PROVINCIA DI BOLOGNA

piano strutturale comunale
circondario imolese

Nuovo Circondario IMOLESE

Nuovo Circondario Imolese	Presidente: Franco Lorenzi
Comune di Borgo Tossignano	Sindaco Stefania Dazzani
Comune di Casalfiumanese	Sindaco Roberto Poli
Comune di Castel del Rio	Sindaco Salvatore Cavini
Comune di Castel Guelfo	Sindaco Dino Landi
Comune di Castel San Pietro Terme	Sindaco Vincenzo Zacchiroli
Comune di Dozza	Sindaco Antonio Borghi
Comune di Fontanelice	Sindaco Vanna Verzelli
Comune di Imola	Sindaco Daniele Manca
Comune di Medicina	Sindaco Nara Rebecchi
Comune di Mordano	Sindaco Roberto Andalò

Responsabile di progetto per QC e DP: Arch. Moreno Daini
Responsabile di progetto per il PSC/RUE da ottobre 2010: Arch. Ivano Serrantoni

QUADRO CONOSCITIVO
Sistema ambientale
Aspetti geologici

VOLUME 2

ALLEGATO A.1

Indagine geologico-ambientale

A cura di: Geol. Giorgio Gasparini, Geol. Marco Capitani

novembre 2008

GRUPPO DI LAVORO

Ufficio di Piano Federato:
Moreno Daini, *Dirigente*
Franco Capra, *Coordinatore*
Sandra Manara, *Coordinatore fino al 31.08.2007*
Raffaella Baroni, *Segreteria Operativa*
Giuliano Ginestri, *Ufficio di Pianificazione*
Chiara Manuelli, *Ufficio di Pianificazione*
Francesca Tomba, *Ufficio di Pianificazione*
Lorenzo Diani, *Ufficio Cartografico*
Serena Simone, *Ufficio Cartografico*

Collegio dei Funzionari:
Carlo Arcangeli, *Comune di Borgo Tossignano*
Alessandro Costa, *Comune di Casalfiumanese*
Maurizio Bruzzi, *Comune di Castel del Rio*
Vittorio Giogoli, *Comune di Castel Guelfo*
Ivano Serrantoni, *Comune di Castel San Pietro Terme*
Susanna Bettini, *Comune di Dozza*
Francesco Zucchni, *Comune di Fontanelice*
Fulvio Bartoli, *Comune di Imola*
Emanuela Casari, *Comune di Medicina*
Alfonso Calderoni, *Comune di Mordano*

Collaboratori e consulenti esterni:
Maurizio Coppo, *Sistema infrastrutturale, trasporti*
Giorgio Gasparini, *Analisi idrogeologica e sismica*
Marco Capitani, *Analisi idrogeologica e sismica*
Xabier Z.Gonzalez Muro, *Coord.Sistema archeologico*
Giacomo Orofino, *Sistema archeologico*
Tommaso Quirino, *Sistema archeologico*
Fulvio Ventura, *Analisi statistiche e demografiche*
Angela Vistoli, *ValSAT*
ERVET S.r.l., *ValSAT*
Alessandro Bettini, *Pianificazione comunale*
Diego Bianchi, *Pianificazione comunale*
Massimo Gianstefani, *Pianificazione comunale*
Piergiorgio Mongioj, *Pianificazione comunale*
Mario Piccinini, *Pianificazione comunale*
Claudio Remondini, *Pianificazione comunale*
Lucietta Villa, *Pianificazione comunale*
Patrizia Tassinari, *DEIAgra, Coord. Sist. rurale*
Stefano Benni, *DEIAgra, Sistema rurale*
Franco Baraldi, *DEIAgra, Sistema rurale*
Rino Ghelfi, *DEIAgra, Sistema rurale*
Gabriele Paolinelli, *DEIAgra, Sistema rurale*
Alessandro Ragazzoni, *DEIAgra, Sistema rurale*
Domenico Regazzi, *DEIAgra, Sistema rurale*
Sergio Rivaroli, *DEIAgra, Sistema rurale*
Daniele Torreggiani, *DEIAgra, Sistema rurale*
Gianmaria Saverio Orselli, *Cartografia*
Renato Tegoni, *Cartografia vettoriale*
CORE Soluzioni informatiche S.r.l.

Si ringraziano per la collaborazione fornita: Tommaso Bonino dell'Agenzia di Controllo sul TPL, la Direzione Generale del 3° Tronco della Soc. Autostr ade per l'Italia, i dirigenti della AUSL di Imola, Libero Calamosca Presidente provinciale della FIAIP, Beatrice Dall'Acqua, Silvia Marchi e Francesca Cazzetta per il supporto tecnico nell'elaborazione del Quadro Conoscitivo, e i tecnici dei Comuni del Circondario che hanno collaborato a fornire dati e informazioni oltre al cartografo del Comune di Imola Roberto Cenni.

INDICE

1 INTRODUZIONE 1
2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E CARTOGRAFICO 2
3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE 4
4 GEOLOGIA DEL TERRITORIO DEL NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE 6
4.1 Introduzione 8
4.2 Stratigrafia 9
4.2.1 Unità stratigrafiche e Successioni sedimentarie d'ambiente marino 11
4.2.1.1 Liguridi (Unità del Dominio Ligure) 12
4.2.1.1.1 Formazioni pre-flysch 13
4.2.1.1.1.1 Argille a palombini (APA) età: Cretaceo inf.-Turoniano 13
4.2.1.1.1.2 Argille variegate di Grizzana Morandi (AVT, AVTb) età: Cenomaniano - Santoniano sup. 14
4.2.1.1.1.3 Argille varicolori della Val Samoggia (AVS, AVSam, AVSc) età: Cretaceo infe.-Eocene inf. 14
4.2.1.1.1.4 Arenarie di Scabiazza (SCB) (età: Turoniano sup.-Campaniano inf.) 15
4.2.1.1.2 Successione della Val Lavino 16
4.2.1.1.2.1 Formazione di Poggio (FPG, FPGa, FPG1) età: Paleocene?-Eocene inf. 16
4.2.1.1.2.2 Formazione di Savigno-membro di San Prospero (SAG2), età: Ypresiano-Luteziano 17
4.2.1.1.3 Successione della Val Rossenna 17
4.2.1.1.3.1 Formazione di Monghidoro (MOH) età: Maastrichtinano sup.-Paleocene 17
4.2.1.1.4 Formazione di Monte Morello (MLL) età: Ypresiano-Luteziano 17
4.2.1.2 Dominio subligure 18
4.2.1.2.1 Formazione di Sassonero (SSN, SSNa) età: oligocene inf. 18
4.2.1.2.2 Formazione di Ca' di Lesso (LES) età: Oligocene?-Aquitaniano 18
4.2.1.3 Successione epiligure 19
4.2.1.3.1 Marne di Monte Piano (MMP) età: Bartoniano-Rupeliano 20
4.2.1.3.2 Formazione di Loiano (LOI, LOI2, LOIap) età: Luteziano-Priaboniano 21
4.2.1.3.3 Formazione di Ranzano-membro di Albergana (RAN4) età: Oligocene inf. 21
4.2.1.3.4 Brecce argillose della Val Tiepido-Canossa (MVT, MVTb) età: Aquitaniano 22
4.2.1.3.5 Formazione di Antognola (ANT, ANT4) età: Rupeliano terminale-Burdigaliano 22
4.2.1.3.6 Formazione di Contignaco (CTG) 23
4.2.1.3.7 Formazione di Pantano (PAT) (età: Burdigaliano sup..- Langhiano inf.) 23
4.2.1.3.8 Formazione di Cigarello (CIG, CIG5, CIGa) età: langhiano inf.-Serrvalliano 24
4.2.1.3.9 Olistostroma del Rio delle Pioppe(FRP, FRPa) età: Serravalliano? 24
4.2.1.3.10 Formazione del Termina (TER, TER1) età: Tortoniano 25
4.2.1.4 Dominio Umbro-Romagnolo 25
4.2.1.4.1 Formazione Marnoso-Arenacea 27
4.2.1.4.1.1 Membro di Galeata (FMA4) 28
4.2.1.4.1.2 Membro di Monte Bassana (FMA7) 28
4.2.1.4.1.3 Membro di Nespoli (FMA8, FMA8a, FMA8b) 28
4.2.1.4.1.4 Membro di Civitella di Romagna (FMA9) 29
4.2.1.4.1.5 Membro di Dovadola (FMA10) 29
4.2.1.4.1.6 Membro di Castel del Rio (FMA12, FMA12a, FMA12c) 30
4.2.1.4.1.7 Membro di Fontanelice (FMA13) 31
4.2.1.4.1.8 Membro di Borgo Tossignano (FMA14, FMA14a) 31
4.2.1.4.1.9 Livelli guida o inclusi nella Formazione Marnoso Arenacea 32
4.2.1.4.2 Formazione dei Ghioli di Letto, litofacies marnosa (Ghlm) età: Messiniano 32
4.2.1.5 Dominio Padano-Adriatico 33
4.2.1.5.1 Olistostroma della Val Sellustra (SLL, SLLa, SLLb e SLLc) età: Tortoniano?-Pliocene 34
4.2.1.5.2 Formazione Gessoso-Solfifera (GES, GES1, GES2a) età: Messiniano 34
4.2.1.5.3 Formazione a Colombacci (FCO, FCOa, FCOb) età: Messiniano superiore 35
4.2.1.5.4 Marne di Cella (CEA) età: Pliocene basale 36
4.2.1.5.5 Argille Azzurre (FAA, FAA2a, FAA2d, FAAa, FAAap, FAAc, FAAps) età: Pliocene inf.-Pleistocene inf. 36
4.2.1.5.6 Sabbie di Imola (IMO, IMO1, IMO1c, IMO2, IMO3) età: Pleistocene medio 38
4.2.2 Unità stratigrafiche e Successioni sedimentarie d'ambiente continentale 39
4.2.2.1 Sintema emiliano romagnolo inferiore (AEI) età: Pleistocene medio (tra 400-430.000 anni e 650.000 anni) 41
4.2.2.2 Sintema emiliano romagnolo superiore (AES) età: Pleistocene medio-olocene (< 400.000 anni) 42
4.2.2.2.1 Subsintema di Liano (AES4) età: Pleistocene medio 44
4.2.2.2.2 Subsintema di Torre Stagni (AES5) età: Pleistocene medio 44
4.2.2.2.3 Subsintema di Bazzano (AES6) età: Pleistocene medio 45
4.2.2.2.4 Subsintema di Villa Verrucchio (AES7) età: Pleistocene superiore 45
4.2.2.2.5 Subsintema di Ravenna (AES8) età: Pleistocene sup-Olocene (<14.000 anni) 45

4.2.3 Coperture superficiali oloceniche 46
4.3 Assetto geologico-strutturale del territorio del Nuovo Circondario Imolese 47
4.3.1 Settore Ovest 47
4.3.2 Settori sud e centrale 49
4.3.3 Settore nord 50
4.4 Sismicità 52
4.5 Acque minerali e emissioni lutivome 55
5 CARTA LITOTECNICA 57
6 IDROGEOLOGIA 59
6.1 Introduzione 59
6.2 Settore di montagna 59
6.3 Settore di Pianura 62
6.4 Risorse idrogeologiche e pianificazione sovraordinata 72
6.5 Subsidenza 75
7 GEOMORFOLOGIA 79
7.1 Introduzione 79
7.2 Caratteri Geomorfologici generali del territorio del Nuovo Circondario Imolese 79
7.3 Acclività –Tavola 2.1.3 – Carta dell'acclività 82
7.4 Forme, Processi e depositi di ambiente fluviale 87
7.4.1 Reticolo idrografico 87
7.4.2 Terrazzi fluviali 89
7.4.3 Altre forme di ambiente fluviale 93
7.4.3.1 Forme fluviali di pianura 97
7.5 Forme, processi e depositi gravitativi e di versante 99
7.5.1 Frane e accumuli franosi 99
7.5.2 Aree calanchive 102
7.5.3 Altre forme e processi di versante 106
7.6 Forme di origine antropica 107
7.7 Altri elementi riportati sulla Carta Geomorfologica: Grotte, Geositi e Beni geologici (Geositi o Geotopi), Siti di Importanza Comunitaria/Zone di Protezione Speciale (SIC/ZPS) 108
7.7.1 Grotte 108
7.7.2 Geositi 109
7.7.3 Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e Zone di protezione speciale (ZPS) 111
8 RETICOLO IDROGRAFICO-TAVOLA 2.1.5 (TUTELA RETICOLO IDROGRAFICO) 113
8.1 Introduzione 113
8.2 Pianificazione sovraordinata 113
8.3 Contenuti della Carta di cui alla Tavola 2.1.5 114
8.3.1 Reticolo idrografico 114
8.3.2 Alvei attivi ed invasi dei bacini idrici (AA) (art. 4.2 del PTCP) 114
8.3.3 Fasce di tutela fluviale (FTF) (art. 4.3 del PTCP) 114
8.3.4 Fasce di pertinenza fluviale (FPF) (recepimento dell'art. 4.4 del PTCP 115
8.3.5 Fasce di tutela fluviale da PRG (Fasce di Pertinenza Fluviale contermini (FPFc). 115
8.3.6 Aree ad alta probabilità d'inondazione (recepimento dell'art. 4.5 del PTCP) 116
8.3.7 Aree per la realizzazione di interventi idraulici strutturali (recepimento dell'art. 4.6 del PTCP) 116
8.3.8 Aree innondabili in seguito a piogge con Tr:200 anni 116
9 VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE 118
9.1 Classificazione sismica 118
9.2 Pericolosità sismica 120
9.2.1 Pericolosità di base (o pericolosità locale) 122
9.2.2 Pericolosità locale 122
9.2.2.1 Premessa 122
9.2.2.2 Fenomeni di instabilità 125
9.2.2.2.1 Liquefazione dei terreni in condizioni sismiche 125
9.2.2.2.2 Mobilizzazione di frane 124
9.2.2.2.3 Perdita della capacità portante dei terreni di fondazione 124
9.2.2.2.4 Fenomeni di amplificazione 124
9.3 Valutazione degli effetti sismici locali nel Nuovo Circondario Imolese-Tavola 2.1.4-Carta degli effetti di sito 126
10 CONCLUSIONI 130
11 BIBLIOGRAFIA 131

1 INTRODUZIONE

Vengono qui descritti i risultati dell'indagine Geologico-Ambientale eseguita nell'ambito della definizione del Quadro Conoscitivo del Piano Strutturale Comunale, redatto in forma associata, dei Comuni del Nuovo Circondario Imolese (BO).

La relazione analizza e descrive le caratteristiche fisiche e naturali del territorio del Circondario Imolese, con particolare riferimento alla geologia, geomorfologia, idrogeologia, sismicità e beni geologici.

Sono stati utilizzate dati bibliografici e di archivio, forniti dai Comuni del Circondario o da altri enti territoriali tra i quali la Regione Emilia-Romagna, la Provincia di Bologna e l'Autorità di Bacino del Fiume Reno.

Le elaborazioni sono state basate soprattutto sulle informazioni contenute:

- nella Banca Dati della *Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo,* rilevate e organizzate come tematismi di un Sistema Informativo Territoriale (SIT) a cura del *Servizio Geologico Sismico e dei Suoli* della *Regione Emilia-Romagna*;
- nella Banca Dati Geologici di Pianura della *Carta Geologica di Pianura dell'Emilia-Romagna*, rilevate e organizzate come tematismi di un Sistema Informativo Territoriale a cura del *Servizio Geologico Sismico e dei Suoli* della *Regione Emilia-Romagna;*
- nel modello digitale del terreno fornito dall'Ufficio Cartografico regionale;
- nelle fotografie aeree (ortofoto) volo IT2000 e volo AGEA2005, disponibili in consultazione presso l'*Ufficio di Piano Federato* del *Nuovo Circondario Imolese*;
- nel SIT allestito dalla *Provincia di Bologna* che contiene i dati e le informazioni relativi al *Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale* (PTCP);
- nel SIT allestito dall'*Autorità di Bacino del Fiume Reno* che contiene i dati inerenti il *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico* del Bacino del Fiume Reno (PSAI);
- in altre fonti bibliografiche e di archivio;
- in dati e osservazioni rilevate in occasione di sopralluoghi sul terreno.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E CARTOGRAFICO

Il territorio del Nuovo Circondario Imolese (Figura 1) è formato da 10 comuni (Figura 2 e Tabella 1) e costituisce la parte sud orientale della Provincia di Bologna al confine con le Provincie di Ferrara, a nord est, di Ravenna, a est, e di Firenze a Sud. Il Nuovo Circondario si estende su una superficie complessiva pari a quasi 787 Km^2, tra la bassa pianura dei Comuni di Medicina, di Mordano e di una porzione di Imola, fino all'alta montagna dei Comuni di Castel del Rio, Fontanelice e Casalfiumanese (Figure 1 e 2).

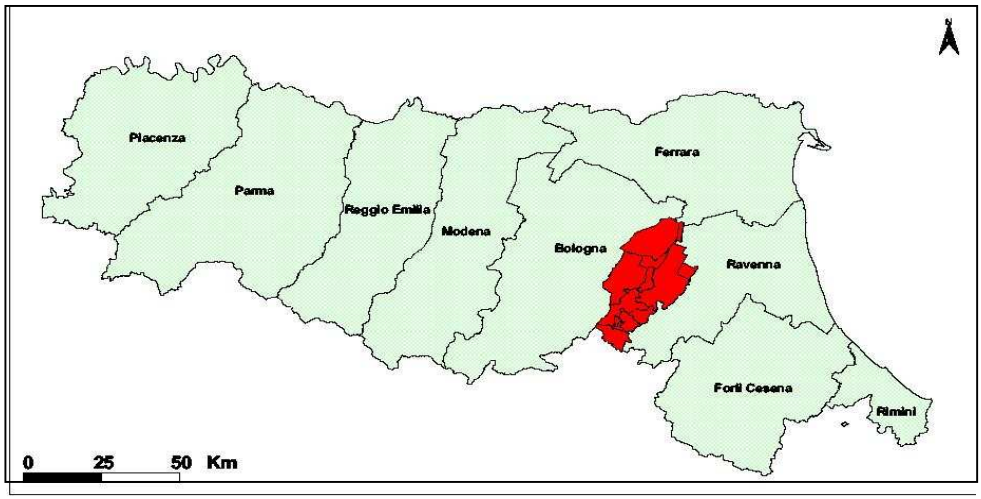

Figura 1 – Inquadramento regionale del Nuovo circondario Imolese.

Dal punto di vista cartografico la corografia del territorio del Nuovo Circondario Imolese è descritta nei fogli alla scala 1:50.000 della Carta Topografica Regionale nn. 221, 222, 238, 239 e 253 (Tabella 2) e nelle Tavole nn. 221NE, 221SO, 221 SE, 222NO, 238NO, 238NE, 238SO, 238SE, 239NO, 239SO, 253NO e 235NE, della Carta Topografica Regionale alla scala 1:25.000 (Tabella 2).

Per quanto riguarda l'elenco delle sezioni della Carta Tecnica Regionale che descrivono la topografia del territorio dei Comuni del Circondario si rimanda all'elenco di cui alla Tabella 2.

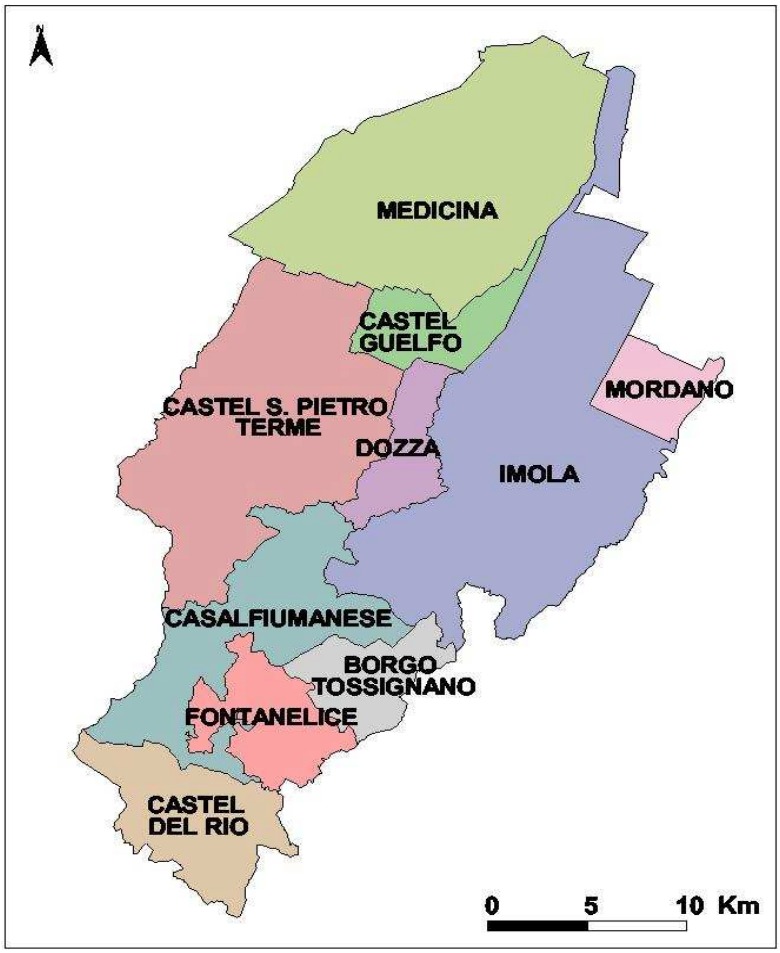

Figura 2 – Il Nuovo Circondario Imolese è formato dai 10 Comuni dell'area SE della Provincia di Bologna

Comune di	Superficie
	Km²
Borgo Tossignano	29,1
Casalfiumanese	81,9
Castel del Rio	52,5
Castel Guelfo	28,5
Castel San Pietro T.	148,5
Dozza	24,2
Fontanelice	36,6
Imola	205,1
Medicina	159
Mordano	21,4
Superficie totale del Nuovo Circondario Imolese	786,8

Tabella 1 – Comuni che fanno parte del Nuovo Circondario Imolese e rispettiva estensione territoriale.

Scala 1:50.000	Scala 1:25.000	Scala 1:10.000
221	221NE	221040
221	221NE	221070
221	221NE	221080
221	221SE	221110
221	221SE	221120
221	221SO	221140
221	221SE	221150
221	221SE	221160
222	222NO	222010
222	222NO	222020
222	222NO	222050
222	222NO	222060
222	222SO	222090
222	222SO	222100
222	222SO	222130
222	222SO	222140
222	222SE	222150
238	238NO	238020
238	238NE	238030
238	238NE	238040
238	238NO	238060
238	238NE	238070
238	238NE	238080
238	238SO	238100
238	238SE	238110
238	238SE	238120
238	238SO	238140
238	238SE	238150
238	238SE	238160
239	239NO	239010
239	239NO	239020
239	239NO	239050
239	239NO	239060
239	239SO	239090
253	253NO	253020
253	253NE	253030

Tabella 2-Quadro generale delle rappresentazioni cartografiche del territorio del Nuovo Circondario Imolese.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Il territorio del Nuovo Circondario Imolese fa parte, dal punto di vista geologico, nel sistema montuoso dell'Appennino Settentrionale, che è una catena (Figura 3) formata dalla sovrapposizione di “falde tettoniche” (Figure 3 e 4), strutturalmente inquadrabile nel contesto del modello di prisma d'accrezione (Treves, 1984). Secondo gli studiosi di geologia, la genesi e l'evoluzione della catena appenninica sarebbero iniziati a partire almeno dall'Eocene, se non nel Cretaceo superiore, durante la fase orogenica mesoalpina (AA.VV., 1992). In tale periodo, le successioni liguri furono impilate le une sulle altre, a formare un prisma di accrezione che, secondo alcuni autori, sarebbe da considerare un elemento strutturale della catena alpina successivamente inglobato nella struttura geologica Appenninica (Cerrina Ferroni et al., 2004).

La frequente attività sismica che si riscontra soprattutto nell'area di pianura, ma anche nell'alto Appennino, sono la testimonianza diretta e attuale che l'evoluzione della catena non si è ancora conclusa.

Lo studio delle rocce che formano l'Appennino Settentrionale ha permesso di ricostruire successioni sedimentarie distinte, di origine marina, che compongono le diverse falde tettoniche le quali, impilate le une sulle altre, formano l'attuale catena montuosa (Figure 3 e 4),. Il processo di sovrapposizione della pila di falde, si sarebbe sviluppano attraverso un lasso di tempo di diverse decine di milioni di anni, a seguito della chiusura dell'antico Oceano ligure-piemontese e della successiva collisione tra le placche continentali euroasiatica e africana.

Le principali unità tettoniche (falde) che formano il prisma d'accrezione appenninico settentrionale (Treves, 1984) sono denominate come segue[1] (dall'alto verso il basso in ordine di sovrapposizione):

- Unità liguri (Liguridi)
- Unità subliguri
- Falda toscana
- Unità umbro-romagnole e marchigiano-adriatiche.

Secondo il modello del prisma d’accrezione (Treves, 1984) le Liguridi sovrastano geometricamente le Unità subliguri che, a loro, volta si pongono al di sopra della Falda toscana e delle Successioni Umbro-Romagnola e Marchigiano-Adriatica, etc. a

[1] Le denominazioni possono differire a seconda degli autori consultati.

complicare ulteriormente tale quadro strutturale (semplificato) interverrebbero accavallamenti tettonici fuori sequenza e faglie distensive neotettoniche.

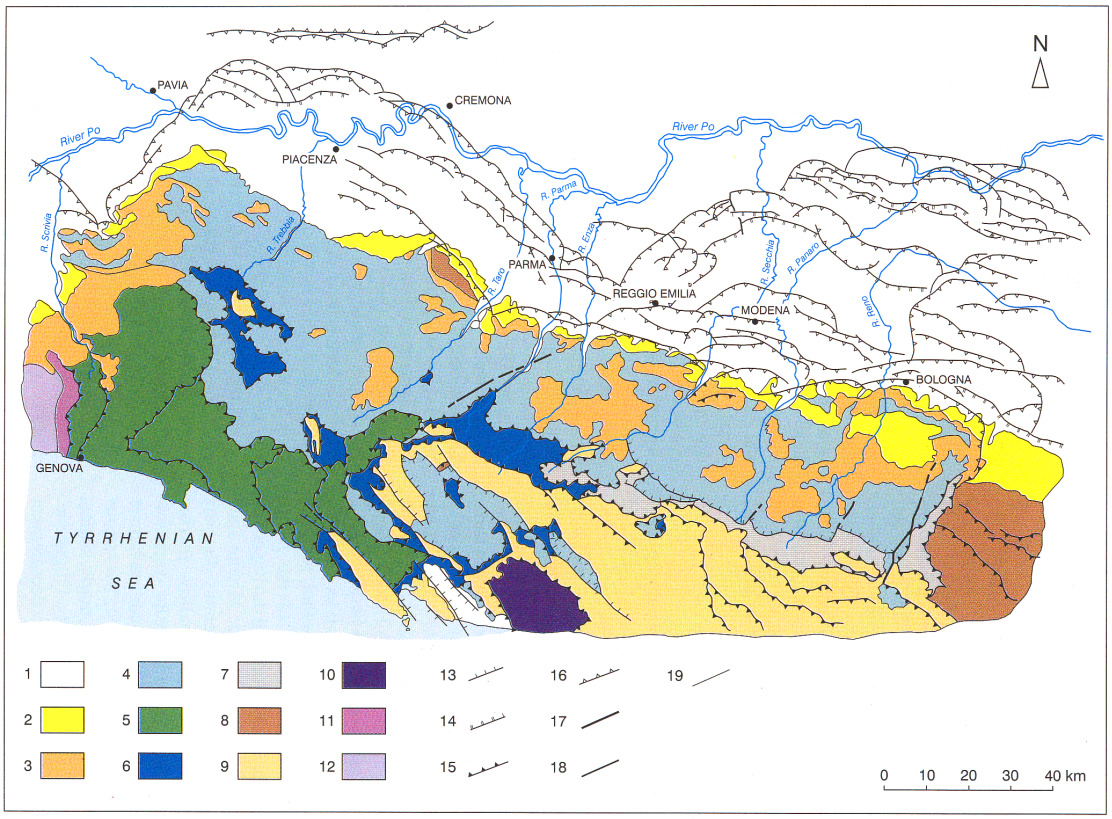

Figura 3-Carta geologica schematica dell'Appennino Settentrionale (Estratto da Bettelli & De Nardo, 2001). LEGENDA: 1) depositi quaternari; 2) Depositi marini del Miocene Sup.-Pleistocene; 3) Successione epiligure; 4) Unità liguri esterne; 5) Unità liguri interne; 6) Unità subliguri; 7) Unità tettonica Sestola-Vidiciatico e Melange di Firenzuola; 8) Unità umbro-romagnole; 9) Unità toscane; 10) Unità metamorfiche toscane; 11) Zona Sestri-Voltaggio; 12) Gruppo di Voltri; 13) Faglie dirette; 14) Faglie dirette (nel sottosuolo); 15) Faglie inverse e sovrascorrimenti; 16) Faglie inverse (nel sottosuolo); 17) Faglie trascorrenti, di strappo o di trasferimento; 18) Faglie ad alto angolo a cinametica ignota (nel sottosuolo); 19) Limiti litologici.

