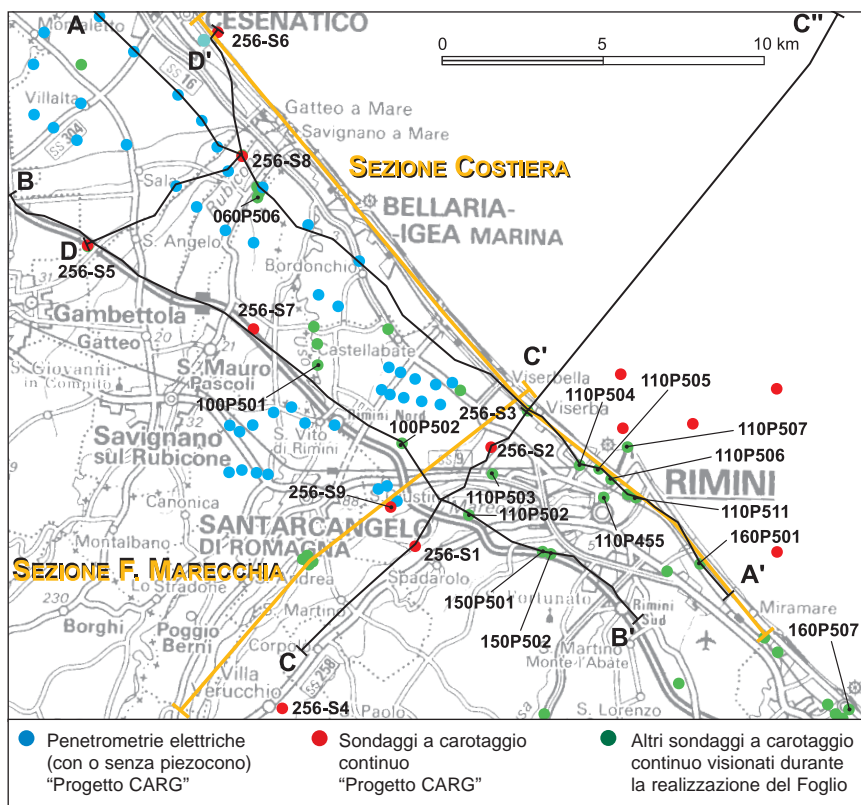


Fig. 7 - Distribuzione in pianta delle indagini geognostiche realizzate nelle aree a terra per l'allestimento del foglio (punti azzurri e rossi) e di altri sondaggi, messi a disposizione da Enti pubblici e privati, di cui sono state esaminate le carote direttamente dai rilevatori del foglio (punti verdi). Le sigle si riferiscono ai carotaggi citati nel testo, nelle figure o nelle sezioni geologiche della carta. La figura riporta anche le tracce delle sezioni geologiche del Foglio Allegato alla Carta Geologica.

La figura n. 7 mostra la localizzazione dei sondaggi e delle prove penetrometriche eseguite appositamente per la realizzazione del presente foglio, nonché degli altri sondaggi le cui carote sono state oggetto di osservazione diretta durante i rilevamenti.

2. - METODI DI STUDIO DELLE AREE A MARE

Per il rilievo della porzione marina del Foglio 256 il lavoro si è articolato in una fase di raccolta e analisi dei dati esistenti, e successivamente di acquisizione di nuovi dati.

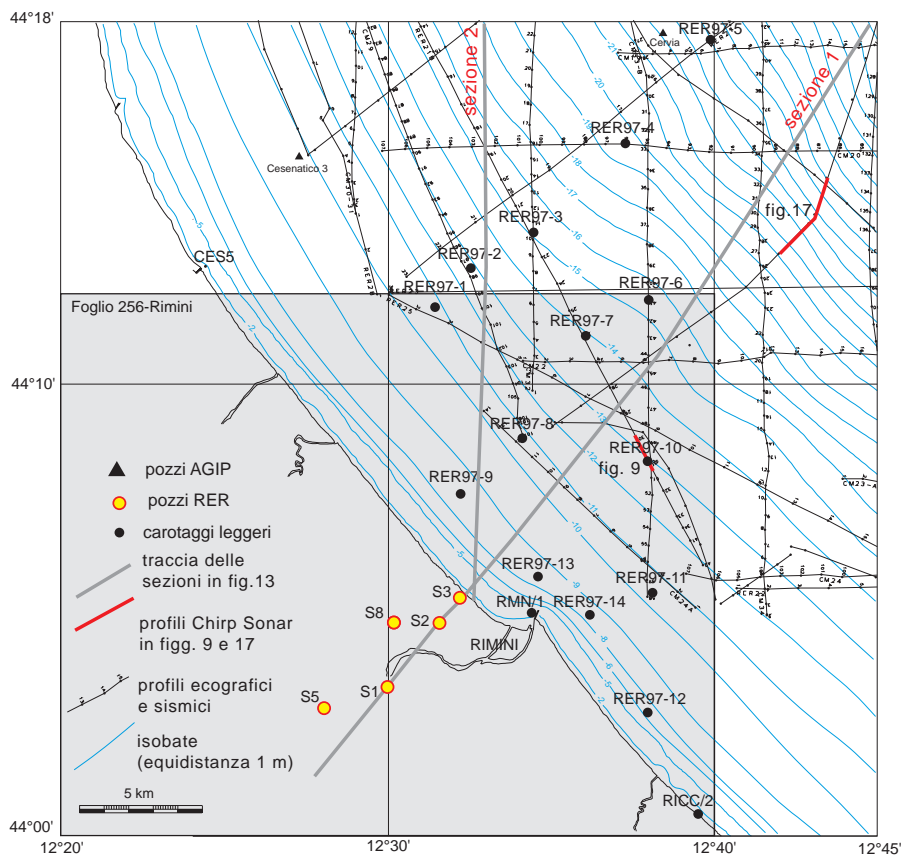


Fig. 8 - Distribuzione in pianta dei profili sismici utilizzati e dei carotaggi realizzati per lo studio della porzione marina del Foglio 256.

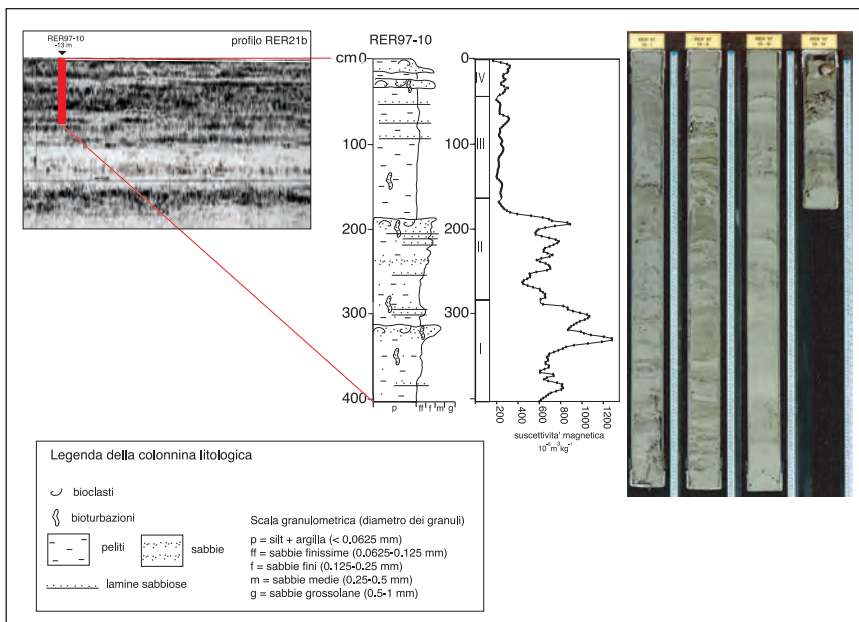


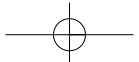
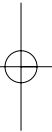
Fig. 9 - Esempio di correlazione tra profilo sismoacustico ad altissima risoluzione (Chirp Sonar) e carotaggio; la curva di suscettività magnetica consente di discriminare unità correlabili su lunghe distanze.

Nella prima fase sono stati analizzati tutti i dati disponibili e di buona qualità riguardanti un'area più estesa di quella del foglio (fig. 8). Questo per due motivi: 1) la grande uniformità morfologica e deposizionale dell'unità più superficiale e le impregnazioni di gas lungo la fascia litorale impongono l'estensione verso mare dei rilievi in modo da poter ricavare dati significativi; 2) la grande disponibilità di dati di ottima qualità nelle zone più al largo, grazie ai quali è stato possibile ricostruire l'assetto stratigrafico generale dell'area di studio.

La maggior parte dei dati preesistenti utilizzati sono stati raccolti in varie campagne tra il 1991 ed il 1997 dall'Istituto di Geologia Marina di Bologna nell'ambito sia di progetti interni, sia del progetto Cartografia Geologica dei Mari Italiani alla scala 1:250.000 per la realizzazione del Foglio prototipo RAVENNA, che copre tutto il tratto di Mare Adriatico compreso tra Punta della Maestra e Cattolica, dalla linea di riva fino al limite delle acque territoriali italiane. Si tratta di profili ecografici e sismici ad altissima risoluzione (UNIBOOM, SUB-BOTTOM, e CHIRP SONAR a 3.5 kHz) e di carotaggi superficiali di vario tipo (gravità, pistone, vibrocarotaggio, acqua-sedimento), tutti posizionati mediante GPS e DGPS. Sono stati inoltre utilizzati i dati di sondaggi geognostici leggeri (30-60 metri) messi a disposizione da AGIP, e i dati di alcuni sondaggi effettuati con vibrocarotiere nell'ambito di una collaborazione IGM-IDROSER.

L'esame di questi dati ha evidenziato la necessità di una loro integrazione con nuove acquisizioni di carotaggi riguardanti in special modo la parte più vicina a costa (<-10 m). È stata quindi realizzata una campagna di carotaggi mediante vibrocarotiere da 6 m in collaborazione con ARPA; sono stati effettuati nell'area del foglio 11 carotaggi su obiettivi mirati scelti sulla base dei rilievi sismici precedentemente acquisiti (fig. 8). Tutte le carote utilizzate (quelle facenti parte della banca dati preesistente e quelle acquisite *ad hoc* per questo studio) sono state aperte, fotografate, descritte e campionate per analisi fisiche, geochimiche e micropaleontologiche; su tutte le carote di nuova acquisizione sono state eseguite misure di suscettività magnetica, parametro le cui variazioni definiscono delle curve ad alta risoluzione che hanno una ottima corrispondenza con i trend granulometrici e composizionali e sono quindi utilizzabili per definire e correlare unità deposizionali all'interno di successioni fini apparentemente omogenee.

Un esempio di correlazione tra profilo sismoacustico, carotaggio e curva di suscettività magnetica è illustrato in figura 9.



XII - CARTOGRAFIA

1.- CARTOGRAFIA GEOLOGICA DELLA PIANURA E DEL MARE ADRIATICO DEL FOGLIO 256 RIMINI

La particolare configurazione morfologica delle aree di pianura impedisce di norma l'osservazione tridimensionale dei corpi sedimentari e riduce fortemente la possibilità di rappresentazione delle unità stratigrafiche quaternarie mediante i criteri cartografici tradizionali. La Carta Geologica in aree di pianura diviene così uno strumento di non sempre facile lettura, in quanto generalmente omogeneo dal punto di vista cromatico e conseguentemente denso di simboli e graficismi, cui è affidato il compito di identificare i sistemi deposizionali e gli elementi che li compongono. In questo contesto, la possibilità di inserire direttamente sulla Carta Geologica informazioni relative a corpi sedimentari sepolti o orizzonti profondi incontra notevoli difficoltà tecniche. La distribuzione nello spazio di corpi sedimentari è infatti rappresentabile mediante fasci di isolinee (principalmente isobate e isopache), che finirebbero inevitabilmente col confondersi con i simboli relativi alla geologia di superficie.

Da qui, sulla scorta anche dell'esperienza della produzione cartografica estera in aree di pianura, la necessità di combinare alla Carta Geologica (che, nel caso di aree di pianura, diviene una sorta di "Geologia di Superficie") un Foglio Allegato alla Carta Geologica, 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 geologico nell’area in esame.

1.1 - CARTA GEOLOGICA

Nell’ambito della pianura e del Mare Adriatico 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 Rimini. È basata su rilevamenti di terreno, integrati dall’interpretazione di dati provenienti da fotointerpretazione, trivellate a mano, sondaggi a carotaggio continuo e prove penetrometriche (cap. VIII, 1.).

I depositi cartografati, illustrati in dettaglio nel capitolo IX, si riferiscono per la quasi totalità al Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) e solo in minima parte al Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore (terrazzo a monte di Savignano sul Rubicone, AEI). All’interno di AES, se si escludono dei piccoli affioramenti in corrispondenza dei corsi d’acqua secondari (all’interno dei quali non è stata fatta una suddivisione in subsistemi), i subsistemi più antichi affiorano all’interno della valle del F. Marecchia, sotto forma di depositi terrazzati (Subsistema di Bazzano, AES₆ e Subsistema di Villa Verucchio, AES₇). Nel restante settore della pianura e del mare Adriatico affiorano esclusivamente i depositi del subsistema più recente: il Subsistema di Ravenna (AES₈). L’unità di rango gerarchico più piccolo distinta nel Foglio 256 è l’unità di Modena (AES_{8a}), che costituisce la parte sommitale di AES₈ ed affiora principalmente nel quadrante di NO, nella fascia costiera e nel Mare Adriatico, mentre nella pianura dei quadranti meridionali essa rimane confinata entro le scarpate vallive. La sezione geologica relativa ai depositi di AES affioranti, che si colloca nel quadrante di NO ed ha andamento trasversale rispetto agli assi fluviali, illustra i rapporti stratigrafici fra AES_{8a} ed AES₈.

All’interno dei due subsistemi più recenti (AES₇ ed AES₈) vengono distinti i diversi sistemi deposizionali che li costituiscono. In AES₇ sono presenti solo i depositi relativi al sistema alluvionale (“depositi alluvionali”), mentre in AES₈, ed in particolare in AES_{8a}, sono presenti sia i depositi del sistema alluvionale che quelli del sistema deltizio e litorale (“depositi deltizi-litorali”) tra di loro a contatto lungo una diagonale NO-SE che corrisponde alla terminazione, verso monte, del cordone litorale affiorante. Sedimenti deltizi e litorali sono accorpati in un unico raggruppamento, considerata la problematicità di una loro separazione fisica oggettiva.

All’interno di ogni sistema deposizionale, i singoli elementi deposizionali (depositi di piana intravalliva, conoide e piana alluvionale, fronte deltizia e piana di sabbia, prodelta e transizione alla piattaforma) sono rappresentati in carta mediante aree con simboli a diverso colore. Le unità cartografiche elementari utilizzate nella carta corrispondono a tipi litologici dominanti, nonché ad asso-

ciazioni di facies (ad es. argille e limi di piana inondabile, alternanze di sabbie, limi ed argille di tracimazione fluviale, sabbie di cordone litorale, ecc.) che riflettono distinte unità morfologico-deposizionali. All'interno dei depositi argillosi, limosi e sabbiosi di piana intravalliva e piana alluvionale è stato possibile distinguere l'associazione di piana inondabile da quella di argine, canale e rotta fluviale solo in AES_{8a} dove la preservazione delle tessiture e delle forme deposizionali originarie è sufficientemente buona. In AES₈ le due associazioni di facies sono accorpate in una che ha un carattere più generale (tracimazioni fluviali indifferenziate).

Dalla Carta geologica è possibile osservare che le ghiaie di riempimento di canale fluviale sono concentrate nel settore intravallivo del F. Marecchia ed allo sbocco della valle, sia per le unità più antiche che per quelle recenti. Anche il T. Uso trasporta una modesta quantità di ghiaie, che sono concentrate attorno all'alveo fluviale attuale, all'interno dei depositi dell'unità di Modena che non sono ancora stati sepolti dai depositi fini di tracimazione che generalmente chiudono le sequenze di riempimento di canale. La gran parte del Foglio 256 è occupata da fitte alternanze di sabbie, limi ed argille di tracimazione fluviale (riferite ad AES₈) che, in buona parte dei quadranti meridionali, sono intensamente pedogenizzate ed incise da profonde scarpate fluviali (alta pianura). Nel settore di NO, allo sbocco dei corsi d'acqua secondari dai settori terrazzati dell'alta pianura (T. Uso, F. Rubicone e più a NO il T. Pisciatello ed il T. Rigossa), si sviluppano, all'interno dell'unità di Modena, i corpi nastriformi sabbioso-limosi di argine e di rotta fluviale, solo localmente separati da sottili nastri di argille e limi di piana inondabile. Questi depositi riflettono la tendenza dei flussi di piena fluviale a svilupparsi, in questo settore del foglio, come flussi non confinati, caratteristici della bassa pianura.

I depositi sabbiosi affioranti di cordone litorale sono confinati, nell'area emersa, nella stretta fascia costiera lungo tutta la diagonale NO-SE del foglio e sono tutti riferiti all'unità di Modena. Solo a ridosso della foce del F. Marecchia (città di Rimini) la forma leggermente a cuspidi dei depositi litorali (enfaticizzata dagli accumuli di sedimenti legati alla struttura antropica del molo di Rimini) e la presenza di lingue di ghiaie di barra di foce e di spiaggia indicano, per questi depositi, un'origine di fronte deltizia. Verso il largo i depositi di cordone litorale si immergono sotto il Mare Adriatico per 1-2,5 km fino a raggiungere i - 6 / - 9 m s.l.m., per poi passare, gradualmente, ad argille e limi di prodelta e transizione alla piattaforma fino all'isobata - 17.

I diversi sistemi deposizionali non sono stati distinti in AES₆, AES indifferenziato ed AEI poiché non è stato possibile riconoscerli con sufficiente dettaglio nei cartografarne, in pianta, l'evoluzione sotto corrente a causa dell'intensa pedogenizzazione delle superfici affioranti e la marcata erosione dei rispettivi depositi, che ne hanno del tutto modificato i caratteri originari.

Tra le informazioni aggiuntive presenti sulla Carta Geologica figurano l'ubicazione dei sondaggi a carotaggio continuo eseguiti dalla Regione Emilia-Romagna nell'ambito del Progetto CARG e le tracce di elementi morfologici notevoli (orli di terrazzo, canali abbandonati, ventagli di rotta).

1.2. – FOGLIO ALLEGATO ALLA CARTA GEOLOGICA – GEOLOGIA DI SOTTOSUOLO

La cartografia geologica di sottosuolo si realizza sulla base di dati puntuali (e lineari nelle aree marine) 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 riveste un'importanza fondamentale a fini pratici, costituendo la base scientifica imprescindibile per studi legati a subsidenza, protezione del suolo e ricerca e sfruttamento delle risorse idriche.

Il contenuto informativo della carta geologica di sottosuolo può essere utilizzato per la pianificazione territoriale a grande scala, mentre è del tutto inadeguato il suo utilizzo come elemento sostitutivo di indagini geognostiche per la soluzione di problemi su scala locale. La possibilità di utilizzare carte geologiche di sottosuolo in modo predittivo dipende infatti da un lato dalla qualità e dalla densità dei dati disponibili, dall'altro dalle caratteristiche geometriche dell'oggetto cartografato. Ad esempio, a parità di base dati, la possibilità di intercettare alla profondità prevista dalla carta un corpo sedimentario a geometria tabulare o, comunque, caratterizzato da un'elevata estensione laterale, è di gran lunga superiore rispetto alla possibilità di prevedere con successo la localizzazione nel sottosuolo di un corpo sedimentario a geometria nastriforme.

L'acquisizione di nuovi dati di sottosuolo, in seguito ad esempio all'esecuzione di una nuova campagna di sondaggi o prove penetrometriche, è probabilmente destinata a modificare la cartografia qui realizzata. In questo senso, le carte geologiche di sottosuolo devono essere intese come prodotti suscettibili di modifiche, soprattutto in aree relativamente povere di informazioni, qualora nuovi dati vadano ad integrare l'insieme dei dati pregressi.

Nel Foglio Allegato alla Carta Geologica sono riportati 3 tipi di elaborati:

- a) “sezioni geologiche profonde”
a scala 1:75.000 ed esagerazione verticale di 25x;
- b) “sezioni geologiche superficiali”
a scala 1:50.000 ed esagerazione verticale di 50x;
- c) carta del “*tetto delle ghiaie – Subsistemi di Ravenna e di Villa Verucchio*”
a scala 1:50.000.

Le due “sezioni geologiche profonde” alla scala 1:75.000, riportate anche nella figura 10, sono caratterizzate da una esagerazione verticale di 25x (ovvero la scala verticale è 1:3.000 contro una scala orizzontale di 1:75.000). Queste sezioni “profonde”, una longitudinale (“sezione F. Marecchia”) ed una approssimativamente trasversale (“sezione costiera”) rispetto agli assi deposizionali fluviali, descrivono tutte le unità stratigrafiche relative al Supersistema Emiliano-Romagnolo, con un grado di dettaglio progressivamente minore mano a mano che si va in profondità nella successione stratigrafica. Nella “sezione F. Marecchia” sono anche riportate alcune informazioni schematiche relative alle unità

marine del Gruppo del Santerno e delle Sabbie di Imola, sia di affioramento che di sottosuolo. All'interno dell'asta valliva del F. Marecchia sono stati proiettati lungo la traccia della sezione alcuni elementi geologici riferiti alle sponde vallive, poiché questi consentono la ricostruzione, su basi geometriche, dell'architettura stratigrafica di superficie e sottosuolo in modo integrato. Nelle sezioni, oltre alle unità stratigrafiche utilizzate, sono riportate delle indicazioni sulla geometria dei principali corpi litologici di rilevanza stratigrafica, le stratigrafie molto schematizzate delle indagini geognostiche della Banca Dati Geologici e dei sondaggi appositamente realizzati per il progetto CARG ed i *log* di resistività di due pozzi AGIP utilizzati per l'allestimento delle sezioni (AGIP, 1972, 1994; REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998). Queste due sezioni hanno beneficiato di dati provenienti dai profili sismici e stratigrafie di pozzi per idrocarburi AGIP, soprattutto per ciò che riguarda i limiti fra i terreni del Gruppo del Santerno, IMO, AEI e AES e rappresentano un aggiornamento di quanto riportato nelle sezioni n. 7 ed 8 est di REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998).

Nell'ambito del Foglio 256 le due "sezioni profonde" costituiscono la rappresentazione fondamentale che descrive l'intelaiatura stratigrafica dei sistemi e dei subsistemi del Supersistema Emiliano-Romagnolo e le geometrie dei principali corpi deposizionali in esso contenuti. Nell'intenzione degli autori queste sezioni rappresentano un punto di partenza per la ricostruzione tridimensionale della stratigrafia dei depositi quaternari continentali (e in parte marini) a scala regionale, nonché per la progettazione di applicazioni pratiche ad essi collegate (per esempio la ricerca, lo sfruttamento e la conservazione delle risorse idriche sotterranee, REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998).

Le quattro "sezioni geologiche superficiali" alla scala 1:50.000 sono caratterizzate da una esagerazione verticale di 50x (ovvero la scala verticale è 1:1.000 contro una scala orizzontale di 1:50.000). Queste sezioni "superficiali" descrivono le unità stratigrafiche dell'immediato sottosuolo (ovvero il Subsistema di Ravenna - AES₈ e la parte superiore del Subsistema di Villa Verucchio - AES₇, si veda il cap. IX) in termini di geometrie dei principali corpi litologici ed associazioni di facies (in colore). Poiché le 4 sezioni sono approssimativamente ortogonali 2 a 2 (A-A' e B-B' trasversali agli assi fluviali; C-C'-C'' e D-D' longitudinali agli assi fluviali) consentono una visione tridimensionale dei corpi rappresentati. Si noti che la sezione C-C'-C'', orientata approssimativamente in senso longitudinale rispetto all'asse deposizionale complessivo del F. Marecchia, prosegue nel settore a mare descrivendone il sottosuolo e consentendo quindi la ricostruzione di un quadro stratigrafico omogeneo per le due aree di studio, soprattutto per ciò che riguarda l'unità AES₈. Altre informazioni riportate in queste sezioni riguardano la stratigrafia sintetica dei sondaggi appositamente realizzati per il progetto CARG e di quelli le cui carote sono state messe a disposizione per le osservazioni dirette e le campionature da parte di enti pubblici o privati, le età radiometriche ottenute sui campioni di materiale organico e l'ubicazione (con la profondità raggiunta) delle indagini geognostiche della Banca Dati Geologica utilizzate per la costruzione delle sezioni.

Data la scala e la modalità di rappresentazione queste sezioni costituiscono la base di partenza per la comprensione e la caratterizzazione del Subsintema di Ravenna e della parte superiore del Subsintema di Villa Verucchio, sia per ciò che riguarda la cartografia di sottosuolo che di superficie. Esse costituiscono inoltre, un supporto fondamentale per la comprensione dei rapporti geometrici dei corpi ghiaiosi riportati nelle carte del Foglio allegato alla Carta Geologica.

Per quanto riguarda la cartografia in pianta del sottosuolo è stato scelto di dare grande enfasi ai copri litologicamente più grossolani realizzando la carta del "tetto delle ghiaie – Subsintemi di Ravenna e di Villa Verucchio". Questa descrive la geometria della superficie sommitale dei principali depositi ghiaiosi dell'immediato sottosuolo (profondità massima raggiunta non superiore a -45 m s.l.m.) riferiti alle unità più superficiali presenti nel foglio ovvero tutta l'unità AES_8 e la parte regressiva sommitale più marcatamente grossolana di AES_7 (cap. IX). La scelta di rappresentare in pianta i depositi fluviali ghiaiosi deriva dalle seguenti motivazioni:

1. questi depositi sono quelli per i quali esiste la massima quantità di dati geognostici disponibili nella Banca Dati della Regione Emilia-Romagna (n. 22,4 dati per km^2 nell'area occupata dal conoide sepolto del F. Marecchia).
2. nelle aree del margine appenninico i depositi ghiaiosi di riempimento di canale fluviale registrano con sufficiente chiarezza la dinamica complessiva dei sistemi fluviali. La loro distribuzione nell'immediato sottosuolo riflette i diversi livelli di attività fluviale che si sono susseguiti durante l'evoluzione climatico-eustatica che ha caratterizzato la storia recente della Pianura Padana (si veda il cap. XI).
3. Essi ricoprono un grande interesse applicativo per quanto concerne la salvaguardia e lo sfruttamento delle risorse idriche sotterranee.
4. La carta del tetto delle ghiaie rappresenta la distribuzione, in pianta, dei primi depositi ghiaiosi di canale fluviale intercettati nel sottosuolo dalle indagini geognostiche della banca dati regionale. La natura "ghiaiosa" del deposito è definita sia in modo diretto sulla base delle descrizioni riportate nelle stratigrafie dei pozzi e carotaggi, sia in modo indiretto, sulla base della risposta alla punta dei terreni nelle prove penetrometriche. In queste prove, che sono di tipo statico, statico con punta elettrica e dinamico è stato definito ghiaioso il terreno che durante l'esecuzione della prova ha sviluppato una resistenza alla punta maggiore di $350-400 \text{ kg/cm}^2$ o che ha richiesto un numero di colpi maggiore di 80-100 per un avanzamento di 10 cm.

La carta quindi è costruita interpolando, in pianta, le quote relative a dati puntuali che si riferiscono a depositi di canale di varie generazioni sovrapposti verticalmente e giustapposti lateralmente. Essa quindi rappresenta, di fatto, le aree e le quote in cui vi è la probabilità massima di intercettare i primi depositi ghiaiosi dalla superficie, in base al *set* di dati disponibili al momento del suo allestimento.

L'attribuzione stratigrafica dei depositi ghiaiosi è stata fatta sulla base del quadro stratigrafico ricostruito nelle sezioni geologiche ed ampiamente illustrato nel paragrafo relativo alla stratigrafia dei depositi di pianura. In questa attribuzione sono stati di fondamentale importanza i sondaggi a carotaggio continuo appositamente realizzati per il progetto CARG e, ovviamente, le datazioni ^{14}C effettuate sulle carote. Nelle aree con un basso numero di dati o che hanno un particolare interesse cartografico, l'elaborazione della carta ha beneficiato di 44 penetrometrie appositamente realizzate (si veda il cap.VIII,2).

La carta si basa sulla rappresentazione dei seguenti elementi:

1. Distinzione fra ghiaie riferite ad AES_8 e ghiaie riferite ad AES_7 . In questa rappresentazione sono esclusi i depositi riferiti al reticolo idrografico secondario (T. Uso, T. Marano, ecc.) poiché questi, anche ove siano cartografati nella carta geologica di superficie, hanno spessore e dimensione troppo esigue per le finalità di questa carta e sono sostanzialmente non cartografabili nel sottosuolo.
2. Rappresentazione dei depositi ghiaiosi affioranti, che fornisce il collegamento fra la cartografia di superficie e quella di sottosuolo.
3. Rappresentazione dell'area di amalgamazione delle ghiaie di AES_8 con quelle di AES_7 . Questa corrisponde alla zona in cui le ghiaie delle due unità sono in contatto diretto verticalmente e/o lateralmente poiché quelle più recenti terrazzano in parte o completamente le più antiche. In sostanza quest'area definisce il settore in cui non esiste una separazione fisica evidente delle ghiaie delle due unità in senso laterale e/o in senso verticale.
4. Rappresentazione della quota del tetto delle ghiaie sepolte sotto forma di isobate riferite al livello del mare (la quota delle ghiaie affioranti non viene riportata perché coincide con buona approssimazione con la quota topografica).

Dalla lettura della carta del tetto delle ghiaie e dall'osservazione delle sezioni geologiche presenti nel Foglio allegato, si possono fare alcune osservazioni sui caratteri generali dei primi depositi ghiaiosi di superficie e di sottosuolo del Foglio 256.

I depositi ghiaiosi si concentrano nell'asta valliva del F. Marecchia, dove sono affioranti, e si aprono a ventaglio allo sbocco vallivo, dove in gran parte si immergono rapidamente nel sottosuolo. Nel margine nord-occidentale del foglio è presente un lembo di ghiaie sepolto riferibile ad antichi percorsi del F. Savio (Foglio 255-Cesena, in preparazione).

La geometria dei depositi di AES_8 e della parte superiore di AES_7 è molto diversa. Nel settore intravallivo le ghiaie di AES_8 occupano circa la metà della valle. Esse incidono quelle di AES_7 e, nel settore più interno, le erodono completamente per cui, nell'attuale alveo del F. Marecchia affiora il substrato marino plio-pleistocenico. Poco oltre lo sbocco vallivo le ghiaie di AES_8 si ramificano verso la pianura, immergendosi nel sottosuolo fino a raggiungere quota -10 m sotto il livello del mare (ad eccezione dei canali più recenti, riferibili all'unità di Modena, si veda la Carta Geologica relativa alla superficie), e si separano fisicamente dalle ghiaie sottostanti uscendo dalla zona di amalgamazione delle

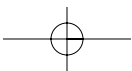
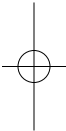
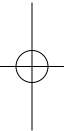
ghiaie. Esse costituiscono corpi nastriformi ad andamento sinuoso (canali isolati) mediamente di 200-300 m di larghezza e di 3-5 m di spessore (si vedano le "sezioni geologiche superficiali"). Data la geometria complessa e la bassa frequenza di questi depositi, la loro individuazione e rappresentazione in pianta è caratterizzata da un certo grado di incertezza e da una certa probabilità di errore di interpolazione. Dove i depositi di canale interferiscono con quelli litorali, le geometrie risultanti dei depositi ghiaiosi divengono più complesse e riflettono fenomeni di troncatura erosiva o di rielaborazione marina (per esempio le barre di foce e la spiaggia ghiaiosa di Rimini).