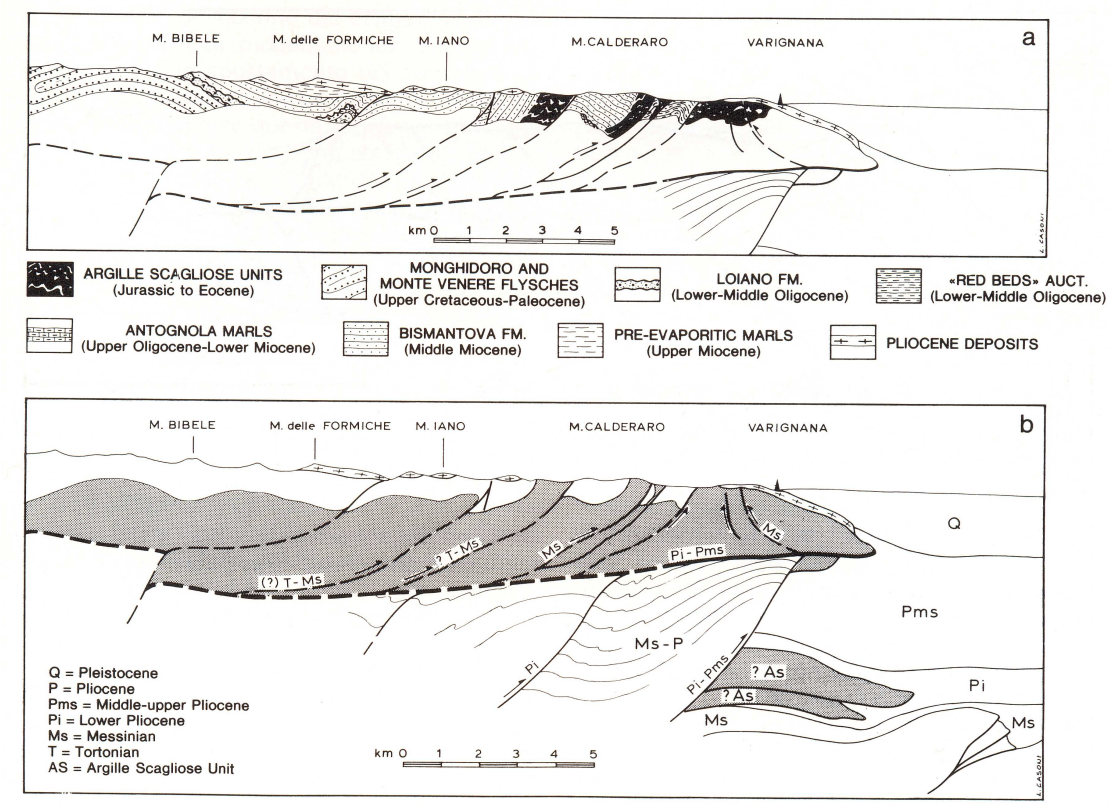

Fig. 5 - Sezione geologica (a) attraverso la coltre ligure del Bolognese tra Monghidoro, Varignana (Castel San Pietro) e il

Figura 4 - Sezione Geologica attraverso la coltre ligure del bolognese tra Monghidoro, Varignana (Castel San Pietro) e il margine padano (da Castellarin & Pini, 1989)

I processi orogenetici che hanno dato luogo alla formazione della catena appenninica settentrionale che, come si è detto, si sarebbero delineati per un lungo periodo (oltre 60 milioni di anni) avrebbero avuto luogo principalmente al di sotto del livello del mare. Durante tale intervallo di tempo, sulle falde tettoniche che formano la parte superiore del prisma d'accrezione appenninico (Liguridi e Subliguridi), sarebbe continuata la deposizione sedimentaria con la formazione della Successione Epiligure; quest'ultima rappresenta pertanto il risultato della sedimentazione in ambiente marino avvenuta, durante la costruzione del prisma d'accrezione dell'Appennino Settentrionale, tra l'Eocene e la fine del Miocene. Attraverso lo studio di tale successione sedimentaria è stato possibile riconoscere e datare i momenti di acme delle varie fasi tettoniche (riconoscendoli per la presenza di lacune stratigrafiche, di discordanze, di corpi sedimentari caotici, etc.) che si sono succedute durante l'evoluzione dell'Appennino Settentrionale (Bettelli et al., 1989a; 1989b; 1989c).

La stessa attuale distribuzione geografica delle unità tettoniche, e delle successioni sedimentarie, all'incirca secondo fasce subparallele alla direzione del crinale appenninico principale (circa NO-SE a ovest del Sillaro e NNO-SSE ad est) riflette

sostanzialmente la strutturazione a grande scala della catena (prisma d'accrezione). La stessa tettonica estensionale più recente (ultimi 5-7 milioni di anni) che ha interessato soprattutto, ma non esclusivamente, le regioni situate a meridione dello spartiacque principale (Toscana settentrionale) segue dei lineamenti strutturali disposti sempre secondo una direzione NO-SE/NNO-SSE.

L'evoluzione tettonica della catena appenninica si è sviluppata e continua anche ai giorni nostri; a testimonianza di ciò si possono richiamare le strutture tettoniche che hanno controllato la sedimentazione nel bacino padano, talora dislocando pure le unità sedimentarie più recenti plio-pleistoceniche di ambiente marino (che affiorano nei pressi del margine pedecollinare) e i depositi continentali del Pleistocene e dell'Olocene)che affiorano principalmente nelle valli o che formano il sottosuolo della pianura).

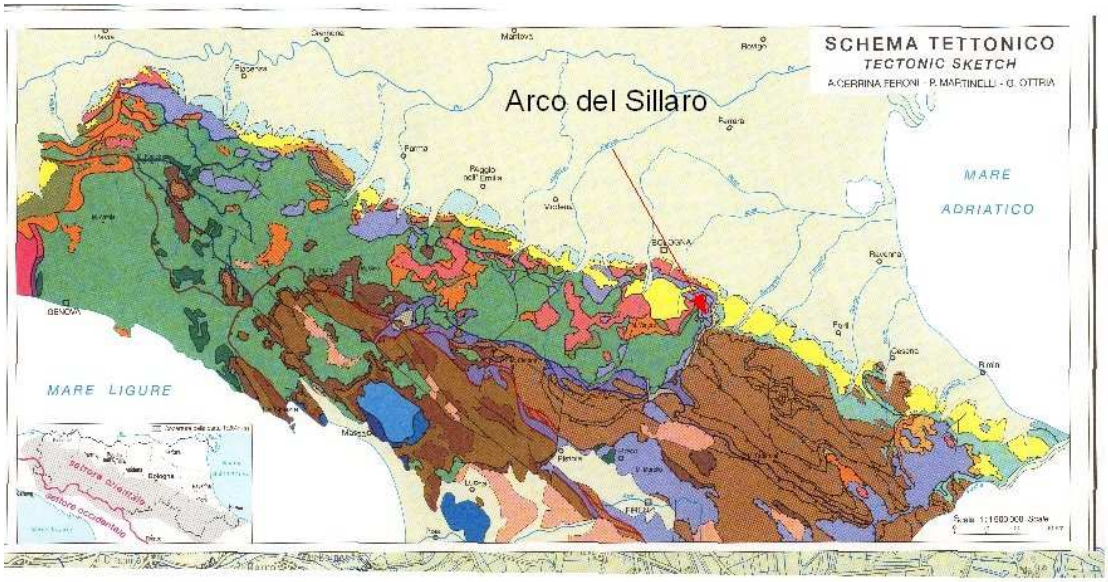

Figura 5 - Schema tettonico dell'appennino emiliano-romagnolo (Estratto da Cerrina Ferroni et al., 2002). La freccia in rosso sta a indicare l'ubicazione del sistema strutturale noto in letteratura come "Arco del Sillaro" o "Linea del Sillaro" (Castellarin & Pini, 1987). Lungo tale sistema strutturale si attua la sovrapposizione tettonica (accavallamento) delle unità afferenti al dominio Ligure (in verde a ovest) e le unità Umbro-Romagnole (in marrone a est). A est del Sillaro non vi sono più affioramenti di unità liguridi per diverse decine di chilometri finoa ridosso della Val Marecchia. Il sistema di sovrascorrimenti dell'"Arco del Sillaro" determina inoltre la scomparsa, in affioramento, della così detta "Vena del gesso" la cui presenza ed evidenza morfologica si annulla proprio in corrispondenza degli accavallamenti più orientali.

4 GEOLOGIA DEL TERRITORIO DEL NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE

4.1 INTRODUZIONE

Informazioni, dati e studi relativi alla geologia del territorio del Nuovo Circondario Imolese sono reperibili sparsi in numerosi articoli su riviste scientifiche e pubblicazioni; un qualsiasi elenco non risulterebbe esaustivo e pertanto nel corso della descrizione verranno citati solo una parte dei lavori consultati e riportati in bibliografia; bibliografia che vuole essere solo indicativa dei numerosi lavori che trattano della geologia dell'area qui esaminata.

Dal punto di vista litostratigrafico e struttuale il territorio del Circondario può essere suddiviso in quattro settori distinti (Figura 6):

- settore sud, delimitato verso nord dalla fascia di affioramento delle evaporiti messiniane (così detta *Vena del Gesso*) e a ovest dalle strutture di accavallamento del così detto sistema dell'Arco del Sillaro (Castellarani & Pini, 1987; Bettelli & Panini, 1992). Nel settore in oggetto affiorano principalmente rocce afferenti al Dominio paleogeografico Umbro-Romagnolo appartenenti alla Formazione Marnoso-Arenacea (Benini et al., in stampa);
- settore ovest, dove affiorano rocce afferenti principalmente ai Dominî Ligure e Subligure, nonché alla sovrastante Successione epiligure (Figura 6);
- settore centrale (o settore collinare) nel quale affiorano principalmente rocce ascrivibili al Dominio Padano Adriatico e in particolare appartenenti alla Formazione delle Argille Azzurre e alla formazione delle Sabbie di Imola (così dette Sabbie Gialle) che sul margine collinare sono ricoperte in discordanza dai depositi continentali pleistocenici che formano i terrazzi morfologici del margine pedecollinare (Figura 6);
- settore nord, corrispondente al settore di pianura del Circondario, che è caratterizzato da un sottosuolo formato dai depositi continentali dell'alta e media pianura bolognese (Figura 6).

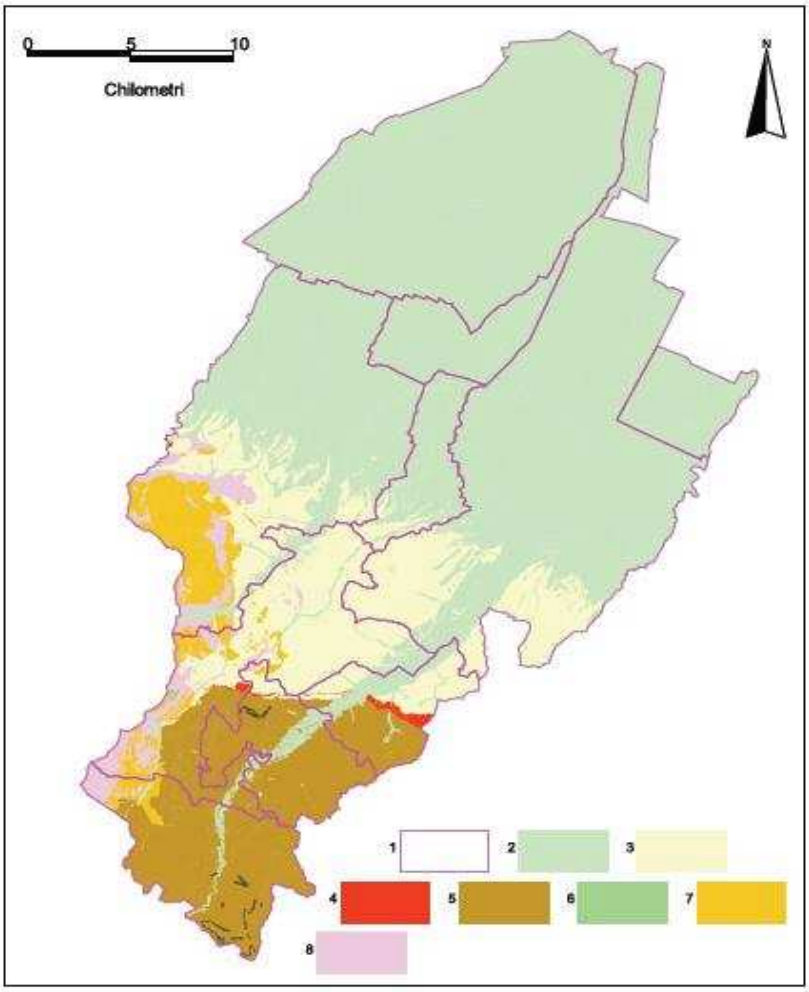

Figura 6- Dominî paleogeografici: le diverse rocce ascrivibili a varie unità litostratigrafiche e successioni sono riconducibili a dominî paleogeografici distinti. Legenda: 1) confini comunali; 2) Depositi fluviali terrazzati e della pianura (Settore Nord); 3) Rocce del Dominio Padano-Adriatico (Settore centrale); 4) Evaporiti messiniane (Settore sud); 5) Rocce del Dominio Umbro-romagnolo (settore sud), 6) Rocce del Dominio Subligure (Settore ovest); 7) Rocce appartenenti alla Successione Epiligure (Settore ovest); 8) Rocce del Dominio Ligure (settore ovest). (Elaborato sulla base dei dati della Carta Geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo alla scala 1:10.000, forniti dall'Ufficio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna).

4.2 STRATIGRAFIA

A grandi linee si può definire la *stratigrafia* come quella disciplina delle Scienze della Terra che si occupa di studiare e distinguere i corpi rocciosi, i loro rapporti reciproci e il loro succedersi in verticale e lateralmente. A seconda delle finalità dello studio, che possono essere di tipo meramente scientifico oppure applicativi, si possono identificare, e distinguere tra di loro, i corpi rocciosi sulla base di caratteristiche diverse; ne consegue che la *litostratigrafia* distingue i corpi rocciosi sulla base delle loro caratteristiche litologiche (identifica quindi le unità litostratigrafiche tra le quali l'unità base è denominata *formazione*), la *biostratigrafia* fa riferimento al contenuto in fossili; la *cronostratigrafia* prende come riferimento l'età dei corpi rocciosi; la magnetostratigrafia ha invece come scopo la distinzione di corpi rocciosi sulla base

delle loro caratteristiche magnetiche, ecc.

Normalmente le rocce (soprattutto quelle sedimentarie[2]) si succedono in ordine di età decrescente, con le più antiche che si trovano al di sotto delle più giovani; i fenomeni tettonici, tuttavia, possono comportare l'interruzione o anche l'inversione oppure addirittura la perdita quasi completa dell'originario ordine *stratigrafico*[3] la ricostruzione delle originarie successioni stratigrafiche può risultare molto difficoltosa e il risultato lacunoso. Per la realizzazione delle Carte Geologiche (in senso classico) dalle quali comunque è possibile derivare carte di tipo applicativo, vengono utilizzate solitamente le unità litostratigrafiche. Come già evidenziato nel paragrafo precedente, le rocce che costituiscono il substrato del territorio del Nuovo Circondario Imolese, sono riferibili a diversi Dominî paleogeografici; questi non riflettono altro che l'originario assetto geografico esistente prima (e durante) la formazione della catena montuosa appenninica, la quale avrebbe avuto origine dalla chiusura[4] di un bacino oceanico (oceano ligure) e dei contigui bacini marini su crosta continentale con conseguente deformazione e impilamento delle successioni stratigrafiche ivi sedimentatesi[5]. Si distinguono pertanto, nel territorio del Circondario, rocce ascrivibili a diverse unità litostratigrafiche che formano diverse Successioni stratigrafiche oppure in Unità Tettoniche[6] a loro volta sono riconducibili ai diversi Dominî paleogeografici. Nei paragrafi che seguono verranno brevemente descritte le diverse unità litostratigrafiche affioranti nel territorio in esame[7], raggruppandole per insiemi sulla base degli schemi riportati sulla recente cartografia alla scala 1:50.000, in parte in ancora in corso di pubblicazione, ma consultabile sul sito web dell'*Agenzia*

---

[2] Anche le rocce vulcaniche effusive tendono a obbedire alla così detta legge di Stenone per la quale in una successione di rocce (stratificate o non) le rocce più antiche sono poste al di sotto di quelle più recenti.

[3] La dislocazione lungo una faglia può determinare la sovrapposizione di rocce più antiche su rocce più giovani; in una grande struttura a piega si può avere il rovesciamento della successione con le rocce più giovani che si ritrovano geometricamente al di sotto di quelle più antiche; una deformazione plicativa spinta può determinare la trasposizione degli strati. In questo caso gli strati sono piegati e localmente rovesciati, con porzioni della successione stratigrafica che rimangono ordinate e giustapposte ad altre porzioni ribaltate; con la deformazione spinta della successione, a seguito della rottura delle pieghe, gli strati risultano completamente smembrati a formare un ammasso caotico. Tale processo è stato suggerito per interpretare anche la genesi di molti ammassi rocciosi caotici che formano i rilievi collinari e montani di ampi settori dell'Appennino emiliano-romagnolo (Bettelli et al., 1996).

[4] In corrispondenza di un margine attivo (secondo il modello della Geologia Globale, cfr. Teoria della Tettonica a Placche)

[5] Coinvolte nella struttura della catena montuosa furono anche alcune porzioni della crosta oceanica propriamente detta (rocce di genesi magmatica prevalentemente effusiva, ma anche intrusiva e metamorfica) che nell'Appennino emiliano formano le così dette *Ofioliti*.

[6] Si tratta di insiemi particolarmente estesi dal punto, all'interno dei quali si distinguono delle successioni stratigrafiche, ma che sono delimitati da strutture tettoniche (quasi sempre superfici di accavallamento).

[7] Il titolo dei singoli brevi paragrafi sarà composto dal nome dell'unità, seguito dalla rispettiva sigla (tra parentesi) e dall'età. Tali informazioni sono state desunte dai fogli alla scala 1:50.000 della Carta geologica d'Italia o dalle legende delle Sezioni alla scala 1:10.000 della *Carta Geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo*, informazioni consultabili sui siti web di APAT e del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

per la protezione dell'Ambiente e servizi Tecnici (APAT). Un paragrafo a parte sarà dedicato alla descrizione delle unità sedimentarie fluviali pleistoceniche e oloceniche della pianura e dei fondivalle; come si vedrà più avanti per un inquadramento di tali unità sedimentarie la Regione Emilia-Romagna, ha fatto ricorso alle così dette *unità stratigrafiche a limiti inconformi* che differiscono sia per definizione che per significato dalle unità litostratigrafiche, ma che paiono più adatte alla descrizione delle successioni stratigrafiche di tale contesto.

In sostanza, pertanto, è possibile suddividere il territorio del Circondario in due parti:

- la montagna e la collina, dove affiorano prevalentemente rocce sedimentarie di ambiente marino di età in genere superiore ai 2 milioni di anni descritte dal punto di vista stratigrafico per mezzo delle unità litostratigrafiche;
- la pianura, dove le unità di ambiente marino non affiorano, ma sono ricoperte da depositi di ambiente continentale per spessori che possono raggiungere e superare il centinaio di metri, descritti stratigraficamente per mezzo delle *unità stratigrafiche a limiti inconformi.*

4.2.1 UNITÀ STRATIGRAFICHE E SUCCESSIONI SEDIMENTARIE D'AMBIENTE MARINO

Nella parte collinare e montana del territorio del Circondario affiorano prevalentemente unità litostratigrafiche appartenenti al domino ligure (Liguridi) e alla sovrastante Successione epiligure, al Domionio Umbro-romagnolo e al dominio padano-adriatico continentale (unità neoautoctone Messianiane e Plioceniche) (Figura 6). Si tratta di rocce per lo più sedimentarie di ambiente marino a composizione prevalentemente argillosa nei settori ovest e centrale e a composizione prevalentemente marnoso-arenacea nel settore sud (Figura 6). Tali unità possono essere direttamente visibili in affioramento, soprattutto lungo sezioni naturali e tagli artificiali, oppure il più delle volte non sono direttamente visibili in quanto ricoperte da depositi superficiali di varia natura (eluvio-colluviali, franosi, fluviali, eolici, ecc.).

4.2.1.1 LIGURIDI (UNITÀ DEL DOMINIO LIGURE)

Le Liguridi rappresentano il prodotto della sedimentazione avvenuta all'interno del bacino oceanico ligure-piemontese, a partire dal Cretaceo (o secondo alcuni autori dal Giurassico terminale) fino all'Eocene inferiore. Gli studi condotti soprattutto negli ultimi venticinque anni hanno mostrato come all'interno delle Liguridi (che un tempo venivano raggruppate sotto denominazioni onnicomprensive quali *Complesso*

caotico, *Complesso indifferenziato*, *Alloctono indifferenziato* o, più comunemente, *Argille Scagliose*) sia possibile riconoscere diverse unità litostratigrafiche attribuibili a originarie successioni distinte. Si riconoscono pertanto i "*complessi di base*" (*Auctt*)[8], (formati da rocce prevalentemente argillose ampiamente diffusi nel settore ovest del Circondario), i *Flysch ad elmintoid*, e altre successioni. Nelle carte geologiche più recenti (fogli della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000) le formazioni riferibili ai *complessi di base* (*Auctt*.) sono denominate "*Formazioni pre-flysch*" (ad es. Bettelli et al., 2002; Panini et al., 2002) in associazione a queste ultime possono essere presenti affioramenti di rocce magmantiche (effusive e più raramente intrusive) di ambiente oceanico note comunemente come ofioliti, sia come masse anche di notevoli dimensioni che mantengono una propria unitarietà sia come brecce ofiolitiche. Le unità liguri affiorano, nel territorio del Circondario, soprattutto nel settore occidentale (Figura 6), dove sono coinvolte nell'insieme di strutture noto in letteratura come *Arco del Sillaro* (Castellarani & Pini, 1987; Bettelli & Panini, 1992); più precisamente liguridi affiorano principalmente nei territori dei Comuni di Castel San Pietro Terme e Casalfiumanese e nella parte occidentale del Comune di Castel del Rio (Figura 6). Nella tabella 3 è riportato uno schema riassuntivo delle diverse unità litostratigrafiche ascrivibili alle Liguridi, suddivise in grandi raggruppamenti e successioni sulla base dello schema dei fogli della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Come si evince dallo schema si distinguono formazioni appartenenti alle così dette *formazioni pre-flysch* (*complessi di base Auctt.*), le più antiche, oltre ad altre formazioni riferibili alla Successione della Val Lavino e alla Successione della Val Rossenna, nonché alla Formazione di Monte Morello.

LIGURIDI		
Successione	**Sigla Carta geologica 1:10.000**	**Denominazione Unità Litostratigrafica**
	MLL	Formazione di Monte Morello
Successione della Val Rossenna	MOH	Formazione di Monghidoro
	MOHa	Formazione di Monghidoro - litofacies arenacea
Successione della Val Lavino	SAG2	Formazione di Savigno - membro di San Prospero
	FPG	Formazione di Poggio
	FPG1	Formazione di Poggio - membro di Rio delle Praterie
	FPGa	Formazione di Poggio - litofacies arenacea
Formazioni pre-flysch	SCB	Arenarie di Scabiazza
	AVS	Argille varicolori della Val Samoggia
	AVSam	Argille varicolori della Val Samoggia-litofacies argillitico-marnosa
	AVSc	Argille varicolori della Val Samoggia-litofacies calcarea
	AVT	Argille Variegate di Grizzana Morandi
	AVTb	Argille variegate di Grizzana Morandi - litofacies arenaceo-pelitica
	APA	Argille a palombini
	bo	Brecce Ofiolitiche

Tabella 3 Quadro riassuntivo delle unità litostratigrafiche del dominio Ligure affioranti nel territorio del

[8] I complessi di base formavano originariamente le successioni sedimentarie poste alla base dei così detti Flysch ad elmintoidi.

4.2.1.2 FORMAZIONI PRE-FLYSCH

Si tratta di rocce a composizione prevalentemente argillosa con inclusi lapidei che spesso presentano una tessitura del tipo “blocchi in pelite” (Bettelli et al., 1996). Nel territorio del Nuovo Circondario Imolese affiorano rocce ascrivibili principalmente alle formazioni delle Argille a palombini, Argille variegate di Grizzana Morandi, Argille varicolori della Val Samoggia, delle Arenarie di Scabiazza e delle Argille Varicolori di Cassio.

4.2.1.2.1.1 ARGILLE A PALOMBINI (APA) ETÀ: CRETACEO INF.-TURONIANO

Le Argille a Palombini sono generalmente date da argille e argilliti siltose, grigio scure, fissili alternate a torbiditi calcilutitiche grigio chiare, biancastre quando alterate, in strati da medi a spessi, quasi mai riconoscibili se non alla scala dell’affioramento e su distanze molto limitate (metriche). Il rapporto Argilla/Calcare è quasi sempre superiore ad 1, mentre sono frequenti le intercalazioni di siltiti e arenarie torbiditiche fini (talora manganesifere), in strati, da sottili a molto sottili, grigio scuri. A causa della forte tettonizzazione l'originario ordine stratigrafico è spesso andato perduto, anche alla scala dell'affioramento, tanto che l’unità mostra una tessitura del tipo a “blocchi in pelite (Bettelli et al., 1996) e una foliazione secondaria data dall’allineamento preferenziale dei blocchi calcilutitici, dei piani assiali di pieghe mesoscopiche prive di radici o del clivaggio scaglioso. Localmente l’unità può contenere lembi di rocce ofiolitiche (bo nello schema di cui alla Tabella 3). Le Argille a palombini hanno avuto origine per deposizione argillosa in ambiente pelagico intervallata alla sedimentazione di correnti di torbida, costituite principalmente da fanghi carbonatici. L’unità affiora soprattutto presso il limite sud occidentale del confine tra i Comuni di Casalfiumanese e Castel del Rio.

4.2.1.2.1.2 ARGILLE VARIEGATE DI GRIZZANA MORANDI (AVT, AVTB) ETÀ: CENOMANIANO - SANTONIANO SUP.

La facies principale delle Argille variegate di Grizzana Morandi (AVT) è data da argilliti e argille varicolori rosso violacee, verdastre, grigio-scure e grigio azzurrognole. Subordinamente sono presenti siltiti grigio-scure e/o nerastre manganesifere, in strati sottili o molto sottili, e calcilutiti grigio-verdi in strati sottili e medi. Come per le Argille a palombini, precedentemente descritte, l'unità è intensamente deformata con perdita dell'originario ordine stratigrafico alla scala dell'affioramento. L'ambiente di sedimentazione della formazione è di tipo pelagico di piana abissale. All’interno dell’unità è distinguibile un membro a litofacies diversa

rispetto quella prevalente, denominato litofacies arenaceo-pelitica (AVTb) data da areniti fini grigio-verdastre in strati sottili, alternate a peliti fissili nerastre o debolmente varicolorate, di spessore centimetrico.

4.2.1.2.1.3 ARGILLE VARICOLORI DELLA VAL SAMOGGIA (AVS, AVSAM, AVSC) ETÀ[9]:CRETACEO INFE.-EOCENE INF.

La litofacies prevalente è data da argille, argilliti e argille marnose e argille siltose generalmente rosse, porpora, verdastre, grigio scure o nere, sottilmente stratificate con intercalazioni di livelli sottili di arenarie, fini e medie, grigio scure e violacee, marne verdi, grigie o biancastre, calcari micritici silicizzati grigio-verdastri, grigio chiari o biancastri, talora a patine manganesifere (Figura 7). L'ordine stratigrafico è spesso andato perduto a causa delle deformazioni tettoniche e si evidenzia spesso la trasposizione della stratificazione con definizione di una foliazione (stratificazione tettonica) alla scala metrica data dall'isorientazione dei resti delle superfici di strato (con alternanza non sempre riconoscibile di strati a polarità normale e invertita), del *boudinage* degli strati più competenti, delle superfici assiali dei resti di pieghe mesoscopiche prive di radice nonché di superfici di taglio entro le argilliti (Figura 7). Localmente possono essere presenti brecce poligeniche grigie a matrice argillosa. L'unità si è sedimentata in ambiente peleagico. Oltre alla litofacies prevalente se ne riconoscono delle subordinate tra le quali:

- la litofacies argillitico-marnosa (AVSam) data da argilliti nere, marne siltose fissili verdi e rosse contenenti blocchi derivanti dal *boudinage* di strati di arenarie grigio-cenere o di calcilutiti a Fucoidi, nonché livelli di brecce argillose e rare Septarie;
- la litofacies calcarea (AVSc) data principalmente da argilliti nerastre, rosse e verdi inglobanti *boudin* eterometrici di calcilutiti biancastre tipo "palombino" o calcari marnosi biancastri con fratturazione pervasiva, di età Aptiano-Albiano, e con rari livelli di brecce argillose costituite da clasti centimetrici o decimetrici di calcilutiti e matrice argillosa grigia.

Le Argille varicolori della val Samoggia affiorano nel settore ovest del territorio del Nuovo Circondario Imolese, lungo fasce arcuate comprese tra strutture di accavallamento appartenenti al sistema dell'Arco del Sillaro (Figura 7).

[9] Da Bettelli et al., 2002a

Figura 7 – Calanco formatosi in Argille varicolori della Val Samoggia. Nell'immagine si intuisce l'andamento (a bande) della foliazione tettonica disposta a reggipoggio rispetto il versante. (Bacino idrografico del Rio del Mulinetto, Comune di Casalfiumanese).

4.2.1.2.1.4 ARENARIE DI SCABIAZZA (SCB) (ETÀ[10]: TURONIANO SUP.-CAMPANIANO INF.)

Le Arenarie di Scabiazza sono un'unità torbiditica ampiamente diffusa nell'Appennino Settentrionale, formata dall'alternanza di strati di torbiditi pelitico-arenacee intercalate ad argilliti nerastre. L'ordine stratigrafico originale è raramente conservato alla scala dell'affioramento, presentando l'unità deformazioni interne pervasive di origine tettonica di tipo plicativo (individuabili a volte alla scala dell'affioramento) o più spesso una struttura a blocchi e frammenti rocciosi inglobati entro una massa pelitico marnosa, generatasi per la trasposizione delle strutture plicative (tessitura a "blocchi in pelite" (Bettelli et al., 1996). Le Arenarie di Scabiazza si sono sedimentate in una piana bacinale caratterizzata da frequenti arrivi di torbiditi arenacee. Le Arenarie di Scabiazza sono presenti in piccoli affioramenti nel settore ovest (Comune di Casalfiumanese).

4.2.1.2.2 SUCCESSIONE DELLA VAL LAVINO

Si tratta di una successione di età terziaria la cui località tipo è posta nella zona occidentale della Provincia di Bologna (Panini et al.,2002) ed è formata da due formazioni la Formazione di Poggio e la Formazione di Savigno.

4.2.1.2.2.1 FORMAZIONE DI POGGIO (FPG, FPGA, FPG1) ETÀ: PALEOCENE?-EOCENE INF.

La litofacie prevalente è data da argilliti siltose rosso mattone, grigie e verdognole,

[10] Da Bettelli et al., 2002a.

con strati sottili di areniti fini biancastre o grigie, poco cementate, frequentemente in *boudins*. Sono presenti inoltre resti di strati calcarenitici e marnosi. L'unità si è sedimentata in un ambiente di scarpata o di alto strutturale con apporti torbiditici silicoclastici. Oltre alla litofacies principale si distinguono localmente:

- una litofacies arenacea (FPGa) data da torbiditi in strati sottili e medi areanceo pelitiche con intercalati strati sottili di calcilutiti marnose con Fucoidi;
- il membro di Rio delle Praterie (FPG1) dato da depositi di colata, intercalati a argilliti rossastre, con matrice argillosa simile ai depositi di brecce argillose poligeniche presenti nella Successione epiligure. La matrice argillosa è grigio scura e ingloba inclusi eterometrici di calcilutiti biancastre, areniti e calcari marnosi; la dimensione.

L'unità, nel territorio del Circondario affiora principalmente nel Comune di Castel San Pietro Terme.

4.2.1.2.2.2 FORMAZIONE DI SAVIGNO-MEMBRO DI SAN PROSPERO (SAG2), ETÀ: YPRESIANO-LUTEZIANO

La Formazione è suddivisa in due membri principali dei quali uno solo (membro di San Prospero) presente nell'ambito del Nuovo Circondario Imolese con affioramenti di estensione modesta nel Comune di Castel San Pietro Terme. Si tratta di principalmente di torbiditi calcareo-marnose gradate, in strati da sottili a banchi, con base calcarenitica fine grigio chiara o biancastra, passante a marne grigie. In alternanza sono presenti a pacchi di torbiditi arenaceo-pelitiche.

4.2.1.2.2.3 SUCCESSIONE DELLA VAL ROSSENNA

La Successione affiora principalmente nella parte centro occidentale dell'Appennino Bolognese o più a occidente (la località tipo è situata in Provincia di Modena). È comunque presente in affioramento lungo una fascia che si delinea per alcuni chilometri al confine sud ovest del territorio comunale di Casalfiumanese (ad es. presso le località *Casa dei Gatti* e *Casoni di Romagna*).

4.2.1.2.2.4 FORMAZIONE DI MONGHIDORO (MOH) ETÀ: MAASTRICHTINANO SUP.-PALEOCENE

L'unità è prevalentemente formata da torbiditi arenaceo-pelitiche in strati generalmente spessi, raramente molto spessi, con rapporto A/P circa 2/1; a queste litologie si alternano intervalli metrici formati da strati da sottili e medi con rapporto A/P = 1/2. Le base arenacea delle torbiditi è gradata con base a granulometria da media a grossolana, o anche microconglomeratica, localmente poco cementate, di colore grigio scuro ma generalmente marroni o giallastre per alterazione ed

ossidazione dei minerali femici; si passa verso l'alto dello strato arenaceo ad argilliti più o meno siltose generalmente di colore nerastro che talvolta presentano uno spessore piuttosto ridotto (centimetrico o decimetrico). L'ambiente di deposizione è di piana bacinale.

4.2.1.2.3 FORMAZIONE DI MONTE MORELLO (MLL) ETÀ: YPRESIANO-LUTEZIANO

È presente in vari affioramenti lungo le strutture di accavallamento che formano il sistema strutturale dell'Arco del Sillaro. Da diversi autori (Abbate & Sagri, 1970; Vai & Castellaran, 1993) l'unità è ritenuta appartenere al così detto Supergruppo della Calvana. Essa è data principalmente da torbiditi a basi calcarenitiche e calcilutitiche prevalentemente fini, passanti a calcari marnosi ed a marne verdine o biancastre, in banchi e strati da spessi a molto spessi.

4.2.1.3 DOMINIO SUBLIGURE

Comprende quelle unità sedimentarie depositatesi in un bacino marino posto tra l'oceano ligure-piemontese e i bacini su crosta continentale dei dominî Toscano, Umbro-Romagnolo e Marchigiano-Adriatico. Secondo taluni autori il bacino subligure si sarebbe impostato su crosta continentale assottigliata, secondo altri su crosta oceanica e secondo altri ancora su crosta di transizione tra continentale e oceanica. Nella tabella 4 è riportato uno schema delle unità litostratigrafiche e relative sigle delle unità formazionali affioranti nel territorio del Nuovo Circondario Imolese che dubitativamente sono ascritte al Dominio Subligure.

Dominio subligure	
Sigla Carta geologica 1:10.000	**Denominazione Unità Litostratigrafica**
LES	Formazione di Ca' di Lesso
SSN	Formazione di Sassonero
SSNa	Formazione di Sassonero - litofacies pelitica

Tabella 4 - Quadro riassuntivo delle unità litostratigrafiche del dominio Subligure affioranti nel territorio del Nuovo Circondario Imolese.

Si tratta di due unità litostratigrafiche denominate rispettivamente Formazione di Sassonero e Formazione di Ca' di Lesso.

4.2.1.3.1 FORMAZIONE DI SASSONERO (SSN, SSNA) ETÀ: OLIGOCENE INF.

L'unità è formata principalmente da areniti torbiditiche color nocciola e da marne siltose grigie e nocciola fissili, in strati da sottilissimi a medi. Il rapporto A/P è pari a circa 1. A tali litotipi si intercalano banchi e strati spessi di marne calcaree biancastre,

con base arenitica. Oltre alla litofacies principale si riconosce localmente una litofacies pelitica (SSNa). Nell'ambito del Circondario la formazione affiora nella zona centrale, sul confine occidentale, del territorio comunale di Casalfiumanese.

4.2.1.3.2 FORMAZIONE DI CA' DI LESSO (LES) ETÀ: OLIGOCENE?-AQUITANIANO

L'unità è data da arenarie verdastre, in strati medio-sottili, che sono intercalati a marne argillose grigio-brune. Localmente sono presenti livelli microconglomeratici a clasti prevalentemente quarzosi, subordinatamente litici, più raramente marne calcaree.

4.2.1.4 SUCCESSIONE EPILIGURE

La Successione epiligure rappresenta il prodotto della sedimentazione avvenuta sulle unità Liguridi (Figura 6) nell'intervallo di tempo compreso tra l'Eocene med.-sup. e il Tortoniano, mentre queste traslavano, sotto le spinte tettoniche, i dominî subligure, toscano, umbro-romagnolo e marchigiano-adriatico (Bettelli et al., 1989b; AA.VV.,1992). Nel territorio del Nuovo Circondario Imolese (Tabella 5) affiorano pressoché quasi tutti i termini della Successione, sebbene spesso in maniera frammentata. La Successione Epiligure può essere suddivisa grossolanamente in due porzioni. Le rocce delle formazioni epiliguri pre-burdigaliane si sarebbero depositate in un ambiente sedimentario di tipo pelagico (sono torbiditi, emipelagiti e depositi da colata sottomarina tipo *debris flow* e *mud flow*) di mare profondo. Le unità post-burdigaliane deriverebbero invece da processi di sedimentazione avvenuti in un ambiente di piattaforma o pelagico, ma meno profondo (Bettelli et al., 1989a, 1989b, 1989c; Mancin et al., 2006). Le unità della Successione epiligure affiorano principalmente nel territorio comunale di Castel San Pietro Terme tra le valli del Torrente Quaderna e del Torrente Sillaro, lungo una fascia arcuata ad andamento circa S-N, a formare il riempimenti di bacini satelliti tipo *piggy-back* delimitati esternamente (verso est) e internamente (a ovest), da strutture di accavallamento (*thrust*) facenti parte del sistema dell'Arco del Sillaro e pertanto nel settore ovest del territorio qui esaminato. Le rocce appartenenti alla Successione epiligure affiorano pertanto lungo l'allineamento che collega sostanzialmente da nord verso sud il Monte Mezzano, il Monte Grande, le località *Ca' de' Luca* e *Ca' del Sasso*, *Ca' Trebbo* e *Tomb*e di Sassatello (quest'ultima nel Comune di Casalfiumanese).

SUCCESSIONE EPILIGURE	
Sigla Carta geologica 1:10.000	**Denominazione Unità Litostratigrafica**
TER	Formazione del Termina
TER1	Formazione del Termina - membro di Montardone
FRP	Olistostroma di Rio delle Pioppe
FRPa	Olistostroma di Rio delle Pioppe - litofacies argillosa
CIG	Formazione di Cigarello
CIG5	Formazione di Cigarello - membro di Monterenzio
CIGa	Formazione di Cigarello - litofacies arenacea
PAT	Formazione di Pantano
CTG	Formazione di Contignaco
ANT	Marne di Antognola
ANT4	Marne di Antognola - membro di Anconella
MVT	Brecce argillose della Val Tiepido-Canossa
MVTb	Brecce argillose della Val Tiepido-Canossa - litofacies argilloso-calcarea
RAN4	Formazione di Ranzano - membro di Albergana
LOI	Formazione di Loiano
LOI2	Formazione di Loiano - membro di Monzuno
LOIap	Arenarie di Loiano - litofacies arenaceo-pelitica
MMP	Marne di Monte Piano

Tabella 5 - Quadro riassuntivo delle unità litostratigrafiche della Successione Epiligure affioranti nel territorio del Nuovo Circondario Imolese.

4.2.1.4.1 MARNE DI MONTE PIANO (MMP) ETÀ: BARTONIANO-RUPELIANO

L'unità è formata da argille, argilliti, argille marnose e marne di colore rosso, rosato, grigio chiaro e grigio verdi, con rari strati molto sottili di torbiditi arenacee biancastre, siltiti nerastre e calcari marnosi grigio-verdi. Sono inoltre presenti slump intraformazionali, mentre la stratificazione è generalmente poco evidente e complicata spesso da pieghe. L'unità si è sedimentata in ambiente pelagico profondo e probabilmente confinato per la presenza di rari apporti torbiditici. L'unità affiora nel settore ovest del territorio studiato, principalmente nel Comune di Castel San Pietro Terme (ad es. in località *Ca' di Cola*, e a ovest di *Ca' Torretta* e *Ca' Vecchia*) e subordinatamente di Casalfiumanese (ad es. in località *Ca' Bagura* e a est della località *Oppio*) lungo una fascia arcuata larga circa 500 m che si delinea per una lunghezza di circa 3 Km in coincidenza di uno dei sistemi di fronti di accavallamento che costituiscono l'Arco del Sillaro, lungo il quale affiorano pressoché quasi tutte le formazioni della Successione Epiligure.

4.2.1.4.2 FORMAZIONE DI LOIANO (LOI, LOI2, LOIAP) ETÀ: LUTEZIANO-PRIABONIANO

La formazione è data principalmente da arenarie quarzo-feldspatiche di origine torbiditica, da fini a molto grossolane, a luoghi microconglomeratiche, in genere poco cementate, in strati medi e banchi frequentemente amalgamati e distinguibili quando

sono presenti intercalazioni di peliti nerastre. Le arenarie sono di colore biancastro o grigio chiaro (marrone chiaro se alterate). Localmente sono presenti intercalazioni, spesso discontinue, di torbiditi sottili arenaceo-pelitiche grigie o verdastre (A/P sempre >1). Nella porzione basale dell'unità sono presenti *slump* intraformazionali di spessore ed estensione assai limitata ed argille rosso-mattone e grigio-verdastre, localmente marnose, interdigitate con brecce argillose a matrice nerastra, inglobanti blocchi calcilutitici di dimensioni massime decimetriche. Oltre alla litofacie tipica si distinguono localmente:

- una litofacies arenaceo-pelitica (LOIap) caratterizzata da strati medi arenaceo-pelitici con A/P >= 1;
- affioramenti del così detto membro di Monzuno (LOI2), dato prevalentemente da brecce e conglomerati poligenici a matrice arenitica con clasti di areniti fini, calcari marnosi, arenarie e argilliti nerastre. La stratificazione da sottile a molto spessa, a luoghi non è facilmente distinguibile.

La formazione di Loiano affiora nel settore ovest del Circondario sostanzialmente lungo la fascia di affioramenti delle Marne di Monte Piano.

4.2.1.4.3 FORMAZIONE DI RANZANO-MEMBRO DI ALBERGANA (RAN4) ETÀ: OLIGOCENE INF.

Si tratta di un'unità eterogenea dal punto di vista litologico nella quale dominano i termini arenacei di origine torbiditica. Essa è stata suddivisa in diversi membri sulla base del rapporto A/P (Arenaria/Pelite). Nel territorio del Nuovo circondario Imolese affiora il membro di Albergana, nei territori dei Comuni di Castel San Pietro Terme (Località *Molinetto*) e Casalfiumanese (alta valle del *Rio di Monte Merlo*). Il membro è caratterizzato da torbiditi pelitico-arenacee in strati generalmente da molto sottili a medi a base arenitica fine e con tetto pelitico grigio scuro. Localmente si rinvengono strati molto sottili di vulcanoclastiti andesitiche. Il rapporto A/P è molto inferiore a 1.

4.2.1.4.4 BRECCE ARGILLOSE DELLA VAL TIEPIDO-CANOSSA (MVT, MVTB) ETÀ: AQUITANIANO

L'unità è data da brecce argillose poligeniche formatesi come accumuli di processi di frana sottomarina di materiali prevalentemente argillosi appartenenti in gran parte ai complessi di base liguri. La sua collocazione stratigrafica rappresenta un problema geologico in quanto le brecce argillose possono essere localmente sottoposte, oppure intercalate oppure contenere lembi della Formazione di Antognola. L'unità affiora molto estesamente nel settore ovest, nel territorio comunale di Castel San

Pietro Terme (valli del T. Quaderna, del R. freddo, del R. di San Clemento e del T. Sillaro) (Figura 8). Si distingue localmente una litofacie una litofacies argilloso-calcarea (MVTb) caratterizzata da maggiore frequenza di blocchi calcarei tra gli inclusi lapidei.

Figura 8 – Al centro dell'immagine si distingue una parete rocciosa (colore biancastro), formata da rocce della Formazione di Pantano, al di sotto delle quale affiorano estesamente (calanco) le Brecce argillose della Val Tiepido-Canossa (grigio chiaro) che sovrastano a loro volta (verso destra) delle argilliti più scure (localmente rossastre) appartenenti alla formazione delle Argille della Val Samoggia. (Località Ca' di Luca-Ca' del Sasso, Comune di Castel San Pietro Terme).

4.2.1.4.5 FORMAZIONE DI ANTOGNOLA (ANT, ANT4) ETÀ: RUPELIANO TERMINALE-BURDIGALIANO

L'unità è formata in prevalenza da marne grigie a frattura globulare e, subordinatamente, da marne argillose con rare intercalazioni di strati sottili di arenarie fini e/o di marne. Caratteristica è l'assenza di macrofossili, mentre al microscopio o anche solo con una lente di ingrandimento, è facile osservare gusci di microfossili planctonici. All'interno dell'unità sono stati inoltre distinti alcuni membri formati da arenarie torbiditiche, affioranti anche nell'area in esame, riferibili al Membro delle Arenarie di Anconella (ANT4) che è dato principalmente da corpi di arenarie da grossolane a fini, risedimentate, da mediamente a poco cementate, di colore grigio alteranti in giallastro. Gli strati variano da sottili a spessi, talvolta sono in banchi anche plurimetrici.

La formazione affiora principalmente nel Comune di Castel San Pietro Terme (ad es. a SE del Monte Mezzano).

4.2.1.4.6 FORMAZIONE DI CONTIGNACO (CTG)

Nelle legende di varie sezioni della *Carta Geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo* alla scala 1:10.000 edite, la Formazione di Contignaco viene considerata un membro della Formazione di Antognola. Nei nuovi fogli della *Carta Geologica d'Italia* alla scala 1:50.000 essa è invece trattata come formazione a sé stante. Generalmente l'unità è data da torbiditi sottili ed emipelagiti marnose, spesso selciose, grigio biancastre; talora siltiti o arenarie fini o finissime risedimentate con patine superficiali nerastre o da Marne carbonatiche e selciose, più o meno siltose, di colore grigio-verdognolo o brunastre se alterate. Gli strati sono generalmente di spessore medio, spesso poco evidenti.

All'interno dell'unità si individuano orizzonti vulcano clastici, da centimetrici a plurimetrici, biancastri o grigio scuri; torbiditi formate da materiale vulcanoclastico, e orizzonti a radiolariti. L'unità si è sedimentata in un ambiente di scarpata-bacino e nel territorio del Circondario è presente in affioramento principalmente nel Comune di Castel San Pietro Terme (ad es. sul fianco ovest de al Monte Mezzano e del Monte Grande).

4.2.1.4.7 FORMAZIONE DI PANTANO (PAT) (ETÀ[11]: BURDIGALIANO SUP..-LANGHIANO INF.)

Si tratta di un'unità elevata al rango di Formazione da circa una quindicina d'anni (cfr ad es.: Fregni & Panini 1995; Bettelli et al., 2002a; Sito web Reg. Emilia-Romagna) che in precedenza era considerata uno dei membri della ex Formazione di Bismantova, ora elevata al rango di Gruppo di Bismantova. Nella cartografia relativamente meno recente (anche in alcune delle sezioni edite della *Carta Geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo* alla scala 1:10.000) si riscontra pertanto la dicitura di Formazione di Bismantova .

La Formazione è costituita generalmente da arenarie grigio chiare fini, in strati decimetrici, a volte poco distinguibili per la bioturbazione intensa, oppure da calcareniti con frequenti resti di fossili di briozoi, lamellibranchi, coralli, etc. L'unità affiora assieme alle altre formazioni epiliguri, ad esempio presso la località *Ca' de' Luca*, nel territorio di Castel San Pietro Terme (Figura 8).

[11] Da Bettelli et al., 2002a

4.2.1.4.8 FORMAZIONE DI CIGARELLO (CIG, CIG5, CIGA) ETÀ: LANGHIANO INF.-SERRVALLIANO

La formazione è caratterizzata da marne siltoso-sabbiose grigio scure a stratificazione non evidente se non per la presenza sporadica di intercalazioni di sottili torbiditi arenaceo-pelitiche. Queste sono costituite da arenarie finissime e fini giallastre passanti a peliti marnose grigio-scure; localmente possono comparire siltiti sabbiose fissili bioturbate. In alcuni contesti la formazione presenta caratteristiche macroscopiche simili alle Marne di Antognola, dalle quali tuttavia se ne distingue per la presenza entro le peliti di resti di Gasteropodi, Lamellibranchi, Coralli isolati, Pteropodi e radioli di Echinidi.

Nel territorio del Nuovo circondario Imolese sono distinguibili, oltre alla litofacies tipo, anche:

- una litofacies arenacea data prevalentemente da torbiditi arenaceo-pelitiche con arenarie medio-fini a gradazione poco accentuata, e peliti grigio scure, in strati da spessi a sottili, spesso amalgamati;
- il membro di Monterenzio caratterizzato da alternanze arenaceo-pelitiche in strati medi amalgamati.

L'unità affiora principalmente nel comune di Castel San Pietro, nelle località di affioramento della Successione Epiligure già menzionate nei paragrafi precedenti (Monte Mezzano, Monte Grande, ecc.).

4.2.1.4.9 OLISTOSTROMA DEL RIO DELLE PIOPPE(FRP, FRPA) ETÀ: SERRAVALLIANO?

Si tratta di un'associazione di brecce argillose poligeniche e lembi monoformazionali eterometrici di AVS, AVT, FPG, MLL, ANT, PAT, CIG.; localmente si distinguono una litofacies argillosa (FRPa), caratterizzata da un minore addensamento dei clasti, e/o delle brecce ofiolitiche (bo). L'unità ha avuto origine dalla sedimentazione di colate di fango e detrito in ambiente sottomarino e affiora estesamente nella parte meridionale del settore ovest del Circondario al confine tra i Comuni di Casalfiumanese e Castel del Rio (valli del T. Sillaro e del R. delle Pioppe).

4.2.1.4.10 FORMAZIONE DEL TERMINA (TER, TER1) ETÀ: TORTONIANO

Si tratta di una formazione eterogenea nella quale sono distinguibili diversi membri e litozone. In generale la composizione è a dominante marnosa. Possono essere presenti anche corpi caotici di brecce argillose poligeniche e alternanze di arenarie medio fini torbiditiche e livelli marnosi.

Nell'ambito del Nuovo Circondario Imolese sono presenti anche affioramenti del membro di Montardone caratterizzato da brecce argillose poligeniche con inclusi di materiale di provenienza ligure ed epiligure,

L'unità, attribuibile ad un ambiente di scarpata e di margine di bacino con apporti torbiditici, affiora principalmente nel Comune di Castel San Pietro alla testata delle valli del rio dei Vinchi e del Rio Tamagnano, e più limitatamente in altre località (anche nel territorio di Casalfiumanese)

4.2.1.5 DOMINIO UMBRO-ROMAGNOLO

Le unità litostratigrafiche afferenti al dominio Umbro-Romagnolo, affioranti nel territorio del Nuovo Circondario Imolese, sono riferibili quasi esclusivamente ai vari membri della così detta Formazione Marnoso-Arenacea; questa, molto nota in letteratura, caratterizza il paesaggio geologico dell'alto appennino della Provincia di Bologna, a est del Sillaro, della Toscana e della Romagna, delle Marche e dell'Umbria.

Dominio Umbro-Romagnolo	
Sigla Carta geologica 1:10.000	**Denominazione Unità Litostratigrafica**
GHLm	Formazione dei Ghioli di Letto - litofacies marnosa
FMA14	Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Borgo Tossignano
FMA14a	Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Borgo Tossignano - litofacies pelitico-arenacea
o2	Olistolite in FMA14
FMA13	Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Fontanelice
FMA12	Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Castel del Rio
FMA12a	Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Castel del Rio - litofacies arenacea
FMA12c	Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Castel del Rio - litofacies pelitico-arenacea
FMA10	Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Dovadola
al	Livello Alidosi
FMA9	Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Civitella di Romagna
vs	Unità Caotica di Visignano
vsa	Unità caotica di Visignano-litofacies marnosa
FMA8	Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Nespoli
FMA8a	Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Nespoli - litofacies pelitico-arenacea
FMA8b	Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Nespoli - litofacies pelitica
FMA7	Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Monte Bassana
FMA4	Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Galeata
ap	Orizzonte arenaceo-pelitico
rc	Riempimenti di canali arenacei
sp	Livello Caspa
vd	Livello Valdifusa
do	Livello Dogana

Tabella 6 Quadro riassuntivo delle unità litostratigrafiche del dominio Umbro-Romagnolo affioranti nel territorio del Nuovo Circondario Imolese

La Formazione Marnoso-Arenacea costituisce il riempimento di un bacino di avanfossa sviluppatosi tra il Langhiano e il Tortoniano, nel quale si depositarono sedimenti torbiditici di varia provenienza, ma a predominanza alpina.

La Formazione Marnoso-Arenacea costituisce inoltre l'elemento più profondo nell'edificio strutturale appenninico di questo settore della catena, essendo stata sovrascorsa sia dalle Unità tettoniche Liguri che dalle Unità tettoniche Toscane (non affioranti nel territorio del Circondario). Si tratta di un'unità ampiamente studiata da diversi decenni, che ha permesso di mettere a punto modelli deposizionali (Mutti & Ricci Lucchi, 1972) ormai classicamente utilizzati ed applicati in varie parti del mondo. Esula dagli scopi del presente lavoro la trattazione approfondita sul grande significato della Formazione Marnoso-Arenacea nella comprensione della geologia dell'Appennino Settentrionale per la quale si rimanda alla bibliografia[12].

4.2.1.5.1 FORMAZIONE MARNOSO-ARENACEA

La formazione è composta da sequenze torbiditiche arenitico pelitiche e da subordinate emipelagiti marnose. Il rapporto arenite/pelite e lo spessore degli strati è variabile. Le arenarie sono generalmente gradate, da medie a molto fini, presentandosi grossolane o molto grossolane solo alla base degli strati di maggiore spessore. Alla base degli strati si riconoscono molto frequentemente le caratteristiche strutture sedimentarie trattive (*flute-cast e groove-cast*), oltre che la laminazione piano-parallela nella parte inferiore degli strati e strutture tipo *ripple-mark* e laminazione convoluta nella parte superiore. Al tetto dei livelli arenitici le peliti sono grigie e laminate. Nei membri meno arenacei, al di sopra delle peliti laminate, a diretto contatto con le areniti soprastanti, si osservano talvolta emipelagiti, costituite da marne siltose, grigio chiare, compatte. Dallo studio delle controimpronte di fondo si è potuto appurare che gli apporti sedimentari provenivano prevalentemente da nord-ovest (zona alpina) e, subordinatamente, da sud-est (piattaforma carbonatica abbruzzese. Nel primo caso si trattava di materiali a a composizione prevalentemente silicoclastica o calciclastica che hanno dato luogo alla maggiore parte degli strati (definibili come litareniti) che costituiscono l'unità. Nel secondo caso la natura dei materiali sedimentari era prettamente calcarea e hanno dato luogo agli strati calcarenitici noti con il termine "*Colombine*". All'interno della formazione si distinguono poi dei livelli a composizione mista (silicoclasti e calciclasti) spesso molto continui lateralmente, tanto da essere anche cartografabili e tracciabili sul terreno per decine e decine di chilometri. Si tratta del famoso strato detto "*Contessa*" e degli analoghi strati "t*ipo Contessa"* o "*Contessine*". Considerata la stratificazione ben evidente e che si segue lateralmente con facilità, soprattutto attraverso l'adozione di

[12] In AA.VV. (1992) e in Benini et al. (in stampa) si trovano alcune segnalazioni bibliografiche dalle quali partire per un'analisi dell'amplissima bibliografia.

strati guida continui (il Contessa è probabilmente il più famoso, ma non l'unico, cfr. Tabella 6), considerata l'originaria geometria deposizionale che ha permesso la deposizione di strati pressoché tabulari per estensioni di decine di chilometri e considerato che la Formazione Marnoso-Arenacea è stata ampiamente studiata per diverso tempo, è stato possibile definire al suo interno numerose suddivisioni in membri, dei quali nello schema della Tabella 6 sono menzionati solamente quelli affioranti nell'ambito del Nuovo Circondario Imolese. La Formazione costituisce il substrato roccioso di tutto il settore meridionale del territorio qui preso in esame, in particolare affiora nei Comuni di Castel del Rio, Fontanelice, Borgo Tossignano e Casalfiumanese. In pratica tutto il territorio posto a sud del paese di Borgo Tossignano[13] e a est del T. Sillaro (a partire dall'altezza di Sassoleone) è caratterizzato da un substrato formato da rocce appartenenti all'unità in parola. Vengono qui di seguito descritte brevemente le caratteristiche litologiche dei vari membri affioranti nel territorio del Nuovo Circondario Imolese.