I depositi ghiaiosi di AES₇ nel settore intravallivo occupano un'ampia area preservata dal terrazzamento di AES₈ (fianco destro della valle, terrazzo di Corpò e S. Martino dei Molini), hanno spessori compresi fra 5 e 10 metri e si immergono nel sottosuolo ancor prima dello sbocco in pianura. A partire dallo sbocco vallivo le ghiaie si aprono con un ampio ventaglio che occupa tutta l'apertura valliva, a testimonianza del fatto che queste ghiaie occupavano l'intera valle prima del terrazzamento operato da AES₈ lungo il fianco occidentale. Le sezioni geologiche indicano che lo sbocco vallivo corrisponde anche all'area in cui le ghiaie del lobo di conoide di AES₇ si amalgamano con quelle sottostanti (parte inferiore di AES₇ e cicli precedenti). Questo settore quindi si caratterizza per essere quello con la massima interconnessione laterale e verticale dei corpi ghiaiosi riferiti ai diversi intervalli stratigrafici, come è ben illustrato nella figura 10a. A monte dell'area di amalgamazione della base (sette settore intravallivo più interno) le ghiaie di AES₇ (e di AES₈) poggiano prevalentemente sul substrato marino plio-pleistocenico.

Nel sottosuolo della piana alluvionale il ventaglio di ghiaie del lobo di conoide si apre fino a toccare S. Mauro Pascoli a ovest, il litorale di Rimini a sud-est e Bellaria a nord. Nelle zone più distali il tetto delle ghiaie scende sotto quota -35 m rispetto al livello del mare. Si noti come la geometria d'insieme del conoide suggerisca un suo sviluppo anche nel sottosuolo marino. L'area di sottosuolo complessivamente occupata dai depositi ghiaiosi del lobo di conoide di AES₇ è di 95 km²; se si prende in considerazione anche la prosecuzione presunta del conoide al di sotto del mare tale superficie diventa stimabile intorno a 130 km².

L'andamento delle isobate illustra una geometria del tetto ghiaie molto articolata, con depositi ghiaiosi a diverse quote stratigrafiche ma sostanzialmente caratterizzati da una buona continuità laterale. La complessità della superficie di tetto deriva principalmente dal fatto che essa è una superficie diacrona, che sviluppa il tetto di depositi a diverso livello stratigrafico (pur all'interno di AES₇) come è chiaramente illustrato nelle "sezioni geologiche superficiali" (in particolare le sezioni A-A' e B-B'). In queste sezioni è anche possibile apprezzare il fatto che i depositi ghiaiosi contenuti nelle superfici di base e di tetto delle carte allegare sono compositi e contengono numerose intercalazioni di depositi fini, che talora possono anche essere prevalenti. Lo spessore medio delle ghiaie comprese fra le due superfici di base e di tetto è intorno a 15 metri nel sottosuolo della pianura, mentre si assottiglia fortemente nelle aree più distali della costa a

sud di Bellaria. Qui è possibile apprezzare la porzione più distale del conoide ghiaioso, dove esso si sfrangia e tende a sviluppare corpi ghiaiosi lateralmente separati. I dati disponibili indicano che questa zona corrisponde anche alla transizione, per molti canali fluviali, fra depositi prevalentemente ghiaiosi e depositi prevalentemente sabbiosi (sezione A-A' e fig.10b). Lo sfrangiamento del conoide ghiaioso e la transizione ai depositi sabbiosi è rilevabile anche per i depositi di AES₇ riferiti al F. Savio, nell'area nord-occidentale del foglio (sezione A-A' e fig. 10b).



ELEMENTI DI GEOLOGIA TECNICA ED APPLICATA

XIII – STABILITÀ DEI VERSANTI

Il Foglio 256 ricade a cavallo del margine appenninico-padano e quindi il settore appenninico è prevalentemente costituito da colline e rilievi non molto elevati, con scarsa energia del rilievo; pertanto non si registrano, nel foglio, importanti casi di instabilità dei versanti; le frane riconosciute durante il rilevamento e la fotointerpretazione sono generalmente superficiali e poco estese. Tuttavia, la natura prevalentemente pelitica della maggioranza dei terreni affioranti favorisce la formazione di frane, per lo più colate, scivolamenti e frane complesse e, data l'elevata erodibilità di questi litotipi, sono diffusi i fenomeni di erosione superficiale accelerata che talvolta portano allo sviluppo di calanchi, talora anche estesi.

Le litologie affioranti sono prevalentemente costituite dalle argille e marne del Gruppo del Santerno e dai corpi arenaceo-pelitici intercalati. Nella "Cartografia della pericolosità relativa da frana ai fini di protezione civile" della Regione Emilia-Romagna (a cura della Regione Emilia-Romagna e del Gruppo Nazionale Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del CNR, in corso di completamento), le argille e le marne del Gruppo del Santerno ricadono nella classe 3 "pericolosità media", sottoclasse 3b, con indice regionale di franosità formazionale (IRFF) compreso tra 10% e 20%, vale a dire che mediamente tra il 10% e il 20% dell'area affiorante di questa formazione è interessato da frane, i corpi arenacei ricadono nella classe 2 "pericolosità bassa", con

IRFF < 10%, mentre quelli pelitico-arenacei ricadono nella classe 3 “pericolosità media”, sottoclasse 3a.

Nella classe 2 “pericolosità bassa” ricadono anche i terreni con facies di mare basso, riferibili alla litofacies sabbiosa della Grotta Rossa ed alle Sabbie di Imola.

Tuttavia, nel caso delle Sabbie di Imola, nel centro storico di Santarcangelo di Romagna, si sono verificati cedimenti delle sedi stradali, delle strutture elevate e crolli di volta con coinvolgimento degli edifici soprastanti. Questi fenomeni di instabilità sono dovuti a crolli legati all’esistenza di numerose cavità artificiali (oltre 150 tra gallerie e cantine) nel cuore del Colle Giove, a profondità comprese tra 2 e 8 metri, su più livelli, anche gli uni sopra gli altri. Questa predisposizione al dissesto è inoltre peggiorata nel tempo grazie all’infiltrazione delle acque meteoriche e delle acque derivanti dalle perdite di acquedotti e fogne, alla cattiva manutenzione delle gallerie, all’escavazione incontrollata e all’aumento delle vibrazioni per il traffico veicolare (TONI *et alii*, 1993).

XIV - ATTIVITÀ ESTRATTIVA (con il contributo di M. Filippini)

I terreni affioranti nel Foglio 256 utilizzati ai fini dell'attività estrattiva sono essenzialmente le arenarie e le peliti di alcune unità dell'Appennino, le ghiaie, le sabbie e le argille dei depositi quaternari della pianura.

L'attività estrattiva è proceduta in maniera disordinata ed incontrollata sino all'entrata in vigore della Legge Regionale n° 13 del 2 maggio 1978 con la quale si è regolamentata la materia. Sul territorio sono riconoscibili le testimonianze di una passata attività estrattiva, che si concludeva il più delle volte senza procedere ad un reinserimento del sito oggetto di sfruttamento nel contesto ambientale, ma lasciando una cicatrice aperta con effetti di deturpazione paesaggistica. Attualmente l'attività estrattiva si sta esercitando solo in poche aree distribuite prevalentemente sulle colline che costituiscono il bacino imbrifero del F. Marecchia e, in piccola misura, sui depositi alluvionali terrazzati del medesimo fiume; un polo estrattivo è pure presente immediatamente a nord dell'abitato di Gambettola.

La recente pianificazione in materia di attività estrattive ha praticamente congelato tale attività, prevedendo per il prossimo futuro solo l'apertura di un nuovo polo estrattivo di argilla nella valle del F. Marecchia.

1. - CAVE DI PIANO

Dagli alvei e dai sovrastanti depositi alluvionali terrazzati affioranti lungo le valli dei corsi d'acqua sia principali (F. Marecchia) che minori (T. Uso, T. Ausa e T.

Marano) è stato prelevato materiale grossolano (ghiaie e sabbie) dai terreni riferibili alle unità AES₇, AES₈ ed AES_{8a}). Tali estrazioni, che sono avvenute soprattutto in concomitanza alla realizzazione del tratto di autostrada A14 Bologna-Ancona, hanno prodotto fenomeni di canalizzazione e sovraescavazione degli alvei ancora ben visibili sul F. Marecchia. Tale sovraescavazione ha provocato problemi per il raggiungimento del profilo d'equilibrio ed ha causato una drastica riduzione di apporto a mare di materiale grossolano. Nel 1976 la canalizzazione interessava un tratto di alveo del F. Marecchia di circa 2 km, che si è poi esteso per complessivi 6 km nel 1982, fino a raggiungere gli attuali 7 km, con approfondimenti dell'alveo che superano i 10 m in corrispondenza di Poggio Berni. Attualmente, con la cessazione delle escavazioni in alveo conseguente all'entrata in vigore della nuova normativa in materia di attività estrattive (Legge Regionale 18 luglio 1991 n° 17), il fenomeno si è arrestato ed è ripresa l'attività di alluvionamento del corso d'acqua.

Materiali fini (limi e argille) utilizzati per l'industria dei laterizi, sono stati invece scavati nei depositi alluvionali terrazzati affioranti lungo le valli dei corsi d'acqua secondari (T. Ausa e T. Marano) e riferiti alle unità AES₈ ed AES_{8a}. Tali materiali sono stati estratti anche nella pianura alluvionale, nel comune di Gambettola e Cesenatico.

Lungo la fascia litoranea soprattutto nella zona di Bellaria-Igea Marina sono stati estratti i sedimenti sabbiosi di spiaggia (unità AES₈ ed AES_{8a}), utilizzati in prevalenza per la costruzione di alcuni tratti della S.S. 16 Adriatica. Tracce di tale attività sono ancora oggi riconoscibili per la presenza di laghi costieri più o meno sviluppati.

Le sole cave di piano con potenzialità estrattiva ancora presenti sono ubicate nel territorio del comune di Santarcangelo, all'interno dei depositi alluvionali terrazzati del F. Marecchia, ed immediatamente a Nord dell'abitato di Gambettola, all'interno dei depositi fini di tracimazione fluviale di AES₈.

2. - CAVE DI MONTE

In passato sono state estratte, soprattutto per realizzare sottofondi stradali, sia le arenarie appartenenti all'unità BOE affioranti nella valle del T. Uso, che quelle dell'unità IMO, affioranti nelle colline immediatamente a monte di Rimini. Blocchi di arenarie appartenenti ad IMO o SVGa presenti alla base dell'Arco di Augusto (sec. I) nel centro di Rimini, indicano che questi materiali sono stati cavati e utilizzati come pietra da costruzione sin dall'antichità. L'attività estrattiva di arenarie non è più svolta nel territorio del Foglio 256, né se ne prevede nell'immediato futuro, un suo ulteriore avvio.

Come argille per laterizi sono state sfruttate prevalentemente quelle appartenenti alle argille e marne del Gruppo del Santerno. Cave di queste litologie ancora attive sono poste nei comuni di Borghi e Poggio Berni; in quest'ultima località sono previsti anche futuri poli estrattivi per consentire il proseguimento dell'attività delle locali fornaci.

XV - IDROGEOLOGIA

La principale emergenza idrogeologica del Foglio 256 è sicuramente costituita dalla conoide del F. Marecchia. L'insieme dei depositi ghiaiosi e sabbiosi di canale fluviale, affioranti e sepolti lungo la valle del F. Marecchia, a ridosso dello sbocco vallivo e nella pianura antistante (fig. 10), costituisce infatti un serbatoio idrico di notevole importanza, ampiamente sfruttato sia per fini pubblici (idropotabili), che privati (agricoli, industriali, zootecnici).

Numerosi lavori illustrano le caratteristiche idrogeologiche di questa conoide, quali la capacità utile del serbatoio, le modalità ed i valori della ricarica, il chimismo delle acque, nonché la tipologia e la quantità dei prelievi idrici (si veda la revisione bibliografica in AMIR S.p.a., 1998).

Il principale contributo fornito dagli elaborati della Carta Geologica, del Foglio allegato e delle presenti note alla risoluzione dei problemi di tipo idrogeologico è sicuramente lo schema stratigrafico e geometrico tridimensionale dei corpi geologici di sottosuolo. Questo schema, illustrato nelle sezioni e nelle carte geologiche di sottosuolo del Foglio allegato, propone una chiave per prevedere la distribuzione nel sottosuolo dei principali acquiferi ed acquitardi.

Il quadro stratigrafico complessivo è riassunto nelle due "sezioni geologiche profonde" (fig. 10), si vedano, per ciò che riguarda gli aspetti idrogeologici, anche i lavori di BULI (1935) e TONI & ZAGHINI (1988). La conoide del F. Marecchia è costituita da una zona apicale in cui le ghiaie sono amalgamate tra loro e formano un acquifero freatico monostrato (riportato come AES indifferenziato)

compreso tra la superficie topografica ed il substrato marino prevalentemente argilloso. La zona di amalgamazione delle ghiaie è quella in cui si ha la ricarica diretta di tutta la conoide, sia dalle infiltrazioni efficaci, sia dall'alveo; essa quindi costituisce l'areale in cui prestare la massima attenzione ai fini della protezione idrogeologica. La zona di amalgamazione si sviluppa nella porzione intravalliva della conoide per una lunghezza di circa un paio di chilometri a partire dal punto in cui, all'altezza della strada traversante Marecchia, lo spessore della conoide aumenta bruscamente, passando da poco più di una decina di metri a monte, fino a circa 250 metri all'altezza della linea di costa.

A valle della zona di amalgamazione i diversi lobi di conoide si separano e tra essi si interpongono dei depositi fini di spessore crescente procedendo verso mare. I diversi acquiferi sono quindi disconnessi dalla superficie e acquisiscono tutte condizioni di artesianità. Come si vede dalle figure 10b e 12 i principali acquiferi, ovvero quelli più spessi e arealmente più continui, corrispondono alle porzioni regressive terminali dei cicli deposizionali riconosciuti nel sottosuolo, caratterizzate per l'appunto dallo sviluppo di estesi lobi di conoide alluvionale. Gli acquitardi più estesi corrispondono invece alla argille ricche in sostanza organica presenti nella parte inferiore delle unità di sottosuolo.

Il più superficiale di questi acquiferi corrisponde generalmente al lobo di conoide sommitale del Subsistema di Villa Verucchio (AES₇); nella porzione più interna della valle, fanno parte di questo acquifero anche una porzione di ghiaie del Subsistema di Ravenna (AES₈), ciò accade in particolare dove queste si amalgamano con le precedenti. Il corpo così definito costituisce nel suo complesso il primo acquifero, il cui andamento spaziale è quindi deducibile dalla lettura del Foglio allegato alla Carta Geologica.

L'andamento della base di questo corpo è invece illustrato in figura 23. Il set di dati che ha permesso la realizzazione di questa carta è di 2,3 dati per km² (si noti che il valore è di un ordine di grandezza inferiore rispetto a quello relativo alla carta del tetto delle ghiaie di AES₇ ed AES₈, par. XIII, 1.2.). A partire dalla zona più a monte, fino a circa l'isobata 50, le ghiaie del primo acquifero poggiano direttamente sul substrato marino plio-pleistocenico. In questa zona l'andamento delle isobate presso l'attuale corso del F. Marecchia indica un gradino corrispondente al terrazzamento di AES₈ nei confronti di AES₇. Procedendo verso valle la figura riporta l'area di amalgamazione fra le ghiaie di questo acquifero con le ghiaie degli acquiferi sottostanti (riferibili alla porzione inferiore di AES₇ ed alle unità sottostanti); questo settore quindi si caratterizza per essere quello con la massima interconnessione laterale e verticale dei corpi ghiaiosi riferiti ai diversi intervalli stratigrafici, come è ben illustrato nella figura 10a. Questa zona rappresenta, assieme alla porzione intravalliva, l'area di ricarica diretta dell'intera conoide da parte delle acque superficiali; è quindi la zona più vulnerabile dal punto di vista idrogeologico ed ambientale in genere.

Verso valle le isobate sono riferibili alla porzione regressiva terminale di AES₇, qui il loro andamento indica una superficie complessa, che riflette la sua natura diacrona, con contatti fra canali ghiaiosi e tracimazioni sottostanti a diver-

se quote stratigrafiche. Talora le aree di incisione più profonde (rappresentate da convessità delle isobate rivolte verso monte) intercettano dei canali più antichi, sviluppando delle piccole aree di amalgamazione anche nelle zone di conoide relativamente distale.

La lettura integrata della figura 23, con la carta del tetto delle ghiaie di AES₇ ed AES₈ del Foglio allegato alla Carta Geologica, permette una ricostruzione tri-dimensionale del primo acquifero che costituisce il sottosuolo della conoide del

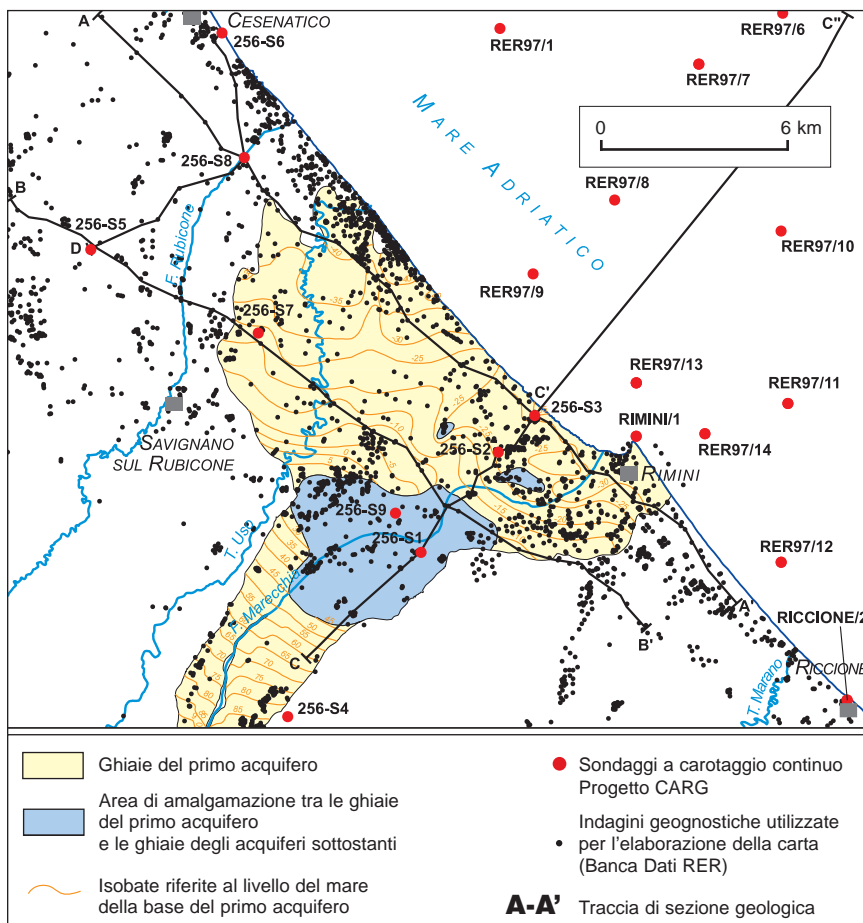


Fig. 23 - Andamento della base del primo acquifero. Il settore intravallivo (dove le ghiaie del primo acquifero poggiano prevalentemente sul substrato plio-pleistocenico) e l'area di amalgamazione (dove le ghiaie di questo acquifero sono in contatto diretto con quelle degli acquiferi sottostanti) rappresentano l'areale più vulnerabile dal punto di vista idrogeologico. Più a valle l'acquifero è separato da quelli sottostanti da spessori via via crescenti di depositi fini.

F. Marecchia. L'estensione di questo corpo nella zona intravalliva, dove esso poggia direttamente sul substrato marino è di circa 15 km² con uno spessore di 5-10 metri. Allo sbocco vallivo e nel sottosuolo della pianura alluvionale il primo acquifero ha un'estensione di circa 100 km², ed uno spessore medio di 15 metri, comprendente gli intervalli di depositi fini che si intercalano alle ghiaie. Dall'osservazione delle sezioni geologiche superficiali del Foglio allegato la percentuale di ghiaia complessiva contenuta in questo intervallo stratigrafico può essere stimata attorno al 50% dello spessore totale. Sulla base di queste stime il volume complessivo dei depositi ghiaiosi che costituiscono questo acquifero risulta pertanto di 850 * 10⁶ m³ circa. I dati disponibili lasciano pensare che assai probabilmente questi valori possano essere riferiti anche ai corpi grossolani che costituiscono gli acquiferi sottostanti quello più superficiale, e che pertanto questi dati, possano essere utilizzati, seppur con dettaglio diverso e con le integrazioni del caso, per modellizzazioni di tipo idrogeologico riguardanti ad esempio la capacità utile del serbatoio.

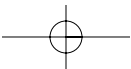
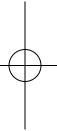
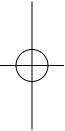
Per quanto riguarda la misura puntuale di alcuni parametri idrogeologici relativi al primo acquifero si segnalano i seguenti risultati.

- a) Una prova di assorbimento tipo Le Franc effettuata durante l'esecuzione di un sondaggio (256-S2, Appendice 1) ha fornito per questo acquifero un valore di permeabilità media di 1.4*10⁻³ m/sec. a 26.5 metri dal piano campagna.
- b) L'acquitardo al tetto di questo acquifero è costituito dalle argille tagressive basali di AES₈ caratterizzate da i seguenti valori di permeabilità (misurati con prove edometriche):
 - 4.3*10⁻⁸ cm/sec. - argilla limosa (argilla= 51 %, limo"49%) a 17 metri dal piano campagna (sondaggio 256-S2, Appendice 1)
 - 5.6*10⁻⁹ cm/sec. - argilla limosa (argilla= 62 %, limo"38%) a 11 metri dal piano campagna (sondaggio 256-S6, Appendice 1).

La conoide sepolta del F. Marecchia è anche utilizzata per la produzione delle acque minerali naturali denominate "Sacramora" e "San Giuliano"; si tratta di acque di falda captate da alcuni pozzi ubicati nei pressi di Viserba di Rimini. L'acqua minerale naturale Sacramora è caratterizzata da una temperatura alla sorgente di 14° C, mentre il residuo fisso a 180° C è di 573 mg/l; l'acqua minerale naturale San Giuliano è caratterizzata da una temperatura alla sorgente di 14° C, mentre il residuo fisso a 180° C è di 565 mg/l (dati forniti dalle Ditte produttrici).

Nella porzione apicale della conoide del F. Marecchia, nei pressi di Corpolò (Rimini), è presente una sorgente di acque minerali nota come "fontana del tituccio". L'acqua di questa fontana è caratterizzata da una temperatura alla sorgente di 15.5° C, mentre il residuo fisso varia da 1210 a 1490 mg/l a 180° C (ZAGHINI, 1995). Temperatura e, soprattutto, residuo fisso tanto diversi rispetto alle altre acque sopra menzionate, testimoniano che l'acqua della "fontana del tituccio" ha una derivazione diversa, probabilmente dovuta a risalita lungo piani di faglia di acque fossili intrappolate nei sedimenti marini plio-pleistocenici. (ZAGHINI, 1995).

Tra le sorgenti presenti in Appennino ricordiamo quella della fonte Galvanina e della fonte Sana da cui vengono prodotte le omonime acque minerali naturali. Si tratta di sorgenti di contatto, in cui le acque sgorgano sul limite tra l'unità SVG e l'unità IMO. L'acqua minerale naturale Galvanina ha la temperatura alla sorgente di 14° C, mentre il residuo fisso a 180° C è di 589 mg/l; l'acqua minerale naturale Sana ha la temperatura alla sorgente di 14° C, mentre il residuo fisso a 180° C è di 558 mg/l (dati forniti dalle Ditte produttrici).



XVI - EMERGENZE GEO-AMBIENTALI DELL'AREA COSTIERA (a cura di M. Preti)

1. - EROSIONE DELLA SPIAGGIA

La fascia costiera del Foglio 256 ha uno sviluppo lineare di circa 30,5 km ed è compresa tra il primo chilometro a sud del porto di Riccione e il primo chilometro a nord della colonia AGIP di Cesenatico. Amministrativamente appartiene ai comuni di: Riccione (3,5 km), Rimini (15 km), Bellaria-Igea Marina (6,7 km), S. Mauro Pascoli (0,7 km), Savignano (0,2 km), Gatteo (0,8 km) e Cesenatico (3,5 km).

Questo tratto costiero è stato interessato, a partire dagli ultimi decenni del secolo scorso, da un intenso sviluppo dell'economia turistica-balneare che ha raggiunto nel corso degli anni '60 di questo secolo le dimensioni di una vera e propria industria. La fase di intensa crescita economica ha avuto però pesanti ripercussioni sull'ambiente litoraneo che ha subito una profonda trasformazione. Si è passati infatti da un sistema ambientale caratterizzato da una larga spiaggia con dune al retro e pochi insediamenti abitativi, ad un litorale completamente urbanizzato su tutto il fronte a mare, per una fascia variabile dai 500 ai 1000 metri. L'unico elemento del sistema litoraneo naturale che è stato in parte risparmiato è la spiaggia emersa, perché era e resta il perno su cui ruota l'intera economia turistica.

Lo spianamento dei cordoni dunosi e la costruzione, nello spazio da loro occupato, di strade litoranee, alberghi o stabilimenti balneari, ha ridotto però in maniera drastica la capacità della spiaggia di contrastare efficacemente l'azione del mare

attraverso lo scambio continuo di sabbia tra dune, spiaggia emersa e barre sommerse. In questo modo, nei tratti dove vi è stata una forte riduzione degli apporti di sabbia e /o elevati valori di subsidenza, spiaggia e fondali sono entrati in erosione. Conseguentemente il mare durante intense mareggiate ha seriamente danneggiato le infrastrutture e i fabbricati più vicini alla battigia e, in concomitanza con eventi di acqua alta, ha invaso vaste superfici allagando terre e abitati.

Nei tratti maggiormente esposti, per fermare l'erosione della spiaggia e per difendere gli abitati, sono state realizzate opere di difesa passiva mediante la costruzione di barriere in massi rocciosi, lunghe circa 100 metri, disposte parallelamente alla costa, a 100-200 metri dalla battigia. Queste opere, comunemente dette scogliere, hanno dimostrato fin dai primi interventi di essere in grado di assorbire la maggior parte dell'energia del moto ondoso e quindi di svolgere in maniera efficace la difesa dal mare, ma nel contempo hanno evidenziato anche effetti collaterali assolutamente negativi. Tra di essi il più grave è quello di spostare sui litorali limitrofi i processi erosivi, creando così i presupposti per la realizzazione di altri interventi di difesa.

Il litorale del Foglio 256 rappresenta uno dei migliori esempi per descrivere l'insorgere dei processi erosivi e il loro diffondersi mediante la reazione a catena scogliera-erosione-scogliera. Da Cattolica fino a nord di Cesenatico, quindi lungo tutto il tratto in esame, il flusso naturale della sabbia che scorre lungo costa è diretto nettamente da sud verso nord, con valori di trasporto molto elevati nel tratto più a sud (fig. 24).

I ripetuti prolungamenti dei moli del porto di Rimini, in particolare l'ultimo realizzato nel 1925 con un avanzamento del molo sud di circa 400 m, hanno quindi bloccato il flusso litoraneo della sabbia ed alterato l'assetto della costa per molti chilometri. La spiaggia a sud dei moli è infatti costantemente avanzata, mentre quella sul lato nord, non più alimentata, è entrata in erosione (fig. 25). Per contenere i processi erosivi sono state così realizzate scogliere a mare in corrispondenza del litorale a nord dei moli. Le prime cinque sono state realizzate davanti a Viserba; il lavoro è stato ultimato nel 1950. La difesa di Viserba è stata completata nel 1956 con la messa in opera di altre dieci scogliere. Contemporaneamente sono state costruite cinque scogliere a fronte di un tratto di spiaggia compreso tra Viserbella e Torre Pedrera. Nel 1958 è iniziata la difesa di Bellaria, subito a nord della foce dell'Uso; per la sua protezione sono state costruite, tra il 1958 e il 1962, 20 scogliere. La costruzione di scogliere è poi continuata negli anni a seguire fino alla copertura completa, terminata nel 1995, dei 20 km di costa compresi tra i moli di Rimini e quelli di Cesenatico (fig. 24).

L'analisi degli effetti che questa serie lunghissima di scogliere ha avuto sui litorali retrostanti, evidenzia un consistente accrescimento dell'arenile solo a nord della foce del F. Marecchia. Nelle zone più distanti dalle foci fluviali, al contrario, la spiaggia manifesta ormai da 15-20 anni la tendenza ad arretrare, al punto da rendere necessari periodici interventi di stabilizzazione. Risulta evidente quindi che le scogliere, nei primi anni dopo la loro messa in opera, hanno prodotto un significativo recupero della spiaggia, basato in gran parte sulla cat-

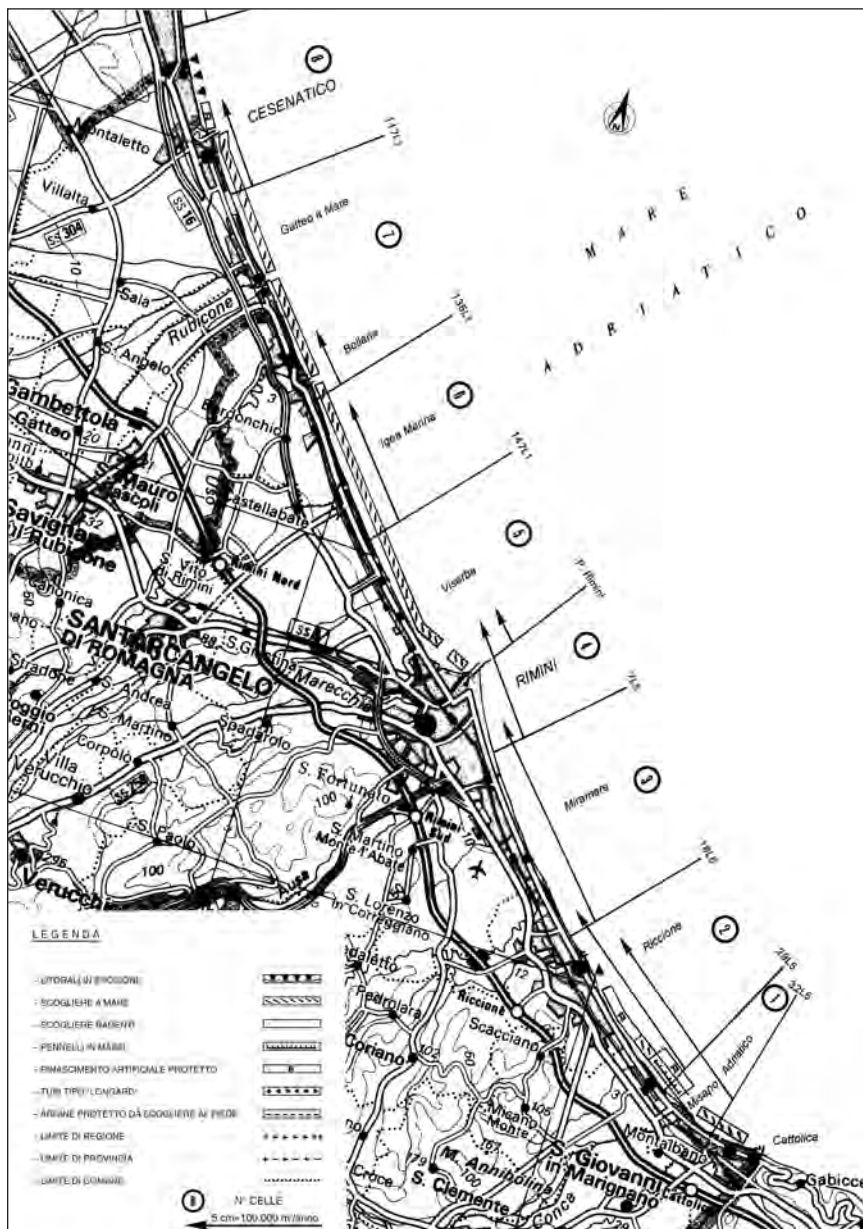


Fig. 24 - Trasporto solido litoraneo e opere di difesa dal mare tra Cattolica e Cesenatico. Le frecce rappresentano la direzione del trasporto solido all'interno di ciascuna cella, la loro lunghezza è proporzionale ai metri cubi di materiale trasportato per anno.