4.2.1.5.1.1 MEMBRO DI GALEATA (FMA4)

È caratterizzato da una composizione prevalentemente pelitico-arenacea con subordinate calcareniti ed emipelagiti; il rapporto arenite/pelite è generalmente minore di 1, per lo più compreso tra 1/3 e 1/2. Le areniti sono organizzate in strati da sottili a spessi, più raramente in banchi. La cementazione è generalmente buona. Sono presenti anche frequenti livelli carbonatici. Affiroa nel Comune di Castel del Rio in località *La Masera*, nella parte SE del territorio comunale.

4.2.1.5.1.2 MEMBRO DI MONTE BASSANA (FMA7)

Si tratta di un membro peltitico-arenaceo, caratterizzato da rapporto arenite/pelite inferiore, talora uguale, a 1; rare sono le calcareniti, mentre le emipelagiti sono nettamente subordinate. Gli strati si presentano da sottili a spessi, subordinati i banchi. Affiora sostanzialmente nei pressi della stessa località dove affiora il membro descritto in precedenza.

4.2.1.5.1.3 MEMBRO DI NESPOLI (FMA8, FMA8A, FMA8B)

È un'unità prevalentemente arenacea caratterizzata da letti arenacei da sottili a banchi, in generale spessi, con rapporto arenite/pelite quasi sempre maggiore di 1, per lo più compreso tra 1/2 e 2. Al suo interno sono state distinte diverse litofacies tra

[13] La parte sud del paese sorge su un substrato formato da rocce appartenenti alla Formazione Marnoso-Arenacea.

le quali la litofacies pelitico-arenacea (FMA8a), data da alternanza di peliti e subordinate arenarie (arenite/pelite tra 1/3 e 1), e la litofacies pelitica (FMA8b).

Nella parte alta del membro si individua inoltre l' unità caotica di Visignano (vs) caratterizzata da assetto caotico ed eterogeneità composizionale (litologie ad affinità ligure, epiligure e subligure, talora con spezzoni di successioni cartografabili: argilliti nerastre e varicolorate, intensamente foliate, e marne siltose grigio-verdi inglobanti calcari e calcari-marnosi, grigio chiari e biancastri, arenarie grigie e grigio-verdi, marne e marne selciose. A luoghi si osserva la diminuzione degli elementi litologici extraformazionali e il litosoma assume l'aspetto e le caratteristiche di uno *slump* prevalentemente marnoso con subordinate arenarie (vsa),
Il membro di Nespoli affiora principalmente nella parte sud est del territorio di Castel del Rio, all'incirca tra le località *Poggio Sghilio*, a NE, e *Roncazzolo*, a SO.

4.2.1.5.1.4 MEMBRO DI CIVITELLA DI ROMAGNA (FMA9)

Si tratta di un membro a dominante pelitico-arenacea caratterizzato da strati da sottili a spessi e da rapporto arenite/pelite generalmente inferiore a 1(1/3-1/2) nel quale sono intercalati potenti livelli arenacei con rapporto arenite/pelite anche maggiore di 6, in strati molto spessi e banchi, talora amalgamati. Alcuni di questi corpi arenacei costituiscono orizzonti guida. Affiora estesamente nel territorio di Castel del Rio all'incirca tra il *Monte Carnevale*, *Valsalva*, *Monte della Croce* e il *Castellaccio*.

4.2.1.5.1.5 MEMBRO DI DOVADOLA (FMA10)

Unità a composizione generalmente arenaceo-pelitica, con strati da sottili a spessi, più raramente molto spessi o in banchi, con rapporto arenite/pelite compreso tra ½ e 2. Analogamente al membro sottostante, si ha l'inserimento di pacchi di strati arenacei di spessore plurimetrico, con strati spessi e banchi talora amalgamati, e rapporto arenite/pelite uguale e maggiore di 3, fino a 10, in alcuni casi cartografabili come orizzonti guida.

Figura 9 – Formazione Marnoso Arenacea-Membro di Dovadola. (Affioramento in parete lungo la riva sinistra del F. Santerno a Castel del Rio).

Gli assenti degli strati e la composizione calcarea suggeriscono la provenienza da un'area sorgente dei sedimenti sudorientale. L'unità affiora principalmente nel settore di confine tra i Comuni di Fontanelice, Casalfiumanese e Castel del Rio (Figura 9).

4.2.1.5.1.6 MEMBRO DI CASTEL DEL RIO (FMA12, FMA12A, FMA12C)

Si tratta di un membro prevalentemente arenaceo-pelitico, caratterizzato da strati spessi e banchi, subordinatamente medi e sottili, con rapporto arenite/pelite superiore a 3 (localmente oltre 10) con strati amalgamati. Sono presenti intervalli decametrici più pelitici con rapporto arenite/pelite minore di 3, fino a 1/2. Gli strati arenacei sono mal strutturati, ricchi di *clay chips* pelitici e localmente contengono frammenti di calcari extraformazionali. Nel territorio del Circondario sono distinguibili affioramenti appartenenti anche alla litofacie areancea (FMA12a), data prevalentemente da arenarie, da grossolane a medie in strati da molto sottili a medi e spessi (20/1> A/P >2/1) e scarsamente cementati, e alla litofacies pelitico-areancea, data principalmente da torbiditi arenaceo-marnose (A/P variabile), poco cementate. Localmente sono presenti emipelagiti e alcuni riempimenti di canali dotati di buona continuità laterale cartografabili (ar).

Figura 10 – Formazione Marnoso Arenacea-Membro di Castel del Rio (Affioramento in parete lungo la destra idrografica del F. Santerno, poco a nord di Castel del Rio.

Il membro affiora ampiamente nei Comuni di Fontanelice, Casalfiumanese e Castel del Rio (Figura 10), in tutta la valle del Santerno a monte di Fontanelice.

4.2.1.5.1.7 MEMBRO DI FONTANELICE (FMA13)

L'unità è data da corpi lenticolari pluridecametrici (isolati o coalescenti) di arenarie e più raramente di conglomerati, alternati a peliti siltose (A/P variabile da 1/1 a 30/1). il membro di Fontanelice affiora principalmente nel Comune omonimo (Figura 11) e nel territorio di Casalfiumanese (all'incirca tra le località *Fontanelice*, *Sant'Apollinare*, *Mercato* e *Castello*).

Figura 11 – Formazione Marnoso Arenacea-Membro di Fontanelice. (Affioramento in parete lungo la sinistra idrografica del F. Santerno poco a sud di Fontanelice).

4.2.1.5.1.8 MEMBRO DI BORGO TOSSIGNANO (FMA14, FMA14A)

Il Membro di Borgo Tossignano è caratterizzato da torbiditi marnoso-arenacee (A/P che va da 1/10 a 3/1). Si tratta di arenarie da fini a medie, poco cementate, con laminazione piano parallela, ricche di frammenti carboniosi, in letti da sottili a medi alternate a marne, marne argillose e argille marnose grigie in strati sottili e medi, talora sottilmente laminate. Localmente si distingue anche una litofacies pelitico-arenacea (FMA14a). L'unità affiora prevalentemente nel Comune di Borgo Tossignano a monte della dorsale morfologica che marca la presenza della così detta Vena del Gesso (Figura 12).

Figura 12-In basso, Formazione Marnoso Arenacea-Membro di Borgo Tossignano, alla sommità delrilievo, evaporiti della formazione Gessoso-Solfifera. (Affioramenti lungo la riva sinistra del F. Santerno a Borgo Tossignano).

4.2.1.5.1.9 LIVELLI GUIDA O INCLUSI NELLA FORMAZIONE MARNOSO ARENACEA

Si tralascia qui la descrizione puntuale dei vari livelli guida e altri corpi sedimentari cartografati all'interno della Formazione Marnoso-Arenacea e comunque menzionati nella tabella 6. Spesso si tratta di strati a composizione extrabacinale calcarea o mista che per le loro caratteristiche litologiche si differenziano dagli strati marnoso-arenacei (a provenienza alpina) e che risultano molto utili per lo studio della stratigrafia dell'unità in oggetto. In altri casi si tratta di corpi lenticolari da colata sottomarina o da slump inglobati all'interno di un determinato membro o al passaggio tra due membri nei quali la Formazione è stata suddivisa.

4.2.1.6 FORMAZIONE DEI GHIOLI DI LETTO, LITOFACIES MARNOSA (GHLM) ETÀ: MESSINIANO

La Formazione dei Ghioli di Letto viene da certi autori viene posta al tetto (Benini et

al., in stampa) della Formazione Marnoso Arenacea da altri invece viene ascritta alla Succesione neogenico-quaternaria del margine padano (Sezione n. 238110 della Carta geologica dell'appennino emiliano-romagnolo) e pertanto dovrebbe essere inserita nelle unità del Dominio Padano Adriatico.

Al di là del suo significato paleogeografico, l'unità, che affiora al confine tra i Comuni di Casalfiumanese e Fontanelice (all'incirca tra il Rio Sassatello e il *Monte La Pieve*) è formata principalmente da marne argillose e marne siltose, grigie, in strati da sottili a medi, con microfossili e rari lamellibranchi, alternate a pacchi di strati sottili o sottilissimi di argille marnose e silt argillosi scuri, bituminosi e di marne ocracee. Localmente si osservano strati di arenarie di spessore che raggiunge anche i 30 cm, ricchi di lamellibranchi neritici e frequenti depositi da *slumping*.

4.2.1.7 DOMINIO PADANO-ADRIATICO

Durante il Messiniano, (periodo geologico compreso all'incirca tra 6,5 e 4,9 milioni di anni fa) l'edificio appenninico fu soggetto ad una fase tettonica importante dopo la quale vennero deposte le formazioni sedimentarie che vengono ascritte alla così detto Dominio Padano-Adriatico e che, per quanto riguarda il territorio del nuovo Circondario Imolese, sono riassunte nello schema di cui alla Tabella 7.

Dominio Padano-Adriatico	
Sigla Carta geologica 1:10.000	**Denominazione Unità Litostratigrafica**
IMO	Sabbie di Imola
IMO1	Sabbie di Imola - membro di Monte Castellaccio
IMO1c	Sabbie di Imola - membro di Monte Castellaccio - litofacies conglomeratica
IMO2	Sabbie di Imola - membro di Fossoveggia
IMO3	Sabbie di Imola - membro di Castel San Pietro
FAA	Argille Azzurre
FAA2a	Argille Azzurre - membro delle Arenarie di Borello - litofacies arenacea
FAA2d	Argille Azzurre - membro delle Arenarie di Borello - litofacies conglomeratica
FAAa	Argille Azzurre - litofacies arenacea
FAAap	Argille Azzurre - litofacies arenaceo-pelitica
FAAc	Argille Azzurre - litofacies conglomeratica
FAAps	Argille Azzurre - litofacies pelitico-sabbiosa
o1	Olistolite in FAA
CEA	Marne di Cella
FCO	Formazione a Colombacci
FCOa	Formazione a Colombacci - litofacies arenacea
FCOb	Formazione a Colombacci - litofacies conglomeratica
cl	Strato guida Colombaccio
GES	Formazione Gessoso Solfifera-membro di rio Sgarba
GES 1	Formazione Gessoso Solfifera-membro di Monte La Pieve
GES2a	Formazione Gessoso Solfifera - membro di Rio Sgarba - litofacies selenitica
SLL	Olistostroma della Val Sellustra
SLLa	Olistostroma della Val Sellustra - litofacies pelitica
SLLa	Olistostroma della Val Sellustra - litofacies pelitica
SLLc	Olistostroma della Val Sellustra - litofacies pelitica nerastra

Tabella 7- Quadro riassuntivo delle unità litostratigrafiche sedimentarie di ambiente marino appartenenti al Dominio Padano Adriatico affioranti nel territorio del Nuovo Circondario Imolese

4.2.1.7.1 OLISTOSTROMA DELLA VAL SELLUSTRA (SLL, SLLA, SLLB E SLLC) ETÀ:

TORTONIANO?-PLIOCENE

Si tratta di un'unità caotica formatasi per la sedimentazione di colate di fango e detrito data dall'associazione di brecce argillose poligeniche e lembi monoformazionali eterometrici provenienti (con frequenza decrescente): dalle unità AVS, FPG, ANT, LOI, MMP, FAA, TER, PAT, CTG, RAN, CEA (Figura 13). Localmente sono distinguibili; una litofacies pelitica (SLLa) con clasti meno addensati in matrice; una litofacies con elementi di argille plioceniche (SLLb) localmente con matrice contaminata da FAA; una litofacies pelitica (SLLc) con matrice argillosa nerastra.

L'unità affiora principalmente in val Sellustra e in val Sillaro nei territori comunali di Castel San Pietro Terme, Fontanelice e Casalfiumanese (ad esempio presso il Rio Ronco, il Rio della Bencara, il Rio della Croce, il Rio del Saltara, il Rio Sassatello, ecc.) e comunque nella porzione centro settentrionale del settore ovest (Figura 13).

Figura 13-Olistostroma della Val Sellustra (affioramento in loc Spinello, Comune di Fontanelice.

4.2.1.7.2 FORMAZIONE GESSOSO-SOLFIFERA (GES, GES1, GES2A) ETÀ: MESSINIANO

Gli affioramenti della della Formazione Gessoso-Solfifera costituiscono forse l'elemento fisico più spettacolare e caratteristico del paesaggio della porzione collinare del territorio del Nuovo Circondario Imolese. L'unità costituisce infatti la così detta Vena del Gesso, un rilievo stretto e allungato ad andamento circa ovest-est che si delinea verso est a partire dall'alta valle del Rio Sassatello, circa un chilometro a ovest della località Gesso (Comune di Casalfiumanese), passando per le località e i toponimi Monte La Pieve (nel Comune di Fontanelice), Monte Penzola, Borgo

Tossignano, Tossignano e fino al Monte del Casino (nel Comune di Borgo Tossignano) (Figura 12), proseguendo poi verso est in territorio romagnolo. Altri affioramenti nel Comune di Castel San Pietro Terme, lungo la valle del T. Quaderna.
L'unità è formata in prevalenza da evaporiti e principalmente da gesso (Figura 14). Si distinguono comunque diverse litofacies tra le quali il membro di Rio Sgarba (GES) formato da strati e banchi di gessoruditi e gesso selenitico (localmente differenziato nella litofacies selenitica GES2a) alternati a subordinate peliti bituminose e calcari dolomitici, oppure il membro di Monte La Pieve (GES1) formato principalmente da gessoruditi e gessoareniti rosate per alterazione, in strati da sottili a sottilissimi piano-paralleli o piano-ondulati ("gesso balatino"), alternati a marne siltose bituminose e calcari dolomitici, organizzati in pacchi da metrici a decimetrici.

Figura 14 - Gesso selenitico della Formazione Gessoso-Solfifera (località Tossignano, Comune di Borgo Tossignano.)

4.2.1.7.3 FORMAZIONE A COLOMBACCI (FCO, FCOA, FCOB) ETÀ: MESSINIANO SUPERIORE

L'unità è data da Argille, argille marnose e sitose, marne argillose laminate, color grigio-verde con rari microfossili, e resti organici carboniosi, alternate a livelli millimetrici di siltiti e sabbie da finissime a medie grigie; stratificazione da sottile a media. Prende il nome dalla presenza di caratteristici livelli carbonatici detti appunto “colombacci”. Nel territorio in esame sono riconoscibili una litofacies arenacea (FCOa) e una litofacies conglomeratica (FCOb). Nel territorio del Circondario l'unità affiora principalmente al margine nord della vena del Gesso (cfr. Formazione Gessoso-Solfifera) nella valle del Torrente Quaderna (Comune di Castel San Pietro

Terme).

4.2.1.7.4 MARNE DI CELLA (CEA) ETÀ: PLIOCENE BASALE

Marne e marne argillose biancastre o grigio-azzurre, in strati di spessore generalmente medio poco evidenti, ricche in microfossili planctonici. Nell'area in esame si rinvengono come olistoliti inglobati nell'Olistostroma della Val Sellustra (ad esempio presso *Ca' Ronco Scolo* nel Comune di Castel San Pietro Terme) , mentre in altre aree poste al di fuori del Circondario Imolese (verso NO) compaiono alla base delle Argille Azzurre.

4.2.1.7.5 ARGILLE AZZURRE (FAA, FAA2A, FAA2D, FAAA, FAAAP, FAAC, FAAPS) ETÀ: PLIOCENE INF.-PLEISTOCENE INF.

Le Argille Azzurre sono una delle formazioni più conosciute e diffuse lungo il margine della catena l'Appenninica, esse affiorano praticamente a partire dall'Appennino Pavese fino quasi all'Abruzzo e sono state ampiamente studiate, assieme alla soprastante Formazione delle Sabbie di Imola, proprio nella zona imolese dove si individua *la Sezione stratotipica plio-pleistocenica del Santerno* [che] *è lo standard internazionale sia per il Piano Santerniano (o prima unità cronostratigrafica del Quaternario) che per la biostratigrafia del plio-pleistocene* (Landuzzi & Vai, in AA.VV., 1992).

Figura 15 – Calanco nelle Argille Azzurre plioceniche, litofacies pelitico sabbiosa. (Testata del Rio Ponticelli, Comune di Imola).

Le Argille Azzurre si presentano generalmente come argille, argille marnose, marne argillose e siltose grigie e grigio-azzurre, in strati spesso poco evidenti o amalgamati

per la bioturbazione, più chiari se marcati dalla presenza di strati arenacei sottili risedimentati o da livelli discontinui di biocalcareniti fini e siltiti giallastre (Figura 15). Alla base, possono essere localmente presenti marne biancastre ricchissime in Foraminiferi planctonici. Le Argille Azzurre sono ricche in microfossili e macro fossili; questi ultimi si concentrano soprattutto in livelli concentrati (panchina). Localmente, soprattutto nella parte alta dell'unità possono essere presenti *slump* o olistoliti (o1) plurimetrici di materiale ligure. La formazione si è depositata in un ambiente da scarpata a piattaforma e presenta al proprio interno anche litosomi areancei, siltosi e localmente conglomerati, tanto che è possibile distinguere varie litofacie e membri più o meno estesi tra i quali nel territorio del Nuovo Circondario Imolese affiorano:

a) membro delle Arenarie di Borello nel quale si distinguono una litofacies arenacea (FAA2a) data da corpi lenticolari arenacei e una litofacies conglomeratica (FAA2d) data appunto da corpi lenticolari di conglomerati grigi;
b) litofacies arenacea (FAAa) data da corpi lenticolari che si estendono trasversalmente per distanze ettometriche, ben stratificati con rapporto sabbia-pelite variabile da 1/1 fino a 10/1. Litologicamente si tratta di areniti con subordinate biocalcareniti e biocalciruditi, in strati da sottili a spessi, organizzati in pacchi decametrici;
c) litofacies arenaceo pelitica (FAAap) data da orizzonti spessi fino a qualche decina a di metri, costituiti da prevalenti areniti argillose, talora ciottolose, bioturbate, generalmente poco cementate o con cementazione differenziale (cogoli), alternate a peliti sabbiose con subordinati livelli ghiaiosi lenticolari;
d) litofacie conglomeratica (FAAc) caratterizzata da alternanze di conglomerati eterometrici e arenarie generalmente poco cementate, in strati spessi, gradati, a geometria lenticolare, non sempre evidenti a causa della bioturbazione.
e) litofacies pelitico sabbiosa (FAAps) (Figura 15) data da peliti siltose e peliti sabbiose sabbiose grigio-verdastre in strati da millimetrici a decimetrici con laminazione ondulata, piano-parallela e incrociata a scala plurimetrica. Localmente si individuano ricchi resti di sostanza organica carboniosa, livelli a macrofossili, lenti decimetriche di argille massive e corpi arenacei stratificati.

L'unità della Argille Azzurre costituisce il substrato di gran parte della zona collinare dei territori facenti parte del Nuovo Circondario Imolese (settore così detto centrale). Affiora infatti a partire dal margine pedecollinare, nei Comuni di Imola, Dozza, Casalfiumanese e Castel San Pietro terme, fino a giungere a ridosso della Vena del Gesso a sud, nei Comuni di Borgo Tossignano, Casalfiumanese e Fontanelice, e a

ridosso del sistema strutturale denominato “Arco del Sillaro” a ovest, principalmente nel Comune di Castel San Pietro Terme. La presenza così estesa dell'unità comporta l'individuazione di un ampio settore di collina (qui denominato settore centrale) caratterizzato da una certa omogeneità non solo di substrato, ma anche di paesaggio, che viene interrotto solamente in coincidenza delle valli dei corsi d'acqua principali, Torrenti Santerno, sillaro e Sellustra.

4.2.1.7.6 SABBIE DI IMOLA (IMO, IMO1, IMO1C, IMO2, IMO3) ETÀ: PLEISTOCENE MEDIO[14]

L'unità affiora lungo il margine pedecollinare da Imola fino a Castel San Pietro Terme, passando per Dozza. Spesso tuttavia è ricoperta dai depositi continentali, terrazzati e non, del Pleistocene medio superiore o recenti. Rappresenta in area l'esempio più recente di deposizione in ambiente marino. In generale è data da sabbie da spiaggia da fini a finissime poco cementate di colore giallastro in strati poco distinguibili. Raramente sono presenti intercalazioni pelitiche, da centimetriche fino a decimetriche, e rari livelli centimetrici di ciottoli. Si interdigitano sabbie fini e medie, intercalate a ghiaie e conglomerati di spessore generalmente decimetrico, che localmente costituiscono corpi lenticolari spessi alcuni metri. Peliti di colore grigio azzurro di piana alluvionale e piana deltizia.

Oltre alla facies principale si distinguono nel territorio del Circondario i membri:

a) membro di Monte Castellaccio (IMO1) dato da sabbie e arenarie gialle, da fini a finissime, che passano verso l'alto ad alternanze in strati medi e spessi di ghiaie poligeniche, spesso caratterizzate da colori di alterazione bruno-violacei, con diametro massimo dei ciottoli fino a 12 centimetri e subordinate sabbie. Localmente si interdigitano, con maggior frequenza verso l'alto, depositi deltizi costituiti da sabbie fini e medie, intercalate a conglomerati (IMO1c - litofacies conglomeratica) con cementazione modesta o assente, in strati da medi a spessi;
b) membro di Fossoveggia dato principalmente da peliti grigio scure, grigio azzurro e subordinatamente giallastro e rare intercalazioni centimetriche o decimetriche di peliti sabbiose, a stratificazione poco evidente per la bioturbazione da parte di apparati radicali o da paleosuoli;
c) membro di Castel San Pietro con caratteristiche litologiche simili al membro di Monte Castellaccio.

[14] All'incirca tra 800.000 e 650.000 anni secondo Amorosi et al., 1998; Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP, 1998)

4.2.2 UNITÀ STRATIGRAFICHE E SUCCESSIONI SEDIMENTARIE D'AMBIENTE CONTINENTALE.

Le unità neoautoctone di ambiente continentale, del Pleistocene medio-superiore-olocene, affiorano nel territorio del Nuovo Circondario Imolese, in due contesti:

1) in corrispondenza dei terrazzi morfologici organizzati secondo una gerarchia che individua per lo meno sette ordini[15] numerati dal più recente (contrassegnato con la sigla b1 o b1b sulla carta geologica regionale alla scala 1:10.000) al più antico;
2) lungo il margine collinare e nell'alta pianura

Nell'area più propriamente di pianura costituiscono il primo sottosuolocon dei potenti accumuli di diverse decine (già a poca distanza dal margine pedecollinare) fino ad alcune centinaia di metri di spessore (sono circa 300-350 m a Mordano, secondo le ricostruzioni di Calabrese e Cibin, in stampa). Dette unità stratigrafiche sono il risultato della sedimentazione instauratasi con il progressivo ritiro del mare adriatico[16]. Gli studi recenti, condotti soprattutto dal *Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli* della Regione Emilia-Romagna, hanno cercato di applicare i criteri della stratigrafia sequenziale alla descrizione di tali sedimenti (Amorosi & Farina, 1994a; 1994b; 1995; Amorosi et al., 1996; Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP, 1998, Severi et al., 1999; Martelli et al., in stampa, Calabrese & Cibin, in stampa). Si tratta di unità stratigrafiche delimitate sia alla base che al tetto da superfici di discontinuità dimostrabili, significative e specificamente designate (discordanze angolari, disconformità, ecc.), che presentano un'estensione possibilmente regionale o interregionale. Un'applicazione di tali tipologie di unità stratigrafica è la rappresentazione cartografica dei depositi di terrazzo affioranti nelle aree intravallive della pianura che, di fatto, sono compresi tra superfici di discontinuità corrispondenti a scarpate di erosione fluviale e a orizzonti pedogenizzati (Calabrese & Cibin, in stampa).

Nella cartografia della pianura emiliano-romagnola, consultabile sul sito web regionale dedicato alla Cartografia geologica, si fa uso delle unità definite secondo i principi della stratigrafia sequenziale, unità che vengono utilizzate anche nei dati contenuti nel *data base* relativo alla Carta Geologica regionale alla scala 1:10.000,

---

[15] La gerarchia secondo la quale sono ordinati i terrazzi e riportata nella Carta Geomorfologica è stata definita su base locale (si veda anche l'indagine geologica a supporto del Vigente Piano Regolatore Generale del Comune di Imola), come locale è il suo valore e pertanto non fa quindi riferimento ad eventuali tentativi di correlazione dei terrazzi morfologici su scala più ampia (cfr. ad es. Parea 1988; 1989; 1990; Amorosi et al., 1996).

[16] Con la fine della deposizione della formazione delle Sabbie di Imola si sarebbe passati a condizioni di ambiente francamente continentale.

nonché nella banca dati geognostici di pianura, che l'*Ufficio Geologico, Sismico e dei Suoli* della Regione Emilia-Romagna ha messo a disposizione per la redazione del presente studio.

I depositi del così detto Quaternario[17] continentale vengono sostanzialmente ricompresi in un unico *Supersintema emiliano romagnolo* (Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP, 1998). Il limite inferiore del Supersintema Emiliano-Romagnolo affiora solamente a ridosso del margine appenninico oppure nelle aree intravallive. Nel territorio del Circondario, nei Comuni di Imola, Dozza e Castel San Pietro Terme, tali terreni poggiano in discordanza sui depositi marini del Pleistocene medio (Sabbie di Imola) oppure mio-pliocenici (ad es. Argille Azzurre). Questa discordanza angolare si realizza anche nel sottosuolo più prossimo al margine pedecollinare, dove è marcata dal contatto netto fra i depositi fluvio-deltizi, posti alla base del supersintema, e i depositi sabbioso ghiaiosi, di ambiente litorale e di delta-conoide, ascrivibili alla formazione delle Sabbie di Imola (Calabrese & Cibin, in stampa). Il limite superiore del Sintema Emiliano-Romagnolo coincide col piano topografico (Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP, 1998).

Nelle sezioni geologiche (Figura 16), prodotte a corredo degli studi per la realizzazione della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Calabrese & Cibin, in stampa), viene evidenziato che *il supersintema si caratterizza, nel suo complesso, per la progradazione dei sistemi deposizionali alluvionali da SO verso NE e il conseguente arretramento dei depositi fluvio-deltizi e costieri. Tale progradazione mostra due fasi di sviluppo distinte a cui sono stati attribuiti* due sintemi distinti, denominati rispettivamente (Calabrese & Cibin, in stampa):

- *Sintema emiliano-romagnolo* inferiore, comprendente le unità di ambiente continentale, sedimentate all'incirca tra 650 mila e 350/450 mila anni fa, indicato con la sigla cartografica AEI, nel quale predominano le facies fluvio-deltizie per lo più date da sabbie di provenienza padana (Calabrese & Cibin, in stampa);
- *Sintema emiliano-romagnolo superiore,* comprendente i depositi continentali da 350/450 mila anni fa fino al presente, indicato con la sigla cartografica AES, nel quale si sviluppano maggiormente le facies francamente fluviali di conoide e di piana alluvionale legate a sistemi di provenienza appenninica (Calabrese & Cibin,

[17] Il termine Quaternario è stato contestato per diversi motivi da numerosi studiosi tanto che sono sorte due linee di pensiero, la prima delle quali che suggerisce l'utilizzo del termine soprattutto per ragioni storiche, la seconda che invece è a favore dell'eliminazione del termine. A favore della seconda opzione si è espressa nel 2004 la Commissione Internazionale di Stratigrafia che ha deliberato a favore dell'eliminazione dell'era quaternaria dall'ultima edizione della scala internazionale dei tempi geologici, nonostante la discussione non si sia comunque ancora chiusa. Si propone di considerare il periodo corrispondente al Quaternario come facente parte dell'Era cenozoica (o Terziaria).

in stampa).