Fig. 25 - Immagine aerea del molo di Rimini. I ripetuti prolungamenti dei moli del porto di Rimini hanno bloccato il flusso delle sabbie litoranee, diretto da sud verso nord, creando una larga spiaggia a sud ed erosione a nord (autorizzazione alla divulgazione - concessione SMA n. 01 539 del 16/9/1998).

tura dei materiali dei fondali esterni. Questi materiali vengono messi in sospensione dalla forte turbolenza dell'acqua causata dalla riflessione delle onde che frangono sulla parete esterna delle scogliere. In seguito, stante il limitato apporto di sabbia al mare da parte del F. Marecchia, T. Uso e F. Rubicone, i tre fiumi che sfociano tra Rimini e Cesenatico, e gli alti valori di subsidenza dell'area, la spiaggia è di nuovo entrata in erosione in diversi tratti.

Per contrastare la ripresa dei processi erosivi sui litorali di Bellaria-Igea Marina, S. Mauro, Valverde e Villamarina di Cesenatico, vengono effettuati, da oltre



Fig. 26 - Immagine aerea di Bellaria - Igea Marina. In questo tratto di costa le scogliere sono ormai una barriera continua che separa la zona litoranea dal mare aperto (autorizzazione alla divulgazione - concessione SMA n. 01 539 del 16/9/1998).

20 anni, interventi per il potenziamento della linea delle scogliere e interventi a terra di salvaguardia della spiaggia. Inizialmente l'Ufficio del Genio Civile per le Opere Marittime di Ravenna, che ha realizzato queste opere per conto del Ministero dei Lavori Pubblici, ne ha alzato la quota ricaricandole con massi, poi ha ristretto i varchi che separano le scogliere, quindi ha costruito barriere sommerse in massi di collegamento tra scogliere attigue (fig. 26). Questo grande sforzo non ha però prodotto risultati soddisfacenti in quanto la progressiva riduzione della superficie di scambio tra mare aperto e zona interclusa tra scogliere



Fig. 27 - Fotografia del muro di sostegno della spiaggia sospesa posta al retro delle scogliere di Valverde di Cesenatico.

e battigia, ha determinato un marcato peggioramento della qualità delle acque e dei fondali di balneazione, mentre è rimasta invariata la tendenza della spiaggia ad arretrare.

Relativamente agli interventi a terra occorre sottolineare che in alcuni tratti sono rimaste sulla battigia opere rigide realizzate prima della costruzione delle scogliere. È il caso di Valverde di Cesenatico dove sono presenti, su un fronte di 1000 metri, 13 pennelli in roccia e cemento armato seriamente degradati, e subito a nord, su un fronte di 500 metri, muretti di sostegno a piccole aree utilizzate come spiagge artificiali sospese (fig. 27). A Igea Marina invece, per proteggere alcuni fabbricati dove la spiaggia è ormai scomparsa, è stata realizzato un breve tratto di scogliera radente.

A Valverde, S. Mauro e Bellaria, per mantenere un minimo di spiaggia, vengono effettuati, ormai da molti anni, interventi di ripascimento con sabbie di cava, o con materiale dragato dietro le scogliere e refluito sulla battigia. Questa operazione che porta ad un recupero di 10-20 metri di spiaggia deve però essere ripetuta ogni anno in primavera. Esternamente alle scogliere la quota del fondale è infatti di circa 4 metri, mentre nella zona interclusa con la battigia la profondità media è di circa 1 metro (fig. 28). Il forte dislivello tra fondale esterno e quello interno contribuisce quindi, durante forti mareggiate con acqua alta, a drenare il materiale dalla spiaggia emersa verso le scogliere e, attraverso i varchi, verso il largo.

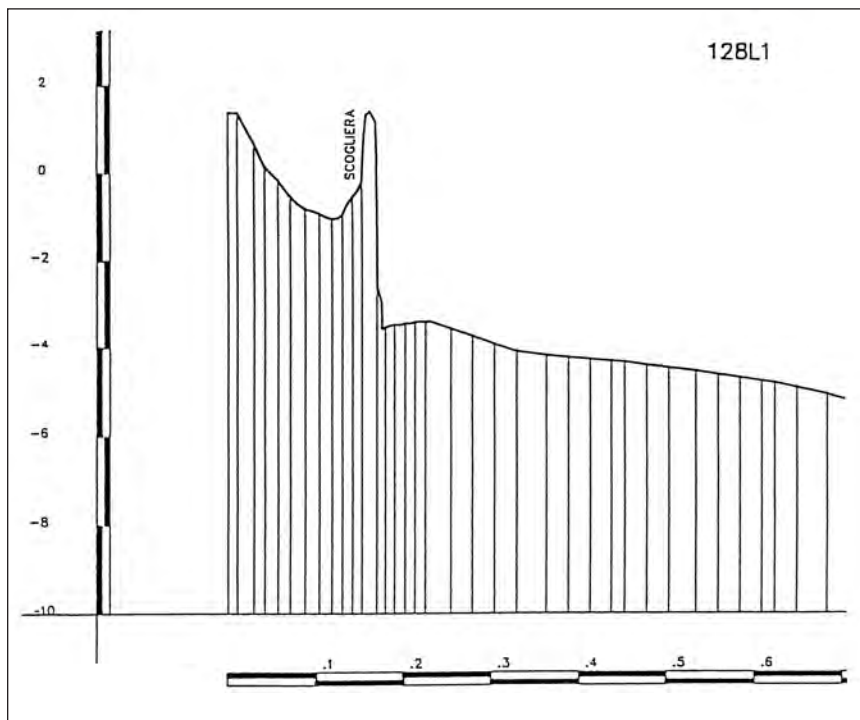


Fig. 28 - Litorale di Bellaria: profilo batimetrico eseguito nel novembre 1993. In evidenza il forte dislivello tra fondale esterno e interno alla linea delle scogliere. Questa è la causa principale dell'arretramento attuale della spiaggia. Ogni tacca dello scalimetro rappresenta 2 m nella scala verticale e 100 m in quella orizzontale.

Da quanto sopra esposto risulta quindi che i fenomeni erosivi in atto su diversi chilometri di spiaggia, pur difesa da scogliere, a nord dei moli di Rimini, sono da attribuire, oltre che alla mancanza di sabbia in circolazione ed alla subsidenza, anche alla profonda alterazione del profilo del fondale prodotto da queste opere. La situazione del litorale compreso tra Rimini e Cesenatico è quindi tale da rendere precaria non solo la gestione attuale, ma anche molto difficile la definizione di strategie di intervento finalizzate ad una sostanziale modifica dell'attuale assetto. Trattandosi di un litorale ad altissima fruizione turistica il nuovo assetto dovrà comunque garantire le esigenze della difesa dal mare, il mantenimento di una larga spiaggia ed il recupero dei caratteri paesaggistico-ambientali del paraggio per cui occorrerà, in ogni caso, apportare moltissima sabbia.

Decisamente migliore è invece la situazione del litorale a sud dei moli del porto di Rimini. Nel corso dell'ultimo secolo infatti, in corrispondenza degli oltre 11 km di costa che vanno da Riccione ai moli di Rimini, la spiaggia è rima-

sta stabile o è avanzata per l'effetto del molo sud del porto di Rimini che ha bloccato, a partire dal 1925, lo scorrimento della sabbia verso nord, favorendone in tal modo l'accumulo davanti alla città. Conseguentemente, pur in un contesto caratterizzato da una forte subsidenza e da una riduzione degli apporti di sabbia al mare da parte dei fiumi, questa spiaggia è avanzata di alcune decine di metri in corrispondenza degli 8 km compresi tra la foce del torrente Marano e i moli di Rimini, mentre è rimasta pressoché stabile a Riccione. Nei 2 km a ridosso dei moli di Rimini gli avanzamenti sono stati di 50-60 metri negli ultimi 20 anni per cui la spiaggia ha ormai superato i 250 m di larghezza.

Occorre sottolineare che, essendo privo di fonti di alimentazione diretta, il litorale in questione ha beneficiato in massima parte dell'arrivo di sabbie erose dal mare dalle spiagge più a sud e trasportate verso nord dalle correnti litoranee. Pertanto, dopo che i litorali di Cattolica e Misano sono stati protetti con opere di difesa rigide, i processi erosivi si sono spostati verso nord raggiungendo, alla fine degli anni '70, il litorale di Riccione sud e, a metà degli anni '90, la spiaggia di Riccione centro. Per la protezione del litorale sud di Riccione è in fase di avanzata realizzazione un intervento di ripascimento protetto da una barriera sommersa in sacchi pieni di sabbia. Questo intervento ha uno sviluppo di 3 km, dal confine con il comune di Misano fino a 500 m dal porto di Riccione (fig. 24).

I positivi i risultati fino ad ora riscontrati, uniti alla conoscenza dei processi che hanno caratterizzato l'evoluzione del litorale in esame, portano a concludere che in futuro la salvaguardia della spiaggia di Riccione potrà essere garantita con apporti periodici di sabbia nel tratto più a sud o all'altezza di Misano. Un grande beneficio al riequilibrio delle spiagge di Misano e Riccione potrebbe derivare dal ripristino della portata solida a mare del fiume Conca, attualmente sbarrato da una diga a 3 km dalla foce. Dalla metà degli anni '70 le sabbie e le ghiaie portate a valle da questo corso d'acqua rimangono infatti intrappolate nel bacino d'invaso a monte della diga.

2. - SUBSIDENZA

Nel capitolo precedente è stato evidenziato come la subsidenza sia una delle principali cause dell'erosione delle spiagge. L'abbassamento del suolo infatti è un fenomeno che non riguarda solamente le terre emerse della pianura, ma anche i fondali. L'abbassamento del fondale a sua volta porta le onde a frangere più vicino alla battigia per cui aumenta la capacità erosiva del mare nei confronti della spiaggia emersa.

Più in generale essendo la subsidenza un fenomeno irreversibile, ogni abbassamento di quota della pianura costiera si traduce in un aumento della vulnerabilità del territorio nei confronti del mare. Conseguentemente aumentano anche le ingressioni marine, i danni e i costi per la difesa.

Relativamente ai 31 km di fascia costiera appartenenti al Foglio 256, occorre sottolineare che, nel corso degli anni '80, causa la mancanza di dati recenti e

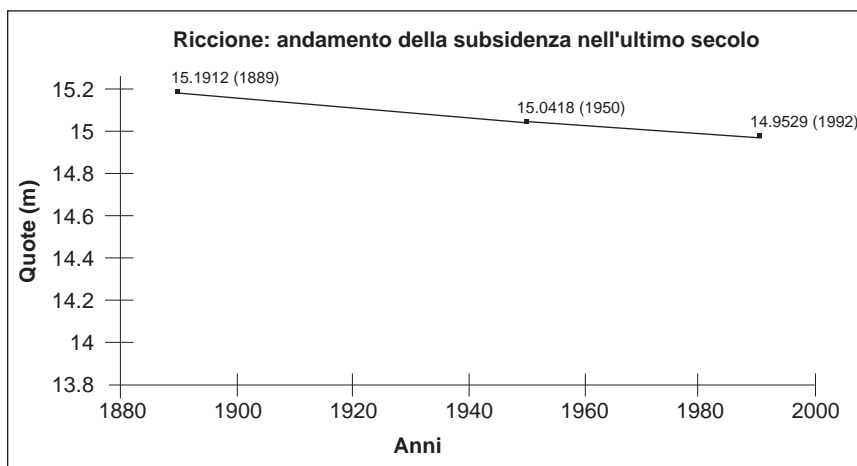


Fig. 29 - Variazione della quota topografica dell'area di Riccione nell'ultimo secolo. L'andamento della curva indica una subsidenza costante ma molto lenta.

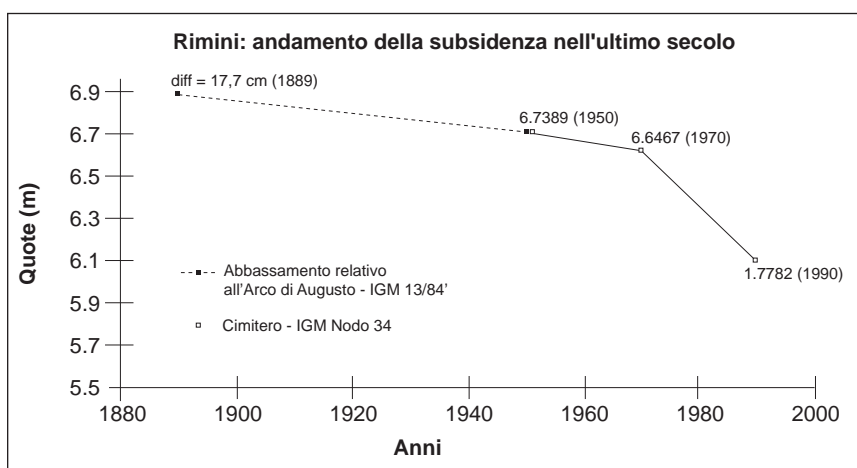


Fig. 30 - Variazione della quota topografica dell'area di Rimini nell'ultimo secolo. L'andamento della curva indica un rapido aumento della subsidenza a partire dagli anni '70.

attendibili e per la vicinanza di questa costa al margine appenninico, l'andamento della subsidenza era stato, in buona misura sottostimato. Nel corso degli anni '90 si è potuto riscontrare invece che quest'area ha subito in poco più di 20 anni abbassamenti eccezionali. Il riscontro è stato fornito sia dai dati della livellazione effettuata nel 1990 dall'Istituto Geografico Militare, che ha ribattuto i capi-

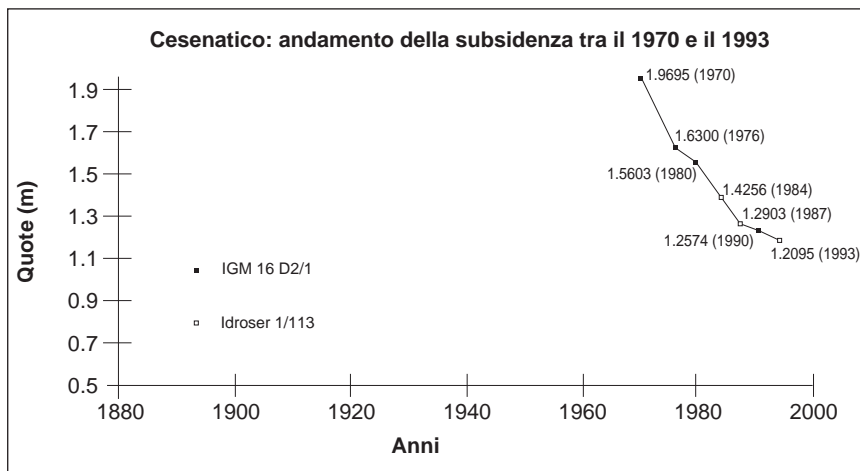


Fig. 31 - Variazione della quota topografica dell'area di Cesenatico. I dati disponibili sono molto recenti (periodo 1970-1993) ed evidenziano un forte sviluppo della subsidenza in atto.

saldi lungo la statale Adriatica già rilevati nel 1950 e nel 1970, sia da quelli di Idroser, che ha rilevato nel 1993, per la terza volta in 9 anni, la rete regionale di controllo della subsidenza lungo la costa regionale. Da questi dati risulta che tra il 1970 e il 1990 Cesenatico si è abbassato di 71 cm e Rimini di 47 cm.

Dai diagrammi riportati nel Progetto di Piano Costa 1996 risulta inoltre che, nel corso dell'ultimo secolo, la subsidenza a Riccione ha un andamento costante e di modesta entità, pari a 2,3 mm/anno (fig. 29). Se si considera che il dato contiene anche l'innalzamento del livello del mare in Adriatico, pari a 1,5 mm/anno nello stesso periodo, ne deriva che l'abbassamento di Riccione è stato modestissimo.

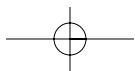
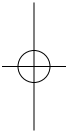
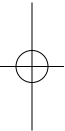
Procedendo verso nord gli abbassamenti sono al contrario decisamente superiori e gli andamenti molto differenti nel tempo.

A Rimini, nel periodo 1889-1950, la velocità di abbassamento è di 3 mm/anno, quindi passa a 4,6 mm/anno tra il 1950 e il 1970 poi, con un fortissimo incremento, è pari a 23,4 mm/anno nel periodo 1970-1990 (fig. 30). Questo andamento è in buona misura confermato dalla variazione del medio mare misurata dal mareografo di Rimini, il cui funzionamento è purtroppo terminato agli inizi degli anni '80.

A Cesenatico non esistono capisaldi IGM livellati prima del 1970. Solo in quell'anno infatti è stato istituito e livellato il caposaldo 1602/1, a ridosso del faro vecchio. Nel 1990 quando è stato ribattuto dall'IGM la sua quota era scesa di 71 cm. La velocità media nei 20 anni è stata quindi di 35,5 mm/anno (fig. 31). Le livellazioni effettuate da Idroser lungo il litorale di Cesenatico hanno evidenziato nel triennio 1984-1987 valori ancor più elevati, con punte di abbassamento superiori ai 50 mm/anno.

L'analisi degli andamenti della subsidenza nell'area costiera tra Rimini e Cesenatico evidenzia come causa principale del fenomeno la depressurizzazione degli acquiferi. Ciò a causa dell'eccessivo emungimento di acqua dalle falde nel periodo di massimo sviluppo dell'industria turistico-balneare. La velocità di abbassamento del suolo subisce infatti un brusco incremento alla fine degli anni '60 e si mantiene su valori altissimi per tutti gli anni '70 e '80.

Negli ultimi anni i pochi dati disponibili mostrano una riduzione della subsidenza. Questo andamento va associato con l'allacciamento degli acquedotti dei comuni costieri all'Acquedotto di Romagna, che porta alla costa le acque dell'invaso di Ridracoli, ubicato nell'alto appennino forlivese. La riduzione dell'emungimento ha prodotto un forte innalzamento della falda, sottolineato dalle numerose segnalazioni di allagamenti di scantinati, per decenni rimasti asciutti, a Viserba, Viserbella e Torre Pedrera, a nord di Rimini. Conseguentemente, come è già capitato negli ultimi decenni in altre zone dell'area padano-adriatica, la risalita del livello di falda dovrebbe essere accompagnata da una riduzione a valori prossimi allo zero della subsidenza di origine antropica.



XVII - SISMICITÀ

La zona del riminese è stata interessata nel corso dei secoli da alcuni terremoti di notevole intensità. Attualmente è classificata come zona sismica di II categoria nell'Atlante della classificazione sismica nazionale (SERVIZIO SISMICO DEL CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI, 1986). Anche le stime di pericolosità sismica più aggiornate (FRASSINETI *et alii*, 1997; SLEJKO *et alii*, 1998) confermano l'importanza di questo settore dell'Appennino Settentrionale e della costa adriatica dal punto di vista sismico, con una probabilità medio-alta di superare la soglia del danneggiamento (approssimativamente posto pari ad una accelerazione orizzontale di picco di 0,1 g) in un periodo di osservazione di 20 anni (si veda SLEJKO *et alii*, 1998).

Dalla carta della pericolosità sismica del territorio nazionale (SLEJKO *et alii*, 1998) e dell'Emilia-Romagna (FRASSINETI *et alii*, 1997), entrambe basate sui dati del catalogo NT4.1, esprimendo il grado di pericolosità in intensità macrosismica, per l'area in esame, sono attesi effetti > VIII grado MCS ogni 474 anni (tempo di ritorno convenzionale di riferimento per l'Eurocodice sismico). Esprimendo il grado di pericolosità in termini più fisici e di interesse ingegneristico, per l'area in esame i valori di accelerazione orizzontale di picco (PGA) attesi, sempre con periodo di ritorno di 474 anni, sono compresi tra 0,20g e 0,28g. Ciò vale a dire che esiste il 10% di probabilità in 50 anni che possano verificarsi effetti di scuotimento con valore di $I_{max} \geq VIII$ grado MCS o $PGA \geq$ di 020-028g.

TAB. 4 - Data, localizzazione e parametri geofisici dei terremoti storici oltre la soglia del danno.

Data	Area epicentrale	ZS	Intensità MCS	Mm
1308, 25 gennaio	Rimini	48	8.0	5.5
1472	Rimini	48	7.0	5.0
1473, 2 febbraio	Rimini	48	5.5/6.0	4.4
1625, 5 dicembre	Rimini	48	6.0	4.4
1653, 5 agosto	Cesena	40	6.5	4.7
1672, 14 aprile	Rimini	48	8.0	5.5
1786, 25 dicembre	Rimini	48	8.0	5.5
1875, 17 marzo	Rimini	48	7.5/8.0	5.2
1881, 28 settembre	Cesena	40	6.5/7.0	4.7

ZS = zona sismogenetica; Mm = magnitudo macrosismica (da CAMASSI & STUCCHI, 1997).

Rispetto alla zonazione sismotettonica del Gruppo Nazionale Difesa dai Terremoti (GNDT) del CNR (SCANDONE & MELETTI, 1996), il foglio in esame ricade nell'estremità occidentale dell'area n. 48, al confine con l'area n. 40. L'area n. 48 corrisponde alla fascia padano-adriatica con carattere dei terremoti attesi prevalentemente compressivo e trascorrente mentre l'area n. 40 corrisponde ad una fascia di svincolo con meccanismi di rottura attesi misti, con prevalenza di trascorrenza. Il grado di sismicità, deducibile dalle localizzazioni strumentali effettuate sulla base dei dati della Rete Sismica Nazionale (RSN) dell'Istituto Nazionale di Geofisica (ING), e quello storico, ricavabile sia dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (CFTI) di ING/SGA (BOSCHI *et alii* 1995 e 1997) che da quelli del catalogo NT 4.1 del GNDT (CAMASSI & STUCCHI, 1997; aggiornato nel 1998) risulta medio alto, con valori di magnitudo generalmente compresi tra 4,4 e 5,5 e con un massimo pari a 6,1, raggiunto durante la crisi sismica del 1916.

Considerando solo i terremoti al di sopra della soglia del danno (CAMASSI & STUCCHI, 1997), localizzati nell'area tra Rimini e Cesena, gli eventi storici

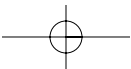
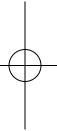
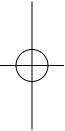
TAB. 5 - Data, localizzazione e parametri geofisici dei terremoti avvenuti nel XX secolo oltre la soglia del danno.

Data	Area Epicentrale	ZS	Intensità MCS	Ms	Mm	H
1911, 26 marzo	Rimini	48	6.0	4.9	4.4	8
1916, 17 maggio	Riminense	48	7.5/8.0	6.0	5.2	40
1916, 16 agosto	Riminense	48	8.0/8.5	6.1	5.9	20
1953, 14 dicembre	Borello	40	6.0	4.6	4.4	13
1970, 26 settembre	Cesena	40	6.0	3.6	4.4	

ZS = zona sismogenetica; Ms = magnitudo calcolata sulle onde superficiali, modalità di determinazione: osservata (MARGOTTINI *et alii*, 1993); Mm = magnitudo macrosismica; H = profondità ipocentrale in km (da CAMASSI & STUCCHI, 1997).

sono illustrati in tabella 4 mentre gli eventi verificatisi nel XX secolo sono illustrati in tabella 5.

Lungo la fascia costiera, date le caratteristiche litologiche (sabbie fini e medie, pulite) e la superficialità della falda acquifera, esistono le condizioni geologiche per il verificarsi del fenomeno della liquefazione durante gli eventi sismici. I dati sulla pericolosità sismica, terremoti attesi > VIII MCS e picchi di accelerazione > 0,28 g con un periodo di ritorno di 474 anni, indicano che esistono anche le condizioni sismiche per il verificarsi dei fenomeni di liquefazione. In effetti, durante il terremoto del 1875 tali fenomeni sono stati osservati sulla spiaggia di Cesenatico (BOSCHI *et alii*, 1997; CREPELLANI *et alii*, 1997) e da un recente studio di Cipriani *et alii* (2000) risulta che, sulla base di prove geotecniche in sito e di considerazioni sulle caratteristiche sismiche, il rischio di liquefazione è superiore alla soglia di attenzione in prossimità della foce del Rubicone e di un'area lungo la costa di Bellaria-Igea Marina e quindi meritevole di particolare attenzione all'atto della pianificazione urbanistica.











APPENDICE 1

STRATIGRAFIA DEI SONDAGGI ESEGUITI PER IL PROGETTO CARG

In questa appendice sono riportate le stratigrafie descrittive dei sondaggi a carotaggio continuo eseguiti appositamente per la realizzazione della Carta Geologica (sondaggi del progetto CARG) e di un sondaggio le cui carote sono state messe a disposizione dal Comune di Rimini per la descrizione sedimentologica e stratigrafica, nonché per le campionature biostratigrafiche e radiometriche (codice Banca Dati Geologica del sondaggio: 256110P507). Questo sondaggio è stato eseguito dal Comune di Rimini ed è stato approfondito di 12 m appositamente per la realizzazione della Carta Geologica. Nelle stratigrafie riportate in appendice è illustrato il profilo granulometrico in termini di contenuto in argilla, limo, sabbia (fine e grossolana) e ghiaia (fine e grossolana), il contenuto in sostanza organica, la presenza di alcuni costituenti particolari (fossili o legni) e l'età rilevata al carbonio 14. A lato del profilo granulometrico sono riportate le associazioni di facies e le unità stratigrafiche a cui viene riferito il singolo intervallo. Le sigle delle unità si riferiscono a quelle presentate nella Carta Geologica e nel cap. IX. L'ubicazione dei sondaggi è illustrata in figura 7.