4.2.2.1 SINTEMA EMILIANO ROMAGNOLO INFERIORE (AEI) ETÀ: PLEISTOCENE MEDIO (TRA 400-430.000 ANNI E 650.000 ANNI)

Il Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI), che costituisce la parte più antica del Supersintema Emiliano-Romagnolo, non è segnalato in affioramento nell'areale qui preso in esame, mentre invece è stato invece individuato nel sottosuolo (Figura 16) sulla base dei dati geognostici (Calabrese & Cibin, in stampa). L'unità è costituita da alternanze cicliche di depositi fini (argille e limi) e grossolani (sabbie e subordinatamente ghiaie), presso il margine pedeappenninico) riferibili ad associazioni di facies di piana alluvionale non drenata e soprattutto di piana fluvio-deltizia e costiera.

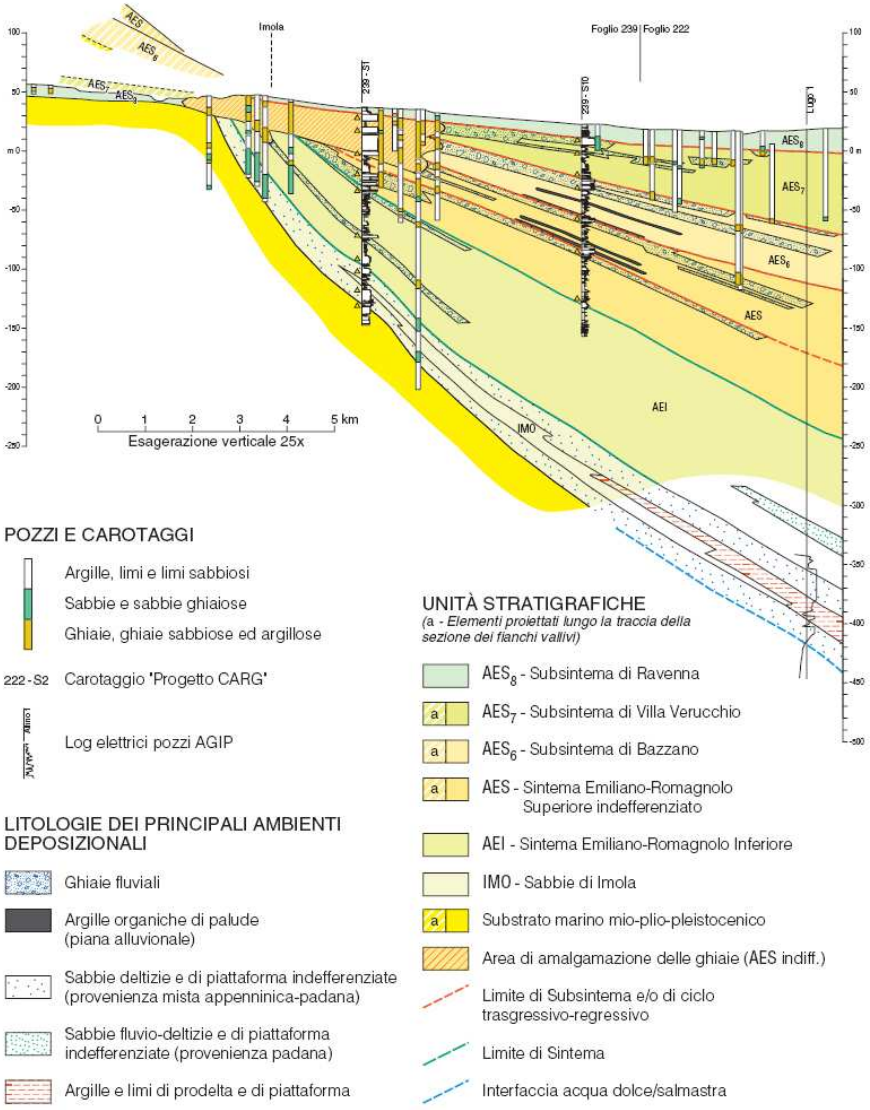

Figura 16-Sezione geologica attraverso la pianura a nord di Imola (da Calabrese & Cibin, in stampa).

Il settore più prossimo al margine della catena è dominato da sistemi alimentati dai fiumi appenninici, mentre verso la bassa pianura sono presenti sedimenti correlati prevalentemente all'alimentazione dal Fiume Po. Nei pressi di Imola, l'unità è posta a una profondità di almeno 20-30 m rispetto il piano campagna con la base che, in virtù dell'assetto inclinato verso nord, si pone a oltre 70-80 m dal p.c. (Figura 16).

L'assetto fortemente inclinato verso nord, dovuto all'andamento strutturale sepolto

della pianura[18], comporta un approfondimento marcato dell'unità in oggetto man mano che ci si sposta verso nord (Calabrese & Cibin, in stampa): tra Mordano, Castelguelfo e Medicina la base del Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore si pone a una profondità compresa tra i 250 e i 350 m dal p.c., mentre il tetto oscilla tra i 150 e i 200 m di profondità

4.2.2.2 SINTEMA EMILIANO ROMAGNOLO SUPERIORE (AES) ETÀ: PLEISTOCENE MEDIO-OLOCENE (< 400.000 ANNI)

Come già accennato, la porzione superiore del Supersintema Emiliano-Romagnolo è data dal Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) (Calabrese & Cibin, in stampa). Questa unità, in corrispondenza del margine pedecollinare e nei fondivalle, appoggia con contatto erosivo sulle unità di ambiente marino più anitche; in pianura, invece, il limite con i sottostanti depositi del Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore si fa sempre meno chiaro e tracciabile muovendosi verso nord. In affioramento, lungo le valli dei fiumi principali e lungo il margine pedecollinare, i depositi dell'Unità in parola formano la copertura di superfici morfologiche terrazzate a varia quota rispetto l'attuale alveo fluviale. Nel sottosuolo della pianura AES è costituito dalla sovrapposizione di cicli deposizionali di diverso ordine gerarchico, tra i quali quelli riconoscibili più chiaramente presentano uno spessore di diverse decine di metri, evidenziano una tendenza all'aumento di granulometria verso l'alto e sono pertanto caratterizzati dall'alternanza di un orizzonte con prevalenza di depositi fini e un altro con prevalenza di sedimenti grossolani (Calabrese & Cibin, in stampa).

Solitamente ciascun ciclo è formato da (Calabrese & Cibin, in stampa):

- una porzione basale, di pochi metri di spessore, data da argille ricche in sostanza organica di piana alluvionale o palude, che poggiano in discordanza sulle ghiaie e sulle sabbie fluviali che costituiscono il tetto del ciclo sottostante;
- una parte inferiore formata da depositi limosi di tracimazione fluviale ,alternati a sabbie e/o argille (comprendenti localmente ghiaie e sabbie di canale fluviale sotto forma di corpi lenticolari, isolati, a geometria nastriforme);
- una parte superiore formata principalmente da litosomi grossolani, ghiaiosi e sabbiosi, che formano depositi compositi, organizzati complessivamente in corpi lateralmente estesi e interpretati come lobi di conoide alluvionale passanti, sottocorrente, nella pianura alluvionale più aperta, a sistemi di canale fluviale

[18] Alti e bassi strutturali si alternano per la presenza delle strutture di accavallamento che caratterizzano l'assetto della Pianura Padana (Pieri & Groppi, 1981). In corrispondenza delle rampe frontali degli accavallamenti la sedimentazione plio-pleistocenica presenta spessori ridotti localmente a poco più di un centinaio di m (o anche meno); nelle zone tra un fronte di accavallamento e l'altro gli spessori complessivi di sedimenti plio-pleistocenici raggiungono invece le migliaia di metri.

arealmente e verticalmente giustapposti.

Di tutti i cicli riconosciuti, che data la loro strutturazione vengono a giocare un ruolo significativo nell'assetto idrogeologico della pianura (Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP, 1998), non solo di questo settore, ma pressoché di tutta la regione, il ciclo più superficiale (AES8), che è pressoché l'unico affiorante nella pianura propriamente detta, è incompleto, essendo rappresentato solo dalla porzione inferiore costituita dai depositi tendenzialmente fini di pianura. Nei settori intravallivi e pedecollinari, dove AES affiora, l'unità è stata suddivisa in subsintemi (identificati cartograficamente con le sigle AES5-8), ognuno dei quali è costituito da depositi alluvionali di un singolo terrazzo o di un gruppo di terrazzi separati da quelli immediatamente sopra e sottostanti da scarpate di erosione, che delimitano depositi geometricamente discordanti tra di loro (Calabrese & Cibin, in stampa). Nella gerarchia dei terrazzi descritta nella *Carta Geomorfologica* (Tavola 2.a.b.c) i terrazzi di ordine superiore corrispondono ai depositi ascrivibili ai subsintemi più antichi, mentre quelli di ordine più basso (topograficamente posti a quote inferiori) corrispondono ai subsintemi più recenti. In affioramento, la superficie sommitale dei diversi subsintemi è caratterizzata da uno specifico grado di alterazione dei suoli.

Sulla base della prosecuzione fisica e/o geometrica dei corpi ghiaiosi di terrazzo e di conoide alluvionale, i 3 subsintemi più recenti (AES6, AES7, AES8) sono stati correlati con i 3 cicli deposizionali più superficiali riconosciuti all'interno di AES nel sottosuolo della pianura (Calabrese & Cibin, in stampa), che sono anche quelli meglio definiti a scala regionale per la cartografia geologica (REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998, CARTA GEOLOGICA D'ITALIA[19] a scala 1:50.000 Foglio 223 Ravenna, Foglio 256 Rimini, 2005, Foglio 240-241 Forlì-Cervia, 2005). Gli altri cicli deposizionali sono meno noti in quanto in affioramento corrispondono ai depositi dei terrrazzi più alti e quindi meno conservati, mentre nel sottosuolo si trovano a profondità piùttosto elevate e non sempre sono stati raggiunti da sondaggi di studio; la loro correlazione a livello regionale è pertanto più difficoltosa, tanto che spesso vengono cartografati unitariamente con la sigla AES.

Nel territorio del Nuovo Circondario Imolese sono stati cartografati, in affioramento, i depositi corrispondenti ai seguenti subsintemi

a) Subsintemi antichi indifferenziati (**AES**) corrispondenti ai depositi dei terrazzi del 6° e 7° ordine
b) Subsintema di Liano (**AES4**), corrispondente ai depositi del terrazzo di 5°-6°

[19] Sito web cartografico della Regione Emilia-Romagna e sito web di APAT.

ordine della Carta Geomorfologica;

c) Subsintema di Torre Stagni (**AES5**), corrispondente ai depositi attribuiti al terrazzo di 4° ordine lungo il margine pedecollinare nella Carta Geomorfologica;
d) Subsintema di Bazzano (**AES6**), corrispondente ai depositi attribuiti al terrazzo di 4° ordine lungo le valli principali e allo sbocco di queste in pianura nella Carta Geomorfologica;
e) Subsintema di Villa Verucchio (**AES7**) suddiviso in unità di Niviano (**AES7a**) ed Unità di Vignola (**AES7b**), corrispondente al terrazzo del 3° ordine della Carta Geomorfologica;
f) Subsintema di Ravenna (**AES8**) (la cui parte superiore è denominata unità di Modena (**AES8b**); corrispondente ai terrazzi di ordine 2° e 1° (unità di Modena) della Carta Geomorfologica.

In linea generale nelle porzioni affioranti (terrazzate) i diversi subsintemi sono formati principalmente da depositi fluviali grossolani (ghiaioso sabbiosi). Tali corpi sedimentari rappresentano infatti, in corrispondenza del margine pedecollinare, i depositi di conoide dei fiumi principali e , lungo le valli, i materiali sedimentati e rimaneggiati direttamente dal fiume in un ambiente caratterizzato generalmente da alta energia idraulica.

4.2.2.2.1 SUBSINTEMA DI LIANO (AES4) ETÀ: PLEISTOCENE MEDIO

Nell'area in esame i depositi ascrivibili a tale unità sono dati principalmente da ghiaie, spesse sino ad una decina di metri, passanti ad alternanze di limi sabbiosi e limi argillosi, frequentemente intercalati da suoli, spesse sino ad alcune decine di metri. Al tetto è generalmente presente un suolo non calcareo di colore bruno giallastro. Affiora in corrispondenza di superfici pianeggianti o poco acclivi di terrazzi di ordine elevato (5°-6°) principalmente nella Prima Quinta Collinare (il centro capoluogo del Comune di Dozza sorge per gran parte su terrazzi del 5° e 6° ordine formati da depositi ascrivibili al subsintema di Linano).

4.2.2.2.2 SUBSINTEMA DI TORRE STAGNI (AES5) ETÀ: PLEISTOCENE MEDIO

i depositi ascrivibili a tale unità sono prevalentemente dati da ghiaie passanti a sabbie e limi ed argille organizzati in alcuni ordini di terrazzi alluvionali. Limite superiore dato da un suolo non calcareo di colore bruno giallastro o bruno scuro. Affiora principalmente sul margine pedecollinare allo sbocco in pianura del T. Sellustra, sia in destra che in sinistra idrografica, nei Comuni di Imola e Dozza.

4.2.2.2.3 SUBSINTEMA DI BAZZANO (AES6) ETÀ: PLEISTOCENE MEDIO

Nelle aree intravallie l'unità è data principalmente da ghiaie passanti a sabbie e limi organizzati in alcuni ordini di terrazzi alluvionali (4° ordine nella Carta Geomorfologica). Al tetto si individua un suolo non calcareo di colore bruno scuro potente fino a 5 metri, al di sotto del quale sono generalmente presenti altri suoli non calcarei sovrapposti. Negli sbocchi vallivi: ghiaie passanti a sabbie e limi, caratterizzati al tetto da un suolo non calcareo di colore bruno giallastro o bruno scuro sovrastante un suolo sviluppato su ghiaie di colore bruno scuro o bruno scuro rossastro o bruno rossastro. Affiora lungo il margine pedecollinare tra Imola e Castel San Pietro Terme, passando per Dozza.

4.2.2.2.4 SUBSINTEMA DI VILLA VERRUCCHIO (AES7) ETÀ: PLEISTOCENE SUPERIORE

L'unità è in generale da depositi ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi, limosi e argillosi di ambiente intravallivo e di sbocco in pianura dei fiumi principali ed è suddivisa in due unità (dal basso verso l'alto) delle quali la prima (**Unità di Niviano AES7a**) non è cartografata nell'ambito del territorio del Circondario, la seconda (**Unità di Vignola - AES7b**) è formata principalmente da ghiaie con matrice limo–sabbiosa, passanti verso l'alto a limi e limi sabbiosi. I depositi di AES (e di AES7b) nell'ambito del territorio qui considerato formano i terrazzo morfologici di ordine 3 (cfr. Carta Geomorfologica) che si sviluppano affioramento principalmente lungo le valli dei corsi d'acqua principali (T. Santerno, soprattutto in sinistra da Imola fino a Casalfiumanese; T. Sellustra, in sinistra presso lo sbocco in pianura; T. Sillaro, in destra allo sbocco in pianura). Nel sottosuolo l'unità è tracciabile per diversi chilometri (Figura 16) che costituisce un importante orizzonte acquifero, molto significativo per gli approvvigionamenti idropotabili. I depositi affioranti riferibili al subsintema di Villa Verucchio formano le superfici terrazzate che, in sinistra idraulica del Santerno, costituiscono il terrazzo più alto, idrogeologicamente collegato al sistema fluviale (fino all'altezza della località *Le Lastre* dove il corso del fiume subisce una deviazione verso est) o che costituisce area di alimentazione privilegiata, nella zona di Imola, per gli acquiferi captati dai pozzi dell'area posta a nord della città..

4.2.2.2.5 SUBSINTEMA DI RAVENNA (AES8) ETÀ: PLEISTOCENE SUP-OLOCENE (<14.000 ANNI)

L'unità è formata in prevalenza da ghiaie e ghiaie sabbiose, passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Nelle zone pedecollinari e di interconoide prevalgono le litologie limose. Al tetto sono presenti suoli poco alterati

con fronte di alterazione potente fino a 150 cm e parziale decarbonatazione. Gli orizzonti superficiali presentano in generale una colorazione giallo-bruno. All'interno dei terreni riferibili al Subsintema di Ravenna si rinvengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. Al tetto viene distinta la così detta **Unità' di Modena** (**AESa)** definita dalla presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione, con profilo potente meno di 100 cm, calcareo, grigio-giallastro o bruno grigiastro. Nella Carta Geomorfologica, l'unità corrisponde ai terrazzi di ordine 1° e 2°, all'interno dei quali si possono distingue re localmente ulteriori sotto-ordini, non cartografati perché di valenza prettamente locale. L'unità forma pertanto i depositi terrazzati direttamente a ridosso degli alvei attuali. Dal punto di vista idrogeologico tali sedimenti ospitano falde idriche freatiche alimentate sia dalla superficie, ma anche, localmente, dal fiume, che nei periodi di magra tende a essere prevalentemente drenante. I sedimenti ascrivibili al subsintema di Ravenna affiorano pressoché in tutti i fondivalle dei corsi d'acqua principali e secondari, formando corpi terrazzati spesso continui per lunghi tratti dell'asta fluviale (nelle valli dei fiumi principali).

4.2.3 COPERTURE SUPERFICIALI OLOCENICHE

Con questo termine vengono qui indicati i depositi superficiali, generalmente localizzati, che ricoprono aree più o meno estese e che sono dovuti a processi di sedimentazione o di accumulo legati processi morfogenetici attuali o comunque geologicamente recenti (postglaciali). Non si tratta pertanto di sedimenti e depositi riferibili a unità stratigrafiche formali, ma prevalentemente di accumuli detritici superficiali di natura eluviale e/o-colluviale, di accumuli da frana, di conoide fluviali di corsi d'acqua secondari o di riempimenti artificiali. Tali accumuli presentano spessori spesso limitati a pochi metri, non sempre sono cartografabili e hanno un'importanza stratigrafica molto relativa.

Trattandosi tuttavia di depositi superficiali che spesso ricoprono con spessori di diversi metri le formazioni sottostanti, assumono un ruolo importante nell'analisi e nella risoluzione delle problematiche legate all'attività dell'uomo dal punto di vista dell'uso del suolo nelle sue varie accezioni quali la realizzazione di manufatti, edifici e infrastrutture, la tutela idrogeologica del territorio, lo sfruttamento delle risorse e lo sfruttamento agricolo. All'interno di tale tipologia di suoli dovrebbero rientrare anche i depositi fluviali terrazzati che invece sono stati trattati nei paragrafi precedenti come unità stratigrafiche a limiti inconformi. Le varie tipologie di depositi e accumuli

superficiali sono ampiamente diffuse nei territori del Nuovo Circondario Imolese, soprattutto nei settori collinari e montani. Come si vedrà nel capitolo dedicato alla geomorfologia la densità di distribuzione sul territorio di tali litosomi che, di fatto possono essere considerati dei veri e propri corpi sedimentari (di ambiente continentale subaereo) è variabile principalmente in relazione alla natura del substrato roccioso e dell'assetto strutturale.

4.3 ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL TERRITORIO DEL NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE

Come è già emerso nei capitoli e nei paragrafi precedenti, il territorio del Nuovo Circondario Imolese può essere suddiviso in 4 settori distinti sulla base delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo (Figura 16), distinguendo:

- un settore sud, dove affiorano rocce appartenenti alla sola Formazione Marnoso-Arenacea;
- un settore ovest, dove affiorano rocce appartenenti principalmente ai Dominî Ligure e Subligure, nonché alla sovrastante Successione epiligure;
- un settore centrale (o settore collinare) nel quale affiorano principalmente rocce ascrivibili al Dominio Padano Adriatico e in particolare appartenenti alla Formazione delle Argille Azzurre e alla Formazione delle Sabbie di Imola ;
- un settore nord, di pianura caratterizzato da un substrato formato dai depositi continentali dell'alta e media pianura bolognese .

Tale suddivisione in settori, caratterizzati dalla presenza di litotipi diversi sia per caratteristiche fisiche che per significato paleogeografico, si riflette anche in differenze sostanziali dell'assetto strutturale (Figura 5).

4.3.1 SETTORE OVEST

La caratteristica principale che comporta un'evidente differenziazione del settore ovest da tutti gli altri è sicuramente il sistema strutturale noto in letteratura come “Arco del Sillaro” o “Linea del Sillaro” (Castellarin & Pini, 1987) (Figure 5, 6 e 17). Esso è costituito da un insieme (un fascio) di strutture di accavallamento che comportano la sovrapposizione di diversi elementi tettonici formati da unità litostratigrafiche appartenenti principalmente al Dominio Ligure e alla sovrastante Successione Epiuligure, la quale risulta anch'essa coinvolta nelle medesime deformazioni. *L'insieme dei sovrascorrimenti affioranti e sepolti individua un sistema arcuato di rilevanza chilometrica, un vero e proprio arco tettonico con tipiche zone di*

deformazione frontale (a vergenza padana), obliqua e laterale (Castellarin & Pini, 1987) (Figure 5 e 17). Lungo la zona laterale del sistema dell'Arco del Sillaro[20] non si è avuto solamente l'accavallarsi l'uno sull'altro di vari elementi tettonici formasti da unità liguri e epiliguri, ma anche la sovrapposizione dell'insieme di questi sulle unità Umbro-Romagnole (Formazione Marnoso-arenacea) e sulle unità messiniane del Dominio Padano (Formazione a Colombacci e Formazione Gessoso-Solfifera). In virtù della presenza di tale importante sistema strutturale ne deriva, come esemplificato sia nella Figura 17 che nella *Carta Litotecnica* (Tavola 1.a.b.c) il settore ovest del Nuovo Circondario Imolese è caratterizzato da lineamenti strutturali ad andamento prevalente circa N-S/NNE-SSO, trasversali a quella che è la direzione generale delle strutture appenniniche, che è invece orientata all'incirca NO-SE. Tale andamento antiappenninico[21] degli elementi strutturali non è stato riconosciuto solo in Val Sillaro, ma anche in altri settori della catena appenninica (ad es. Castellarin et al., 1986), è spesso riconducibile alla presenza di fasce di deformazione trasversali dovute alla convergenza e giustapposizione di rampe laterali ascrivibili a sistemi di accavallamento tettonico. Da evidenziare anche che nel settore ovest del Circondario l'assetto della stratificazione (primaria o tettonica[22]) nelle unità litostratigrafiche ivi affioranti segue sostanzialmente l'andamento dei principali fronti di accavallamento che formano il sistema dell'"Arco del Sillaro".

---

[20] A scala regionale, l'Arco del Sillaro potrebbe rappresentare la rampa frontale destra di un sistema di accavallamenti tettonici (arco strutturale), non completamente affiorante, che si delineerebbe dalla Valle del Sillaro, a est, fino, alle valli dei Torrenti Lavino e Samoggia, a ovest, nei pressi del confine tra le Provincie di Bologna e di Modena (Capitani, 1997).

[21] L'esistenza di zone deformazione e di lineamenti trasversali alla catena appenninica settentrionale è nota agli studiosi di geologia da quasi un secolo (ad es.Sacco, 1935; Signorini, 1935).

[22] Come descritto nel capitolo relativo alla stratigrafia, nelle unità caotiche liguri a composizione pelitica si è perso l'originario ordine stratigrafico. Per effetto della trasposizione stratigrafica si riconosce tuttavia sul terreno una sorta di stratificazione "tettonica" evidenziata a seconda dei casi dall'allineamento preferenziale di resti di strato e di superfici assiali di pieghe prive di radice, dal clivaggio scaglioso, da piani di taglio duttile, ecc. Tale stratificaizone tettonica, detta anche foliazione, può essere cartografata verificando che spesso segue alla scala cartografica l'andamento delle principali strutture tettoniche.

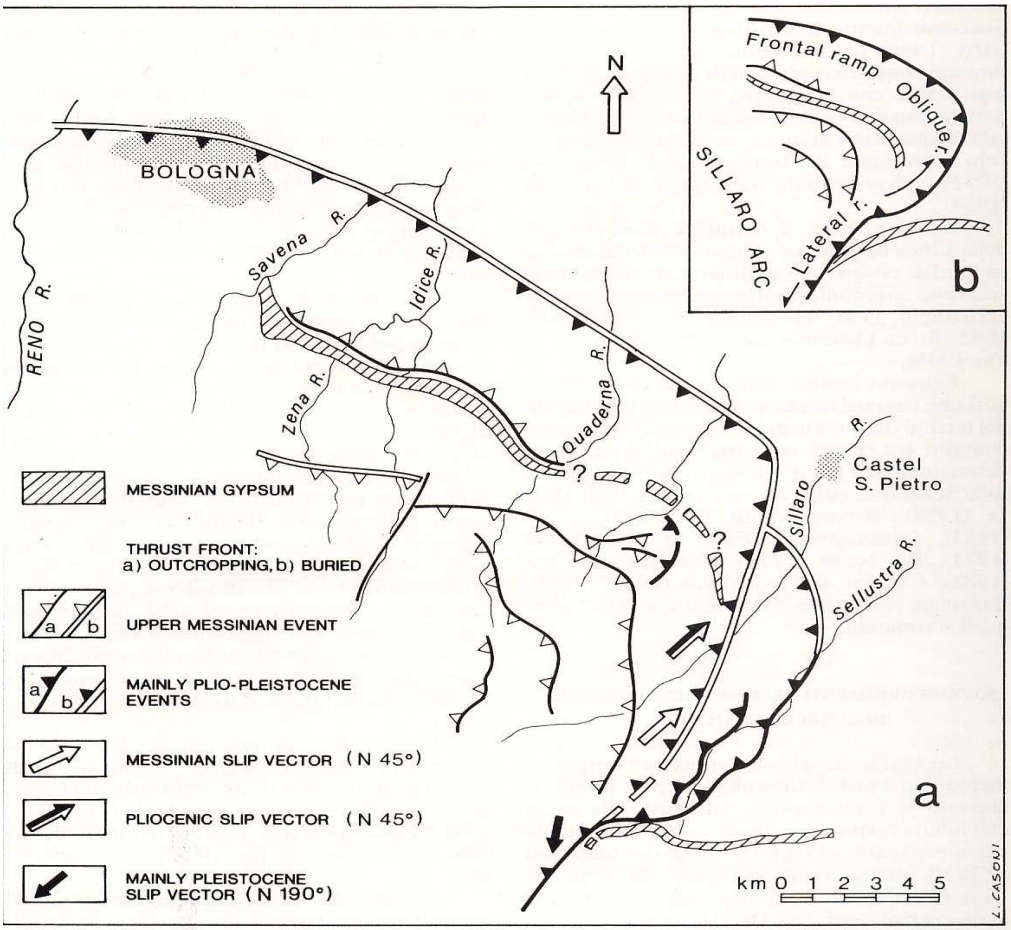

Figura 17 Andamento delle principali strutture di accavallamento che compongono l'Arco del Sillaro (estratto da Castellarin & Pini, 1987)

4.3.2 SETTORI SUD E CENTRALE

L'assetto strutturale dei settori sud e centrale si differenzia da quello del settore ovest, in quanto segue sostanzialmente i lineamenti generalizzati riconoscibili per l'Appennino Settentrionale.

Per quanto riguarda il settore sud, le varie strutture plicative e fragili cartografate nella Formazione Marnoso Arenacea si organizzano secondo direzioni NO-SE.

Esula dagli scopi della presente nota la descrizione delle varie strutture ricostruite entro la Formazione Marnoso-Arenacea, alcune delle quali piuttosto spettacolari alla scala cartografica. È comunque interessante evidenziare, anche per ché di valenza specifica per le applicazioni pratiche, che l'assetto della stratificazione nel settore sud e nel settore centrale, di collina, è tendenzialmente a monoclinale immergente verso i quadranti settentrionali, più complicata forse nel settore sud, dove si misurano localmente valori elevati di inclinazione, meno accentuata nel settore centrale con valori di inclinazione della stratificazione generalmente inferiori ai 25°-30°. Tale andamento tendenziale a monoclinale ha un effetto molto significativo nel controllare

l'evoluzione dei versanti, soprattutto delle valli trasversali ai corsi d'acqua principali (e principalmente trasversali al T. Santerno). Come chiaramente evidente anche solo attraverso la lettura di una normale carta corografica, i principali corsi d'acqua appenninici scorrono solitamente trasversalmente alla catena montuosa (da SO verso NE), mentre i loro principali tributari sono orientati all'incirca E-O/ESE-ONO/OSO-ENE e cioè seguono in generale i lineamenti principali della catena. Tale andamento dei tributari appare marcato nell'Imolese, soprattutto nel bacino del T. Santerno, in quanto favorito dall'assetto a generale monoclinale delle formazioni litostratigrafiche ivi affioranti. Ma tale l'effetto, dovuto all'assetto generalizzato della stratificazione inclinata verso i quadranti settentrionali, ha anche come conseguenza che sul lato esposto a nord della valle[23] la stratificazione è a franapoggio, mentre sul versante opposto è a reggipoggio. Ne consegue che nel settore centrale (Comuni di Borgo Tossignano, Fontanelice e Imola), a substrato prevalentemente pelitico (Argille Azzurre), le valli trasversali al Santerno presentano una certa asimmetria dei versanti, con quello esposto a nord che è relativamente meno inclinato[24], più esteso e sul quale si sviluppano maggiormente i movimenti gravitativi (frane), rispetto invece al versante esposto a sud che è tendenzialmente più ripido, meno esteso e sul quale si impostano principalmente le forme di erosione calanchiva. Nel territorio in esame si riconoscono pertanto molti esempi di valli la cui morfologia è fortemente controllata da fattori strutturali.