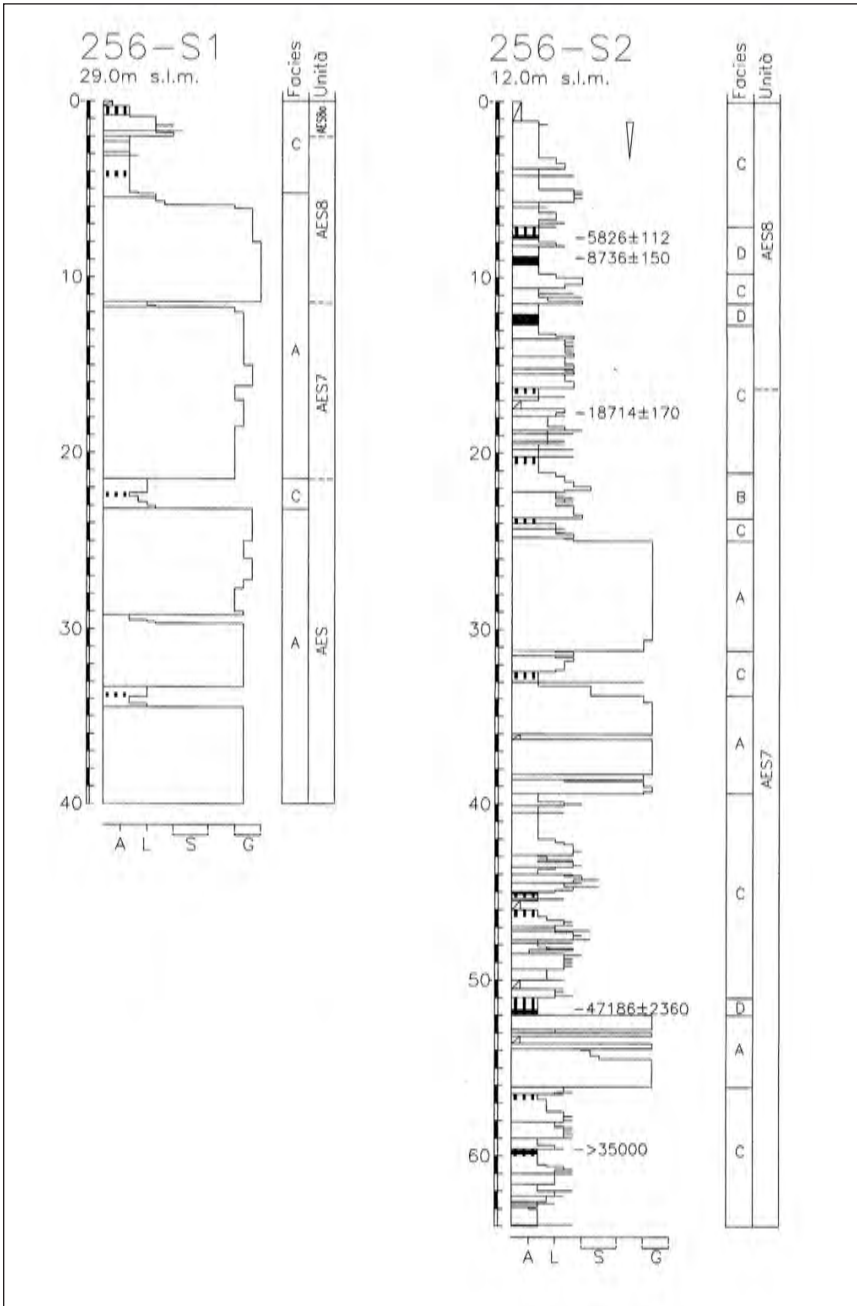
LEGENDA DELLE STRATIGRAFIE DEI CAROTAGGI

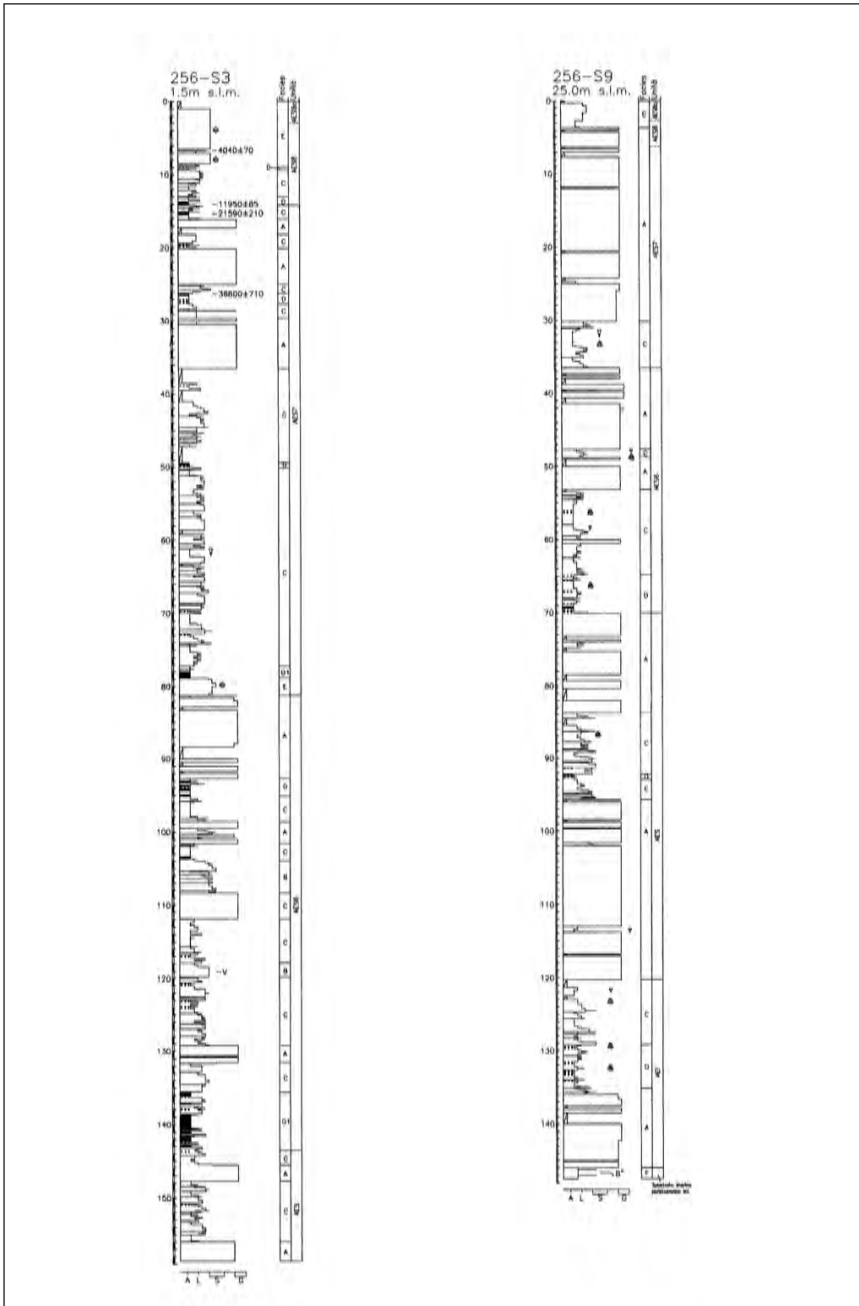
simboli

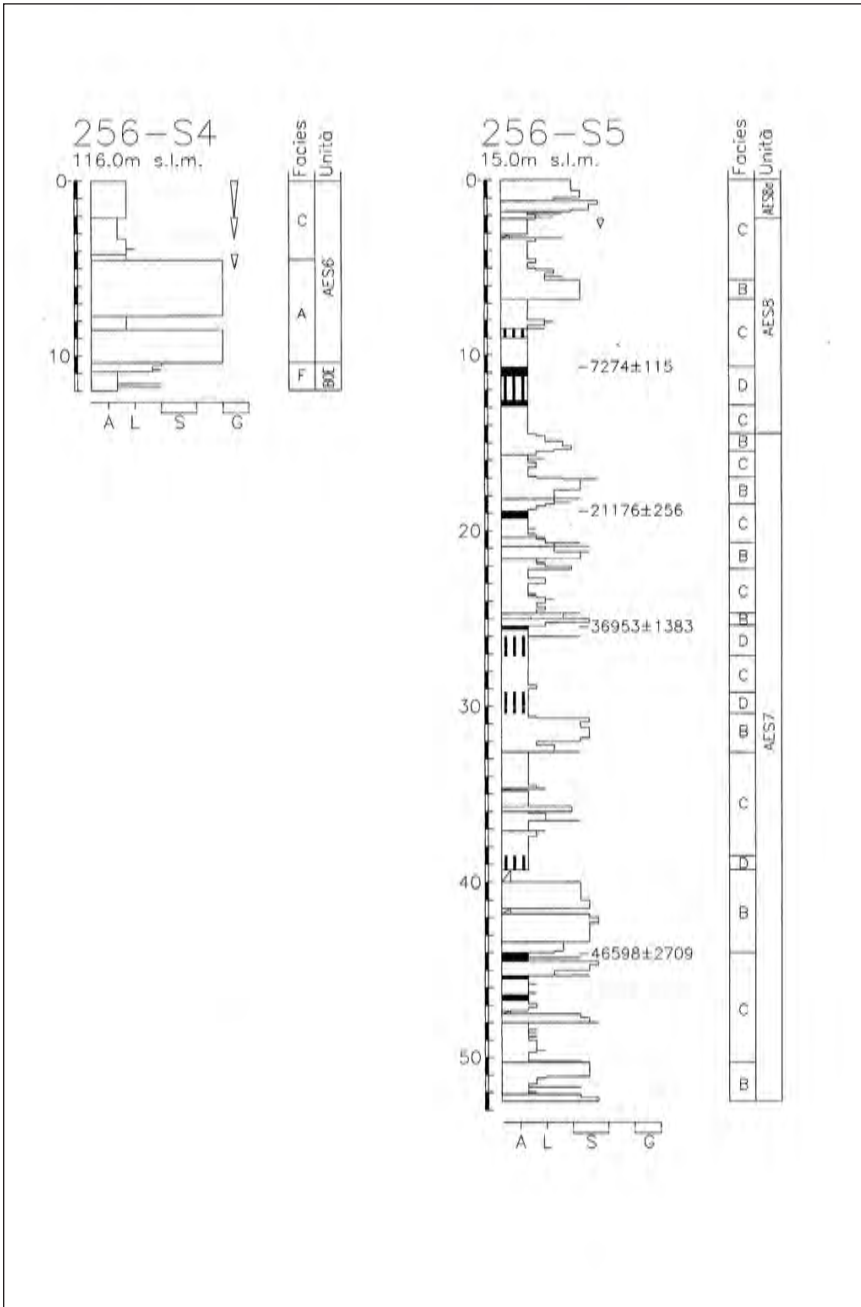
3.0 m s.l.m.	quota del piano campagna riferita al livello del mare
	intervallo non recuperato o fortemente disturbato
	tracce di sostanza organica
	abbondante sostanza organica diffusa e torbe
	suolo evoluto (parzialmente o totalmente decarbonato)
	fossili marini
	fossili continentali
	frammenti di legno
V	sabbia vulcanoclastica
 5°	inclinazione degli strati
8736 ± 150	età ¹⁴ C in ka B.P. non calibrata
A	argille
L	limi
S	sabbie
G	ghiaie

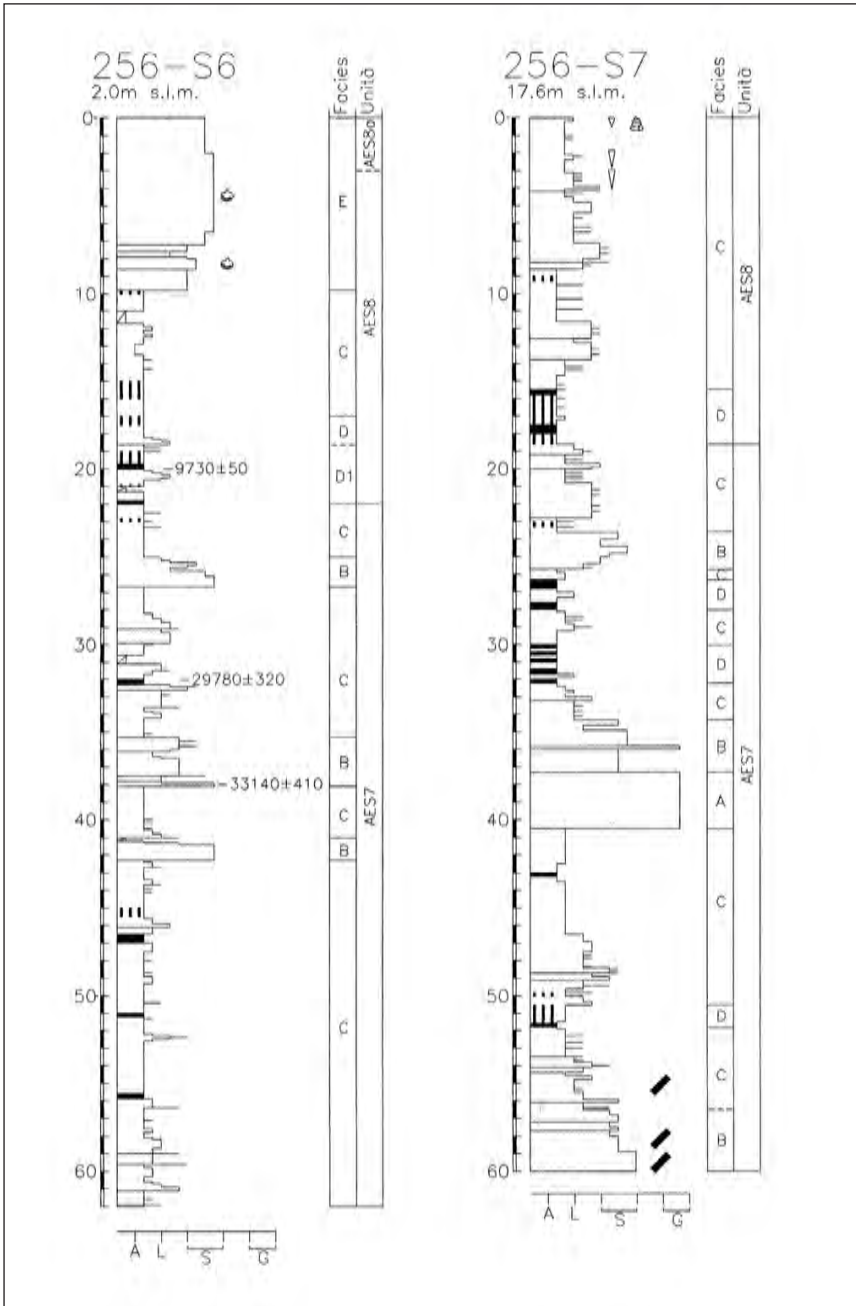
associazioni di facies

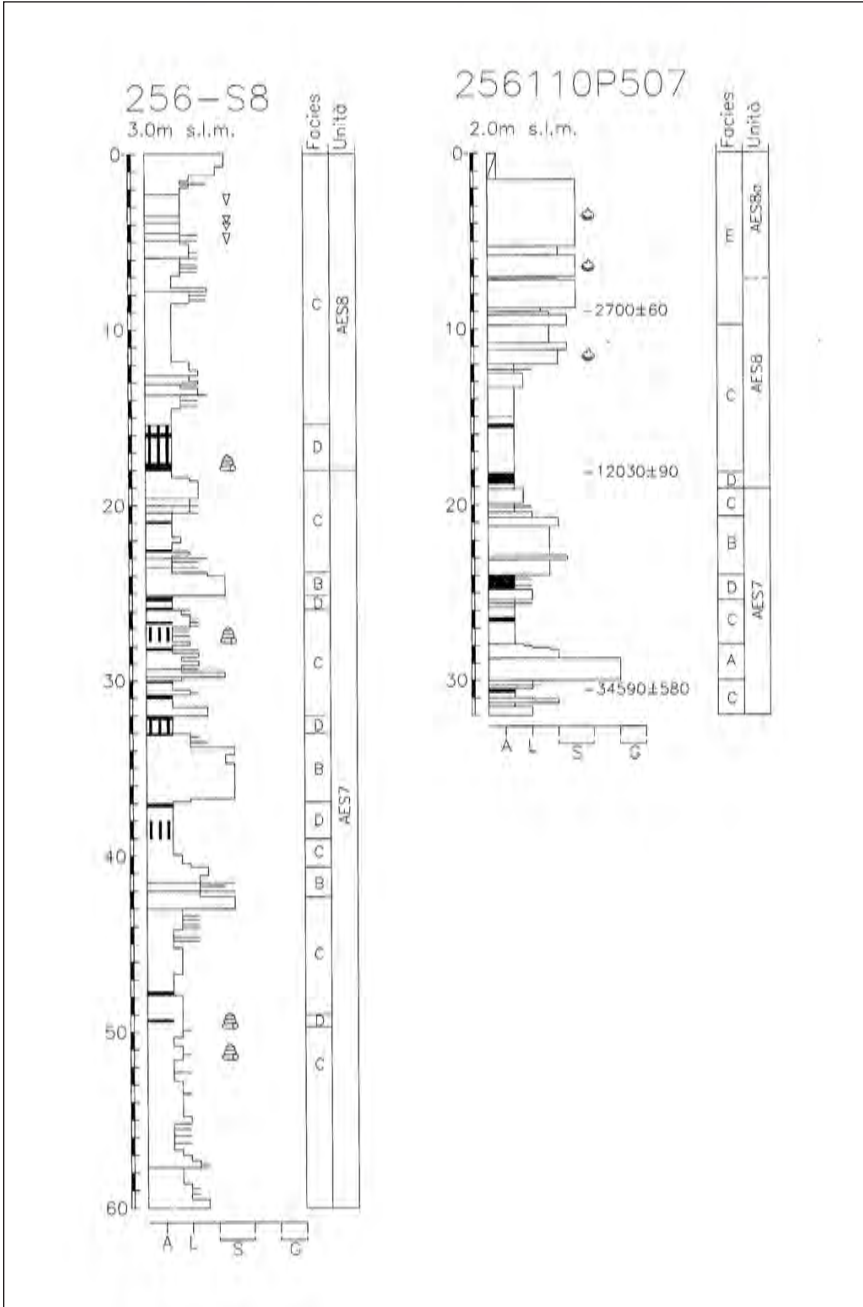
A	ghiaie di riempimento di canale fluviale
B	sabbie di riempimento di canale fluviale e di argine prossimale
C	alternanze di sabbie, limi ed argille di tracimazione e di rotta fluviale
D	argille e limi con sostanza organica palustre (D1: di piana costiera)
E	sabbie di cordone litorale
F	argille e sabbie marine di piattaforma (substrato marino).











RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- ABBATE E. & SAGRI M. (1982) - *Le unità torbiditiche cretacee dell'Appennino settentrionale ed i margini continentali della Tetide*. Mem.Soc.Geol.It, 24, 115-126.
- ACHILLI V., ARCA S., BALDI P., CHIGGIO R., LANDUZZI A., MARABINI S., TINTI S., VAI G.B. (1990) - *Studio sismotettonico dell'Appennino forlivese: il progetto GEOSIS*. Bollettino di Geodesia e Scienze affini, 4, 319-361.
- AGIP S.p.a. (1972) - *Acque dolci sotterranee*. Grafiche Palombi, Roma, pp. 914.
- AGIP S.p.a. (1994) - *Acque dolci sotterranee*. Graf 3, Roma, pp. 515.
- AMIR S.p.a. (1998) - *Studi e ricerche idrogeologiche ed idrodinamiche a supporto della gestione delle risorse idriche del bacino del Marecchia, Prima fase di lavoro - relazione descrittiva*. Rapporto interno.
- AMOROSI A. (1992) - *Correlazioni stratigrafiche e sequenze deposizionali nel Miocene epiligure delle Formazioni di Bismantova, S. Marino e M. Fumaiolo (Appennino Settentrionale)*. Giornale di Geologia, 54/1, 95-105.
- 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 foothills*. Giornale di Geologia, 60, 83-118.
- AMOROSI A., COLALONGO M.L., FUSCO F., PASINI G. & FIORINI F. (1999b) - *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., COLALONGO M.L., PASINI G. & PRETI D. (1999a) - *Sedimentary response to Late Quaternary sealevel changes in the Romagna coastal plain (northern Italy)*. Sedimentology, 46, 99-121.
- 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 fanterrace 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.
- ASLAN A. & AUTIN W.J. (1999) - *Evolution of the Holocene Mississippi River floodplain, Ferriday, Louisiana: insights on the origin of finegrained floodplains*. Journal of Sedimentary Research, 69, 800-815.
- 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.
- BERTOLDI R. (1995) - *Palinostratigrafia dei bacini intermontani dell'Appennino nordorientale*. Il Quaternario, 8, 61-70.
- BESTLAND E.A. (1997) - *Alluvial terraces and paleosols as indicator of Early Oligocene climate change (John Day Formation, Oregon)*. Journal of Sedimentary Research, 67, 840-855.
- 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 R.S. III & VALASTRO S.JR. (1994) - *Fluvial response to Late Quaternary climatic and environmental change, Edwards Plateau, Texas*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 108, 1-21.

- BOCCALETTI M., CALAMITA F., DEIANA G., GELATI R., MASSARI F., MORATTI G. & RICCI LUCCHI F. (1990) - *Migrating foredeep-thrust belt system in the Northern Apennines and Southern Alps*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 77, 3-14.
- BOCCALETTI M., COLI M., DECANDIA F.A., GIANNINI E. & LAZZAROTTO A. (1980): *Evoluzione dell'Appennino Settentrionale secondo un nuovo modello strutturale*. Memorie della Società Geologica Italiana, 21, 359-373.
- BOSCHI E., FERRARI G., GASPERINI P., GUIDOBONI E., SMRIGLIO G. & VALENSISE G. (1995) - *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1980*. ING-SGA, Bologna, pp. 973.
- BOSCHI E., GUIDOBONI E., FERRARI G., VALENSISE G. & GASPERINI P. (1997) - *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990*. ING-SGA, Bologna, pp. 644.
- BOYER S.E. & ELLIOT D. (1982) - *Thrust system*. AAPG Bull., 66, 1196-1230.
- BREYER J.A. (1997) - *Sequence stratigraphy of Gulf Coast lignite, Wilcox Group (Paleogene), South Texas*. Journal of Sedimentary Research, 67, 1018-1029.
- BULI U. (1935) - *Geidrologia del conoide del F. Marecchia*. Giornale di Geologia, 10, 83-136.
- CAMASSI R. & STUCCHI M. (1997) - *NT4.1, un catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno. Versione NT4.1.1 luglio 1997 con aggiornamenti 1981-1992 (marzo 1998)*. Disponibile in Internet: <http://emidius.itim.mi.cnr.it/NT/CONSNT.html>
- CAMPBELL C.V. (1967) - *Lamina, laminaset, bed and bedset*. Sedimentology, 8, 7-26.
- CAPUANO N., TONELLI G. & VENERI F. (1987) - *Ricostruzione dell'evoluzione paleogeografica del margine appenninico nell'area feltresca (Marche settentrionali)*. Memorie della Società Geologica Italiana, 39, 165-174.
- CARTA GEOLOGICA DI PIANURA DELL'EMILIA-ROMAGNA in scala 1:250.000 (1999) - Regione Emilia-Romagna. Bologna.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 223-Ravenna (1999) - Servizio Geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 254-Modigliana. Servizio Geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna, in stampa.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 265-Bagno di Romagna. Servizio Geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna, in stampa.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:100.000, Foglio 100-Forlì (1968) - II edizione. Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:100.000, Foglio 101-Rimini (1967) - II edizione. Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- CASTELLARIN A., EVA C., GIGLIA G., VAI G.B. (1985) - *Analisi strutturale del fronte appenninico-padano*. Giornale di Geologia, 47/1-2, 47-76.
- CATALANO R., BARTOLINI C., FABBRI A., LEMBO P., MARANI M., MARSELLA E., ROVERI M. & ULZEGA A. (1996) - *Norme generali delle linee guida di rilevamento geologico nelle aree marine da sottoporre al Servizio Geologico Italiano - Rapporto finale*. Commissione di studio per la cartografia geologica marina, 48 pp.
- CERRINA FERONI A., GHISELLI F., LEONI L., MARTELLI L., MARTINELLI P., OTTRIA G. & SARTI G. (1997) - *L'assenza delle Liguridi nell'Appennino romagnolo: relazioni con il sollevamento quaternario e implicazioni strutturali*. Il Quaternario, 10/2, 371-376.
- CIPRIANI S., CRESPELLANI T., PIERUCCI D., MADIÀ C., VANNUCCHI G. MARCELLINI A., MARTELLI L. & FRASINETI G. (2000) - *Carta del rischio di liquefazione in un'area ricca di beni storico-culturali: la costa romagnola*. In: Lollino G. (ed.), atti del Convegno "Condizionamenti geologici e geotecnici nella Conservazione del Patrimonio Storico Culturale". Torino, 8-9 giugno 2000. CNR-GNDICI, pubbl. n. 2133, 61-71.
- CNR (1982) - *Carta Strutturale dell'Appennino Settentrionale alla scala 1:250.000*

- CNR (1992) - *Structural Model of Italy, 1:500.000. Prog. Fin. Geodin. S.P. 5, Quaderni de "La Ricerca Scientifica" n° 114. S.EL.CA., Firenze.*
- CNR-CCGG (1992) - *Carta Geologica d'Italia - 1:50.000, guida al rilevamento.* Servizio Geologico Nazionale, Quaderni ser. III, 1, 203 pp.
- COLALONGO M.L., RICCI LUCCHI F., BERARDI F. & NANNI L. (1982) - *Il Pliocene neoautoctono di Poggio Berni in Val Marecchia (Appennino romagnolo) in: Guida alla geologia del margine appenninico padano (a cura di G. Cremonini & F. Ricci Lucchi).* Guide Geologiche Regionali S.G.I., Bologna, 177-180.
- CONTI S. (1989): *Geologia dell'Appennino marchigiano-romagnolo tra le Valli del Savio e del Foglia.* Bollettino della Società Geologica Italiana, 108, 453-490.
- CONTI S., FREGNI P., GELMINI R. (1987) - *L'eta` della messa in posto della coltre della Val Marecchia. Implicazioni paleogeografiche e strutturali.* Memorie della Società Geologica Italiana, 39, 143-164.
- CORREGGIARI A., ROVERI M. & TRINCARDI F. (1996) - *Late Pleistocene and Holocene evolution of the North Adriatic Sea.* Il Quaternario, 9, 697-704.
- CREMASCHI M. & GASPERI G. (1989) - *L'"alluvione" alto-medievale di Mutina (Modena) in rapporto alle variazioni ambientali oloceniche.* Memorie della Società Geologica Italiana, 42, 179-190.
- CREMONINI G. & RICCI LUCCHI F. (1982) - *Guida alla geologia del margine appenninico padano.* Guide Geologiche Regionali S.G.I., Bologna, pp. 247.
- CREMONINI S. (1995) - *Per un profilo delle problematiche geostoriche riminesi. In: Pro popolo ariminense (Calbi A. & Susuni G. cur.).* Atti del Convegno internazionale "Rimini Antica, una repubblica fra terra e mare", Rimini, Ottobre 1993, 253-328.
- CRESPELLANI T., MADIÀI C., VANNUCCHI G., MARCELLINI A., MARTELLI E. & FRASSINETI G. (1997) - *Analisi del rischio di liquefazione nell'area costiera tra Cesenatico e Bellaria-Igea Marina.* In: atti del convegno "La geologia delle grandi aree urbane", Bologna, 4-5/11/1997, 229-235, Regione Emilia-Romagna.
- DE FEYTER, A.J. (1991) - *Gravity tectonics and sedimentation of the Montefeltro, Italy.* Geol. Ultraiectina, 35, 1-168.
- ELMI C. & NESCI O. (1991) - *Forme e movimenti recenti dell'alta pianura emiliano-romagnola.* Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, 46, 497-502.
- ELMI C., NESCI O., SAVELLI D. & MALTARELLO G. (1987) - *Depositi alluvionali terrazzati del margine adriatico appenninico centro-settentrionale: processi geomorfologici e neotettonica.* Bollettino della Società Geologica Italiana, 106, 717-721.
- FABBRI A., ARGNANI A., BORTOLUZZI G., CORREGGIARI A., GAMBERI F., LIGI M., PENITENTI D., ROVERI M. & TRINCARDI F. - *Cartografia Geologica dei mari italiani scala 1:250000: Foglio NL 33-10 Ravenna, in preparazione.*
- FAO (1967) - *Aerial photo interpretation in soil survey,* Soils Bulletin, 6, 54 pp.
- FARABEGOLI E. (1982) - *Carta geologica alla scala 1:25.000 F. 100 II NO - II SO Cesena-Sogliano al Rubicone.* Regione Emilia-Romagna - Università degli Studi di Bologna.
- FARABEGOLI E. (1983) - *Note illustrative alla Carta geologica 1:25.000 dell'Appennino emiliano-romagnolo (tavv. Cesena e Sogliano al Rubicone);* Ed. Patron, Bologna, 39 pp.
- FARABEGOLI E. (1987a) - *Carta geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo 1:10.000, Savignano sul Rubicone, sezione 256090, Regione Emilia-Romagna -* Università degli Studi di Bologna, Bologna.
- FARABEGOLI E. (1987b) - *Carta geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo 1:10.000, Borghi, sezione 256130, Regione Emilia-Romagna -* Università degli Studi di Bologna, Bologna.
- FARABEGOLI E., BENINI A., MARTELLI L., ONOREVOLI G. & SEVERI P. (1991) - *Geologia dell'Appennino Romagnolo da Campigna a Cesenatico.* Atti del II Seminario sul Tema Cartografia Geolo-

- gica, Bologna 21- 23/2/1990, Regione Emilia-Romagna. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, 46, 165-184.
- 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.
- 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.
- FRASSINETI G., MARCELLINI A., MARTELLI L., PAGANI M., PALUMBO A., RIVA F., TENTO A. & VIEL G. (1997) - *La microzonazione sismica nella pianificazione urbanistica e territoriale: l'esperienza del "Masterplan" del Rubicone e prospettive regionali*. In: atti del convegno "La geologia delle grandi aree urbane", Bologna, 4-5/11/1997, Regione Emilia-Romagna, 212-228.
- GAGNEPAIN J., HEDLEY I., BAHAIN J., FALGUÈRES C., LAURENT M., PERETTO C., WAGNER J. & YOKOYAMA Y. (1996) - *Synthèse des données radiochronologiques et Paléomagnétiques du site de Ca' Belvedere di Monte Poggiolo (Romagna, Italia) et des son environnement géologique*. In: the Workshop and the posters of the XIII international congress of prehistoric and protohistoric sciences. Abs., 2, 129-130.
- GASPERI G., CREMASCHI M., MANTOVANI UGUZZONI M.P., CARDARELLI A., CATTANI M. & LABATE D. (1987) - *Evoluzione plio-quaternaria del margine appenninico modenese e dell'antistante pianura*. Note illustrative alla carta geologica. Memorie della Società Geologica Italiana, 39, 375-431.
- GIULIANI G. & GURNARI G. (1994) - *La risorsa acqua e Rimini. Un decennio di ricerche e studi*. AMIR spa, Rimini, pp 87.
- LIPPARINI T. (1969) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 Foglio 100-Forlì, Foglio 101-Rimini*. Serv. Geol. d'Italia, Roma, pp 74.
- MARGOTTINI C., AMBRASEYS N.N. & SCREPANTI A. (1993) - *La magnitudo dei terremoti italiani nel XX secolo*. ENEA, Roma, pp. 57.
- MARTELLI L. (1994) - *La geologia del F. 265-S. Piero in Bagno (Appennino Settentrionale)*. In: "La Cartografia Geologica della Regione Emilia-Romagna". Archivio Cartografico, Regione Emilia-Romagna, Bologna.
- 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*. Quaternary Research, 27, 1-29.
- MCCLAY K.R. (1992) - *Glossary of thrust tectonics*. In: McClay K.R. (Ed.), Thrust tectonics. Chapman & Hall, 419-433.
- MIALL A.D. (1996) - *The geology of fluvial deposits*. Springer-Verlag, Berlin, 582 pp.
- MUTTI E., DAVOLI G., MORA S. & SGAVETTI M. (1994) - *Conceptual stratigraphic framework*. In: E. Mutti, G. Davoli, S. Mora and 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.
- NORTH AMERICAN COMMISSION ON STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE (1983) - *North American Stratigraphic Code*. AAPG Bulletin, 67, 841-875.
- PAREA G.C. (1991) - *I terrazzi marini dell'Emilia-Romagna nella stratigrafia sequenziale del Pleistocene superiore*. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, 46, 191-206.
- PIERI M. & GROPPI G. (1981) - *Subsurface geological structure of the Po Plain*. C.N.R. "Prog. Fin. Geodinamica", Pubbl. 414, 1-13.
- PIRAZZOLI P.A. (1993) - *Global sea-level changes and their measurement*. Global and Planetary Change, 8, 135-148.
- 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, pp. 81.
- PRETI D. & GUERMANDI M. (1991) - *Esempio di applicazione delle "Unità Allostratigrafiche"*. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, 46, 551-553.
- PRONI M. (1984) - *Il conoide del Marecchia*. Tesi di laurea inedita, Università di Bologna.
- REGIONE EMILIA-ROMAGNA (1994) - *I suoli dell'Emilia-Romagna*, note illustrative. Bologna, pp. 383.
- REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998) - *Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna*. Bologna.
- RICCI LUCCHI F. (1985) - *The Oligocene to Recent foreland basins of the Northern Apennines*. Spec. Publ. IAS, 8, 105-139.
- RICCI LUCCHI F. (1987) - *Semi-allochthonous sedimentation in the Apenninic thrust belt*. Sedimentary Geology, 50, 119-134.
- 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.
- RIO D., CHANNEL J.E.T., BERTOLDI R., POLI M.S., VERGERIO P.P., RAFFI I., SPROVIERI R. & THUNNEL R.C. (1996) - *Pliocene sapropels in northern Adriatic area: chronology and palaeoenvironmental significance*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 135, 1-25.
- RIO D., SPROVIERI R. & CHANNEL J.E.T. (1990) - *Pliocene-early Pleistocene chronostratigraphy and the Tyrrhenian deep-sea record from site 653*. Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, 107, 705-714.
- RUGGIERI G. (1970) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia 1:100.000, Foglio 108 "Mercato Saraceno"*. Servizio Geologico d'Italia, pp 56.
- 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*. Geitalia, I Forum FIST, Riassunti, 2, 261-263.
- SCANDONE P. & MELETTI C. (1996) - *Zonazione sismogenetica del territorio nazionale ed aree limitrofe*. Disponibile in Internet: http://emidius.itim.mi.cnr.it/GNDT/ZONE/zone_sismo.html
- 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.
- SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE (1999) - *La Carta Geologica di Pianura in scala 1:50.000 - Linee guida per il rilevamento e la cartografia*, Quaderni SGN, Serie III, 1-13. Prestampa a cura della Regione Emilia-Romagna - Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli.
- SERVIZIO SISMICO CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI (1986) - *Atlante della classificazione sismica nazionale*. IPZS, Roma, pp. 209.
- SESTINI G. (1970) - *Development of the Northern Apennines geosyncline*. Sedimentary Geology, 4, 341-444.
- SLEJKO D., PERUZZA L. & REBEZ A. (1998) - *Pericolosità sismica del territorio nazionale*. Disponibile in Internet: <http://emidius.itim.mi.cnr.it/GNDT/PS.html>
- SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA (1992) - *Guide Geologiche Regionali - Appennino Tosco-Emiliano*. Roma.
- SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA (1994) - *Guide Geologiche Regionali - Appennino Umbro-Marchigiano*. Roma, pp. 301.
- SORBINI L. (1982) - *Il giacimento con vertebrati fossili del Fiume Marecchia (Poggio Berni, Appen-*

- nino romagnolo). In: Guida alla geologia del margine appenninico padano (a cura di G. Cremonini & F. Ricci Lucchi). Guide Geologiche Regionali S.G.I, Bologna, 181-182.
- STUIVER M. & REIMER P.J. (1993) - *Extended ^{14}C database and revised CALIB 3.0 ^{14}C age calibration program*. Radiocarbon, 35, 215-230.
- STUIVER M., REIMER P.J., BARD E., BECK J.W., BURR G.S., HUGHEN K.A., KROMER B., MCCORMAC F.G., V.D. PLICHT J. & SPURK M. (1998) - *INTCAL98 Radiocarbon Age Calibration, 24,000-0 cal BP*. Radiocarbon, 40, 1041-1083.
- TEN HAAF E. & VAN WAMEL W.A. (1979) - *Nappes of the Alta Romagna*. In: W.M.J. Van der Linden (ed.). Geol. Mijnbouw, 58, 145-152.
- TONI G. & ZAGHINI M. (1988) - *Idrogeologia e geotecnica del conoide del F. Marecchia (FO)*. Camera di Commercio, Industria, Artigianato e Agricoltura, Forlì, pp 31.
- TONI G., ZAGHINI M., MASTELLARI M. & FILIPPINI M. (1993) - In: Atlante dei Centri Abitati Instabili dell'Emilia-Romagna. Province di Ravenna, Forlì e Rimini (a cura di A. Annovi & G. Simoni), CNR-GNDCI - Regione Emilia-Romagna, programma speciale SCAL, 56-59.
- TRINCARDI F., CORREGGIARI A. & ROVERI M. (1994) - *Late Quaternary transgressive erosion and deposition in a modern epicontinental shelf: the Adriatic Semienclosed Basin*. Geo-Marine Letters, 14, 41-51.
- VAI G.B. (1988) - *The Lamone Valley; a field trip guide to the Romagna Apennines*. In: *Fossil vertebrates in the Lamone Valley, Romagna Apennines*. F.T. Guidebook International Workshop: *Continental faunas at the Mio-Pliocene boundary*, DE GIULI C. & VAI G.B. (eds). Faenza: march 1988, 70-76
- VANDENBERGHE J. (1993) - *Changing fluvial processes under changing periglacial conditions*. Z. Geomorph. N. F., Suppl.-Bd., 88, 17-28.
- VANDENBERGHE J., KASSE C., BOHNCKE S. & KOZARSKI S. (1994) - *Climate-related river activity at the Weichselian-Holocene transition: a comparative study of the Warta and Mass rivers*. Terra Nova, 6, 476-485.
- VEGGIANI A. (1984) - *Trasformazioni e continuità: motivazioni geomorfologiche 2: la centuriazione cesenate*. Comune di Cesena.
- VEGGIANI A. (1985) - *Le vicende idrografiche del Rubicone e della Rigossa tra Gambettola e Montiano nei tempi storici*. Studi Romagnoli, 36: 304-313.
- VEGGIANI A. (1986) - *L'ottimo climatico medievale in Europa. Testimonianze lungo la fascia costiera padano-adriatica*. Studi Romagnoli, 37: 1-26.
- VEGGIANI A. (1988) - *La falesia morta e i depositi olocenici antistanti lungo la fascia costiera adriatica fra Cesenatico e Cattolica*. In: Guida alle escursioni (a cura di C. Bondesan et alii), Gruppo Nazionale di Geografia Fisica e Geomorfologia, Riunione Annuale: 21-21 Giugno 1988, 71-82.
- VEGGIANI A. (1990) - *Fluttuazioni climatiche e difesa del suolo nella Pianura Padana orientale, tra i secoli XIV e XVII*. Atti del convegno "Uomini, Terra e Acque, 19-20/11/1988 Rovigo, 25-47.
- VEGGIANI A. (1991).- *Le vicende geologiche del territorio riminese*. In: Storia illustrata di Rimini, Nuova Editoriale Aiep, 75:1185-1200.
- VEGGIANI A. (1994) - *I deterioramenti climatici dell'età del ferro e dell'alto medioevo*. Bollettino della Società Torricelliana di Scienze e Lettere, Faenza, 45, 3-80.
- VENERI F. (1986) - *La colata gravitativa della Val Marecchia*. Studi Geol. Camerti, Vol. Spec. "La geologia delle Marche": 83-87.
- ZAGHINI M. (1995) - *La fontana del tituccio di Corpolò (Val Marecchia)*. Studi Romagnoli, Cesena, 1998, 46, 137-163
- ZATTIN M. (1998) - *Apatite thermology of the Marnoso Arenacea succession (Miocene, Northern Apennines)*. Tesi di dottorato inedita, Università di Bologna, pp 139

IX - STRATIGRAFIA

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

Le linee guida per il rilevamento e la cartografia dei depositi quaternari nelle aree di pianura (SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE, 1992 e successive integrazioni) e marine stabiliscono che per la descrizione di questi depositi devono essere utilizzate le unità stratigrafiche a limiti inconformi (*Unconformity Bounded Stratigraphic Units, UBSU*), ossia corpi rocciosi limitati alla base ed al tetto da superfici di discontinuità dimostrabili, significative e specificamente designate (*angular unconformities, disconformities*, ecc.), di estensione preferibilmente regionale o interregionale (SALVADOR, 1994). Nelle aree a terra, l'impiego delle UBSU trova la sua applicazione ottimale nella rappresentazione cartografica di depositi di terrazzo alluvionale affioranti nei settori intravallivi della pianura (cfr. BLUM, 1993) che, per loro natura, sono compresi tra superfici di disconti-

nità corrispondenti a scarpate di erosione fluviale ed a paleosuoli. 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). Nelle aree di pianura alluvionale sono stati tentativamente utilizzati come potenziali superfici limiti di UBSU i suoli, sia affioranti che sepolti, poiché materializzano per la loro stessa natura delle superfici di discontinuità non deposizionali (PRETI & GUERMANDI, 1991). Nelle aree a mare, l'impiego di rilievi sismici ad alta e altissima risoluzione, specialmente se calibrati con carotaggi e corredati da un dettagliato schema di datazioni radiometriche, fornisce una solida base per l'identificazione e la mappatura di unità stratigrafico-sequenziali a base inconforme (TRINCARDI *et alii*, 1994; CORREGGIARI *et alii*, 1996; FABBRI *et alii*, in prep.).

Più problematica risulta invece l'individuazione di limiti inconformi nei depositi tardoquaternari che costituiscono il sottosuolo della Pianura Padana, ciò principalmente a causa della carenza di linee sismiche ad alta risoluzione che permettano di individuare la geometria della stratificazione di questi depositi. Un tentativo in tal senso è stato operato alla scala di tutta la pianura emiliano-romagnola mediante l'analisi dei dati di pozzo e l'interpretazione della sismica industriale (REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998).

Lavori di maggior dettaglio come quelli operati per la realizzazione del presente foglio, basati su correlazione di dati di pozzi e di sondaggi appositamente eseguiti, permettono di verificare le correlazioni proposte in REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998. Ciò avviene soprattutto mediante l'individuazione dei principali orizzonti guida quali, per esempio, livelli continui di sabbie marine o di argille organiche palustri-lagunari all'interno di depositi alluvionali.

Le correlazioni geometriche individuate dallo studio dei pozzi possono poi essere tarate sulla base di approfonditi studi sedimentologici e micropaleontologici (foraminiferi, ostracodi e pollini) eseguiti nei sondaggi di nuova realizzazione (es. AMOROSI *et alii*, 1999b), questo permette di migliorare ulteriormente il quadro stratigrafico, e concorre ad individuare le principali superfici di discontinuità stratigrafica e la loro correlazione a scala bacinale.

La classificazione stratigrafica utilizzata nelle presenti note si basa largamente su quanto riportato in REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998) ed i depositi affioranti tardo-quaternari della successione post-evaporitica del margine padano-adriatico sono stati raggruppati nel Supersistema Emiliano-Romagnolo, suddiviso nel Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI) e nel Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES, Fig. 2). All'interno di quest'ultimo sono presenti unità di rango inferiore (subsistemi) corrispondenti, nei settori intravallivi della pianura, a depositi alluvionali di un singolo terrazzo o di un gruppo di terrazzi e correlati, nel sottosuolo della pianura e del Mare Adriatico, a cicli trasgressivo-regressivi (alternanze di depositi marini e continentali) che registrano la ciclicità elementare glacioeustatica di quarto ordine. Questi ultimi, per la loro natura ciclica, costituiscono le unità di riferimento per la cartografia di sottosuolo della Carta Geologica di Pianura e dei Mari Italiani.

Le unità stratigrafiche cartografate nell'area del Foglio 256 e qui di seguito descritte presentano in genere il requisito di base inconforme che ne consente l'attribuzione alla categoria delle UBSU. Localmente, tuttavia, le superfici di discontinuità che delimitano queste unità possono passare a superfici di continuità stratigrafica. Le unità di fatto cartografate, quindi, corrispondono a pacchi di sedimenti delimitati da superfici-tempo e, per questo, coincidono con unità stratigrafico-deposizionali, di cui le sequenze deposizionali costituiscono un estremo.

I subsintemi sono stati inoltre caratterizzati dal punto di vista litologico e paleoambientale; la rappresentazione dei caratteri di facies dei principali corpi sedimentari riconosciuti attraverso l'impiego dei più comuni criteri litostratigrafici, è stata in questo modo sviluppata all'interno di unità inquadrate dal punto di vista cronostratigrafico.

1. – SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO

Il Supersintema Emiliano-Romagnolo è l'unità stratigrafica che comprende l'insieme dei depositi quaternari di origine continentale affioranti al margine appenninico padano ed i sedimenti ad essi correlati nel sottosuolo della pianura emiliano-romagnola. Questi ultimi includono depositi alluvionali, deltizi, litorali e marini organizzati in cicli deposizionali di vario ordine gerarchico. In affioramento, al margine appenninico padano, il Supersintema Emiliano-Romagnolo coincide con il ciclo Qc di RICCI LUCCHI *et alii* (1982) e presenta un limite inferiore inconforme, evidenziato da una discordanza angolare sui depositi litorali delle Sabbie di Imola o su quelli marini riferibili al Gruppo del Santerno. Nel sottosuolo della pianura emiliano-romagnola, il Supersintema Emiliano-Romagnolo appoggia generalmente in discordanza angolare su depositi correlati alle Sabbie di Imola (ciclo Qm₃ di REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998, fig. 2). Il limite superiore coincide col piano topografico.

Nella Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 in corso di realizzazione e di stampa (fogli 180, 199, 219, 220 e 238) sulla base del rilevamento di terreno è stata riconosciuta, all'interno di questa unità, una superficie di discordanza angolare di pochi gradi che separa depositi prevalentemente limosi e sabbiosi di piana alluvionale (Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore, AEI) da sovrastanti ghiaie di conoide o terrazzo alluvionale (Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore, AES). Nei suddetti fogli geologici, in AMOROSI & FARINA (1995) e in REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998) i due sintemi sono state correlati, per significato e posizione stratigrafica, con due unità individuate nel sottosuolo della pianura alluvionale, caratterizzate, rispettivamente, dalla dominanza di facies fluviali fini e grossolane. Il lavoro di REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998) ha mostrato che le due unità sono separate da una discordanza angolare anche nella pianura alluvionale più distale, in prossimità delle principali strutture tettoniche.

L'architettura dei depositi del Supersintema Emiliano-Romagnolo presenti nel settore a terra del Foglio 256 è illustrata nella figura 10.

La base del Supersistema Emiliano-Romagnolo e i due sistemi che lo compongono sono tracciabili anche nel sottosuolo del settore marino (fig. 11); allontanandosi dalle strutture tettoniche le superfici di discontinuità passano a superfici di continuità. Nel sottosuolo del mare Adriatico il Supersistema Emiliano-Romagnolo raggiunge spessori maggiori di 1000 m (a est del limite del Foglio 256) e mostra una generale tendenza *shallowing upward* con alla base facies di scarpata e piana bacinale (quest'ultima caratterizzata da potenti orizzonti sabbiosi di natura torbidity) e passaggio graduale verso l'alto a sistemi progradazionali di piattaforma e continentali. I sistemi progradanti mostrano una prevalente componente appenninica nella parte inferiore ed una assiale padana nella parte superiore.

1.1. - SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE (AEI)

Il Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore costituisce la parte più antica del Supersistema Emiliano-Romagnolo. Sono stati tentativamente attribuiti a questa unità alcuni affioramenti di depositi alluvionali ghiaiosi molto grossolani del margine appenninico immediatamente a monte di Savignano sul Rubicone. Questi, al tetto, che coincide con il piano topografico, hanno un suolo molto evoluto (alfisuolo) con l'orizzonte sommitale non calcareo di colore rosso brunastro (Hue 5YR) e con fronte di alterazione di alcuni metri. Il contatto inferiore è erosivo e discordante su SVG ed è caratterizzato da una grossa lacuna erosiva, testimoniata dalla mancanza di depositi litorali e marino marginali riferibili ad IMO e SVG_a.

Nel sottosuolo della conoide del F. Marecchia l'unità è caratterizzata solo sulla base di dati relativi a poche stratigrafie di pozzi per acqua molto profondi, log di resistività e carotaggi per idrocarburi e dallo studio di profili sismici AGIP (REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998). Depositi attribuiti a questo sistema sono inoltre stati attraversati dal sondaggio 256-S9 (Appendice 1). Il sistema è costituito da un'alternanza di ghiaie limi ed argille. Nel sottosuolo presso lo sbocco vallivo del F. Marecchia (sondaggio 256-S9, Appendice 1) le ghiaie costituiscono depositi di canale fluviale all'interno di un conoide alluvionale che incide, con base erosiva e discordante, dei depositi fini di piattaforma di età pleistocenica inferiore, inclinati di c.a 8° e riferiti al Gruppo del Santerno. I limi e le argille, invece, sono associati a depositi arricchiti di sostanza organica e rappresentano depositi di tracimazione fluviale e palustri entro una piana alluvionale. Nel sottosuolo della costa le ghiaie intercettate dai pochi pozzi per acqua sono state interpretate di origine alluvionale nella figura 10, ma non si esclude che siano, almeno in parte, di delta-conoide, dal momento che i pozzi AGIP Rubicone 1 e Gatteo Mare 1 di figura 10a indicano la presenza di depositi marini in questo intervallo stratigrafico (REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998 sez. 8). In questo settore del sottosuolo le alternanze di ghiaie, limi ed argille passano, al tetto dell'unità, ad un corpo spesso fino a 20 metri di sabbie litorali (la cui origine è testimoniata dalla frequente segnalazione, nelle stratigrafie di pozzo, di conchiglie marine), il quale sembra essere troncato al tetto dalla superficie di dis-

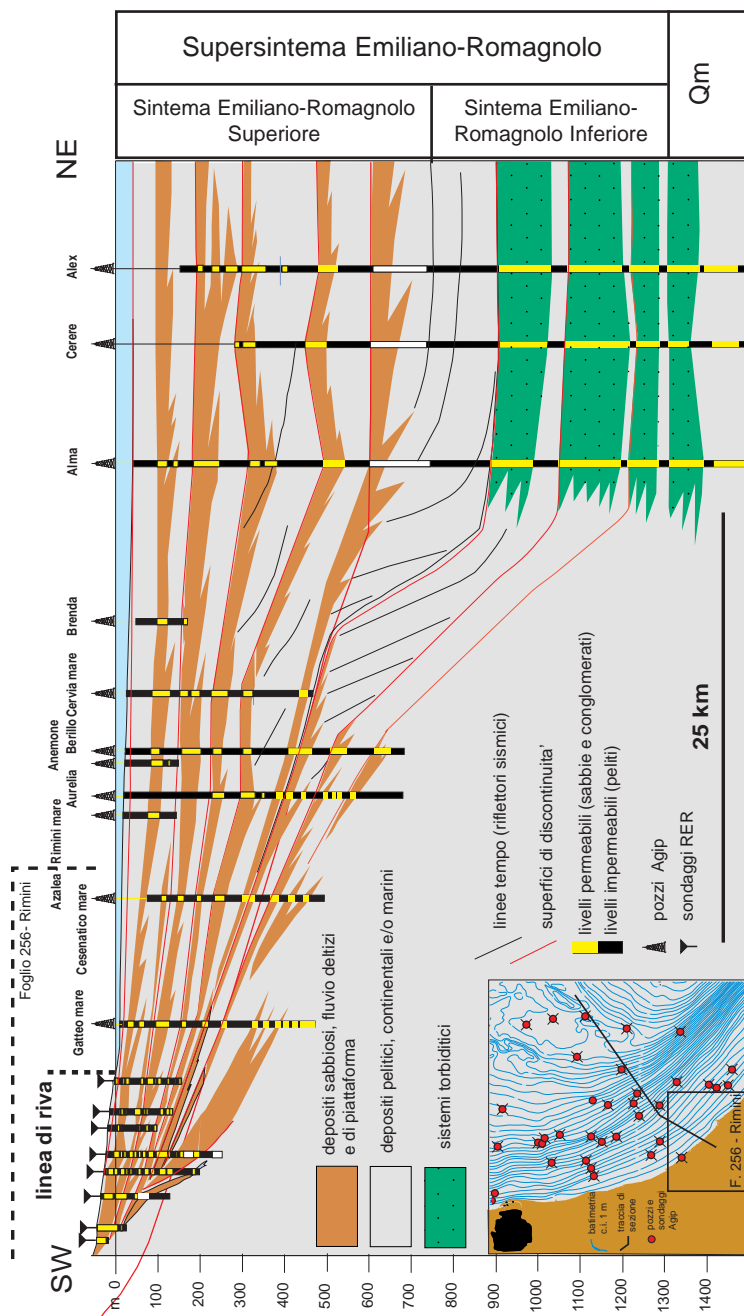


Fig. 11 - Sezione geologica schematica ricostruita nel Mare Adriatico mediante profili sismici integrati con dati di pozzi AGIP. La sezione descrive l'architettura stratigrafica del Supersistema Emiliano-Romagnolo nel bacino adriatico; essa include, in forma schematica, la "sezione F. Marecchia" di Fig. 10a e ne costituisce il prolungamento a mare.

continuità che separa AEI da AES. Il sintema nella fascia costiera è spesso 60-90 m e poggia, con una discordanza progressivamente più blanda verso mare, sui depositi argillosi e sabbiosi marini pleistocenici correlati con le Sabbie di Imola (figg. 10 e 11).

L'attribuzione dei depositi fluviali dell'affioramento a monte di Savignano sul Rubicone ad AEI è abbastanza problematica. Depositati ghiaiosi così abbondanti e grossolani non sono verosimilmente attribuibili a corsi d'acqua minori come quelli del F. Rubicone o del T. Uso, per cui si ritiene che essi debbano essere riferiti al F. Marecchia. Data l'alta quota topografica dell'affioramento e la sua posizione al margine della catena appenninica, al di fuori dell'attuale valle del F. Marecchia, non è però possibile correlare geometricamente questi depositi con quelli di AES e quindi, per esclusione, vengono attribuiti ai depositi più antichi di AEI; una correlazione questa, che risulta geometricamente accettabile. Secondo questa interpretazione i depositi di AEI devono essere riferiti ad un contesto paleogeografico molto diverso dall'attuale in cui (a) la valle del F. Marecchia era meno incisa ed il fiume poteva raggiungere quest'area, (b) il fronte appenninico era più arretrato e (c) i torrenti Uso e Rubicone avevano bacini molto più piccoli di oggi o erano del tutto assenti.

Nel sottosuolo della porzione marina del foglio l'unità si presenta con facies prevalentemente marine con corpi sabbiosi fluvio-deltizi alternati a peliti di piattaforma. La sovrapposizione di questi corpi definisce una geometria aggradazionale con *onlap* progressivo verso terra contro la discordanza angolare basale. I dati sismici e di pozzo mostrano che verso mare (al di fuori dell'area del foglio) i corpi sabbiosi tendono a sfrangiarsi e a chiudersi e passano a depositi di scarpatata con chiare geometrie progradazionali. Alla base della scarpatata si sviluppano potenti corpi sabbiosi torbiditici intercalati a sottili orizzonti pelitici che consentono correlazioni a scala bacinale (fig. 11).

L'età attribuita a questa unità è, per posizione stratigrafica, il Pleistocene medio. In REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998), l'unità è datata tra 350-450.000 anni e 650.000 anni.

1.2. - SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE (AES)

Il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) costituisce la porzione superiore del Supersintema Emiliano-Romagnolo e comprende la gran parte dei depositi continentali sia affioranti che sepolti presenti nel Foglio 256. I depositi sepolti di questa unità sono stati attraversati interamente nel sondaggio 256-S9 e quasi interamente nel sondaggio 256-S3, le cui stratigrafie di dettaglio sono riportate in Appendice 1. La stratigrafia di insieme dell'unità e la geometria dei sistemi deposizionali in essa contenuti sono invece illustrati nelle figure 10, 11 e 12.

In affioramento AES è costituito da ghiaie e sabbie di canale fluviale, organizzate in diversi ordini di terrazzo nei settori intravallivi, da alternanze argilloso-limoso-sabbiose di tracimazione fluviale e, marginalmente, da sabbie litorali.

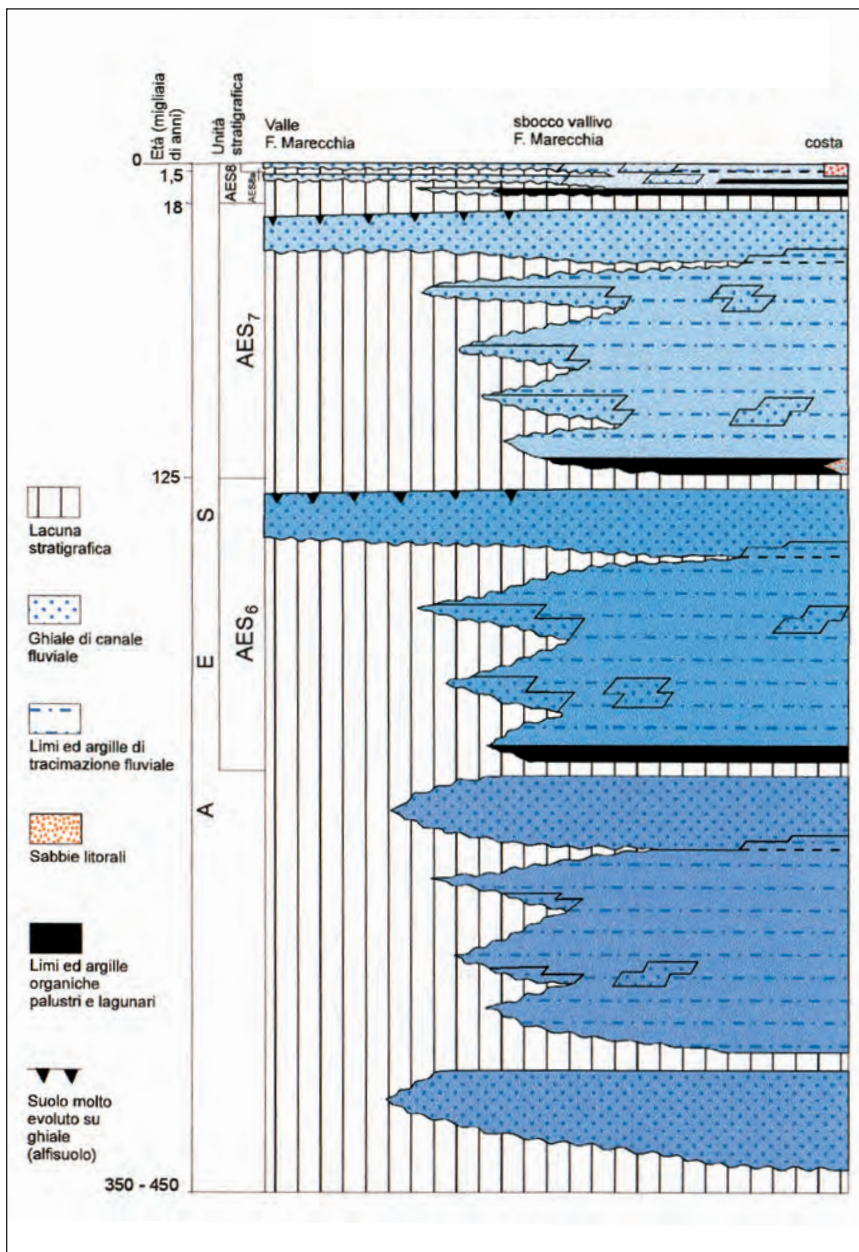


Fig. 12 - Schema cronostratigrafico del Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) utilizzato per il Foglio 256.

Nel sottosuolo della pianura AES è costituito dall'alternanza ciclica di argille organiche, limi, sabbie e ghiaie di ambiente alluvionale; limitatamente al settore costiero sono presenti intercalazioni di sabbie litorali.

In affioramento e nel sottosuolo prossimale alla catena il limite inferiore è dato dal contatto erosivo e discordante sui depositi marini del Gruppo del Santerno. In queste aree l'entità dell'incisione erosiva è tale che non vi è mai un contatto diretto di AES con AEI, IMO e SVG. Nel sottosuolo della pianura più distale il limite inferiore è interpretato come una discordanza angolare con AEI. Il limite superiore corrisponde all'attuale superficie topografica.

In analogia con quanto osservato lungo le principali valli appenniniche emiliano-romagnole (SARTI *et alii*, 1997, si veda anche AMOROSI *et alii*, 1996), nelle porzioni intravallive del foglio questa unità è stata suddivisa in subsistemi corrispondenti a depositi alluvionali di un singolo terrazzo, o di un gruppo di terrazzi, separato da quelli immediatamente sopra e sottostanti da scarpate di erosione particolarmente ampie, che delimitano depositi geometricamente discordanti tra loro. Verso gli sbocchi vallivi, dove le scarpate di terrazzo sono assenti, o di limitata estensione, i limiti dei subsistemi sono tracciati sulla base dei caratteri di alterazione pedologica del tetto affiorante. In questo foglio, in particolare, sono stati distinti tre subsistemi (AES₆, AES₇ ed AES₈). Il Subsistema di Ravenna (AES₈), il più recente dei tre, affiora su tutto l'areale di pianura del foglio, mentre i due subsistemi più vecchi affiorano solamente nel settore intravallivo.

Alcuni depositi alluvionali fini di tracimazione fluviale, fortemente pedogenizzati, affioranti sul margine appenninico non sono invece stati suddivisi in subsistemi, ma sono stati riportati in carta come AES in modo indifferenziato. La loro posizione morfologica non permette infatti di inquadrare stratigraficamente questi depositi nella suddivisione in subsistemi riconosciuta nella valle del F. Marecchia. Vista la loro litologia e la loro posizione geometrica, essi sono da riferirsi al reticolo idrografico minore, mentre per quel che riguarda l'età, essi sono molto probabilmente attribuibili alle porzioni inferiori di AES.

I depositi dei 3 subsistemi individuati nelle porzioni intravallive si immergono rapidamente nel sottosuolo della pianura a ridosso dello sbocco vallivo del F. Marecchia. Sulla base della prosecuzione fisica e/o geometrica dei corpi ghiaiosi di terrazzo e di conoide alluvionale, i 3 subsistemi sono stati correlati con 3 cicli deposizionali più superficiali sui 5 complessivamente riconosciuti all'interno di AES nel sottosuolo della pianura. Tali cicli hanno varie decine di metri di spessore e sono caratterizzati dall'alternanza di depositi fini e grossolani che riflette una evoluzione di tipo trasgressivo-regressiva degli ambienti sedimentari (fig. 10 e 12). Le correlazioni fra i depositi grossolani del settore intravallivo con quelli del sottosuolo sono state verificate con datazioni radiometriche, micropaleontologiche ed archeologiche per i due cicli sommitali (si veda il paragrafo relativo a questi subsistemi). I tre cicli più superficiali (corrispondenti quindi ad AES₆, AES₇ e AES₈) sono quelli meglio definiti dato il numero relativamente alto di pozzi che li descrivono ed il fatto che entrambi i sondaggi 256-

S3 e 256-S9 li attraversano interamente. Essi sono caratterizzati da una porzione trasgressiva basale data da pochi metri di argille ricche in sostanza organica di piana alluvionale, palude e laguna che, nei due cicli superiori, passano sottocorrente a sabbie costiere, in prossimità dell'attuale linea di costa. Questi depositi palustri e litorali poggiano con un contatto relativamente brusco sulle ghiaie e sulle sabbie fluviali che costituiscono il tetto del ciclo sottostante. Il limite inferiore di ogni ciclo, così come è stato definito, si presenta come una superficie trasgressiva che ha una espressione fisica molto evidente ed è pertanto ben riconoscibile nel sottosuolo. Il forte contrasto delle facies al limite fra i cicli e la presenza di una lacuna di c.a 10.000 anni al limite fra AES₇ ed AES₈, documentata su basi radiometriche in più sondaggi anche nel sottosuolo della pianura più distale (es. sondaggio 256-S3 in Appendice 1) indicano che nel settore di pianura del Foglio 256 i limiti fra i cicli possono essere considerati delle discontinuità lateralmente tracciabili e quindi utilizzabili per definire delle UBSU (fig. 12).

La parte regressiva del ciclo, spesso fino a varie decine di metri, è composta inizialmente da depositi fini di tracimazione fluviale, dominati da limi alternati a sabbie e/o argille e comprendenti ghiaie di canale fluviale sotto forma di corpi lenticolari, isolati, a geometria nastriforme. La parte superiore del ciclo è data da sedimenti prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi di canale fluviale, che formano depositi compositi, organizzati complessivamente in corpi tabulari ed interpretati come lobi di conoide alluvionale. Dove ben spazati tra loro, lo spessore complessivo di ciascuno dei cicli così individuati è dell'ordine di varie decine di metri.

Il ciclo più superficiale, corrispondente ad AES₈, è incompleto ed è rappresentato in gran parte dalla sola porzione trasgressiva. I due cicli inferiori, contrariamente a quelli già illustrati, sono conosciuti in modo più approssimativo dato il numero esiguo di informazioni geognostiche disponibili. Essi sembrano caratterizzati da uno sviluppo incompleto dell'intervallo trasgressivo basale e della porzione iniziale regressiva, nonché dalla presenza di paleosuoli evoluti intercalati alle ghiaie fluviali che poggiano direttamente sulla discordanza basale del sistema (si veda il sondaggio 256-S9 in Appendice 1). Data la loro cattiva caratterizzazione ed il fatto che sembrano non avere corrispettivi in affioramento questi cicli inferiori di AES non sono stati formalizzati singolarmente come subsistemi e vengono rappresentati nelle sezioni geologiche del foglio di sottosuolo come AES indifferenziato.

Anche i depositi ghiaiosi sepolti presenti nelle porzioni apicali della conoide del F. Marecchia, sono stati attribuiti ad AES indifferenziato, qui infatti le ghiaie dei diversi cicli si amalgamano tra loro, ed è pertanto impossibile riconoscere e quindi cartografare separatamente i diversi cicli.