4.3.3 SETTORE NORD

Il settore nord, essendo di pianura, non evidenzia strutture geologiche di superficie. Ciò nonostante, come ben noto dagli studi condotti per la ricerca di idrocarburi (Pieri & Groppi, 1983), i sedimenti più recenti della pianura padana ricoprono le imponenti strutture tettoniche che rappresentano i fronti più avanzati verso nord della catena appenninica (Figura 18).

[23] (di un tributario di corso d'acqua principale).

[24] Il versante presenta qui un'inclinazione spesso pari al valore medio dell'inclinazione della stratificazione nelle rocce del substrato.

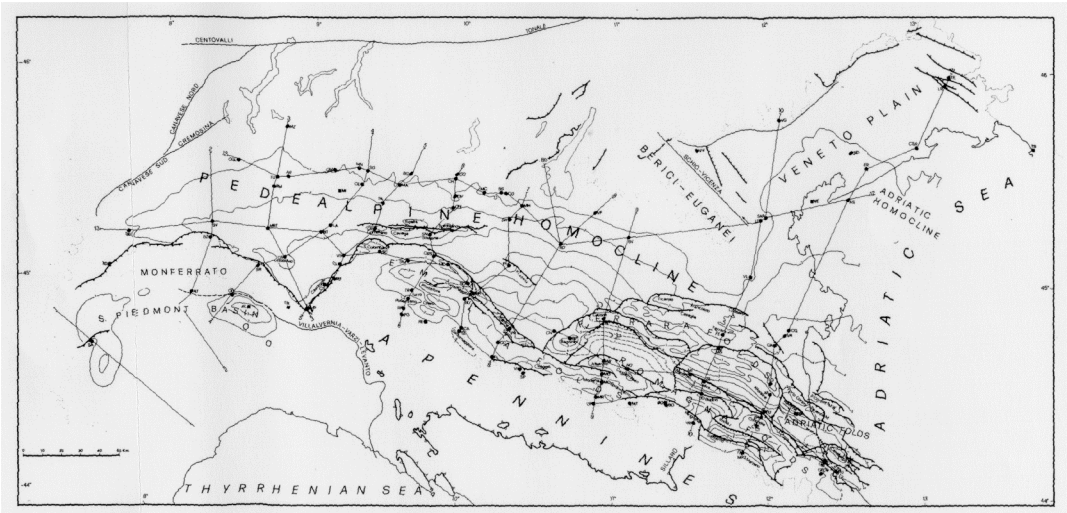

Figura 18 - Assetto Geologico-Strutturale del sottosuolo della Pianura Padana. Una parte delle strutture più esterne della catena appenninica settentrionale è sepolta nel sottosuolo della Pianura Padana. Di fatto la catena montuosa si spinge verso nord, dal punto di vista geologico, fino oltre la città di Ferrara (da Pieri & Groppi, 1981)

A grandi linee, nel sottosuolo della Pianura Padana e dell'antistante Mare Adriatico, si riconoscono almeno cinque grandi insiemi strutturali di valenza regionale (Pieri & Groppi, 1981) denominati: Arco del Monferrato, Pieghe Emiliane, Pieghe Ferraresi (o Dorsale Ferrarese), Pieghe Romagnole e Pieghe Adriatiche (Figura 18); essi coincidono con dei sistemi di accavallamento a vergenza nord orientale che delimitano zone di culminazione, in corrispondenza delle quali la sedimentazione Plio-Pleistocenica presenta spessori ridotti che delimitano, a nord e a sud, delle zone depresse, di “inghiottimento della sedimentazione” (sorta di grandi bacini tipo *piggy-back*), nelle quali invece la sedimentazione plio-pleistocenica ha determinato l'accumulo di potenti successioni sedimentarie.

Tali grandi strutture sono presenti anche nel sottosuolo del settore di pianura del Circondario Imolese (Comuni di Castel San Pietro Terme, Medicina, Castel Guelfo, Imola e Mordano). Più in particolare si tratta principalmente degli accavallamenti che fanno capo al sistema delle pieghe Romagnole (Figura 18) prossimi al margine pedecollinare. Come già accennato, lo stesso Arco del Sillaro costituirebbe la porzione più orientale di un sistema di accavallamenti che si svilupperebbe, in parte in affioramento e in parte sepolto, fino al confine ovest della Provincia di Bologna (valli dei Torrenti Lavino e Samoggia) (Capitani, 1993).

4.4 SISMICITÀ

I Comuni che fanno parte del Nuovo Circondario Imolese sono classificati in zona 2 nell'elenco dei comuni sismici, riportato nell'Allegato n. 1 all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003-P*rimi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica*. Sebbene i contenuti tecnici di detta Ordinanza non siano più validi, essendo scaduto il suo periodo di applicazione in data 23 ottobre 2005, a seguito dell'entrata in vigore del DM 14 settembre 2005 (ora sostituito dal DM 14 gennaio 2008), resta tuttora valida la classificazione sismica dei comuni italiani riportata in allegato alla citata ordinanza, così come indicato nella Del. di G. R. n. 1677/2005. La pericolosità sismica regionale, per il territorio qui preso in considerazione, è espressa dalla probabilità del 10% in un periodo di 50 anni, di terremoti di intensità macrosismica superiore al VII grado della scala Mercalli Cancani Sieberg. Tale probabilità corrisponde a eventi con tempi di ritorno dell'ordine di 475 anni (Figura 19).

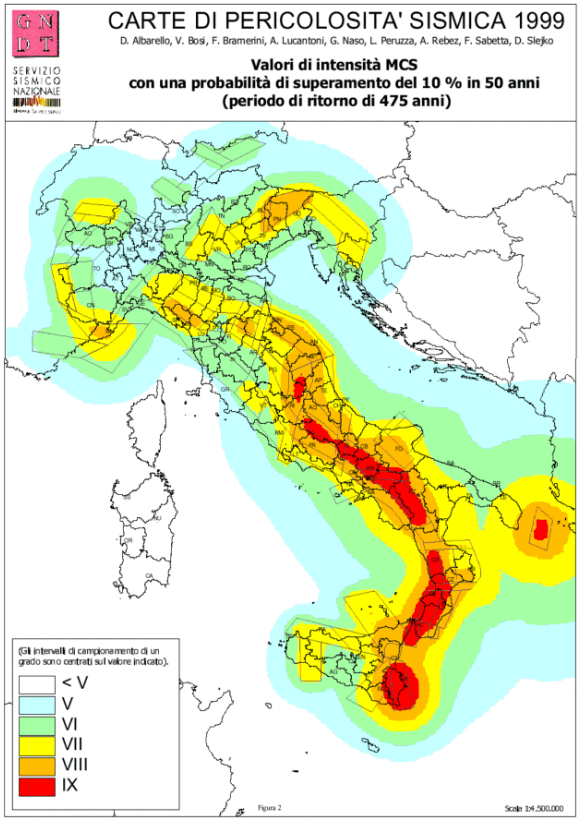

Figura 19- *Valori di intensità MCS con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni). (Estratto da Albarello, Bosi, Bramerini, Lucantoni, Naso, Peruzza, Rebez, Sabetta & Sleiko, 1999 – sito web del Servizio Sismico Nazionale).*

A livello di quadro storico dei principali eventi tellurici che hanno interessato il territorio del Nuovo Circondario Imolese e un suo intorno si può osservare (Figura 20) che le sorgenti sismiche più prossime si collocano nell'area Faetino-Forlivese (a est) e in territorio toscano, a sud. Con terremoti che hanno raggiunto la magnitudo 6-6.5 (evento del 1919 in Toscana) o 5.7-5.9 (eventi del 1661, 1688, 1781, ecc.).

Le sequenze sismiche più recenti registrate in area sono invece caratterizzate da valori energetici minori:

- La sequenza dell'aprile-maggio 2000 che ha interessato principalmente l'Appennino faentino-forlivese che ha determinato danni leggeri classificati in due casi del VI grado della scala Mercalli Cancani Sieberg (a Brisighella e a Faenza) e altri danni più limitati (sito web del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna
- la sequenza sismica iniziata il 23 gennaio 2003, ad esempio, è che ha interessato principalmente l'alto Appennino Forlivese è stata caratterizzata da due scosse iniziali di magnitudo 4.3 (Ercolani et al., 2004);
- il terremoto del 14 settembre 2003 che ha colpito l'alto Appennino Bolognese e Toscano, con epicentro localizzato circa 30 Km a sud di Bologna, ha raggiunto valori di magnitudo attorno a 5 (Ercolani et al., 2004);

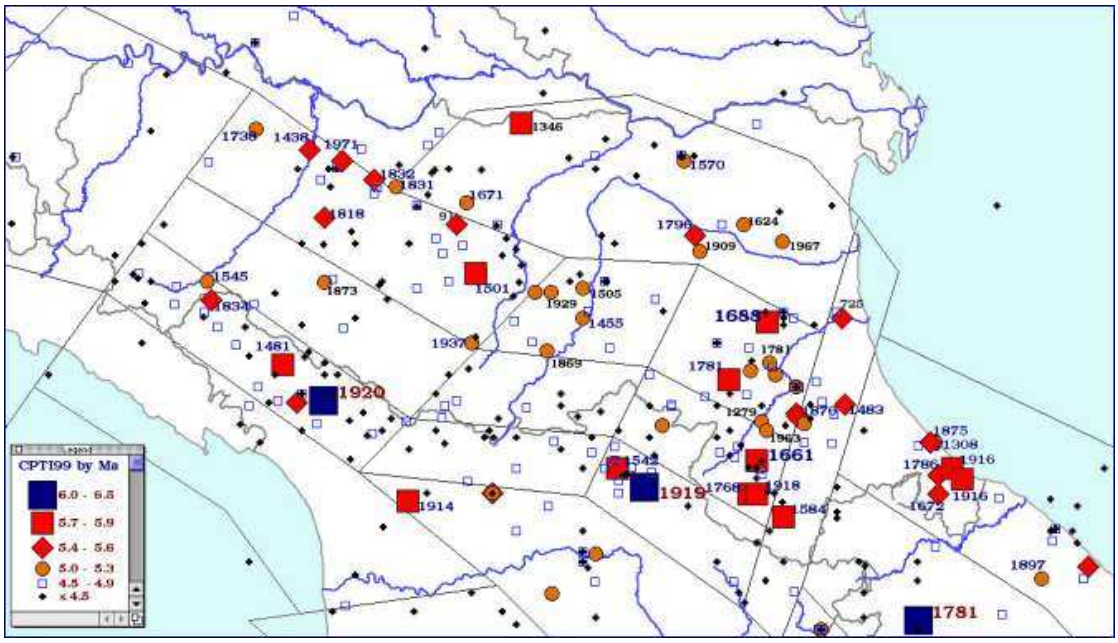

Figura 20 Ubicazione degli epicentri dei principali terremoti che hanno colpito la regione Emilia-Romagna (Estratto da Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, 1999, ripreso sul sito web del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

Nella Tabella 8 è riportato uno schema riassuntivo dal quale si deduce come l'evento

storico i cui effetti sono stati risentiti anche a Imola con la maggiore il maggiore valore di intensità macrosismica è quello del'11 aprile 1688 con un valore di Is pari a 7.4-7.5 con epicentro in area romagnola.

C.R.	C.P.	C.C.	COMUNE		Long.	Latit.			
			abitanti1991	abitazioni1991	grado sismicità			Imax os.	
Anno	m	g	La.Ep.	Lo.Ep.	Ie	Is (leg.att.)	Is (DB CPTI)	Dist.(km)	Ax
	8	37	32	IMOLA		11 713897	44 353350		
			62567	25645	9			8	
1279	4	30	43,09	12,87	10	5,5		170	Camerino
1428	7	3	44,15	12,05	8	5,8		32	Predappio
1509	4	19	44,32	11,87	7	6		14	Faentino
1542	6	13	44	11,38	9	6,3		47	Mugello
1584	9	10	43,87	12	9	6,1		50	Appennino tosco-romagnolo
1600	1	1	44,11	11,55	7,5	5,5		29	Palazzuolo
1624	3	18	44,65	11,85	7,5	5,5		38	Argenta
1687	1	1	44,33	11,75	6	6		4	Castel Bolognese
1688	4	11	44,39	11,94	9	7,4	7,5	21	Romagna
1732	8	9	44,29	11,88	6		6		Faenza
1751	7	27	43,22	12,73	10	5,6		149	Gualdo Tadino
1781	4	4	44,23	11,8	9	8	6,5	14	Faentino
1781	6	3	43,59	12,5	9,5	5,7		107	Cagliese
1781	7	17	44,25	11,97	8	6,1	6	26	Romagna
1796	10	22	44,62	11,32	7		6		Emilia orientale
1813	9	21	44,25	11,97	7	5,8	7	16	Romagna centrale
1837	4	11	44,17	10,18	9,5	5,6		124	Alpi Apuane
1854	6	16	44,33	11,75	7	7		4	Castel Bolognese
1878	3	12	44,42	11,55	6	5,7		12	Bolognese
1878	11	9	44,25	11,5	7	5,5		21	Castel del Rio
1881	1	24	44,45	11,52	6,5	5,5		19	Bolognese
1909	1	13	44,58	11,69	6,5		6		Bassa padana
1920	9	7	44,18	10,28	9,5	5,6		122	Garfagnana

Tabella 8 – Tabella riassuntiva dei principali terremoti storici i cui effetti sono stati percepiti nella città di Imola e relativo valore di intensità macrosismica locale (estratto da sito web del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna).

4.5 ACQUE MINERALI E EMISSIONI LUTIVOME

La presenza di sorgenti termali e di acque minerali è particolarmente nota lungo tutto l'Appennino Emiliano-Romagnolo dalla Provincia di Piacenza fino a quella di Rimini. Le località termali e di cura la cui fama ha travalicato ampiamente l'aspetto locale sono numerose (Salsomaggiore, Porretta, Castel San Pietro Terme, Riolo, Castrocaro, ecc.) tanto da costituire spesso, con l'indotto, una, delle voci più importanti, se non la voce più importante, dell'economia di tali Comuni e delle zone limitrofe.

La presenza di sorgenti termali e di acque dalla mineralogia particolare, se si escludono quelle sulfuree, è quasi sempre collegata a particolari condizioni dell'assetto geologico-strutturale che permettono l'instaurarsi di circuiti idrici profondi (che consentono quindi la discesa di acque relativamente superficiali verso il basso a rimpiazzare acque più calde in risalita verso l'alto) o comunque la venuta a giorno di acque profonde (facenti parte di circuiti molto lenti oppure "fossili" intrappolate all'interno di rocce magazzino già da tempi molto lunghi (geologici). In taluni casi si può avere l'emergere di acque "di strato" associate a giacimenti di idrocarburi non pienamente confinati dagli orizzonti rocciosi soprastanti. Questi ultimi casi oltre a dare luogo a sorgenti di acque "salse" possono dare luogo alla formazioni di apparati di vulcanelli lutivomi denominati localmente in maniera diversa (salse, sarse, bollitori, buldur, ecc.). Si tratta di formazioni delle dimensioni da pochi cm fino anche a oltre un m di altezza, con una morfologia conica analoga a quella di un vulcano in miniatura, sebbene la loro origine non sia legata a fenomeni vulcanici. Si formano per la fuoriuscita ripetuta di fanghiglia mista ad acque salate e idrocarburi (principalmente metano) che deidratandosi perde di fluidità e si arresta all'intorno del punto di uscita. Se la salsa si trova in corrispondenza di un corso d'acqua o in un campo soggetto a periodici interventi di aratura e/o zappatura, non può evolvere in altezza in quanto continuamente demolita dall'erosione dell'acqua o dai lavori agricoli. Al contrario in luoghi particolarmente "protetti" si possono formare singoli vulcanelli o insiemi di vulcanelli alti anche oltre il metro.

Nei settori collinari del Nuovo Circondario Imolese, oltre alle ben note terme di Castel San Pietro, è nota, soprattutto a livello locale, la presenza di diverse manifestazioni e risorgive di acque salate, con locale formazione di vucanelli lutivomi che sono stati

oggetto in passato di studio e catalogazione da parte di studiosi non solo locali[25]. Va detta che la presenza di sorgenti di acque salate o di salse è anche suggerita da alcuni toponimi che altrimenti non troverebbero alcuna logica motivazione (ad. es. Rio Salato). Tra le salse più note e che la letteratura indica come particolarmente evidenti dal punto di vista macroscopico si ricordano (Krak & Zambrini) i *Bollitori di Bergullo*, nella valle del Rio Sanguinario in parte poste nel vicino territorio della Provincia di Ravenna, il *Dragone di Sassuno*, in val Sillaro, il *Rio Salso*, al confine tra Imola e Casalfiumanese, e il *Bollitore di Pedriaga*.

Dal punto di vista paesaggistico le salse costituiscono degli elementi singolari che in talune aree con manifestazioni particolarmente evidenti sono state oggetto di tutela e valorizzazione naturalistico turistica[26]. La loro manifestazione è spesso legata a forme effimere che spesso vengono cancellate rapidamente dall'erosione o dall'azione umana; altre volte l'attività della salsa si riduce fino a fermarsi completamente, con l'apparato lutivomo che viene oblitterato dagli agenti esogeni, o solo per un periodo più o meno lungo.

Tali caratteristiche rendono il censimento delle salse non facile, perché molto spesso laddove ne erano segnalate non se ne ritrovano più i resti, mentre possono formarse laddove non ve n'era la traccia. Si è pertanto preferito non riportare nella Carta Geomorfologica l'ubicazione delle salse delle quali si ha segnalazione, per evitare di fornire un'informazione incompleta e spesso affetta da errori grossolani[27]. Il tema comunque necessiterebbe un approfondimento specifico con un'analisi del territorio finalizzata alla localizzazione di tutte le manifestazioni lutivome con finalità di tutela e valorizzazione (percorsi e sentieri naturalistici, norme di salvaguardia, ecc.), nella consapevolezza che molte di tali emergenze non sono per natura permanenti.

---

[25] Per una revisione dei lavori passati e una descrizione dei "bollitori" dell'Imolese cfr. il lavoro di M. Krak. & A. Zambrini citato in bibliografia.

[26] Ad es. a Nirano, in Provincia di Modena.

[27] Spesso la segnalazione non corrisponde una corretta ubicazione.

5 CARTA LITOTECNICA

Per sintetizzare in un documento cartografico unico, utile per finalità applicative e di pianificazione territoriale, le numerose informazioni geologiche relative ai territori qui considerati e descritte nel capitolo precedente, si è proceduto alla redazione della *Carta Litotecnica* di cui alla Tavola n. 1.a b c. . Come ampiamente descritto nel capitolo precedente, il substrato del territorio del Nuovo Circondario Imolese è formato da rocce ascrivibili a numerose unità litostratigrafiche, spesso non affioranti per la presenza delle coperture superficiali. Si tratta quindi di rocce riferibili a dominî paleogeografici e a successioni iverse, che coprono un lasso di tempo di oltre 150 milioni di anni. Il settore nord, di pianura, è inoltre caratterizzato dalla presenza, nelle prime decine di metri di profondità, dei soli sedimenti di pianura inquadrabili nei sintemi di Ravenna e di Villa Verucchio, o più antichi, mentre il substrato di ambiente marino si trova a profondità ragguardevoli, superiori al centinaio di metri. Dal punto di vista applicativo l'utilizzo di un così grande numero di unità non è pratico, anche perché molte di esse hanno caratteristiche litologiche e tecniche paragonabili e simili tra di loro. La *Carta Litotecnica* descrive pertanto la distribuzione in pianta delle così dette "Unità litotecniche", ottenute accorpando assieme le diverse unità stratigrafiche che mostrano caratteristiche litologiche e fisiche similiari e ricomprendendo tra le unità litotecniche anche i corpi sedimentari recenti o gli accumuli superficiali, quando cartografabili. La Carta Litotecnica è stata approntata partendo pertanto dai dai dati derivanti dalla *Carta geologica dell'Appennino emiliano romagnolo* della Regione Emilia-Romagna della quale l'*Ufficio Geologico Sismico e dei Suoli* regionale ha fornito le basi vettoriali su supporto informatico. La *Carta Litotecnica* non deve essere vista come una carta geologica in senso stretto, in quanto descrive la distribuzione geografica di raggruppamenti di rocce e coperture, definiti solamente sulla base delle loro caratteristiche litologiche e strutturali, indipendentemente dalla loro collocazione o interpretazione stratigrafica, età o significato paleogeografico. Dal punto di vista pratico-applicativo e pianificatorio l'uso della *Carta Litotecnica* è pertanto più immediato rispetto a una Carta Geologica in senso stretto, in quanto per finalità pratiche le caratteristiche litotecniche di un corpo roccioso o di una copertura sono più intuitivamente utilizzabili di quanto non lo siano le unità definite sulla collocazione stratigrafica o età delle rocce. Le caratteristiche litotecniche infatti influenzano direttamente i processi morfogenetici, sono più correlate con le

caratteristiche geotecniche e geomeccaniche degli ammassi rocciosi e delle terre[28], ma anche con le caratteristiche idrogeologiche, di risposta sismica e di erodibilità. Nella Tabella 9 sono riassunti i raggruppamenti (unità litotecniche) nei quali sono state comprese le diverse unità litostratigrafiche del substrato roccioso marino.

A	Rocce non stratificate o con bancate di spessore superiore ai 3 m
B1	Rocce costituite da un litotipo predominate stratificate in banchi o strati di elevato spessore spesso amalgamati e/o non distinguibili.
B3	Alternanze di litotipi diversi. Meno del 25% di strati pelitici, marnosi o comunque a minore competenza.
B4	Alternanze di litotipi diversi. Da 25% a 75% di strati pelitici, marnosi o comunque a minore competenza.
B5	Alternanze di litotipi diversi. Più del 75% di strati pelitici, marnosi o comunque a minore competenza.
Bc	Rocce prevalentemente pelitiche strutturalmente complesse e/o a struttura a <<blocchi in pelite>>.
Bol	Brecce argillose poligeniche.
C1	Conglomerati e brecce clasto-sostenuti.
C2	Conglomerati e brecce matrice-sostenuti.
C3	Arenarie deboli e sabbie cementate.
D	Argille, argille marnose, argille sabbiose e sabbie argillose marine.
Dm	Marne.
Dm-B1	Marne siltose silicizzate.
Dm-B2	Marne siltoso-sabbiose.
G	Gessi e/o evaporiti.

Tabella 9 – Unità litotecniche del substrato roccioso marino.

A titolo di esempio, nel primo raggruppamento B3 (*Alternanze di litotipi diversi. Meno del 25% di strati pelitici, marnosi o comunque a minore competenza*) sono comprese le seguenti formazioni litostratigrafiche (cfr. capitolo precedente):

- MOHa - Formazione di Monghidoro - litofacies arenacea;
- MLL - Formazione di Monte Morello;
- CIG5 - Formazione di Cigarello - membro di Monterenzio;
- LOIap - Arenarie di Loiano - litofacies arenaceo-pelitica;
- FMA12a - Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Castel del Rio - litofacies arenacea;
- FMA13 - Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Fontanelice;
- FMA13c - Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Fontanelice - litofacies arenacea;
- FCOa - Formazione a Colombacci - litofacies arenacea;
- FAA2a - Argille Azzurre - membro delle Arenarie di Borello - litofacies arenacea;
- FAAa - Argille Azzurre - litofacies arenacea;

Completano l'insieme delle informazioni riportate nella Carta Litotecnica le indicazioni relative all'assetto strutturale: faglie e strutture tettoniche fragili cartografabili, ma soprattutto l'assetto della stratificazione che rappresenta un elemento di enorme significatività applicativa, soprattutto a livello di valutazione della stabilità dei versanti.

[28] In geotecnica si distingue tra rocce 8caratterizzate da una coesione di natura minerale) e terre (incoerenti o coesive se caratterizzate da una coesione di natura elettrostatico, ma non minerale).

6 IDROGEOLOGIA

6.1 INTRODUZIONE

Come già descritto nei capitoli precedenti, il territorio del Nuovo Circondario Imolese si può suddividere a grandi linee in tre settori di collina-montagna (settore ovest, settore sud e settore centrale) e in un settore di pianura. Dal punto di vista idrogeologico si può mantenere tale differenza sostanziale, aggregando tuttavia le zone dei fondivalle dei corsi d'acqua principali (F. Santerno, T. Sillaro e T. Sellustra) al settore di pianura. Nei settori collinari-montani, le acque del sottosuolo sono immagazzinate all'interno delle così dette rocce magazzino e vengono riprese (per usi civili) presso le sorgenti naturali. Può capitare che vi siano inoltre corpi detritici superficiali parzialmente saturi in acqua, ma si tratta di "acquiferi" molto ridotti, limitati in estensione e alquanto effimeri, tanto che il loro sfruttamento è pressoché attuabile. Il settore di pianura (comprensivo dei fondivalle dei corsi d'acqua principali) è caratterizzato dalla presenza di acque sotterranee immagazzinate all'interno dei corpi sedimentari grossolani (ghiaiosi e/o sabbiosi) dai quali sono prelevati anche grandi quantitativi d'acqua, sia a scopo potabile che industriale e agricolo, per mezzo di pozzi scavati o perforati fino a raggiungere i livelli saturi posti a diverse decine fino oltre il centinaio di metri. Si riconosce pertanto una differenza sostanziale tra territori di montagna-collina, dove l'acqua viene a giorno per vie naturali (sorgenti) e un'area di pianura dove l'acqua deve essere prelevata tramite pompaggio da pozzi[29].

6.2 SETTORE DI MONTAGNA

L'ampia presenza di rocce a componente argillosa, o pelitico argillosa, che caratterizza gran parte del territorio collinare del Circondario imolese, costituisce un importante ostacolo alla formazione di circuiti idrogeologici sotterranei utilizzabili a scopi idropotabili. Non a caso la stragrande maggioranza delle sorgenti captate e gestite dalla società HERA spa per scopi acquedottistici, si concentrano tutte nel settore meridionale del Circondario dove, come descritto nei capitoli precedenti, il substrato roccioso è formato da litotipi lapidei o da alternanze di litotipi lapidei e pelitici che, in virtù di una porosità secondaria da fratturazione, possono essere trattati alla stregua di rocce magazzino (Figure 21, 22 e 24).

[29] In passato, lungo la fascia pedecollinare non era infrequente la presenza di polle d'acqua e risorgive naturali (chiamate a secondo dei luoghi con fontanili o fontanazzi). Il fenomeno, con il perdurare dei prelievi massici da pozzi si è fortemente ridimensionato.

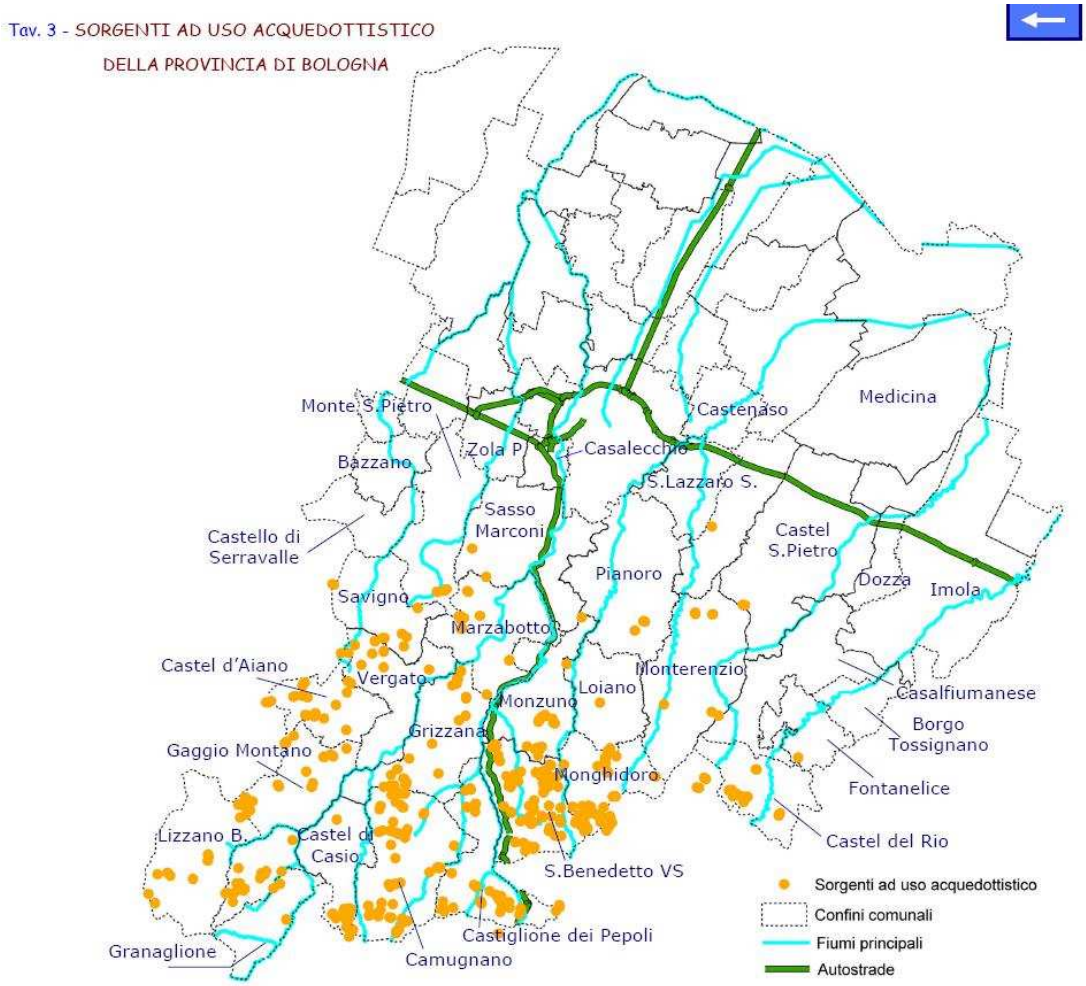

Figura 21 – Sorgenti captate ad uso acquedottistico nella Provincia di Bologna. Nel Nuovo Circondario Imolese si localizzano quasi tutte nel Comune di Castel del Rio, ad eccezione di una posta nel Comune di Fontanelice (estratto da AA.VV., 1998).

In realtà, oltre alle sorgenti captate per usi acquedottistici, vi sono altre emergenze di acque sotterranee distribuite sul territorio (Figura 13), spesso a bassa portata, ma che sono utilizzate o sono state utilizzate in passato da abitanti del luogo o da semplicemente dai passanti (AA.VV., 1998). Si tratta di sorgenti per le quali le analisi in alcuni casi hanno evidenziato la qualità non ottimale per scopi alimentari, ma che spesso presentano un grado di mineralizzazione particolarmente indicato per certi tipi di trattamenti terapeutici (AA.VV, 1998). Tra quelle studiate dalla Provincia di Bologna (AA.VV., 1998) e ne sono tre nel Comune di Dozza, otto nel Comune di Casalfiumanese, tre nel comune di Borgo Tossignano, due nel Comune di Fontanelice e oltre una decina nel Comune di Castel del Rio (Figura 13)

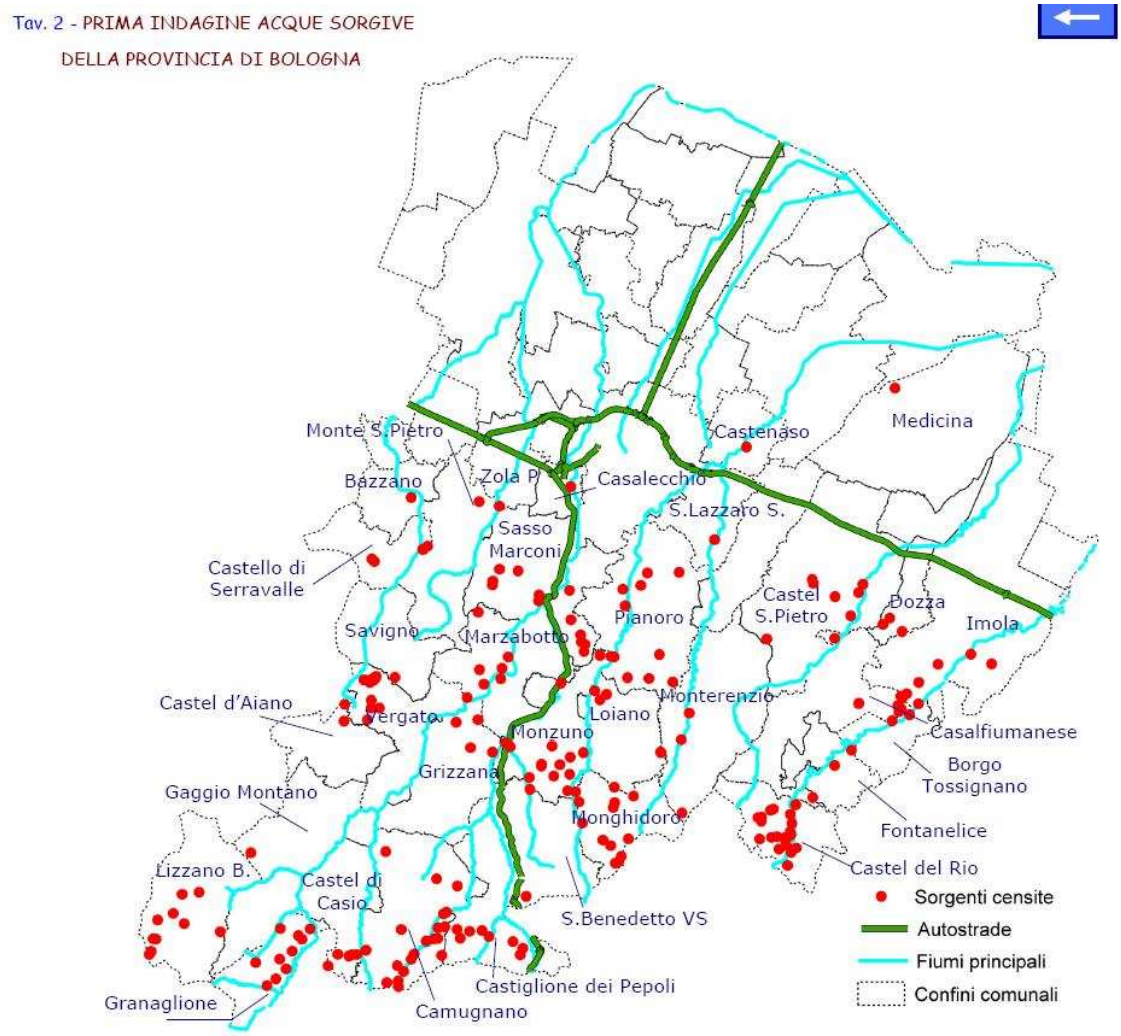

Figura 22 – Sorgenti censite nella Provincia di Bologna (da AA.VV., 1998).

Per quanto riguarda la distribuzione delle sorgenti, come già accennato in precedenza, la tendenza è a concentrarsi nel settore meridionale, laddove sono presenti rocce lapidee caratterizzate da una certa porosità secondaria per fatturazione. Le principali rocce magazzino sono infatti identificate sostanzialmente a sud della così detta Vena dei Gessi (in magenta nelle Figure 23 e 24) e sono date, come già detto, da ammassi rocciosi e, in maniera meno pronunciata, da corpi detritici superficiali (Figure 23 e 24).

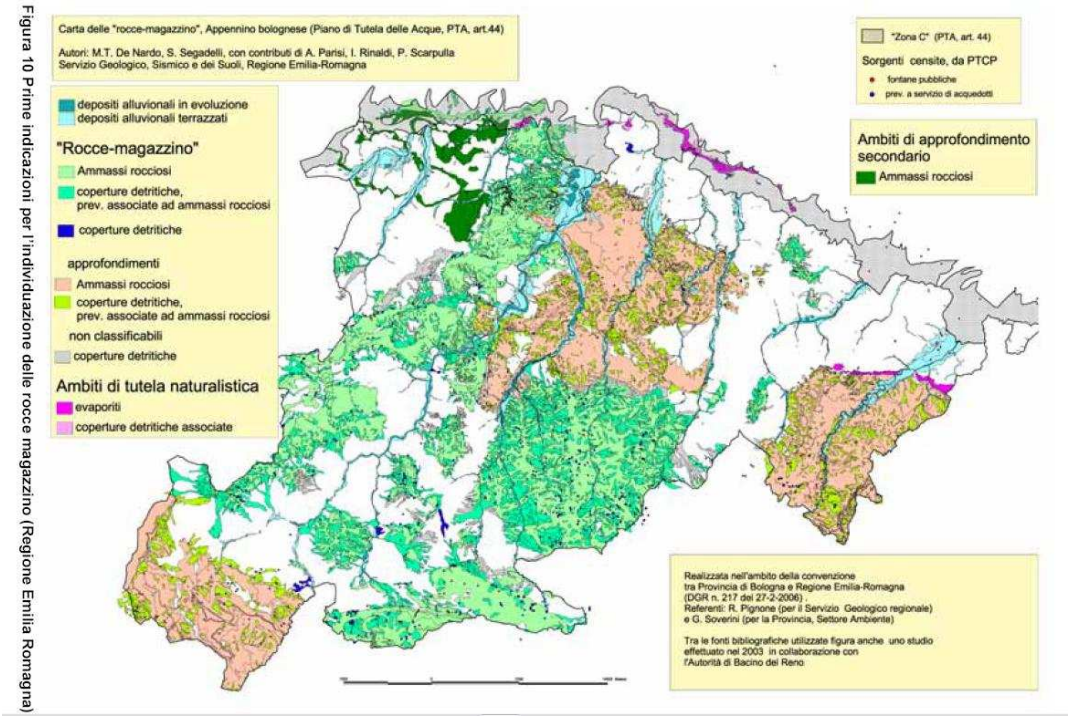

Figura 23-Carta delle rocce magazzino dell'Appennino bolognese (estratto da: Variante al PTCP in recepimento del PTA della Regione Emilia Romagna, Materiali del 9°tavolo tematico, giugno 2008, sito web Provincia di Bologna).

Figura 24 – Ingrandimento della Figura precedente relativo all'area del Nuovo circondario Imolese.

6.3 SETTORE DI PIANURA

Lo schema stratigrafico che è stato messo a punto dai geologi della Regione Emilia-Romagna per i depositi quaternari del margine appenninico e della pianura emiliana e romagnola, che li suddivide in sintema emiliano-romagnolo inferiore e sintema emilia-romagnolo superiore, integrato con le conoscenze stratigrafiche sul

quaternario marino[30] (Figura 25), trova una sua valida applicazione anche nell'ambito della descrizione dell'assetto idrogeologico della pianura emiliano-romagnola (Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP, 1998; Fava et al., 2005).

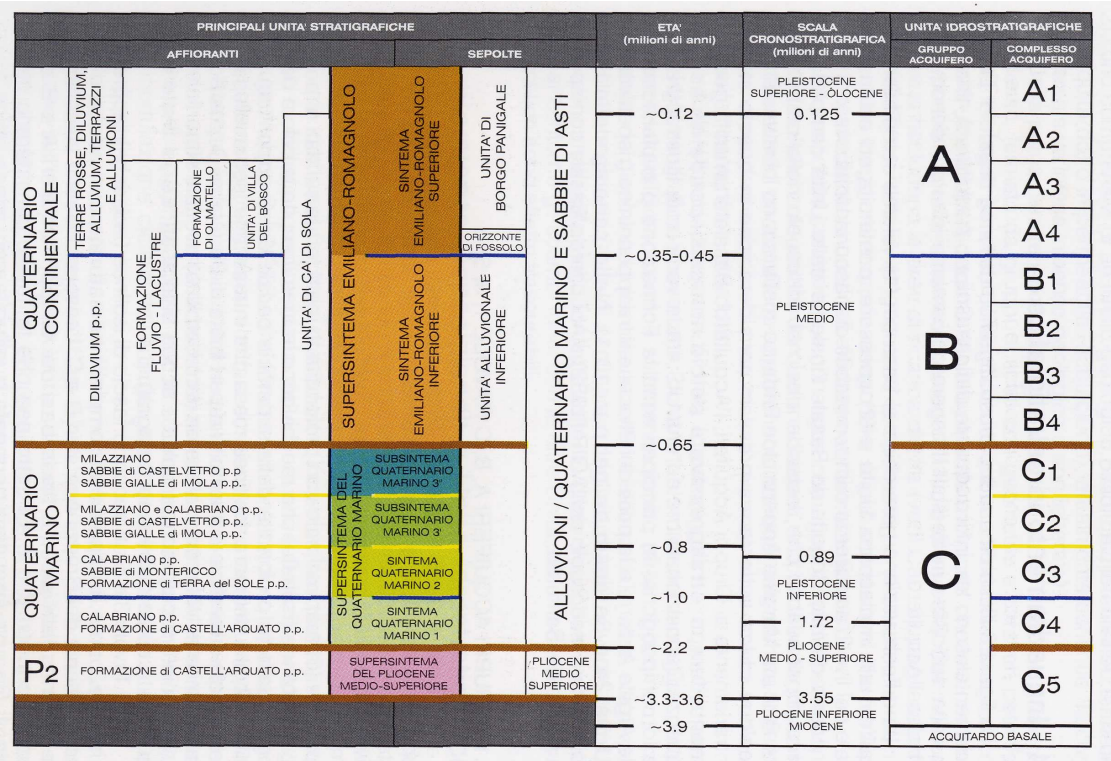

Figura 25 – Schema idrostratigrafico della pianura emiliano-romagnola.

A grandi linee si distinguono tre unità stratigrafiche con una loro significatività idrogeologica, riconoscibili sia in superficie che nel sottosuolo (Figura 25) denominate rispettivamente, dall'alto verso il basso:

a) Sintema emiliano-romagnolo superiore;
b) Sintema emiliano-romagnolo inferiore;
c) Supersintema del quaternario marino.

Tali grandi unità sono formate da alternanze cicliche di orizzonti basali di sedimenti fini (poco permeabili) e orizzonti di sedimenti grossolani che potenzialmente possono essere saturi in acqua e dare luogo a acquiferi.

La Successione delle unità sedimentarie del Quaternario appoggia generalmente in discordanza a seconda dei luoghi, su rocce e sedimenti più antichi, ma soprattutto sulle peliti della Formazione di Castel Arquato (Supersintema del Pliocene medio-superiore nella Figura 25), che rappresentano sostanzialmente l'equivalente nel sottosuolo della Pianura Padana delle Argille Azzurre plioceniche.

30 Vengono ricompresi all'interno del supersintema quaternario marino i sedimenti del Quaternario di ambiente marino.

Le tre unità principali, nelle quali sono suddivisi i depositi quaternari marini e continentali, sono poi a loro volta suddivisibili in unità di rango inferiore, riconoscendo come già descritto al loro interno delle ripetizioni cicliche formate da depositi fini che stanno alla base e unità grossolane (ghiaie e/o sabbie) che chiudono ciascuna sequenza (cfr il capitolo sulla stratigrafia) .

Dal punto di vista idrogeologico le tre unità principali sono state identificate come grandi unità idrogeologiche della pianura emiliano-romagnola e denominate (dall'alto verso il basso) come (Figura 25):

• gruppo acquifero A (identificabile con il Sintema emiliano-romagnolo superiore);
• gruppo acquifero B (identificabile con il Sintema emiliano-romagnolo inferiore);
• gruppo acquifero C (identificabile con il Supersintema del quaternario marino).

In ciascun Gruppo acquifero sono poi state definite, sulla base della ciclicità di cui sopra, dei così detti complessi acquiferi (Figura 11, Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP, 1998) identificati ciascuno (in ordine dall'alto verso il basso) da un numero associato alla lettera che contraddistingue ciascun Gruppo acquifero (complessi acquiferi A1, A2, A3, ecc.) (Figura 25) . Tutti i Gruppi acquiferi, in coincidenza delle aree pedecollinari, dove i fiumi sboccano in pianura, sono spesso formati solo da corpi ghiaiosi, il cui spessore complessivo[31] raramente supera i 20-25 m, amalgamati l'uno nell'altro, tanto che la distinzione nel sottosuolo non è sempre attuabile (Figura 7). Spostandosi verso nord invece, verso la pianura, la subsidenza ha permesso la sedimentazione di successioni di maggiore spessore, nelle quali si riconosce l'alternanza ciclica di orizzonti ripetuti (ciclotemi) con caratteristiche granulometriche del tipo *coarsening upward* date da sedimenti prevalentemente fini alla base e grossolani al tetto. Soprattutto le unità nelle quali è stato suddiviso il Sintema emiliano-romagnolo superiore, sono state identificate e tracciate nel sottosuolo sulla base delle stratigrafie di pozzi e sondaggi (Figura 7), ciascuna delle quali è identificabile con un complesso acquifero: Subsintema di Ravenna(AES8)-complesso acquifero A0; sub sintema di Villa Verucchio (AES7)-complesso acquifero A1; sub sintema di Bazzano (AES6)-Coplesso acquifero A2; ecc. Tutte unità che si succedono, l'una sovrapposta all'altra, ma che s'approfondiscono e s'inspessiscono procedendo da monte verso valle (Figura 7) e che contengono, generalmente nella

[31] Nelle zone terrazzate lungo le valli dei corsi d'acqua principali e al loro sbocco in pianura si verifica di fatto l'assenza della suddivisione in tre unità idrogeologiche distinte. In questi contesti può capitare che affiori e sia presente solo una unità ghiaioso (di ghiaie cementate), perché l'alternarsi di fasi erosive a fasi di sedimentazione fluviale non ha permesso la deposizione e soprattutto la conservazione di successioni sedimentarie complete. Nell'antistante pianura la subsidenza pressoché continuata ha invece evitato l'erosione da parte dei fiumi e favorito la sedimentazione più o meno continua delle varie unità (ciclotemi).

loro parte superiore, orizzonti grossolani saturi, spesso captati dai pozzi per acqua (acquedottistici e non). Nell'insieme si può affermare che in zona apicale l'acquifero è monostrato (dato dall'amalgamazione dei vari corpi grossolani), ma man mano che ci si sposta verso nord di assiste al progressivo passaggio prima ad acquifero monostrato compartimentato, poi alla separazione netta tra i diversi orizzonti acquiferi che sono separati da strati pelitico-argillosi (a bassissima permeabilità) di spessore sempre più elevato tanto che ad un certo punto si può affermare che gli scambi verticali tra falde sono pressoché annullati.

Con un siffatto assetto idrostratigrafico, gli acquiferi del sottosuolo vedono la loro zona di alimentazione principale nella zona pedecollinare, laddove i depositi fluviali grossolani sono affioranti o sub affioranti a bassa profondità. Qui le acque meteoriche possono infiltrarsi dalla superficie, ovviamente in quei settori dove la densa urbanizzazione (come è ad esempio accaduto a Imola) non abbia reso impermeabili gran parte delle superfici ivi presenti, oppure si possono avere passaggi da fiume a falda o, nei settori di fondovalle con depositi ghiaiosi terrazzati, gli scambi possono essere nelle due direzione. È il caso ad esempio del settore sud della città di Imola, dove gli studi relativi all'andamento delle superfici freatiche e/o piezometriche (Cesari, 2006) indicherebbero un Santerno drenante fino all'incirca all'altezza della località Le Lastre, dove il fiume devia il suo corso verso est e probabilmente alimenta parzialmente le falde nel sottosuolo, ma anche dove si verifica una torsione degli assi delle linee di ugual altezza piezometrica (Cesari, 2006) che tendono a indicare un flusso sotterraneo non più tendenzialmente diretto verso fiume, ma verso nord a seguire l'andamento dei gradienti topografici.

Ritornando all'inquadramento idrogeologico regionale, sulla base delle conoscenze geologiche disponibili è stato possibile definire l'andamento cartografico alla scala regionale dei sistemi deposizionali delle conoidi alluvionali appenniniche, della pianura alluvionale appenninica, della pianura alluvionale padana e della pianura costiera, con riferimento specificatamente al gruppo acquifero A (Fava et al., 2005). Tale analisi è risultata particolarmente utile per la comprensione dell'idrogeologia della pianura emiliano-romagnola in quanto dal Gruppo Acquifero A proviene la stragrande maggioranza dei prelievi idrici per usi acquedottistici.

Vengono definiti complessi idrogeologici quei corpi sedimentari aventi litologie simili e una comprovata unità spaziale e un valore di permeabilità che si mantiene in un campo di variazione piuttosto ristretto (Civita, 1973). Come già detto, nei complessi idrogeologici compresi nel gruppo acquifero A si concentrano i prelievi idrici nella

pianura emiliano-romagnola. Essi, dal punto di vista dell'ambiente di sedimentazione (Fava et al., 2005) sono riconducibili a (Figura 26):

• conoidi alluvionali appenniniche;

• pianura alluvionale appenninica;

• pianura alluvionale padana.

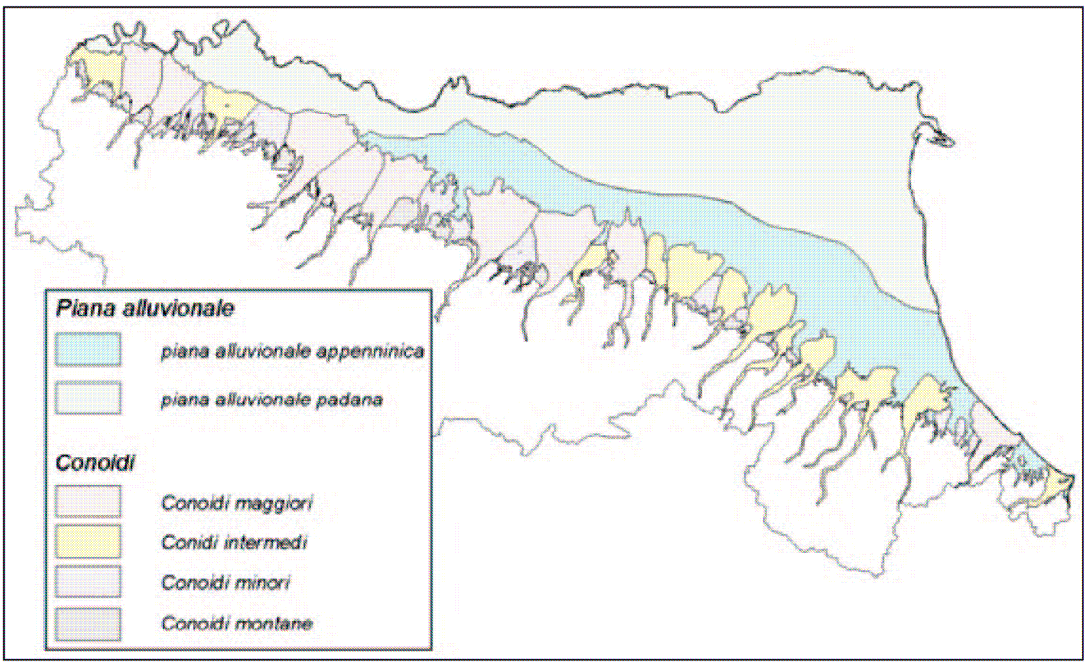

*Figura 26 - Distribuzione dei complessi idrogeologici all'interno del gruppo acquifero **A***

Il territorio del Nuovo Circondario Imolese ricade nel settore interessato dalla presenza dei complessi idrogeologici riferibili al sistema delle conoidi alluvionali appenniniche (Figura 26), cioè di quelle zone dove i depositi grossolani (ghiaie e sabbie) di canale fluviale sono amalgamati tra loro a formare dei corpi tabulari coalescenti. A livello regionale le conoidi sono state suddivise in: conoidi maggiori, conoidi intermedie e conoidi minori (Fava et al., 2005).

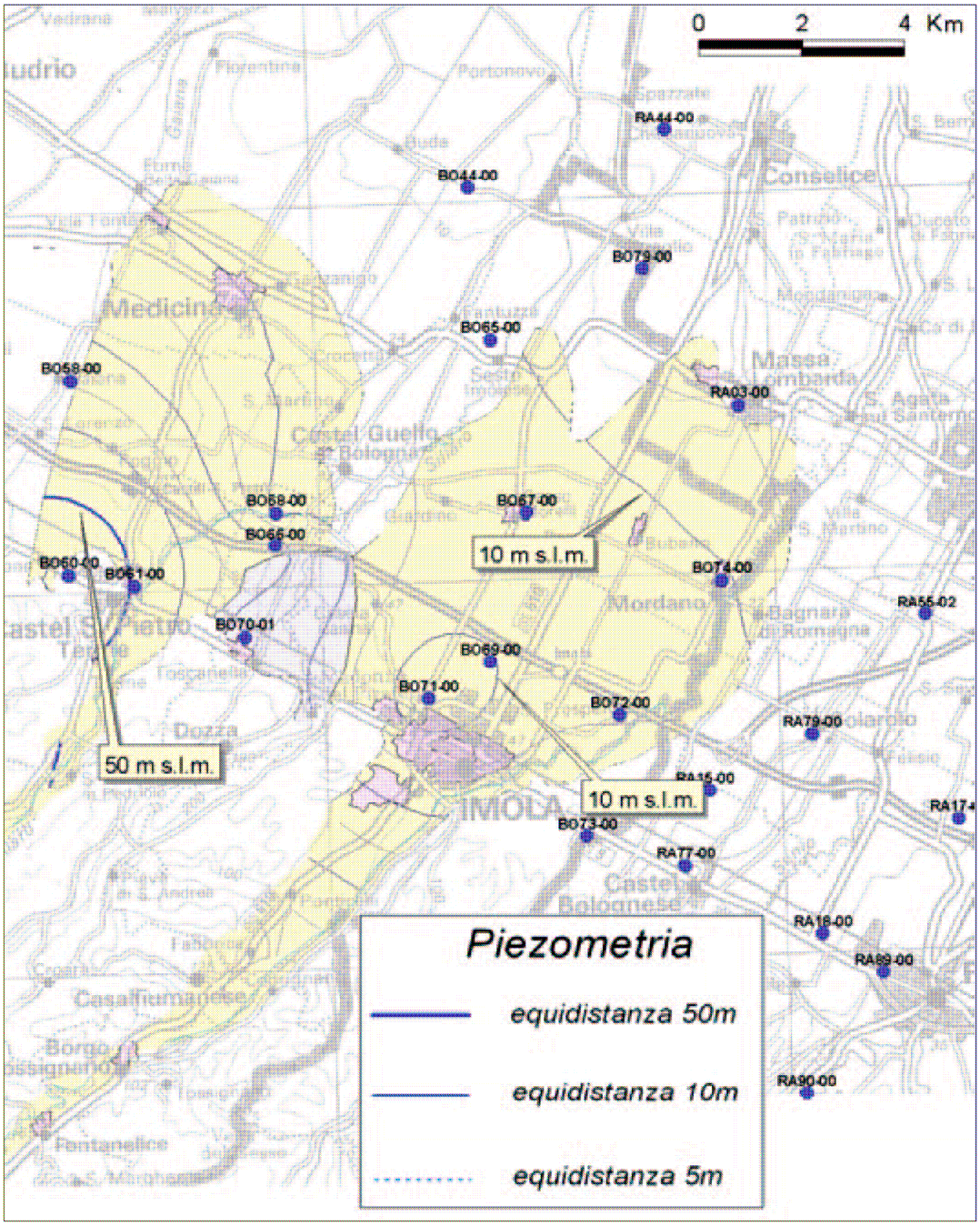

Figura 27 – Carta piezometrica dell'area pedecollinare del Nuovo circondario Imolese. Sono individuate, in giallo, le due conoidi intermedie (del T. Sillaro, a ovest, e del F. Santerno, a est) e, in viola chiaro, il conoide del T. Sellustra. (Estratto da Fava et al., 2005).

Nell'ambito del Circondario si riconosce la presenza di due conoidi intermedie (T. Sillaro e F. Santerno) e di una minore (T. Sellustra) che fa da cerniera tra le due (Figura 27) e che si estendono sostanzialmente con una forma a ventaglio a partire dall'altezza della Via Emilia, mentre la loro zona apicale prosegue verso monte, con forma stretta e allungata, coincidendo con i depositi terrazzati dei fondivalle del Santerno e del Sillaro (Figura 27).