Sulla base dei caratteri appena illustrati e della loro estensione a scala regionale (REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998) l'architettura interna dei cicli deposizionali contenuti in AES viene considerata il prodotto della ciclicità elementare glacioeustatica di quarto ordine che caratterizza l'evoluzione del periodo Quaternario (es. MARTINSON *et alii*, 1987).

Il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore è stato esaminato anche dal punto di vista palinologico (sono stati campionati 5 sondaggi, fra cui i due più profondi: 256-S3 e 256-S9). Purtroppo molti campioni hanno mostrato un contenuto scarso di granuli; le liste palinofloristiche dei vari sondaggi sono risultate composte da pochi *taxa* e i pollini mostrano sovente segni di cattiva conservazione. Inoltre, si rinvencono sempre granuli rimaneggiati e detrito organico di vari tipi; sono frequenti, infine, i livelli sterili. Questi caratteri dei campioni esaminati hanno rappresentato dei fattori di disturbo nella ricostruzione del segnale pollinico, legati alla deposizione ed alla conservazione dei granuli pollinici nel sedimento. Nonostante queste limitazioni nei *record* pollinici si possono sostanzialmente individuare due tipi di associazioni riferibili a condizioni climatiche differenti: uno caratterizzato da pochi elementi (associazioni oligotipiche), con *Pinus* dominante e piante non-arboree come *Artemisia*, Asteraceae t.Cichorioideae, Poaceae ed *Ephedra*; un altro più ricco in elementi arborei decidui come *Quercus*, *Betula*, *Corylus*, *Tilia*, *Carpinus*, *Salix* e *Fagus*. Le associazioni del primo tipo testimoniano condizioni climatiche glaciali o stadiali mentre quelle del secondo tipo indicano condizioni meno rigide e relativamente più termofile. Non sono state riscontrate associazioni riferibili inequivocabilmente ad interglaciali, nonostante la presenza di depositi relativi agli stadi interglaciali sia documentata dalle intercalazioni delle facies lagunari e marine ai depositi propriamente alluvionali.

Una caratteristica molto importante e comune a tutti i sondaggi studiati è l'assenza dei *taxa* appartenenti a gruppi paleofloristici che, nell'ambito padano, sono riferibili a periodi più antichi della parte superiore del Pleistocene medio (cfr. BERTOLDI, 1995).

Lo spessore di AES varia da pochi metri al margine appenninico a c.a 200 m nel sottosuolo della pianura costiera.

L'unità nel suo complesso ed i cicli al suo interno sono tracciabili anche nel sottosuolo del settore marino. In questo settore sono presenti corpi sabbiosi tabulari con tendenza *coarsening-upward* e tetto netto separati da orizzonti pelitici lateralmente continui che consentono le correlazioni con le aree di superficie; essi sono riferibili a depositi fluvio-deltizi e marino-marginali. Il vettore principale di progradazione è assiale (NO-SE) ed i profili sismici mostrano un passaggio verso sud-est a depositi di scarpata e piana bacinale con torbiditi (fig. 11).

L'età della base del sintema è attribuita, per posizione stratigrafica, al Pleistocene medio (350-450.000 anni secondo REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998), in buon accordo ai dati pollinici sopra illustrati. I depositi del tetto dell'unità sono attualmente in evoluzione e pertanto la loro età è olocenica.

1.2.1. – *Subsintema di Bazzano* (AES₆)

I depositi fluviali del terrazzo intravallivo più alto e più antico affiorante nella valle del F. Marecchia sono stati attribuiti al Subsintema di Bazzano (terrazzo di La Valle, destra idrografica del F. Marecchia). La correlazione di questa unità

con i depositi di terrazzo omonimi affioranti al margine Appenninico fra le provincie di Bologna e Modena segue le scelte fatte negli altri fogli di margine in via di realizzazione (fogli 219, 220, 238, 255) e si basa sulle analogie della sua posizione morfologica rispetto alle unità più recenti (e più antiche, ove presenti) e sui caratteri di alterazione pedogenetica.

Il terrazzo riferito a questo subsistema nel F. Marecchia è piuttosto esteso arealmente ed ha un'inclinazione di c.a il 18 per mille verso la pianura. I depositi che lo costituiscono sono stati completamente attraversati da un sondaggio appositamente realizzato per la descrizione e caratterizzazione dell'unità (256-S4 in Appendice 1). Essi sono costituiti da 4-5 m di limi ed argille di tracimazione fluviale e/o di origine eluvio-colluviale di versante, con alla base 6-7 m di ghiaie di canale fluviale (piana intravalliva e conoide alluvionale). L'intera successione è molto alterata. Il tetto, coincidente con la superficie topografica affiorante, mostra 2 suoli non calcarei sovrapposti. Il suolo inferiore è sviluppato su ghiaie ed è molto evoluto. Esso è costituito da orizzonti di tetto decarbonatati di colore bruno scuro (Hue 7.5YR, Value 3-4, Chroma 2-4), da orizzonti di accumulo di argilla illuviale e di accumulo di carbonato di calcio sotto forma di croste attorno ai ciottoli (profilo A-Bw-Bt-Bk: Alfisuolo). Il suolo superiore è policiclico, si sviluppa su limi ed argille ed è caratterizzato da orizzonti di tetto decarbonatati di colore giallo olivastro (Hue 2.5Y, Value 4-6, Chroma 2-4) e dallo svuppo di orizzonti di accumulo di carbonato di calcio sotto forma di concrezioni. Lo spessore complessivo del fronte di alterazione è di 5-6 m. Il limite inferiore affiora chiaramente nella valle del F. Marecchia ed è dato da una superficie di erosione fluviale che mette direttamente a contatto questa unità con i depositi marini del Gruppo del Santerno.

I depositi fluviali ghiaiosi affioranti del subsistema sono correlati nel sottosuolo, su base geometrica, con i depositi grossolani sommitali di un ciclo trasgressivo-regressivo sepolto, attraversato interamente nei sondaggi 256-S3 e 256-S9 (Appendice 1). I depositi di questo ciclo (fig. 10 e 12) hanno varie decine di metri di spessore e poggiano in contatto netto sulle ghiaie e sabbie di canale fluviale del ciclo sottostante. Alla base è costituito da uno spesso livello di argille e limi con sostanza organica diffusa od in frammenti e da vere e proprie torbe di ambiente palustre o deltizio. Contrariamente ai due cicli sovrastanti (si vedano i paragrafi relativi a AES₇ e AES₈) non sono stati individuati dei depositi litorali in questo intervallo stratigrafico. I caratteri di facies, la loro tendenza evolutiva rispetto ai depositi sopra e sottostanti ed i dati palinologici confermano, però, la natura trasgressiva di questi depositi e suggeriscono la presenza di depositi marini, sostanzialmente coevi, poco più a NE dell'attuale linea di costa. Nella porzione intermedia il subsistema è costituito da fitte alternanze di sabbie limose, limi sabbiosi, limi ed argille di argine, rotta e piana inondabile. In questo intervallo le ghiaie e sabbie di canale fluviale sono subordinate e confinate in corpi lenticolari nastriformi (associazione di piana alluvionale). Verso l'alto il subsistema mostra un progressivo aumento di depositi ghiaiosi e sabbiosi di canale fluviale, spessi fino a 10-12 m che si alternano a depositi argillosi e limosi di tracimazione fluviale, con contatti netti. I depositi ghiaiosi tendono a giu-

stapparsi lateralmente e verticalmente costituendo corpi tabulari estesi ad ampi settori del foglio (associazione di conoide alluvionale). I depositi ghiaiosi passano lateralmente e sottocorrente a depositi sabbiosi e sabbioso-limosi di canale o argine fluviale (transizione alla piana alluvionale). L'unità si chiude, con contatto netto, al di sotto dei depositi di sabbie litorali e le argille palustri e di piana alluvionale del ciclo sovrastante.

Il sondaggio 256-S3 (Appendice 1) a c.a. -118 m dal livello del mare ha intercettato, in questa unità, uno strato di sabbia finissima, verdenerastra, con gradazione positiva, in facies di canale e/o ventaglio di rotta, di origine vulcanoclastica. Le analisi petrografiche al microscopio ottico indicano che la base dello strato è costituita per quasi il 100% di clasti vulcanoderivati. Infatti la sabbia è data per il 90% c.a. da granuli variamente alterati e solo parzialmente arrotondati di vetro vulcanico; per il 2-5% da cristalli di biotite in lamelle generalmente poco alterate e per il restante 5-8% da altri granuli femici, più quarzo e feldspati. La parte intermedia ed il tetto dello strato sono dati invece dalla mescolanza, in varie proporzioni, di granuli terrigeni di quarzo, feldspati e litici e granuli vulcanogenici. Sulla base di queste osservazioni questo orizzonte è interpretato come il prodotto di rimaneggiamento in ambiente fluviale di un deposito vulcanico piroclastico di composizione acida. Un tentativo di datazione radiometrica con il metodo $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$, eseguito su questo deposito, non ha dato, purtroppo, alcun risultato attendibile.

Le analisi polliniche relative ai depositi di sottosuolo di questo subsistema (sondaggio 256-S3: tra 145 e 81 m; sondaggio 256-S9: tra 70 e 36 m) hanno evidenziato associazioni dominate da *Pinus ed Abies* insieme con elementi non arborei (NAP) come *Artemisia*, *Ephedra*, Poaceae (=Graminaeae) e Asteraceae t.Cichorioideae, indicanti condizioni climatiche riferibili a fasi glaciali o stadiali. A tali associazioni se ne frappongono altre nelle quali si registra la presenza di elementi arborei relativamente termofili come *Quercus*, *Carpinus t. betulus*, *Corylus* e *Tilia*, in quantità però generalmente limitata. Nella porzione inferiore del Subsistema di Bazzano i livelli analizzati mostrano una significativa variazione nella composizione paleofloristica: si passa da associazioni dominate da *Pinus*, *Abies* e NAP a livelli con flore più diversificate in cui spicca *Betula*, per arrivare ad associazioni più varie in cui si nota la presenza degli elementi arborei termofili. Questa sequenza sembrerebbe indicare una transizione da una fase glaciale o stadiale ad una fase interglaciale o interstadiale e, nonostante non si registri in modo chiaro l'instaurarsi di un interglaciale o di un interstadiale tipici, potrebbe tuttavia rappresentarne il preludio.

Lo spessore massimo del subsistema è di 10-15 metri in affioramento e di circa 60 m nel sottosuolo della pianura al di sotto dell'attuale zona costiera. La sua età, desunta dalla posizione stratigrafica, è pleistocenica media. Sulla base della correlazione ciclostratigrafica con la scala dei cicli glacio-eustatici di MARTINSON *et alii* (1987) si può presupporre un'età compresa fra c.a. 230.000 e 130.000 anni (fig. 12).

1.2.2 - Subsintema di Villa Verucchio (AES₇)

Sono stati riferiti al Subsintema di Villa Verucchio i depositi fluviali di un terrazzo affiorante nella valle del F. Marecchia (terrazzo di Corpold - S. Martino dei Mulini, destra idrografica del F. Marecchia). Viste la buona esposizione di questa unità nel Foglio 256, le buone possibilità di correlazione con depositi equivalenti del sottosuolo e la quantità e qualità dei dati geognostici per la sua caratterizzazione stratigrafica, è stata utilizzata una località del Foglio 256 come area tipo del subsintema.

Nel terrazzo affiorante del F. Marecchia il subsintema è costituito da un sottile orizzonte di limi ed argille di tracimazione fluviale che ricoprono i depositi più grossolani di canale, dati da 5-10 m di ghiaie (piana intravalliva e conoide alluvionale). Il tetto del terrazzo è inclinato di c.a il 10 per mille verso la pianura. Esso corrisponde ad un suolo molto evoluto, caratterizzato da orizzonti superiori decarbonatati, che possono raggiungere lo spessore di 2 metri, di colore bruno scuro e bruno rossastro (Hue 7.5-5YR, Value 3-4, Chroma 2-4), dalla presenza di un orizzonte di alterazione con discontinue evidenze di accumulo di argilla illuviale e dallo sviluppo di orizzonti di accumulo di carbonato di calcio sotto forma di concrezioni nei depositi fini e di croste attorno ai ciottoli nei depositi grossolani (profilo Ap-Bw-Bt-Bk: Alfisuolo). Il limite inferiore del subsintema affiora nella valle del F. Marecchia ed è dato da una superficie di erosione fluviale corrispondente ad una scarpata di terrazzo ben sviluppata e discordante che incide AES₆ e mette direttamente a contatto il Subsintema di Villa Verucchio con i depositi marini del Gruppo del Santerno. Questi caratteri geomorfologici, pedogenetici e sedimentologici dei depositi fluviali terrazzati sono del tutto simili a quelli descritti da GASPERI *et alii* (1987) per l'unità di Vignola nel pedeappennino modenese.

I depositi fluviali ghiaiosi affioranti del subsintema si immergono rapidamente nella pianura poco prima dello sbocco vallivo del F. Marecchia e proseguono nel sottosuolo, con buona continuità fisica, dove costituiscono i depositi grossolani sommitali di un ciclo trasgressivo-regressivo sepolto. I depositi di questo ciclo sono descritti, *in toto* od in parte, in un numero relativamente alto di indagini geognostiche della Banca Dati Geologici, nonchè da 8 dei 9 sondaggi eseguiti appositamente. Fra questi i sondaggi 256-S1, 256-S3 e 256-S9 hanno attraversato l'intera unità stratigrafica (Appendice 1, fig. 10) la quale ha varie decine di metri di spessore e poggia in contatto netto sulle ghiaie e sabbie di canale fluviale del ciclo sottostante (AES₆).

Nel sottosuolo della pianura costiera la porzione basale trasgressiva del ciclo è costituita da un livello continuo di sabbie fossilifere litorali con spessore di 4-5 metri massimo passanti verso l'alto e verso monte ad argille e limi con sostanza organica diffusa od in frammenti e da vere e proprie torbe di ambiente palustre o deltizio. L'analisi micropaleontologica (sondaggio 256-S3 da 81 a 70 m) ha messo in luce la presenza di associazioni a foraminiferi di ambiente litorale, dominate da *Ammonia tepida*, *A. parkinsoniana* ed *Elphidium granosum*, associate ad ostracodi di mare basso, quali *Semicytherura incongruens*, *Pontocythe-*

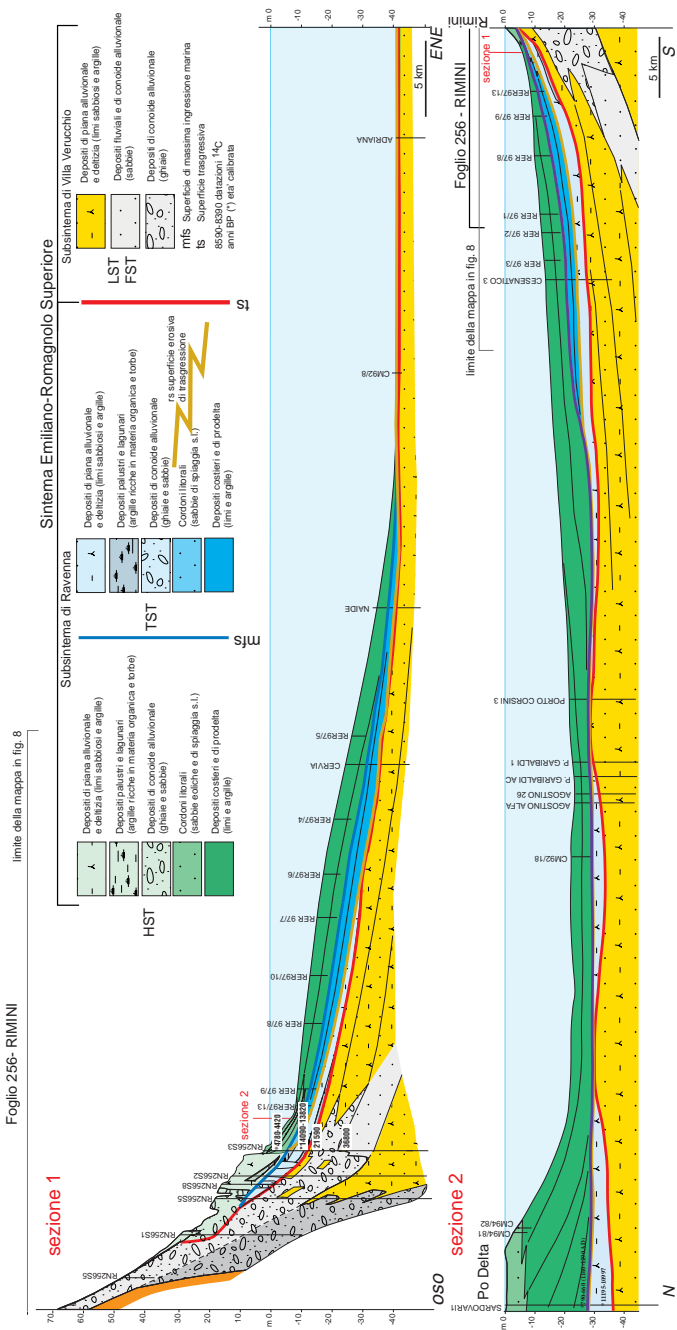


Fig. 13 - Sezioni geologiche del settore marino (con collegamento con le aree a terra) che mostrano l'architettura stratigrafica di dettaglio del Subsystema di Ravenna e le sue relazioni con il Subsystema sottostante di Villa Verucchio (ubicazione in Fig. 8).

re turbida e Loxochonca stellifera. A queste associazioni si succedono ostracofaune lagunari ipoaline o lacustri caratterizzate da rari esemplari di *Candona* spp. e *Herpetocypris reptans*. I dati pollinici hanno registrato in questo intervallo un livello con un'associazione pollinica diversificata e relativamente ricca in elementi arborei, tra cui le latifoglie decidue termofile. Qualche metro più in alto, l'associazione viene sostituita da un'altra legata a climi temperato freschi ed umidi con abbondanza di *Pinus*.

Nella porzione intermedia il ciclo è costituito da fitte alternanze di sabbie limose, limi sabbiosi, limi ed argille di argine, rotta e piana inondabile. In questo intervallo le ghiaie e sabbie di canale fluviale sono subordinate e confinate in corpi lenticolari nastriformi (associazione di piana alluvionale).

Nella porzione sommitale il ciclo mostra un rapido aumento di depositi ghiaiosi e sabbiosi di canale fluviale. Dallo sbocco vallivo del F. Marecchia fino al sottosuolo della città di Rimini (ed oltre, nel settore a mare) questi depositi grossolani formano dei corpi ghiaioso-sabbiosi spessi qualche metro ciascuno e ricoperti, con contatto netto, da argille e limi di tracimazione fluviale. I depositi ghiaiosi tendono a giustapporsi lateralmente e verticalmente costituendo un corpo composito, grossolano; a geometria relativamente tabulare, spesso fino a 20 metri ed esteso su un ampio areale che si apre a ventaglio a partire dallo sbocco della Val Marecchia. Esso pertanto rappresenta un lobo di conoide alluvionale sepolta che costituisce la porzione regressiva sommitale del Subsistema di Villa Verucchio. Questo corpo è relativamente superficiale ed è sede della prima falda acquifera ampiamente estesa (TONI & ZAGHINI, 1988). Dato il suo particolare interesse dal punto di vista sia stratigrafico che geologico applicativo, è oggetto specifico della carta riportata nel Foglio allegato alla Carta Geologica (insieme ai depositi grossolani del subsistema sovrastante) ed è ampiamente descritto nelle 4 sezioni geologiche superficiali del medesimo foglio allegato.

Questo lobo di conoide nelle sue porzioni apicali è costituito quasi interamente da ghiaie, anche grossolane, amalgamate (sondaggi 256-S1 e 256-S9). Al contrario, soprattutto nelle sue aree marginali, sembra essere regolarmente suddiviso in due livelli ghiaiosi, separati da un orizzonte di qualche metro di spessore caratterizzato da tracimazioni fluviali fini in cui si concentrano livelli sottili e discontinui di argille organiche di origine palustre (sondaggi 256-S2 e 256-S3). I depositi ghiaiosi di canale passano lateralmente e sottocorrente a depositi sabbiosi e sabbioso-limosi di canale o argine fluviale i quali formano anch'essi un corpo composito, spesso bipartito, arealmente esteso, ma caratterizzato da limiti inferiore e superiore più irregolari e frastagliati (transizione alla piana alluvionale, sondaggi 256-S7 e 256-S8).

La base dei depositi ghiaiosi di questo corpo di conoide alluvionale è una superficie composita e forse anche sensibilmente eterocrona, data dall'involuppo delle superfici erosive dei singoli depositi di canale. Nel settore intravallivo essa poggia direttamente sui depositi marini del Gruppo del Santerno e coincide con la base dell'intero subsistema. Nel sottosuolo in corrispondenza dello sbocco vallivo questa superficie è difficilmente tracciabile poiché le ghiaie fluviali di questo

intervallo stratigrafico sono direttamente a contatto con quelle più antiche del medesimo subsintema, nonchè quelle dei subsintemi sottostanti.

Nel sottosuolo del margine di pianura nord-occidentale del foglio in questo stesso intervallo stratigrafico del Subsintema di Villa Verucchio sono presenti dei depositi ghiaiosi di conoide alluvionale che fanno transizione a depositi sabbiosi e sabbioso-limosi di piana alluvionale, ma che sono fisicamente ben separati da quelli riferibili al F. Marecchia. I dati disponibili relativi al foglio limitrofo (Foglio 255-Cesena, in corso di completamento) indicano che tali depositi sono riconducibili alla conoide sepolta del F. Savio (sondaggio 256-S6). Nell'areale che separa le due conoidi sepolte dei F. Marecchia e Savio (interconoide), sono presenti depositi di tracimazione contenenti pochi corpi nastriformi sabbiosi di canale e/o argine fluviale, spessi 1-2 m e riconducibili a conoidi ed alla piana alluvionale dei corsi d'acqua secondari (come gli attuali T. Uso ed il F. Rubicone, sondaggio 256-S5).

Lo spessore di questo intervallo stratigrafico sommitale di AES₇, caratterizzato da sedimenti fluviali grossolani, va da pochi metri nei terrazzi dei settori intravallivi, a 20-25 m nel sottosuolo della pianura, al di sotto dell'attuale fascia costiera. Le varie datazioni radiometriche ¹⁴C eseguite nei depositi organici e nei frammenti legnosi hanno dato un'età minima (età BP. non cal.) di 18,714±0,170 ka (sondaggio 256-S2) ed una massima di 36,953±1,383 ka (valore al limite di risoluzione del metodo, sondaggio 256-S5). Le analisi polliniche eseguite in questo intervallo (sondaggio 256-S3) hanno rilevato la prevalenza di campioni sterili o pressoché sterili, ad eccezione della parte superiore, nella quale sono presenti alcuni orizzonti con palinoflore fortemente oligotipiche dominate da soli pini e qualche elemento non arboreo. Tali livelli indicano una vegetazione estremamente selezionata e testimoniano condizioni climatiche decisamente rigide.

Nel sottosuolo della pianura il limite superiore del ciclo deposizionale trasgressivo-regressivo, corrispondente con il Subsintema di Villa Verucchio, è dato dalla prosecuzione fisica dell'alfisuolo affiorante nel settore intravallivo del F. Marecchia. Passando dall'area intravalliva a quella di conoide sepolto prossimale e distale, il suolo diventa progressivamente meno sviluppato fino a scomparire. Nel sottosuolo della pianura, quindi, il limite viene posto in corrispondenza dei depositi fini, generalmente ossidati, di piana alluvionale drenata che chiudono, con una sequenza positiva, i cicli di canale fluviale sottostanti. Nella gran parte del foglio, sia nei settori occupati dalla conoide sepolta del F. Marecchia, che quelli di interconoide, tale superficie è ricoperta dai depositi organici trasgressivi della base del subsintema sovrastante (AES₈). Anche nell'area a mare il tetto del subsintema è ben definito dal contatto erosivo dei depositi trasgressivi di AES₈ sui depositi di piana alluvionale di AES₇ riferibili all'ultimo massimo glaciale (18-20.000 anni BP). Al di fuori dell'area del foglio questi ultimi affiorano direttamente sul fondo dell'Adriatico (fig. 13) e sono facilmente campionabili; datazioni effettuate su livelli ricchi in materia organica e/o torbe hanno fornito età sempre maggiori di 20.000 anni BP (FABBRI *et alii*, in prep.).

Il Subsistema di Villa Verucchio è spesso complessivamente da pochi metri nelle aree intravallive a 80 m nel sottosuolo dell'attuale pianura costiera. I caratteri paleoambientali e paleoclimatici del ciclo trasgressivo-regressivo registrato nei depositi sepolti del subsistema, il quadro stratigrafico complessivo del Foglio 256 (fig. 10 e 12), le età radiometriche ottenute per i depositi sommitali, nonché le analogie con aree limitrofe (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 223-Ravenna, 1999) consentono di correlare il Subsistema di Villa Verucchio con il ciclo glacioeustatico 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 125.000 anni e c.a 18.000 anni BP (Pleistocene superiore).

1.2.3. - *Subsistema di Ravenna (AES₈)*

La gran parte dei depositi quaternari affioranti nel Foglio 256 sono stati attribuiti a questo subsistema. Esso è presente nei settori intravallivi, nella pianura alluvionale, nel settore costiero e nel settore a mare. Poiché si tratta di una unità relativamente superficiale e con spessore inferiore ad una ventina di metri nelle aree a terra, essa è attraversata per intero da una gran parte delle indagini geognostiche della Banca Dati Geologici, da sondaggi messi a disposizione dagli enti pubblici e privati per una visione diretta delle carote, nonché dai sondaggi e dalle penetrometrie appositamente realizzate (figg. 5, 7 e 8). Il Subsistema di Ravenna, perciò, rappresenta l'unità meglio caratterizzata fra i depositi quaternari del Foglio 256, per quanto riguarda sia la superficie che il sottosuolo. La continuità fisica dei suoi depositi e delle superfici che lo definiscono lungo tutta la pianura emiliano-romagnola orientale, la posizione stratigrafica e l'età hanno consentito di correlare questa unità con quella affiorante nell'area tipo (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 223-Ravenna, 1999).

Nei settori intravallivi ed allo sbocco delle valli il Subsistema di Ravenna è dato da depositi fluviali organizzati in alcuni ordini di terrazzo (3 nella valle del F. Marecchia, 4 nella valle del T. Uso) che nella valle del F. Marecchia, dove sono più estesi e meglio sviluppati, hanno un'inclinazione media di 5-6 per mille verso la pianura e sono divisi da scarpate di pochi metri, poco o non discordanti fra loro. Questi depositi sono a contatto, tramite una superficie di erosione fluviale con i depositi fluviali di AES₇ e con quelli marini del Gruppo del Santerno. Nella valle del F. Marecchia prevalgono i depositi fluviali ghiaiosi di canale, spessi qualche metro e ricoperti da un sottile orizzonte di tracicimazioni fluviali fini (spesso generalmente intorno al metro e non riportato nelle carte geologiche del foglio). Nelle valli dei corsi d'acqua secondari i depositi di tracicimazione limosi e limoso sabbiosi sono prevalenti mentre i depositi ghiaiosi di canale sono subordinati od assenti.

Nella pianura alluvionale affiorante le argille, i limi e le alternanze limoso-sabbiose di tracicimazione fluviale (piana inondabile, argine, rotta, ecc.) sono

dominanti in tutto l'areale del foglio. Le ghiaie di canale fluviale affiorano in gran parte a ridosso del corso del F. Marecchia ed, in minor misura, lungo il T. Uso. In corrispondenza di questi corsi d'acqua le ghiaie formano corpi nastriformi ad andamento sinuoso, spessi pochi metri (riferiti all'Unità di Modena: AES_{8a}).

Nell'area costiera i depositi affioranti del subsistema sono dati da una fascia di depositi litorali larga da 500 m a poco più di 1 km (riferiti ad AES_{8a}), separati dai depositi alluvionali tramite una scarpata di erosione marina affiorante (per gran parte del settore SE) o sepolta (nel restante settore NO). Procedendo verso NE, nell'area a mare, i depositi litorali si estendono fino ad 1-2,5 km della costa e fanno transizione a peliti di prodelta e di transizione alla piattaforma.

Il tetto del subsistema, che coincide con il piano topografico, presenta nei depositi alluvionali suoli con diverso grado di alterazione i cui orizzonti superiori variano da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno, al tetto, colore bruno scuro e bruno scuro giallastro (Hue 10YR-2.5Y, Value 3-5, Chroma 2-4) e spessore degli orizzonti decarbonatati da 0,5 ad 1 m (fig. 14). Al di sotto dell'orizzonte decarbonatato si sviluppano orizzonti ad accumulo di carbonato di calcio sotto forma di concrezioni o concentrazioni soffici (profilo A-Bw-Bk: Inceptisuolo). Questi suoli sono associati a ritrovamenti di reperti archeologici di età variabile (fig. 4) dal Neolitico (alta pianura del T. Marano) al Bronzo e Ferro (alta pianura del T. Ausa e i terrazzi del F. Marecchia attorno a S. Arcangelo) e al Romano (terrazzi del F. Marecchia e la pianura alluvionale fra il T. Marano e il T. Uso). I suoli calcarei appartengono all'unità AES_{8a} e sono descritti nel paragrafo corrispondente.

La gran quantità di dati geognostici disponibili ha consentito di ricostruire in dettaglio la stratigrafia di sottosuolo di questo subsistema anche nelle aree della pianura alluvionale e costiera, nonché in quelle a mare. I depositi di sottosuolo di AES₈ costituiscono la porzione trasgressiva e quella iniziale regressiva di un ciclo trasgressivo-regressivo, simile a quelli descritti in precedenza, ma incompleto perchè è attualmente in corso di evoluzione. I depositi di questo ciclo poggiano in contatto piuttosto netto sui depositi di tracimazione di piana alluvionale che completano le sequenze di canale fluviale e le sequenze di argine del ciclo sottostante (AES₇). La porzione trasgressiva è ben caratterizzata nel sottosuolo del settore costiero e del settore a mare, dove la natura trasgressiva del deposito, rispetto alle facies di conoide e di piana alluvionale sottostanti, è confermata dalla presenza dei depositi propriamente marini. Generalmente AES₈ è costituito alla base, su ampi tratti, da alternanze di depositi fini, grigi, di tracimazione fluviale di piana non drenata ed argille e limi scuri variamente arricchiti di sostanza organica di origine palustre (fig. 15, sondaggi 256-S2, 256-S3, 256-S7, 256-S8, 256110P507). Questi passano, nel settore di nord-ovest, a depositi lagunari con influenze marine (sondaggio 256-S6). Questo intervallo stratigrafico arricchito di depositi palustri è riconoscibile fino a ridosso del margine appenninico (sondaggio 256-S5), pertanto costituisce un orizzonte stratigrafico di correlazione molto importante che caratterizza la base di questa unità in settori della



Fig. 14 - Fronte di scavo di circa 7 m per l'esecuzione di un sottopasso delle FFSS nei pressi di Santa Giustina (Rimini). La foto mostra un deposito di ghiaie di riempimento di canale fluviale (paleo-Marecchia) entro il Subsistema di Ravenna (AES_8). Il canale poggia, in contatto netto ed erosivo, su dei depositi argillosi organici scuri (pavimento dello scavo in basso) ed è chiuso, in contatto netto, da sottili alternanze di sabbie, limi ed argille, ossidate, di tracimazione fluviale. La successione è chiusa da un orizzonte spesso circa 1 m con due suoli bruni sovrapposti. In questo caso l'unità di Modena (AES_{8a}) è mancante.

pianura anche abbastanza diversi e lontani fra loro (per distanze dell'ordine di decine di chilometri). La sua età, definita su basi radiometriche (età B.P. non cal.), varia da 12,030 \pm 0,090 ka (sondaggio 256110P507) a 5,826 \pm 0,112 ka (sondaggio 256-S2), anche se la maggior parte delle età radiometriche disponibili si concentra attorno all'intervallo 12-9 ka (tab. 3).

Dai dati sopra esposti risulta che nel sottosuolo della pianura la superficie trasgressiva che separa il Subsistema AES₈ da AES₇ è espressa da una rapida variazione di facies che materializza una lacuna stratigrafica di 8-10.000 anni. Tale lacuna è ben documentata nel sondaggio 256-S3 (Appendice 1, tab. 3) dove due datazioni relative a depositi organici sopra e sottostanti il limite di unità e separati solo da 1,5 m di sedimenti fini, hanno dato rispettivamente 11,950 \pm 0,085 ka e 21,590 \pm 0,210 ka (età B.P. non cal.). Questi dati confermano il quadro stratigrafico e cronologico riconosciuto in altre aree della pianura di questo limite (Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, Foglio 223-Ravenna, 1999). Secondo lo schema di correlazione proposto (fig. 12) nel settore intravallivo questa lacuna viene registrata sotto forma di un alfisuolo, bruno scuro rossastro e con orizzonti di accumulo di argilla illuviale che si sviluppa al tetto delle ghiaie affioranti di AES₇. Nelle aree in cui il conoide di AES₇ si immerge nel sottosuolo, talora è stato possibile osservare la sovrapposizione stratigrafica diretta di orizzonti scuri organici riferibili ad AES₈ al di sopra del suolo evoluto al tetto di AES₇, a conferma della validità della correlazione proposta.

L'evoluzione stratigrafica del Subsistema di Ravenna si differenzia nel settore di pianura alluvionale rispetto a quella costiera. Nel settore di pianura alluvionale al di sopra di questo orizzonte fine ricco in sostanza organica si passa gradualmente, a depositi prevalentemente fini di trascinamento fluviale, con scarse o assenti intercalazioni di depositi palustri. Questi depositi fini sono caratterizzati nella parte inferiore da colori grigiastri, mentre superiormente essi tendono a diventare gialli screziati (fig. 16). Più in alto si assiste ad un aumento della frequenza e dello spessore dei livelli ossidati giallastri fino a sviluppare dei veri e propri suoli decarbonatati. Questo passaggio rappresenta l'evoluzione da una piana costiera ed alluvionale non drenata ad una piana alluvionale ben drenata (FARREL, 1987; ASLAN & AUTIN, 1999) e riflette lo sviluppo di un reticolo idrografico progressivamente sempre più inciso in un contesto di aggradazione della pianura alluvionale.

Anche nel settore della costa si osserva questa evoluzione da una piana costiera ed alluvionale non drenata ad una piana drenata, ma questa evoluzione viene bruscamente interrotta dallo sviluppo di sabbie di cordone litorale in contatto netto ed erosivo sui depositi precedenti. Essi sono costituiti da sabbie (e localmente ghiaie) fossilifere, il cui limite sommitale corrisponde alla superficie affiorante (riferita ad AES_{8a}). I depositi di cordone formano un corpo cuneiforme caratterizzato da facies di spiaggia sommersa alla base, passanti a facies di battigia e di duna costiera. Due datazioni radiometriche eseguite in livelli organici presenti nella parte inferiore del corpo litorale (età ¹⁴C B.P. non cal.) hanno dato rispettivamente 4,04 \pm 0,07 ka (sondaggio 256-S3) e 2,70 \pm 0,06 ka (son-



Fig. 15 - Carota del sondaggio 256110P505 (messo a disposizione dal Comune di Rimini) eseguito presso la città di Rimini (AES_g intervallo 16-20 m, "sezione superficiale" A-A', Fig. 7). La foto mostra il notevole sviluppo di depositi argillosi organici scuri e di torbe di origine palustre alla base del Subsistema di Ravenna. Si noti anche la frequente presenza di porzioni di carota fortemente disturbate: la notevole plasticità di questi depositi rende spesso difficoltoso il recupero di carote integre in questo intervallo stratigrafico.

TAB. 3 - Tabella dei risultati ottenuti dalle analisi radiometriche (metodo ^{14}C) su campioni di materiale organico prelevati da sondaggi del progetto CARG o messi a disposizione da enti pubblici e privati per la campionatura. L'ubicazione dei sondaggi è illustrata in figura 7 e la stratigrafia in Appendice 1. La profondità dei campioni è riferita al piano campagna. L'età è espressa in anni. (*) Nelle colonne relative ai dati calibrati (Calib.), questi sono espressi in anni BC prima di Cristo e BP Before Present (per "present" si intende il 1950). Le calibrazioni sono state fatte con il programma: UNIVERSITY OF WASHINGTON QUATERNARY ISOTOPE LAB RADIOCARBON CALIBRATION PROGRAM REV 4.1.2 (STUIVER & REIMER, 1993; STUIVER et alii, 1998).

SONDAGGIO (CODICE BD)	QUOTA SONDAGGIO	PROFONDITÀ CAMPIONE	UNITÀ	Età ^{14}C	RANGE	CALIB 4.1.2BC*	CALIB 4.1.2BP*	TIPO DI MATERIALE	LABORATORIO
256-S2	12	7.7	AES8	5826	112	4825-4540	6770-6490	Sostanza organica	ENEÀ (BOLOGNA)
256-S2	12	9	AES8	8736	150	8200-7590	10150-9540	Sostanza organica	ENEÀ (BOLOGNA)
256-S2	12	18.2	AES7	18714	170			Sostanza di legno	ENEÀ (BOLOGNA)
256-S2	12	51.7	AES7	47186	2360			Sostanza organica	ENEÀ (BOLOGNA)
256-S2	12	59.8	AES7	>35000	0			Sostanza organica	ENEÀ (BOLOGNA)
256-S3	2	6.6	AES8	4040	70	2830-2470	4780-4420	Sostanza organica	E.T.H. (ZURIGO)
256-S3	2	13.9	AES8	11950	85	12140-11870	14090-13820	Carboni	E.T.H. (ZURIGO)
256-S3	2	15.4	AES7	21590	210			Carboni	E.T.H. (ZURIGO)
256-S3	2	26.3	AES7	36800	710			Carboni+sostanza org.	E.T.H. (ZURIGO)
256-S5	15	10.7	AES8	7274	115	6230-6010	8180-7960	Sostanza organica	ENEÀ (BOLOGNA)
256-S5	15	18.9	AES7	21176	256			Sostanza organica	ENEÀ (BOLOGNA)
256-S5	15	25	AES7	36953	1383			Sostanza organica	ENEÀ (BOLOGNA)
256-S5	15	44	AES7	46598	2709			Sostanza organica	ENEÀ (BOLOGNA)
256-S6	2	19.9	AES8	9730	50	9250-9210	11190-11160	Sostanza organica	L.L.N.I. (LIVERMORE)
256-S6	2	32	AES7	29780	320			Sostanza organica	E.T.H. (ZURIGO)
256-S6	2	38	AES7	33140	410			Legni	E.T.H. (ZURIGO)
256060P506	2	13.8	AES8	9528	66	9120-8740	11070-10690	Legni	ENEÀ (BOLOGNA)
256060P506	2	17	AES8	9586	102	9210-8750	11160-10700	Carboni	ENEÀ (BOLOGNA)
2561100P501	14	11.3	AES8	9610	220	9250-8630	11200-10580	Sostanza organica	L.O.D.Y.C. (PARIGI)
2561100P502	24	9.6	AES8	8920	245	8410-7610	10360-9560	Sostanza organica	ENEÀ (BOLOGNA)
256110P455	7	18	AES8	9700	150	9280-8810	11230-10760	Torba	L.O.D.Y.C. (PARIGI)
256110P456	7	20	AES8	12340	240	13420-12150	15370-14100	Torba	L.O.D.Y.C. (PARIGI)
256110P505	2	14.5	AES8	12710	150	13630-12440	15580-14390	Sostanza organica	ENEÀ (BOLOGNA)
256110P507	2	8.9	AES8	2700	60	900-800	2850-2750	Sostanza organica	E.T.H. (ZURIGO)
256110P507	2	18.2	AES8	12030	90	12170-11890	14120-13840	Carboni	E.T.H. (ZURIGO)
256110P507	2	30.6	AES7	34590	580			Sostanza organica	E.T.H. (ZURIGO)
256160P507	2.5	7	AES8	5335	60	4320-4040	6270-5990	Legno	L.O.D.Y.C. (PARIGI)

daggio 256110P507). I dati archeologici del cordone affiorante forniscono un età post-romana (si veda il paragrafo relativo a AES_{8a}).

Il contatto laterale fra le tracimazioni fluviali della piana alluvionale ed i depositi di cordone litorale della piana costiera è subverticale, netto ed erosivo ed è legato ad eventi di erosione marina (per esempio operati da tempeste di eccezionale entità) che di volta in volta hanno fatto arretrare temporaneamente la linea di costa, a spese dei depositi di piana alluvionale. Questa superficie prosegue verso l'alto, diventa affiorante e si correla con una scarpata di terrazzo marino (con un dislivello massimo di 6-7 metri) nella fascia costiera che dalla foce del T. Uso prosegue verso sud-ovest oltre il limite del foglio. Questo terrazzo marino va quindi considerato il prodotto della competizione fra processi marini e fluviali operante lungo la fascia costiera in questi ultimi 5 ka (VEGGIANI, 1988; PAREA, 1991). Il sollevamento strutturale del margine padano della catena appenninica (si veda il cap. V, ELMI & NESCI, 1991; CERRINA FERONI *et alii*, 1997; CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 265-Bagno di Romagna, in stampa), sviluppatosi contemporaneamente con lo stazionamento alto del livello del mare, ha probabilmente contribuito allo sviluppo di tale terrazzo sollevando le alluvioni pedecollinari e favorendone quindi l'incisione marina (ELMI *et alii*, 1987).



Fig. 16 - Fronte di scavo del Canale Emiliano-Romagnolo nel settore nord-occidentale del Foglio 256. La foto illustra il contatto dei depositi sabbioso-limosi giallastri di argine dell'unità di Modena (AES_{8a}) al di sopra dei depositi limoso-argillosi più scuri (tracimazioni fluviali indifferenziate) del Subsistema di Ravenna (AES₈).

La totale assenza di reperti romani (e più antichi) in posto nei depositi di cordone affioranti (fig. 4), nonché la presenza di alcuni di questi come elementi rimaneggiati (ciottoli arrotondati derivanti da manufatti, VEGGIANI, 1986; CREMONINI, 1995) indicano che le ultime fasi di erosione lungo la scarpata costiera risalgono ad un'età post-romana (tutti i depositi affioranti del cordone sono infatti riferiti a AES_{8a}).

Nel sottosuolo della pianura il Subsintema di Ravenna contiene una quantità molto modesta di corpi ghiaiosi di canale fluviale che costituiscono principalmente il proseguimento in pianura dei depositi grossolani intravallivi del F. Marecchia. Dentro la valle e allo sbocco vallivo questi corpi incidono i depositi ghiaiosi più antichi, con cui vengono direttamente a contatto (area di amalgamazione delle ghiaie di AES₇ e AES₈), e si saldano tra loro lateralmente e verticalmente. Oltre lo sbocco vallivo, invece, i canali ghiaiosi cominciano a immergersi nel sottosuolo, diramandosi lateralmente e separandosi fisicamente dalle ghiaie dell'unità sottostante. Essi hanno geometria nastriforme più o meno sinusoidale (in pianta) e lenticolare (in sezione), sono larghi al massimo qualche centinaio di metri e spessi pochi metri (fig. 14).

Il subsintema ha una geometria complessiva di tipo cuneiforme, con spessori massimi di 20-25 m nella fascia costiera.

La caratterizzazione microfaunistica del subsintema (foraminiferi e ostracodi), effettuata nei depositi di sottosuolo della pianura, ha permesso di ricostruirne, con sufficiente chiarezza, l'evoluzione ambientale, soprattutto nel settore di nord-ovest sulla base delle analisi eseguite nel sondaggio 256-S6. In questa area l'unità è caratterizzata alla base da associazioni indicanti un ambiente lagunare o marino, come indicano le ostracofaune dominate da *Cyprideis torosa* e associazioni a foraminiferi composte essenzialmente da *Ammonia tepida*, *A. parkinsoniana*, *Elphidium spp.*, *Criboelphidium decipiens*, *C. pauciloculum*. Seguono poi associazioni microfaunistiche di ambiente palustre, rappresentate da ostracodi dulcicoli appartenenti principalmente al genere *Candona*. Al di sopra di queste si rinvencono nuovamente microfaune di ambiente lagunare, dominate da *Cyprideis torosa*, e poi francamente marine (*Ammonia spp.*, *Elphidium spp.*, *Miliolidae spp.* e *Textularidae spp.*). Queste variazioni microfaunistiche riflettono la ciclicità climatico-eustatica pre-olocenica e olocenica ben documentata dalle curve di variazione del livello marino note in letteratura.

Questa evoluzione ambientale è meno evidente nel settore di sud-est, in quanto i depositi salmastri o marini, ove presenti, sono esclusivamente attribuibili alla massima ingressione olocenica del livello marino (*maximum flooding*), pur tuttavia la base del subsintema appare sempre caratterizzata da un'associazione di ostracodi dulcicoli, quali *Candona candida*, *C. neglecta*, *C. angulata*, *Cypria oftalmica*, generalmente povera di specie, ma ricca di individui.

Le analisi polliniche disponibili per il Subsintema di Ravenna (sondaggi 256-S2, 256-S3 e 256110P507) registrano, a partire dalla base dell'unità, un passaggio da livelli sterili o con associazioni oligotipiche composte prevalentemente da *Pinus* (dominante) e qualche elemento non arboreo (come *Artemisia*, Asteraceae

t.Cichorioideae ed *Ephedra*) ad associazioni più diversificate per la presenza, seppure in modeste quantità, di latifoglie arboree decidue relativamente termofile come *Betula*, *Quercus*, *Tilia*, *Ulmus* e *Salix*. Si assiste, quindi, ad una tendenza al miglioramento delle condizioni climatiche. Tale miglioramento, tuttavia, non appare tanto marcato da essere riferito a condizioni climatiche decisamente interglaciali, ma piuttosto rappresenta molto probabilmente la registrazione delle oscillazioni più termofile di tipo interstadiale riferibili al complesso Bolling/Allerod di poco precedenti l'instaurarsi dell'interglaciale olocenico. Successivamente i livelli mostrano, purtroppo, un contenuto pollinico molto scarso con presenza soltanto di *Pinus* o appaiono completamente sterili, non prestandosi così ad alcuna inferenza paleoclimatica.

Anche nel settore a mare il Subsintema di Ravenna è estesamente presente ed è attraversato da numerosi sondaggi AGIP e, limitatamente alla porzione superiore, da carotaggi convenzionali. I profili sismici ad alta risoluzione mettono bene in evidenza l'architettura interna dell'unità e consentono di definire unità minori e facies sismiche riconducibili a specifici ambienti deposizionali. Sulla base di questi dati si è potuto osservare che anche nel settore a mare il subsintema è limitato inferiormente dal contatto erosivo dei depositi trasgressivi marino-marginali e/o continentali su depositi di piana alluvionale di AES₇. I depositi trasgressivi sono completamente ricoperti da una unità progradante prevalentemente pelitica a geometria sigmoidale; si tratta di depositi marini depositi durante la fase di stazionamento alto del l.m. (5500 B.P.-Attuale) (fig. 13 e 17).

L'andamento nel sottosuolo della base del Subsintema di Ravenna è riportato, in modo schematico, nella fig. 18. Nel settore marino questa superficie è cartografabile con precisione (isobate ogni metro) poiché essa corrisponde più propriamente ad una superficie di trasgressione ed è ben riconoscibile sulla base della geometria dei riflettori sismici e dalla sovrapposizione di depositi lagunari o marini su depositi di conoide e di piana alluvionale drenata (fig. 13). Nel settore di pianura la base del subsintema è tracciata con minor precisione (isobate ogni 5 metri) poiché si sviluppa all'interno dei depositi alluvionali e la sua individuazione si basa prevalentemente sull'osservazione diretta delle carote dei sondaggi del Progetto CARG e di quelli messi a disposizione da parte degli enti pubblici e privati. Dove la base dell'unità poggia direttamente sulle ghiaie del conoide alluvionale pleistocenico di AES₇ è stato possibile utilizzare come informazioni aggiuntive i dati geonostici della banca dati regionale.

Sulla base dei dati radiometrici, pollinici e micropaleontologici l'età del subsintema è compresa fra c.a 12.000 anni (Bp non calibrata) e l'attuale e 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 223-RAVENNA, 1999).

Analogamente a ciò che è stato fatto in CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, FOGLIO 223-RAVENNA (1999), nonchè negli altri fogli in corso di completamento e stampa relativi al margine Appenninico (fogli 219, 220, 238 e 255) in questo subsintema è stata distinta una unità di rango gerarchico inferiore.

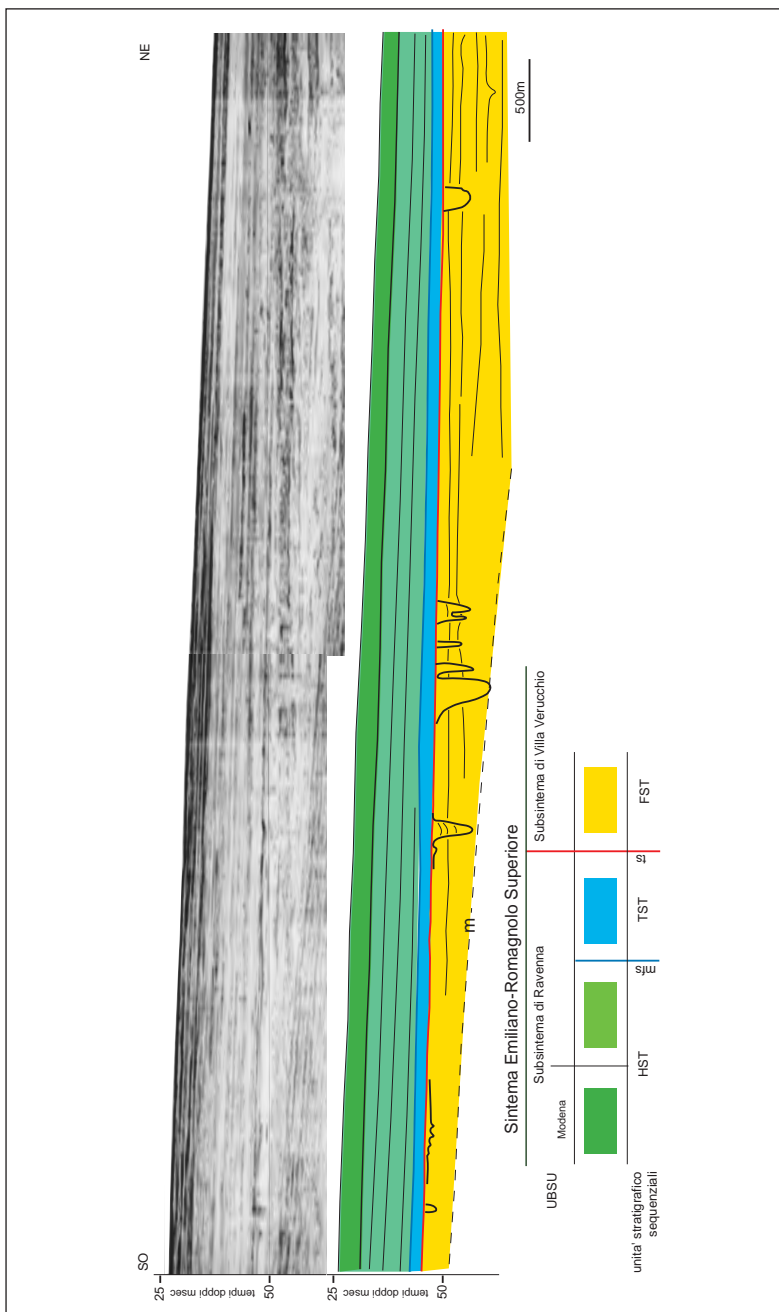


Fig. 17 - Profilo sismo-acustico ad altissima risoluzione (Chirp Sonar) e sua interpretazione; da notare nella parte più superficiale l'unità sismica correlabile con l'unità di Modena (ubicazione in Fig. 8).

Unità di Modena (AES_{8a}). Contiene i depositi più superficiali (sempre affioranti) e più recenti del foglio (si veda il lavoro di CREMASCHI & GASPERI, 1989 per quanto riguarda la descrizione dei depositi rilevati nella località tipo). AES_{8a} è un'unità pellicolare, di pochi metri di spessore, ampiamente distribuita nel foglio, contenente depositi fluviali terrazzati nei settori intravallivi, depositi di tracimazione nella pianura alluvionale, depositi litorali nell'area costiera e depositi di prodelta e transizione alla piattaforma nel settore a mare.

La base di AES_{8a} è individuata: 1) nei settori intravallivi, dalla presenza di una scarpata di terrazzo fluviale, alla base dei depositi di canale; 2) nei settori di pianura, dal contatto, in discontinuità, delle sue tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo o scarsamente calcareo con reperti di epoca romana o più antica (sondaggio 256-S5); 3) nel settore costiero, la presenza di una scarpata di terrazzo marino. Il tetto di AES_{8a} è dato da un suolo poco evoluto, calcareo, di pochi decimetri di spessore e generalmente di colore bruno olivastro o bruno grigiastro (Hue 2.5Y, Value 3-5, Chroma 2-6; profilo Ap-Bw/C: Entisuolo). Questa superficie di tetto è priva di reperti archeologici romani, o più antichi, non rimaneggiati (fig. 4) ed è caratterizzata da una buona preservazione delle forme deposizionali originarie (ad esempio argini e piane inondabili).

Nei settori intravallivi l'unità è costituita da depositi di canale fluviale contenuti in un terrazzo che incide, tramite una scarpata di erosione fluviale, gli altri depositi alluvionali di AES₈ ed AES₇ fino a poggiare direttamente sui depositi marini del Gruppo del Santerno nel settore più interno. Nella valle del F. Marecchia è presente anche una scarpata di terrazzo interna a questa unità, che individua i depositi fluviali che erano in evoluzione negli anni '50 (rilevati tramite foto aeree del volo GAI 1954-55) e che attualmente sono in gran parte stabilizzati. In questa valle prevalgono le ghiaie di canale fluviale, che formano un corpo nastriforme, ad andamento leggermente sinuoso, che si sviluppa fino allo sbocco a mare e che raggiunge 1,5 km di larghezza massima. Nella valle del T. Uso le ghiaie sono abbondanti ma di estensione molto minore (mediamente 100-200 m) mentre nelle altre valli sono presenti sottili nastri meandriiformi costituiti da sabbie e sabbie limose.

Nella pianura alluvionale, in particolare nel quadrante nord-occidentale del foglio, prevalgono i depositi di tracimazione fluviale, all'interno dei quali è stato possibile distinguere fra depositi sabbioso-limosi di argine, canale e rotta fluviale e depositi argillosi e limosi di piana inondabile, data la scarsa alterazione della superficie affiorante e la buona preservazione delle forme deposizionali (fig. 16).

Nel settore costiero sono presenti depositi di dune costiere e di spiaggia, parte dei quali sono attualmente in evoluzione. Nei pressi della foce del F. Marecchia sono presenti dei corpi grossolani di barra di foce e di spiaggia ghiaiosa ed è stato rilevato un piccolo cuneo di tracimazioni fluviali che progredisce sui depositi di cordone litorale. Nella fascia costiera che dalla foce del T. Uso prosegue verso sud-ovest, oltre il limite del foglio, i depositi litorali sono in buona parte limitati, verso monte, dalla scarpata di terrazzo marino di cui si è già discusso in precedenza, e che attualmente è inattiva, essendo separata dall'attuale linea di costa da depositi stabilizzati da vegetazione e attività antropiche.

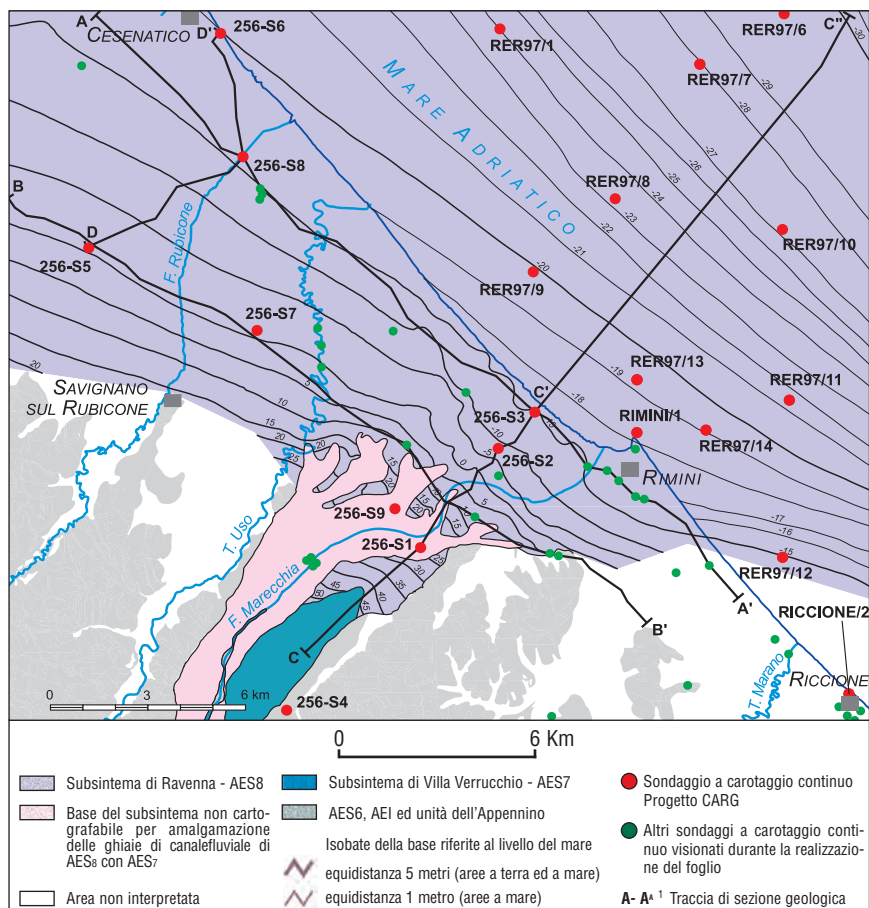
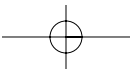
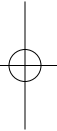
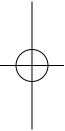


Fig. 18 - Schema dell'andamento nel sottosuolo della base del Subsistema di Ravenna (AES8). Si noti l'andamento irregolare delle isobate fra lo sbocco vallivo del F. Marecchia ed il Mare Adriatico. Questo è dovuto al fatto che la base dell'unità, in quest'area, poggia direttamente al di sopra dei depositi grossolani del conoide alluvionale regressivo pleistocenico del Subsistema di Villa Verrucchio (AES7), la cui superficie sommitale è caratterizzata da rilievi deposizionali e scarpate di terrazzo fluviale. L'area intravalliva in cui affiora il Subsistema di Villa Verucchio corrisponde ad un settore mai raggiunto da sedimenti più recenti, perciò costituisce un'area in cui il Subsistema di Ravenna è in lacuna stratigrafica.

Nel settore a mare i depositi più superficiali sono tutti riferibili all'unità di Modena la cui base è identificabile per un cambio di facies sismica corrispondente ad un passaggio verso l'alto da limi a prevalenti limi sabbiosi e sabbie limose; questo passaggio è ben individuabile attraverso i dati di carotaggi (susceptività magnetiche e datazioni radiometriche) soprattutto in aree esterne al foglio, ma i dati sismici ad altissima risoluzione consentono di seguire il limite verso

terra e di valutare in 3-4 metri lo spessore medio dell'unità nell'area di interesse (fig. 17). Il cuneo di stazionamento alto tardo-olocenico, che costituisce la parte superiore del Subsistema di Ravenna, è caratterizzato da una architettura interna di tipo aggradazionale-progradazionale data dalla sovrapposizione di unità con tendenza *coarsening upward*, separate da superfici di non deposizione e rielaborazione da parte di processi marini. Le unità *coarsening upward* rappresentano fasi di aumento degli apporti sedimentari in corrispondenza di periodi di deterioramento climatico. L'unità di Modena è definita alla base da una di queste superfici di non deposizione (corrispondente probabilmente alla fase di ottimo climatico romano). A differenza di quanto avviene più a nord (fogli 223 e 205), dove in questo intervallo di tempo si sviluppano in varie fasi importanti apparati deltizi (Po di Primario e Po moderno), qui l'unità ha spessori più esigui non essendo presenti apparati deltizi importanti.

La presenza di abbondanti e frequenti reperti romani (e più antichi) nei depositi sottostanti AES_{8a}, la totale assenza di questi, non rimaneggiati, al suo interno, l'alterazione pedogenetica modesta o del tutto assente, indicano che questa unità è riferibile all'età post-romana e si è deposta in un intervallo di tempo compreso fra il IV-VI sec. d.C. (VEGGIANI, 1986, 1988) e l'Attuale.



X - SISTEMI DEPOSIZIONALI E LITOLOGIE

Secondo la normativa sul rilevamento e cartografia geologica dei depositi quaternari le unità sintemiche descritte in carta vengono caratterizzate anche sulla base delle litologie e degli ambienti deposizionali (CNR-CCGG, 1992). Nella carta geologica di superficie questa caratterizzazione viene fatta con l'ausilio di sovrassegni che si accompagnano alla tradizionale colorazione delle unità. Per questo motivo nelle presenti note viene inserito un capitolo 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.

Nella Carta Geologica l'utilizzo dei retini è stato limitato alle unità più recenti (AES₇ ed AES₈), per le quali è stato possibile ricostruire l'evoluzione dei depositi sottocorrente dal settore intravallivo a quello di pianura e marino con sufficiente dettaglio. Per la caratterizzazione litologica delle altre unità, che affiorano solo come depositi fluviali terrazzati, si rimanda alla descrizione delle stesse nella legenda e nelle presenti note.

1. - DEPOSITI ALLUVIONALI

1.1.- PIANA INTRAVALLIVA, CONOIDE E PIANA ALLUVIONALE

Ghiaie di riempimento di canale fluviale

Depositi costituiti prevalentemente da ghiaie che variano da molto grossolane (20-40 cm di diametro massimo) a fini con matrice sabbiosa o, più raramente, argillosa. Quelle più grossolane sono malcernite, hanno ciottoli di forma variabile da appiattita a subsferica e sono spesso prive di strutture sedimentarie, anche se, localmente, possono avere un accenno di gradazione e di embriciatura dei ciottoli (fig. 19). Al contrario le ghiaie fini sono costituite da ciottoli frequentemente appiattiti, embriciati e con uno sviluppo di gradazione positiva. Gli strati variano da spessi a molto spessi, ma preferenzialmente sono amalgamati e formano dei corpi di spessore compreso fra 2 e 5 metri che costituiscono la porzione grossolana di una sequenza positiva. Questa si chiude con uno spessore variabile da pochi decimetri a qualche metro di limi e argille (raramente sabbie) in contatto netto sulle ghiaie (fig. 14 e 20). Nei depositi del T. Uso le ghiaie possono talora essere subordinate alle sabbie. Questi depositi sono interpretati come sequenze di riempimento di canale ghiaioso. Essi formano corpi a geometria nastriforme, larghi qualche centinaio di metri, che incidono con contatto netto ed erosivo (fig. 21) le tracimazioni fluviali adiacenti (canali singoli di piana alluvionale). Talora i singoli depositi di canale si saldano lateralmente e verticalmente e formano dei corpi composti con geometria d'insieme relativamente tabulare e spessore fino a 15 metri (canali amalgamati di piana intravalliva e conoide, sondaggi 256-S1 e 256-S9, Appendice 1).

Nella carta geologica di superficie sono stati riportati come affioranti le ghiaie presenti sulla superficie topografica o nell'immediato sottosuolo (profondità < 1-2 m). La gran parte dei depositi di riempimento di canale affioranti sono concentrati nei settori intravallivi e terrazzati, dove in effetti, lo spessore di depositi fini che ricoprono le ghiaie è generalmente minore di 1-2 metri anche se, localmente, può essere maggiore, per esempio a ridosso delle scarpate di terrazzo o dei versanti, o quando i depositi fini costituiscono il ricoprimento policiclico di depositi terrazzati antichi. Poiché i dati disponibili nei settori intravallivi più interni del F. Marecchia e del T. Uso non sono molto numerosi, non è stato possibile cartografare in modo sistematico queste piccole variazioni di spessore dei depositi fini. Pertanto si è scelto di cartografare come ghiaie di canale fluviale affioranti tutti i sedimenti compresi fra le scarpate dei terrazzi, anche se lo spessore di sedimento fine che le ricopre supera, localmente, i limiti di riferimento.

Sabbie di riempimento di canale fluviale e di argine prossimale (solo sottosuolo)

Questi depositi sono stati individuati e caratterizzati solo nel sottosuolo sulla base di indagini geonostiche (carotaggi continui e CPTU) e su di essi,



Fig. 19 - Dettaglio di uno scavo di circa 2 metri situato nei pressi di Casale S. Vito (Rimini), in un'area dove le ghiaie di canale fluviale del Subsistema di Ravenna (AES_8) sono quasi affioranti. La foto illustra come le ghiaie fluviali, in questo caso molto grossolane, hanno degli accenni di embricazione e sono chiuse, in contatto netto, da tracimazioni sabbioso-limose.



Fig. 20 - Carota del sondaggio 256-S1 (AES₈, intervallo 4-8 m, Appendice I, "sezione superficiale" C-C'-C") effettuato a ridosso dello sbocco vallivo del F. Marecchia (Fig. 7). La foto mostra come si presenta, in un carotaggio, una situazione simile a quelle illustrate nelle Figg. 14 e 19. Si noti la chiusura netta dei depositi ghiaiosi di canale con delle tracimazioni fluviali argilloso-limose.



Fig. 21 - Carota del sondaggio 256-S2 (AES₇, intervallo 36-40 m, "sezione superficiale" C-C'-C", Appendice 1) effettuato tra lo sbocco vallivo del F. Marecchia ed il litorale adriatico (Fig. 7). La foto mostra il contatto netto ed erosivo delle ghiaie di canale fluviale sui depositi fini di tracimazione fluviale sottostanti. In questo carotaggio il contatto rappresenta l'appoggio del lobo di conoide regressivo del Subsistema di Villa Verucchio sui depositi di piana alluvionale.

pertanto, non sono disponibili osservazioni dirette di superficie. Essi sono costituiti da sabbie organizzate in sequenze positive ben sviluppate, con granulometria che varia da medio-grossolana, spesso anche con ciottoli, alla base, a fine e finissima al tetto, con un passaggio graduale ai depositi limosi ed argillosi di chiusura della sequenza. Lo spessore del singolo corpo sabbioso si aggira fra i 2 e 3 metri. Questi depositi sono interpretati come sequenze di riempimento di canale sabbioso e di argine prossimale (sondaggi 256-S5, 256-S6, 256-S7 e 256-S8). Essi sono presenti prevalentemente nel settore nord-occidentale del foglio dove formano corpi larghi da varie centinaia di metri a qualche chilometro, in contatto netto, spesso erosivo, con le tracimazioni fluviali sottostanti. Essi costituiscono la prosecuzione fisica sottocorrente dei depositi di canale ghiaioso (transizione fra conoide e piana alluvionale), oppure, subordinatamente, i depositi di conoide alluvionale del reticolo idrografico secondario.

Alternanze di sabbie e limi di argine, canale e rotta fluviale

Depositi costituiti da alternanze di sabbie fini e finissime, spesso limose, in strati da sottili a spessi, e limi, limi sabbiosi e limi argillosi, in strati da molto sottili a medi. Gli strati 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 (soprattutto del reticolo idrografico secondario) e di rotta fluviale (fig. 16). Questi depositi sono stati distinti solo in affioramento (riferiti ad AES_{8a}) dove formano dei corpi rilevati a geometria nastriforme o di lobo, di larghezza variabile da 300 m a 3 km, a seconda che siano formati da un singolo sistema fluviale o da più sistemi coalescenti. Sulla superficie di questi corpi sono spesso visibili le tracce dei canali abbandonati e dei ventagli di rotta. Lo spessore massimo è di 3-4 metri. Questi corpi passano lateralmente a depositi di piana inondabile con contatti graduali, oppure, nel settore costiero, a depositi di cordone litorale con contatto netto.

Argille e limi di piana inondabile

Depositi costituiti da argille e limi in strati medi e spessi con rare intercalazioni di limi sabbiosi e sabbie limose in strati da molto sottili a medi. Spesso le argille contengono tracce di apparati radicali e sono intensamente bioturbate per cui non sono più visibili la stratificazione e le strutture sedimentarie originarie. Questi sono interpretati come depositi di piana inondabile. Sono stati distinti solo in superficie (riferiti a AES_{8a}) in corrispondenza delle aree relativamente depresse interposte ai rilievi deposizionali degli argini, canali e rotte fluviali, dove formano corpi a geometria lenticolare piuttosto sottili (spessori compresi fra 1-3 metri). Passano lateralmente a depositi di argine, canale e rotta fluviale con contatto graduale e, localmente nel settore costiero, a depositi di cordone litorale con contatto netto.

Alternanze di sabbie, limi ed argille di tracimazione fluviale indifferenziata

Depositi 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 sabbiosi 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, che presentano bioturbazione diffusa o concentrata attorno ad apparati radicali e presentano locali accumuli di sostanza organica indecomposta. I colori di questi depositi possono essere grigio omogeneo, grigio con screziature giallastre e giallo ocraceo omogeneo (fig. 22). Dove prevalgono i colori grigi, il tetto argilloso-limoso delle sequenze positive è spesso caratterizzato dalla presenza di locali accumuli di sostanza organica indecomposta. Al contrario, quando prevalgono i colori giallastri il tetto delle sequenze positive è caratterizzato dallo sviluppo di paleosuoli (sondaggi 256-S2, 256-S7, 256-S8). Questi depositi sono interpretati come sequenze composite costituite prevalentemente da tracimazioni fluviali, all'interno delle quali non viene operata una differenziazione fra i depositi di argine e rotta fluviale (inclusi i depositi sabbioso-limosi di canale del reticolo secondario) da quelli di piana inondabile. Tale differenziazione, infatti, è particolarmente difficoltosa nei depositi affioranti più antichi di AES_{8a}, a causa dei processi di erosione, bioturbazione e pedogenesi che hanno modificato le tessiture e le forme deposizionali originarie. Allo stesso tempo questa differenziazione è notevolmente arbitraria nei depositi di sottosuolo, dove la gran parte delle informazioni litologiche disponibili si basa sui dati geognostici della banca dati regionale, che solo raramente contengono descrizioni sedimentologiche sufficientemente dettagliate. Gli intervalli caratterizzati da colori grigi e preservazione di sostanza organica sono riferiti a condizioni non drenate, mentre quelli con colori gialli e paleosuoli sono riferiti a condizioni ben drenate (es. FARREL, 1987).

Questa associazione di facies composita è stata distinta all'interno di AES₈, dove costituisce un grosso corpo a geometria cuneiforme a grande scala, spesso fino a 20 metri, che passa lateralmente a depositi di cordone litorale ed include, al suo interno, depositi grossolani di canale fluviale e argille e limi palustri.

Argille e limi con sostanza organica palustri (solo sottosuolo)

Questi depositi sono stati individuati e caratterizzati solo nel sottosuolo sulla base di indagini geognostiche (carotaggi continui e CPTU) e su di essi, pertanto, non sono disponibili osservazioni dirette di superficie. 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 che viene spesso segnalato anche nelle descrizioni di indagini geognostiche non particolarmente dettagliate (per esempio: argille nere e torbe). La sostanza organica è presente in:



Fig. 22 - Carota del sondaggio 256-S6 (AES₇, intervallo 48-52 m, “sezione superficiale” D-D’, Appendice 1) effettuato nel litorale adriatico del quadrante di NW del foglio, presso Cesenatico (Fig. 7). La foto mostra una tipica associazione di facies di piana alluvionale della bassa pianura in cui ai depositi argillosi e limosi caratterizzati dalla presenza di screziature giallastre, si alternano argille scure organiche. Questa associazione riflette l’alternanza, in questo contesto ambientale, di condizioni di piana drenata (con abbassamento della falda ed ossidazione dei depositi di tracimazione) e di piana non drenata (con condizioni di acqua stagnanti, deposizione e preservazione della sostanza organica).

a) lamine millimetriche dentro argille finemente stratificate; b) frammenti vegetali millimetrici e centimetrici talora riconoscibili come apparati radicali verticali in posizione fisiologica; c) come sostanza organica diffusa nell'argilla (fig. 15). Quest'ultimo caso è molto frequente. Qui la sostanza organica si concentra, tramite un progressivo graduale incremento verso l'alto, al tetto di cicli dominati da litologia molto fine e con gradazione positiva (si veda per esempio l'intervallo fra 48 e 46,7 m in fig. 22). All'interno di questi cicli i livelli scuri possono costituire da circa il 5 al 30 % dell'intero deposito. Talora sono presenti diffusi fenomeni di bioturbazione che hanno obliterato tutte le strutture sedimentarie interne. Occasionalmente i frammenti vegetali sono molto concentrati e formano dei veri e propri livelli di torba di spessore centimetrico e decimetrico. Le analisi paleontologiche hanno rilevato in questi intervalli una macro e micro fauna di ambiente dulcicolo caratterizzata, oltre che dalla diffusa presenza di frammenti di gasteropodi continentali, da ostracofaune ipoaline. Queste sono principalmente composte da esemplari di *Candona compressa*, *Candona* spp., *Ilyocypris bradyi*, *I. gibba*, *Herpterocypris reptans*. Localmente (AES₈, sondaggio 256-S6) all'interno di questi orizzonti sono state individuate anche associazioni di microfaune indicanti acqua salmastra o salata, come le ostracofaune dominate da *Cyprideis torosa* e le associazioni a foraminiferi composte essenzialmente da *Ammonia tepida*, *A. parkinsoniana*, *Elphidium* spp, *Criboelphidium decipiens*, *C. pauciloculum*.

Questi depositi sono riferiti ad un'associazione di facies di piana inondabile non drenata con frequenti episodi palustri o di palude dulcicola vera e propria passante, solo localmente, a laguna direttamente influenzata dal mare. Nelle zone di pianura pedemontana è stato osservato che questi livelli arricchiti di sostanza organica sono associati a forme di pedogenesi e quindi possono essere riferiti più ad un ambiente di piana inondabile in condizioni parzialmente drenate che di palude vera e propria. Lo spessore complessivo dell'associazione di facies varia da pochi decimetri ad oltre 5 metri. Quando presenta gli spessori minori essa costituisce il tetto di cicli positivi di tracimazione fluviale. Questi corpi passano lateralmente e verticalmente a depositi di tracimazione fluviale in contatto da graduale a netto. Solo localmente sono in contatto, netto ed erosivo, con i depositi di cordone litorale.

2. - DEPOSITI DELTIZI, LITORALI E MARINI

2.1.- FRONTE DELTIZIA E PIANA DI SABBIA

Sabbie di cordone litorale

Sono depositi essenzialmente sabbiosi a granulometria fine e media e buona cernita contenenti bioclasti di molluschi marini che, occasionalmente, sono particolarmente concentrati alla base del corpo sabbioso. Nelle zone

dove il deposito supera gli 8-10 m di spessore (sondaggio 256-S6 di Cesenatico e 256110P507 del molo di Rimini) è caratterizzato da una sequenza negativa costituita da alternanze sabbioso-limose passanti, verso l'alto, a sabbie fini e medie con rare intercalazioni millimetriche di limo o di argilla organica o di sottili livelli di ghiaie fini. Il tetto della sequenza è affiorante ed è caratterizzato da sabbie molto ben classate e prive di matrice che non contengono bioclasti marini ed hanno colore giallo-bruno. Questa superficie di tetto è rilevata di circa 1.5-2 metri sul livello del mare ed è quasi completamente urbanizzata per cui non conserva quasi più le sue caratteristiche morfologiche originarie. Le microfaune più comuni sono *Ammonia* spp., *Elphidium* spp., *Miliolidae* spp. e *Textularidae* spp., indicanti un ambiente francamente marino. Queste sabbie sono riferite a depositi di cordone litorale organizzati in una sequenza progradante da facies di spiaggia sommersa a battigia fino a dune di retrospiaggia nella porzione emersa affiorante. Esse costituiscono un corpo nastriforme (in pianta) che si ispessisce verso mare (spessori variabili da 4 a 12 m) ed è in contatto netto, alla base e lateralmente verso terra, a depositi di traccimazione fluviale e palustri. Verso NE il cordone prosegue nel settore sommerso dal Mare Adriatico per passare, gradualmente, a depositi di prodelta e di transizione alla piattaforma. Localmente include depositi grossolani di barra di foce.

Ghiaie di barra di foce e di cordone litorale

Depositati costituiti da ghiaie fini e medie con matrice sabbiosa che talora può essere prevalente e con inclusi bioclasti di molluschi marini. Le ghiaie hanno ciottoli appiattiti e ben classati e sono organizzate in strati medi e spessi, generalmente amalgamati o alternati a strati di sabbie medie e grossolane. Sono interpretati come depositi di barra di foce rielaborati dal moto ondoso e di spiaggia ghiaiosa. Essi formano corpi a geometria lentiforme, con spessore compreso fra 1 e 6 metri ed estesi qualche centinaio di metri; sono presenti solo presso la foce del F. Marecchia (e, nel sottosuolo, del T. Marano) dove sono inclusi all'interno dei depositi di cordone litorale oppure ne costituiscono la base.

2.2. - PRODELTA E TRANSIZIONE ALLA PIATTAFORMA

Depositati costituiti da argille limose, argille e limi argillosi ricchi di materiale conchigliare, con intercalazioni di sabbie fini e finissime in strati da molto sottili a sottili. Formano un corpo a geometria cuneiforme, presente solo nel settore a mare, con spessore massimo di una decina di metri. Passano lateralmente verso terra a depositi di cordone litorale. Verso il basso fanno transizione a depositi trasgressivi di barriera litorale e/o di piattaforma.

XI - RELAZIONI FRA EVOLUZIONE DEI DEPOSITI ALLUVIONALI TARDO QUATERNARI DEL FOGLIO 256, CICLICITÀ CLIMATICO-EUSTATICA E TETTONICA

Uno dei dati di maggior rilievo che è emerso dal rilevamento di superficie e di sottosuolo del Foglio 256 è l'evidenza di una stretta relazione fra ciclicità dei depositi alluvionali della Pianura Padana, già in parte riconosciuta in studi precedenti (BULI, 1935; FARABEGOLI & ONOREVOLI, 1989; AMOROSI & FARINA, 1995; AMOROSI *et alii*, 1996), e la ciclicità climatico-eustatica quaternaria con particolare riguardo ai depositi del Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) (REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998; AMOROSI *et alii*, 1999b). Tale relazione è messa in evidenza nelle sezioni geologiche profonde della figura 10, dalla regolarità con cui i depositi marini litorali si intercalano nei cicli pluridecametrici dei depositi alluvionali.

Come illustrato in precedenza questa ciclicità ha portato a definire all'interno di AES delle UBSU (subsintemi) caratterizzati da una evoluzione di tipo trasgressivo-regressivo, separate da superfici di discontinuità tracciabili dal Mare Adriatico alle aree intravallive (fig. 12). La grande mole di dati disponibili per il subsistema più recente e superficiale (Subsistema di Ravenna) relativi ad analisi di facies, datazioni radiometriche ed archeologiche, analisi polliniche e micro-faunistiche, osservazioni pedologiche, hanno suggerito alcune riflessioni sulle relazioni che sono intercorse fra le variazioni climatico-eustatiche e la sedimentazione alluvionale nei depositi tardo pleistocenici-olocenici della pianura emiliano-romagnola nel Foglio 256.

Come illustrato nel cap. IX, par. 1.2.3., nel Foglio 256 i depositi del Subsistema di Ravenna registrano il ritorno delle facies fini di piana alluvionale sopra il conoide ghiaioso regressivo della porzione sommitale del Subsistema di Villa Verucchio. L'intervallo temporale in cui si sviluppa il Subsistema di Ravenna (da c.a 12 ka, età BP non calibrata corrispondente a c.a 14 ka età BP calibrata, ad oggi, tab. 3) fa seguito al massimo glaciale registrato dallo stadio isotopico 2 (c.a 18 ka, MARTINSON *et alii*, 1987) e si colloca in una fase di rapido aumento della temperatura che si accompagna al rapido spostamento verso terra della linea di costa durante la trasgressione olocenica (PIRAZZOLI, 1993; CORREGGIARI *et alii*, 1996; AMOROSI *et alii*, 1999). I dati pollinici relativi al sottosuolo del Foglio 256 registrano questa tendenza al miglioramento climatico con la comparsa di latifoglie arboree decidue relativamente termofile, mentre le facies riflettono la repentina disattivazione del conoide pleistocenico e lo sviluppo di una piana alluvionale non drenata con diffusi impaludamenti (si vedano le sezioni geologiche di dettaglio nel Foglio allegato alla Carta geologica e le stratigrafie dei sondaggi in Appendice 1). Questo cambiamento di facies si accompagna, nel settore intravallivo del F. Marecchia, ad un terrazzamento dei depositi di conoide tramite scarpate ad andamento relativamente sinuoso, che interessano una porzione ristretta della valle ed in cui sono confinati i depositi ghiaiosi di canale (si veda il settore della valle del F. Marecchia nella Carta Geologica). Anche nella piana alluvionale si registra una forte riduzione nella dimensione e frequenza di questi depositi grossolani (si veda la "Carta del tetto delle ghiaie" nel Foglio allegato alla Carta Geologica). Il passaggio dalla fase regressiva del Subsistema di Villa Verucchio a quella trasgressiva del Subsistema di Ravenna è marcato dallo sviluppo di una lacuna stratigrafica di qualche migliaio di anni corrispondente ad un paleosuolo piuttosto evoluto nelle zone di apice del conoide pleistocenico e rilevabile su base radiometrica al di sopra dei depositi di conoide più distali (sondaggio 256-S3 e fig. 12). Dopo questa fase di impaludamento generalizzato fa seguito lo sviluppo di una piana alluvionale ben drenata con paleosuoli fino al tetto della successione (sondaggi in Appendice 1).

La disattivazione delle conoidi alluvionali, la formazione di un reticolo idrografico molto inciso con andamento sinuoso anche dentro la valle e gli scarsi fenomeni di avulsione fluviale che sono registrati nei depositi del Subsistema di Ravenna del Foglio 256, sono stati osservati anche nei depositi della stessa età di altri fiumi e torrenti dell'Appennino Emiliano-Romagnolo (Fogli 220, 221, 238, 255, in preparazione ed in stampa), nonchè in alcuni fiumi del nord Europa (VANDERBERGHE *et alii*, 1994) e degli Stati Uniti meridionali (BLUM *et alii*, 1994). Queste modificazioni della sedimentazione fluviale, che si sviluppano durante il miglioramento climatico che segue lo stadio isotopico 2, sembrerebbero gli effetti di una forte riduzione dell'apporto di sedimento rispetto alla portata dei corsi d'acqua (VANDERBERGHE, 1993; BLUM *et alii*, 1994). In questo quadro la sovraescavazione degli alvei e gli scarsi fenomeni di esondazione spiegherebbero lo sviluppo di un paleosuolo evoluto all'apice delle conoidi (BESTLAND, 1997; BLUM, 1993) e la presenza di estese lacune alla base dei depositi tra-

sgressivi (fig. 12). Allo stesso tempo la forte riduzione della sedimentazione di canale fluviale e lo sviluppo di impaludamenti generalizzati della pianura alluvionale sono in buon accordo con una fase di rapida risalita eustatica (BREYUER, 1997; MIALI, 1996 pag. 472). Le sezioni geologiche del Foglio allegato alla Carta Geologica mostrano che questi depositi palustri non vengono mai in affioramento e che l'insieme dei depositi palustri e di piana alluvionale del Subsistema di Ravenna hanno geometria complessiva a cuneo che si assottiglia progressivamente verso monte. Questi due elementi fanno ritenere che la base del ciclo trasgressivo-regressivo del subsistema poggia sull'unità precedente con una geometria ad *onlap* in modo tale che la lacuna stratigrafica che si sviluppa alla base sia maggiore nelle porzioni intravallive, dove infatti sono presenti suoli abbastanza evoluti (che in ampi settori sono tuttora affioranti e quindi in evoluzione), mentre tenda ad attenuarsi sottocorrente.

La tendenza progradante/aggradante dei depositi alluvionali che chiudono il Subsistema di Ravenna è considerata il prodotto di una riattivazione dei sistemi fluviali successivamente alla generale disattivazione della fase di massima trasgressione (si vedano le sezioni geologiche di dettaglio nel Foglio allegato alla Carta geologica e le stratigrafie dei sondaggi in Appendice 1). È interessante notare che il massimo sviluppo delle facies palustri all'interno della piana alluvionale, avviene durante i 12 ka e 9 ka (età B.P. non calibrate, corrispondenti rispettivamente a c.a 14 - 10 ka calibrate, tab. 3), ovvero varie migliaia di anni prima della fase di massima ingressione marina (intorno a 5.5 ka, età calibrata). Al contrario, i dati radiometrici e di facies (Appendice 1) indicano che durante la massima ingressione del mare, mentre si sviluppava il cordone litorale nei pressi dell'attuale linea di costa, la piana alluvionale di questo settore era già evoluta verso condizioni drenate.

L'ultima fase di sviluppo dei depositi alluvionali e marini del Foglio 256 è registrata nell'unità di Modena che ha un'età che va dall'epoca post romana all'attuale e spessori di pochi metri. Questa unità costituisce un piccolo stadio di crescita della pianura e del litorale all'interno della generale tendenza regressiva che ha caratterizzato la storia più recente del Subsistema di Ravenna (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 223-Ravenna, 1999). L'esteso sviluppo di tracimazioni fluviali da parte dei corsi d'acqua secondari posti a nord-ovest del Foglio 256, al di sopra di una superficie stabile e pedogenizzata di età romana (o più antica), sembra rappresentare il prodotto delle varie fasi di degradazione climatica che si sono sviluppate in queste regioni successivamente all'optimum climatico di epoca romana. Fra queste si ricordano il deterioramento climatico dell'alto medioevo o quello relativo alla "piccola età glaciale" del 1.600-1.850 d.C. (CREMASCHI & GASPERI, 1989; VEGGIANI, 1990, 1994).

In questo contesto caratterizzato da una ciclicità climatico-eustatica è rilevabile anche un controllo tettonico sindeposizionale sulla geometria dei depositi e sulla loro preservazione dai processi erosivi. La principale evidenza di ciò è data dall'aumento progressivo di inclinazione (basculamento) dei depositi terrazzati del settore intravallivo. Il più antico terrazzo preservato nella valle del F. Marec-

chia (AES₆, disattivato c.a. 125 ka BP) ha un'inclinazione di c.a. 18 per mille e, nei pressi di La Valle, arriva fino a 125 m di quota s.l.m. in un'area dove l'attuale alveo fluviale si colloca a c.a. 80 m s.l.m. Il basculamento dei terrazzi e degli orizzonti ghiaiosi del sottosuolo, a cui i terrazzi sono correlati, riflette evidentemente un sollevamento della catena appenninica lungo il suo margine. Questo è probabilmente tuttora in corso (ELMI & NESCI 1991; CERRINA FERONI *et alii*, 1997; CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, Foglio 265-Bagno di Romagna, in stampa) come sarebbe testimoniato anche dalla recente formazione della scarpata di terrazzo marino e dalla sua preservazione (ELMI *et alii*, 1987). Tale sollevamento ha portato i depositi fluviali dei settori intervallavi più interni a quote tali da non venire più coinvolti nei processi erosivi di sovraescavazione fluviale ed ha determinato una progressiva riduzione della sezione valliva.

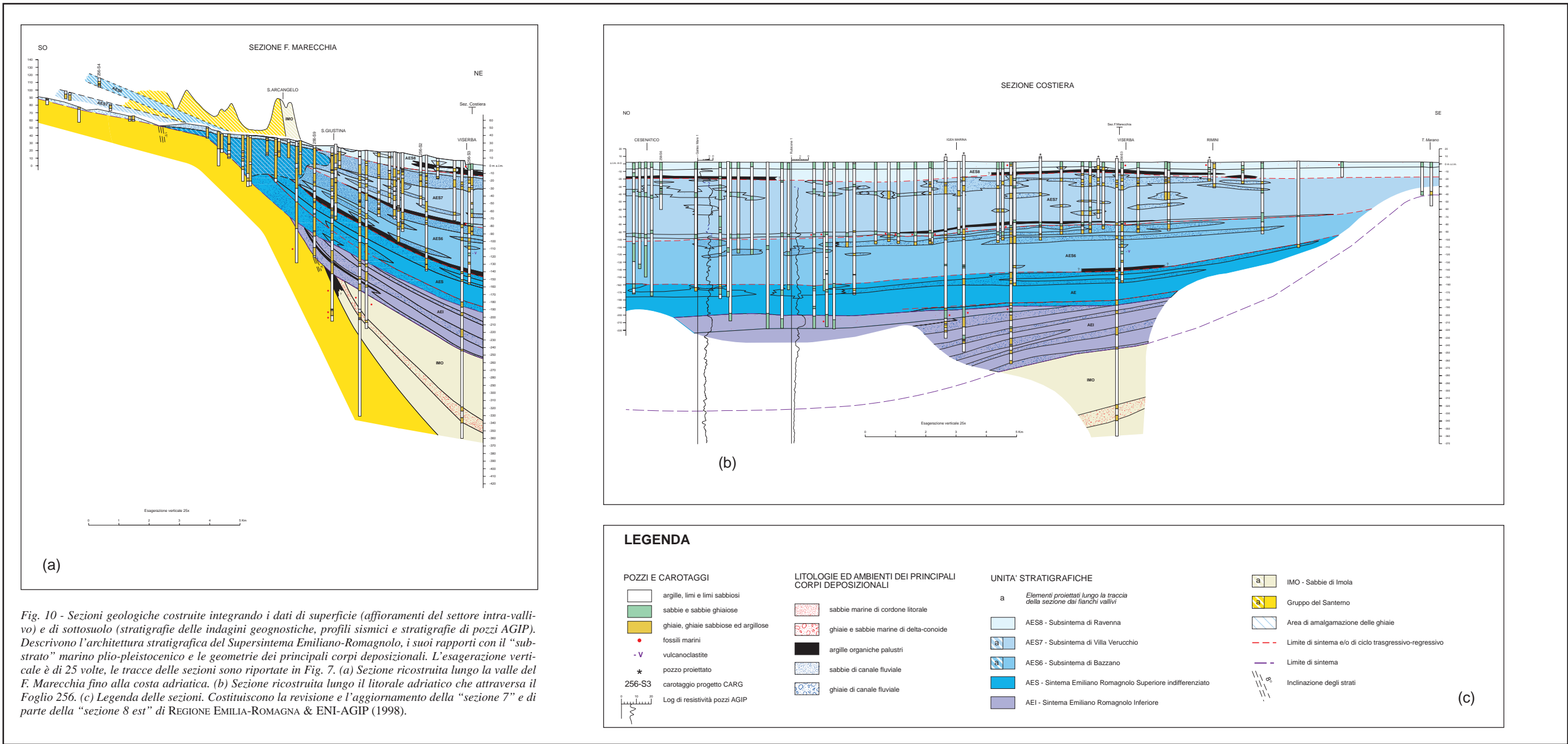


Fig. 10 - Sezioni geologiche costruite integrando i dati di superficie (affioramenti del settore intra-vallivo) e di sottosuolo (stratigrafie delle indagini geonostiche, profili sismici e stratigrafie di pozzi AGIP). Descrivono l'architettura stratigrafica del Supersistema Emiliano-Romagnolo, i suoi rapporti con il "substrato" marino plio-pleistocenico e le geometrie dei principali corpi deposizionali. L'esagerazione verticale è di 25 volte, le tracce delle sezioni sono riportate in Fig. 7. (a) Sezione ricostruita lungo la valle del F. Marecchia fino alla costa adriatica. (b) Sezione ricostruita lungo il litorale adriatico che attraversa il Foglio 256. (c) Legenda delle sezioni. Costituiscono la revisione e l'aggiornamento della "sezione 7" e di parte della "sezione 8 est" di REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998).

LEGENDA

- | | | | |
|---|--|---|--|
| <p>POZZI E CAROTAGGI</p> <ul style="list-style-type: none"> argille, limi e limi sabbiosi sabbie e sabbie ghiaiose ghiaie, ghiaie sabbiose ed argillose fossili marini vulcanoclastite pozzo proiettato carotaggio progetto CARG Log di resistività pozzi AGIP | <p>LITOLOGIE ED AMBIENTI DEI PRINCIPALI CORPI DEPOSIZIONALI</p> <ul style="list-style-type: none"> sabbie marine di cordone litorale ghiaie e sabbie marine di delta-conoide argille organiche palustri sabbie di canale fluviale ghiaie di canale fluviale | <p>UNITA' STRATIGRAFICHE</p> <ul style="list-style-type: none"> AES8 - Subsistema di Ravenna AES7 - Subsistema di Villa Verucchio AES6 - Subsistema di Bazzano AES - Sistema Emiliano Romagnolo Superiore indifferenziato AEI - Sistema Emiliano Romagnolo Inferiore | <ul style="list-style-type: none"> IMO - Sabbie di Imola Gruppo del Santerno Area di amalgamazione delle ghiaie Limite di sistema e/o di ciclo trasgressivo-regressivo Limite di sistema Inclinazione degli strati |
|---|--|---|--|