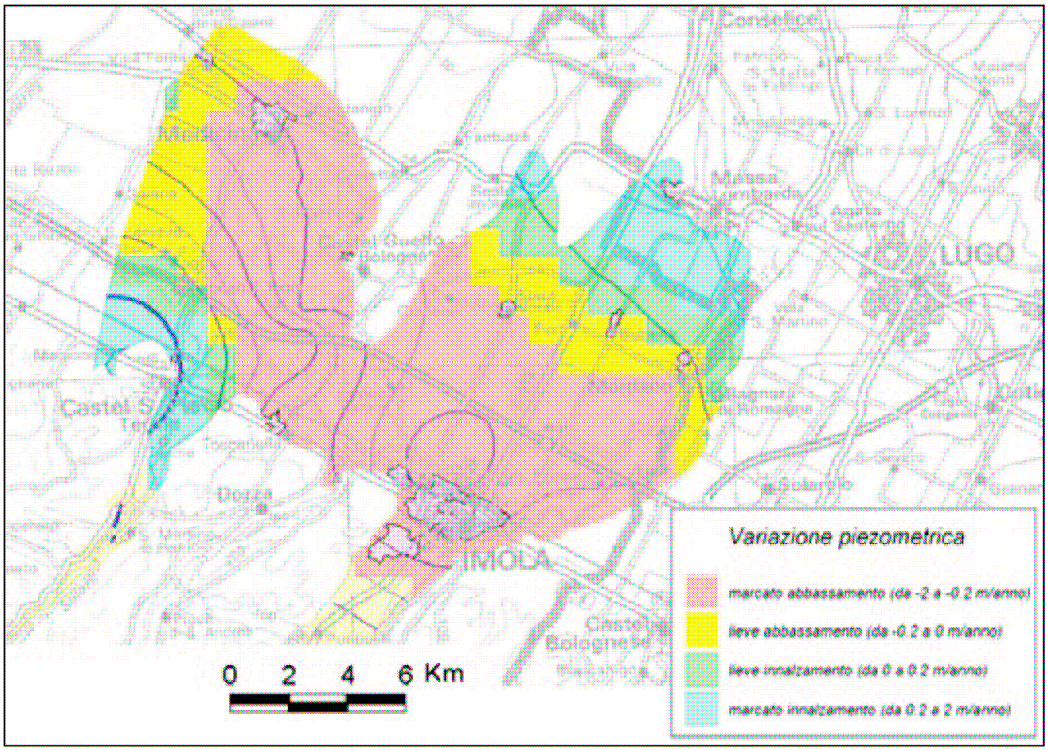

Figura 28 - Carta della variazione piezometrica - trend medio 1976-2002 (Fava et al., 2005). Legenda: rosa (marcato abbassamento compreso tra -2 e 0.2 m/anno); giallo (lieve abbassamento compreso tra 0.2 e 0 m/anno); verde (lieve innalzamento compreso tra 0 e 0.2 m/anno), azzurro (marcato innalzamento compreso tra 0.2 e 2 m/anno).

I dati rilevati da ARPA Emilia-Romagna (Fava et al., 2005) evidenziano che sia la conoide del Santerno che quella del Sillaro (come pure quella del Sellustra interclusa tra le due) sono soggette a un marcato abbassamento dei valori piezometrici (Figura 28). Solo la parte distale della conoide del Santerno e la porzione apicale di quella del Sillaro hanno evidenziato un trend in innalzamento. Tale condizione tendenziale è da imputare principalmente ai marcati prelievi per usi acquedottistici, agricoli e industriali che, per quanto riguarda il Santerno, sono localizzati soprattutto (Fava et al., 2005) a nord della città di Imola (Figura 29).

Per quanto riguarda gli aspetti idrochimici si nota che (Fava et al., 2005):

- la distribuzione dei nitrati si concentra nella conoide del Sillaro principalmente nella zona apicale; per quanto riguarda il conoide del Santerno la situazione è più articolata in quanto alcune stazioni di prelievo hanno evidenziato *un aumento progressivo della concentrazione nel tempo, da imputare alla provenienza da est di acque cariche di composti azotati; il perdurare di questa situazione può amplificare la criticità già in essere in relazione al richiamo operato dai prelievi che insistono in questa zona (Fava et al., 2005);* per quanto invece attiene al conoide del Sellustra non si ha una grande presenza di stazioni di rilevamento che, oltre tutto, prelevando acqua dagli acquiferi profondi (gruppi acquiferi B e

C) mostrano facies idrochimiche particolari e generalmente diverse da quelle riscontrate per il Sillaro;

- si nota una certa diminuzione progressiva dei valori di concentrazione dei cloruri da sud verso nord;
- si evidenzia un elevato carico di solfati nella zona d'apice della conoide del Santerno, che sembra tuttavia configurarsi come un aspetto idrogeologico locale;
- i valori di concentrazione del manganese e del ferro non sono particolarmente significativi in quasi tutta la conoide del Santerno; altrove, invece, come nella zona distale del conoide del Santerno e nel conoide del Sillaro, sono presenti con elevate concentrazioni;
- i composti organo alogenati non sono stati rilevati in concentrazioni significative.

Esiste tuttavia una segnalazione relativa ad un unico pozzointeressato da contaminazione piuttosto rilevante fino alla metà degli anni '90.

Il trend nel tempo della classificazione qualitativa[32] evidenzia per la conoide del Sillaro un progressivo passaggio dalla classe 4 alla classe 3 poi 2 fino ad evolvere completamente nel 2003 in classe 0. La conoide del Santerno mostra invece un'evoluzione verso uno stato sostanzialmente omogeneo con molti punti di prelievo che rientrano nella classe 3. Tenuto conto anche della classificazione quantitativa si osserva come il 33% delle stazioni campionate presenti uno stato ambientale scadente e il 50% particolare, mente nella conoide del Sillaro il 25% buono e il 75% particolare (Figura 30) (Fava et al., 2005).

[32] La classificazione delle acque sotterranee, secondo il D.Lgs. 152/99 e s.m.i., prevede la determinazione di uno stato chimico o qualitativo, di uno stato quantitativo o di equilibrio idrogeologico, e di uno stato ambientale o quali-quantitativo, sintesi delle due classificazioni precedenti. Lo stato qualitativo è determinato sulla base delle concentrazioni di alcun parametri idrochimici e assegna il punto di prelievo a una classe denominata dalla 1 (la migliore) alla 4 (la peggiore) con l'inserimento di una classe 0 che viene attribuita a quei punti di prelievo caratterizzati dalla presenza di concentrazioni di specie chimiche in valore particolarmente alto, ma da imputare a condizioni naturali dell'acquifero e non a influenze umane. La classificazione quantitativa mira a misurare gli effetti dei prelievi idrici sul bilancio idrogeologico complessivo dell'acquifero e individua quattro classi, dalla A (la condizione migliore caratterizzata da impatto antropico nullo o trascurabile) alla C (caratterizzata da impatto antropico particolarmente significativo) e D (che descrive una situazione per la quale le caratteristiche intrinseche strutturali dell'acquifero sono tali da rendere l'acquifero particolarmente poco sfruttabile. La classificazione dello stato ambientale rappresenta la sintesi delle classificazioni qualitativa e quantitativa; essa individua cinque classi così sinteticamente definite: elevato, buono, sufficiente, scadente, particolare/naturale.

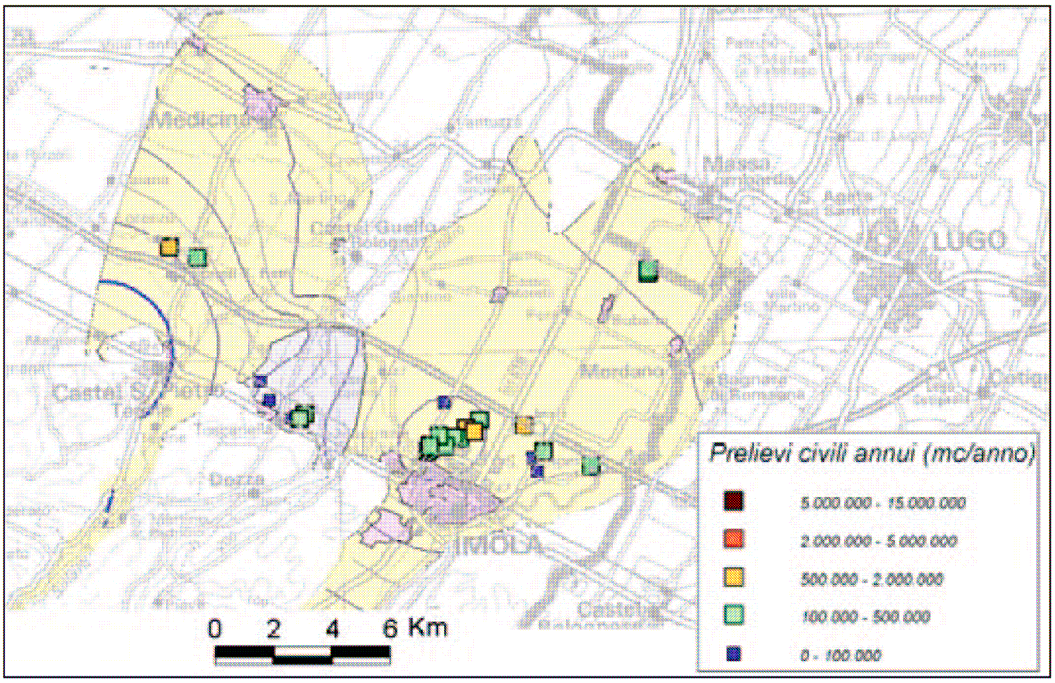

Figura 29 – Prelievi civili annui (da Fava et al., 2005).

Scendendo più nel dettaglio della descrizione generale degli apparati di conoide si può evidenziare come la maggioranza dei prelievi si concetrino tutti a cavallo o a nord della Via Emilia e a sud del tracciato autostradale (Figura 29). Solo alcuni pozzi, ad es. a Mordano, si pongono diversi chilometri a nord dell'autostrada A14 (Figura 29). Dati di bibliografia (Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP, 1998) e inediti (studi idrogeologici commissionati da HERA spa, ad esempio: Dott. Cesari e collab., 2006; Dott. Sasdelli, 2006) mettono in evidenza che i pozzi ad uso acquedotti stico captano principalmente acquiferi riferibili ai Complessi acquiferi A1, A2 e A3. Le sezioni idrogeologiche mettono inoltre in evidenza come passando da est verso ovest si assista a un veloce approfondirsi della posizione dei livelli idrici captati che all'altezza di Mordano sono a oltre 80 m dalla superficie del p.c.

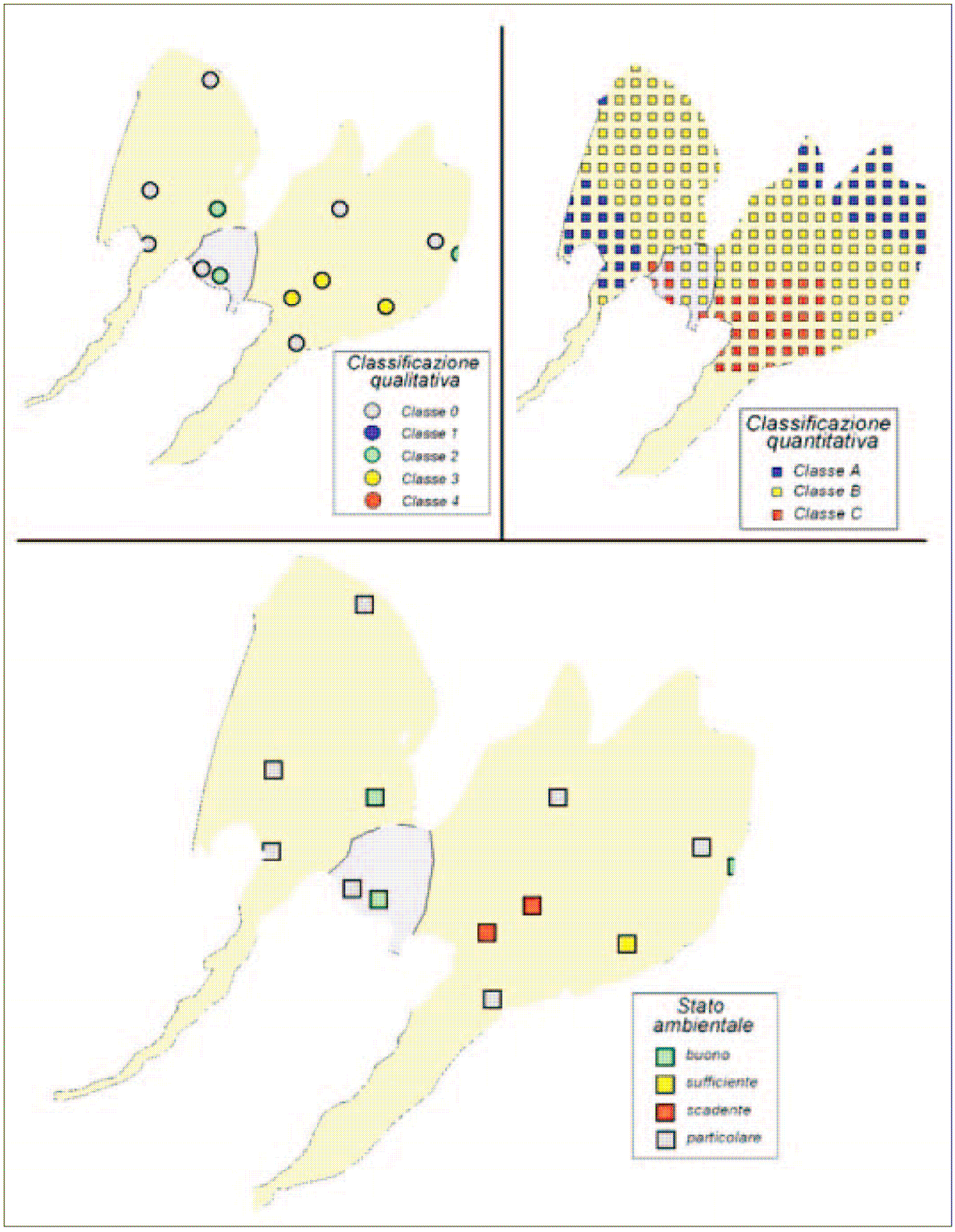

Figura 30 – Classificazione qualitativa, quantitativa e dello stato ambientale per i conoidi del Sillaro, Sellustra e Santerno (da Fava et al., 2005).

6.4 RISORSE IDROGEOLOGICHE E PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA

La Regione Emilia-Romagna con deliberazione del Consiglio Regionale n. 40 del 21 dicembre 2005 ha approvato il Piano di Tutela delle Acque (PTA) che ha lo scopo di perseguire la tutela e il *risanamento delle acque superficiali, marine e sotterranee secondo la disciplina generale definita dal Dlgs 152/1999*[33]. Attualmente è in corso l'iter procedurale di recepimento del PTA da parte del PTCP della Provincia di Bologna, nell'ambito del quale sono stati condotti studi e indagini di approfondimento relativi soprattutto alla zone di ricarica degli acquiferi della zona pedecollinare e di pianura, nonché delle aree di montagna nelle quali sono presenti sorgenti captate per usi acquedottistici (Figure 31 e 32).

Figura 31 – Mappatura delle aree di ricarica degli acquiferi di pianura e pedecollina (da Severi & Bonzi, 2008, presentazione del 29 maggio 2008, 6° tavolo tecnico "Zone di Protezione" per la variante del PTCP della Provincia di Bologna in recepimento del PTA).

33 Ora sostituito dal Dlgs 152/2006 (smi).

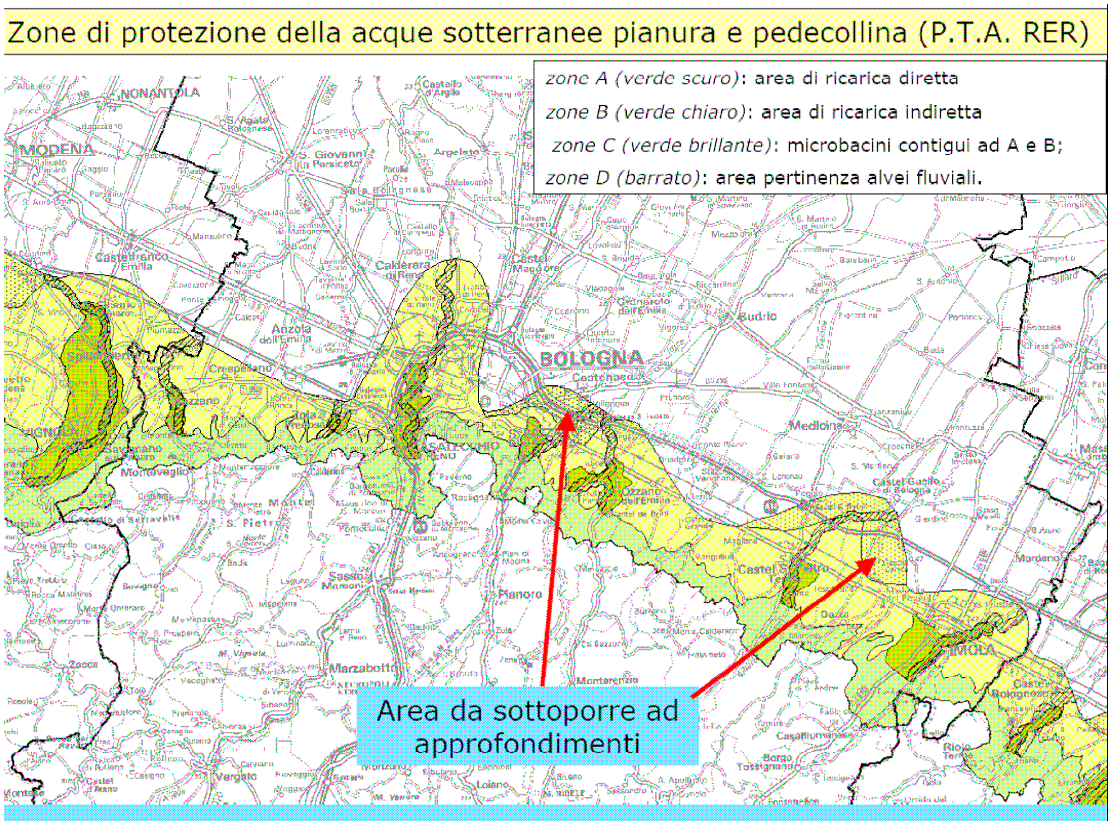

Figura 32 – Zone di protezione delle acque sotterraee pianura e pedecollina (da Severi & Bonzi, 2008, presentazione del 29 maggio 2008, 6°tavolo tecnico "Zone di Protezione" per la variante del PTCP della Provincia di Bologna in recepimento del PTA).

Per quanto attiene gli ambiti collinari e di montagna, all'interno dei quali si hanno diverse manifestazioni sorgentizie spesso captate per usi idropotabili o utilizzate localmente per usi alimentari, nell'ambito sempre dei lavori promossi dall'Amministrazione provinciale per il recepimento nel PTCP dello strumento regionale di tutela delle acque, sono stati fatti studi e sono al vaglio alcune proposte per la definizione delle zone di protezione delle sorgenti. Al riguardo sono state perimetrale con criterio morfologico-altimetrico le aree di possibile alimentazione delle sorgenti (Figure 33 e 34).

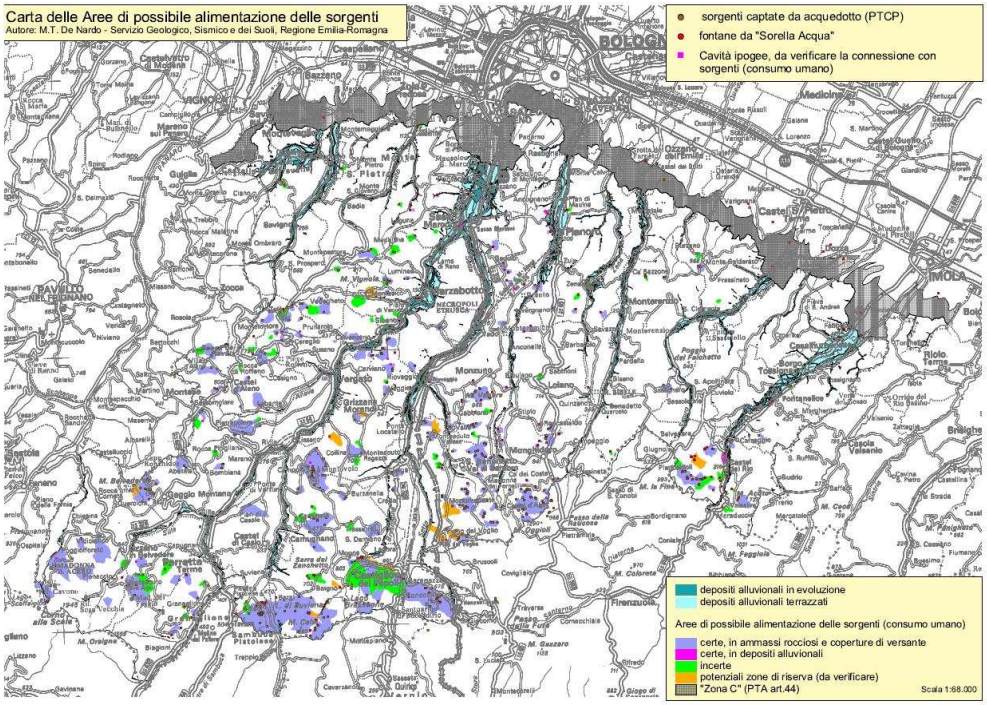

Figura 33 Carta delle aree di possibile alimentazione delle sorgenti (estratto da: Variante al PTCP in recepimento del PTA della Regione Emilia Romagna, Materiali del 9° tavolo tematico, giugno 2008, sito web Provincia di Bologna).

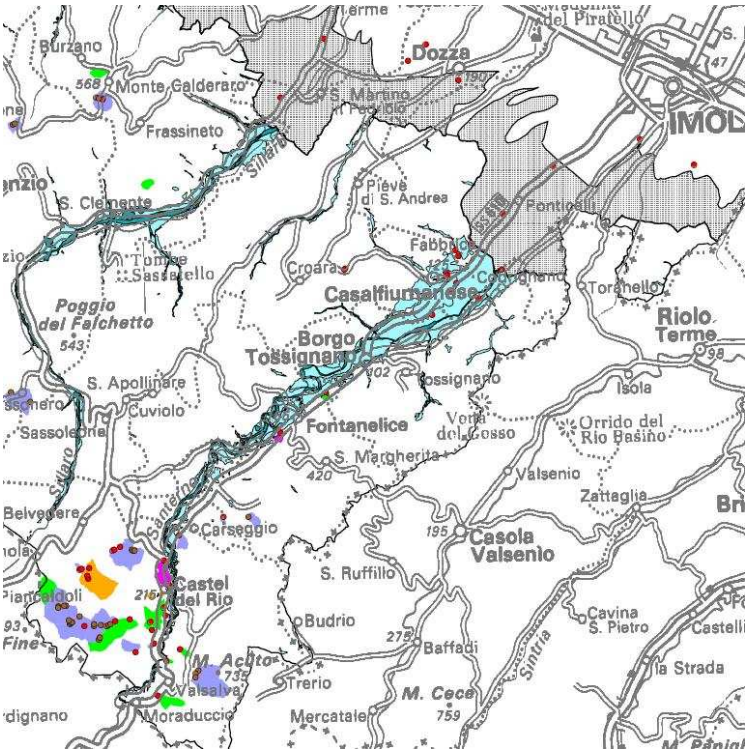

Figura 34 – Particolare focalizzato sul Nuovo Circondario Imolese della Carta delle aree di possibile alimentazione delle sorgenti di cui alla figura precedente.

6.5 SUBSIDENZA

La subsidenza può essere grossolanamente descritta come quel fenomeno per il quale si determina un abbassamento relativo della superficie terrestre variabile da zona a zona. Essa può essere determinata da cause naturali (generalmente di natura strutturale che portano alla deposizione di successioni sedimentarie caratterizzate da spessori diversi a seconda del grado più o meno alto di subsidenza) oppure da cause indotte dall'uomo ad esempio in seguito al prelievo di acqua e idrocarburi dal sottosuolo (Mancini & Mesini, 2007; Pignone et al., 2007).

L'abbassamento del suolo in seguito a subsidenza è correlato alla maggiore o minore costipazione dei sedimenti che formano il suolo stesso in contesti generalmente di pianura.

Per la Pianura emiliano-romagnola si stima che i valori di subsidenza naturale siano attorno a 1-2 mm/anno, mentre la subsidenza indotta da cause antropiche raggiunge in alcune aree anche i 3-5 cm/anno, con punte anche superiori in passato (Pignone et al, 2007) e sarebbe principalmente collegata ai massici prelievi idrici dal sottosuolo che favorirebbero la migrazione dei fluidi dagli strati saturi a minore granulometria (più compressibili) verso quelli a maggiore granulometria (dai quali i fluidi sono stati prelevati). Il rifluire dell'acqua verso gli strati più grossolani ridurrebbe la pressione neutra in quelli fini con trasferimento del carico allo scheletro solido e conseguente costipazione del materiale, fenomeno quest'ultimo che si risentirebbe in superficie con un abbassamento del suolo.

La subsidenza, laddove si manifesta con velocità di abbassamento basse, dell'ordine di quella naturale, non comporta grossi problemi in superficie; a contrario, laddove la velocità di abbassamento è apprezzabili (dell'ordine di alcuni centimetri all'anno) può comportare nel medio lungo termine delle conseguenze pesanti sia sull'ambiente che sulle cose. Si possono infatti verificare: cedimenti differenziali in edifici e strutture, con danneggiamenti e compromissione della funzionalità; malfunzionamento dei sistemi di bonifica e controllo idraulico di pianura con incremento dei valori di acclività media e aumento del rischio idraulico per la formazione di zone maggiormente depresse rispetto alla rete scolante; danneggiamento di pozzi; altre problematiche correlate all'ingressione di cunei salini entro le falde in regioni costiere oppure risalita di acque salate di fondo in zone di pianura.

Già da diversi decenni il fenomeno della subsidenza è noto in Emilia-Romagna, e molti enti locali e regionali si sono attivati per interventi di monitoraggio e di messa in

sicurezza. Per certe aree, attraverso soprattutto delle misure topografiche lungo transetti o ampie poligonali, i dati di monitoraggio, seppure in maniera disomogenea, sono disponibili su serie storiche che risalgono agli anni ’60-’70 del XX secolo. Attualmente, a livello regionale, ARPA Emilia-Romagna si occupa del rilievo dei dati sia avvalendosi di una rete di capisaldi topografici sia con una rete di rilevamento satellitare (GPS) (Figure 35, 36 e 37).

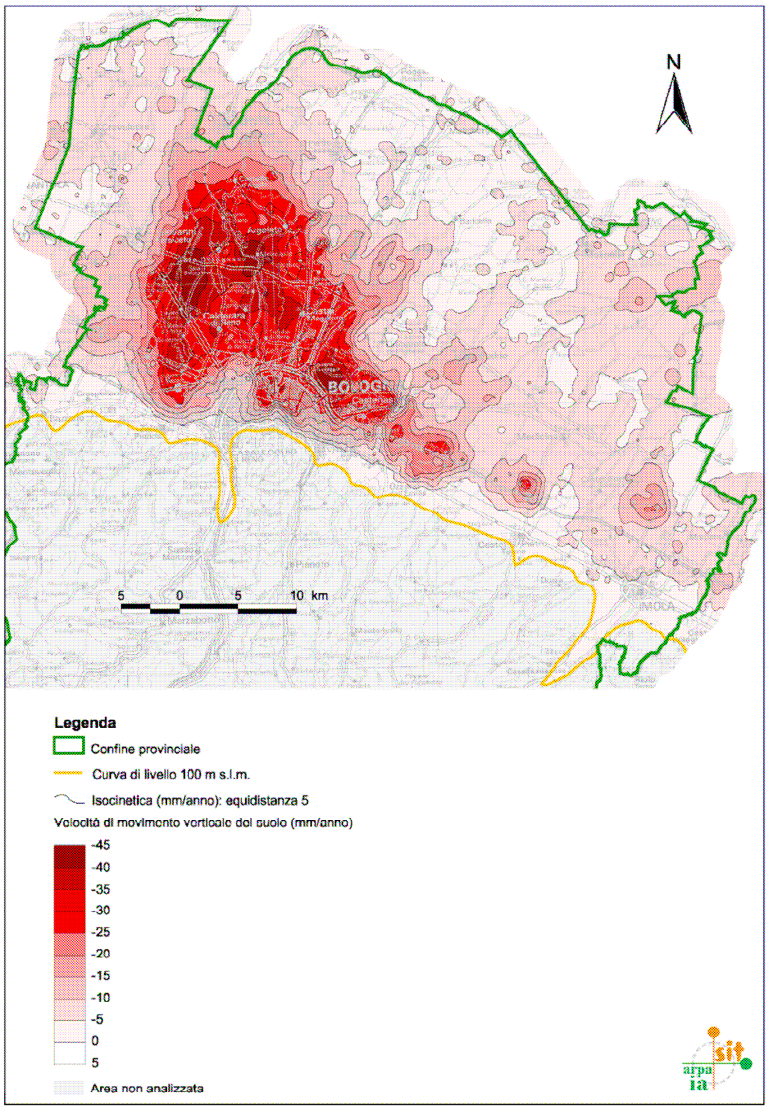

Figura 35 – Carta della velocità del movimento verticale del suolo nel periodo 1992-2000 (da sito web ARPA-Emilia-Romagna).

I dati disponibili mettono in evidenza, nel territori del Nuovo Circondario Imolese la presenza di sue aree dove si sono registrati nel recenti passato degli abbassamenti significativi. Si tratta delle zone presso la località Poggio (a NO di Castel San Pietro Terme) e presso Sassomorelli (a NO di Imola) (Figure 35, 36 e 37).

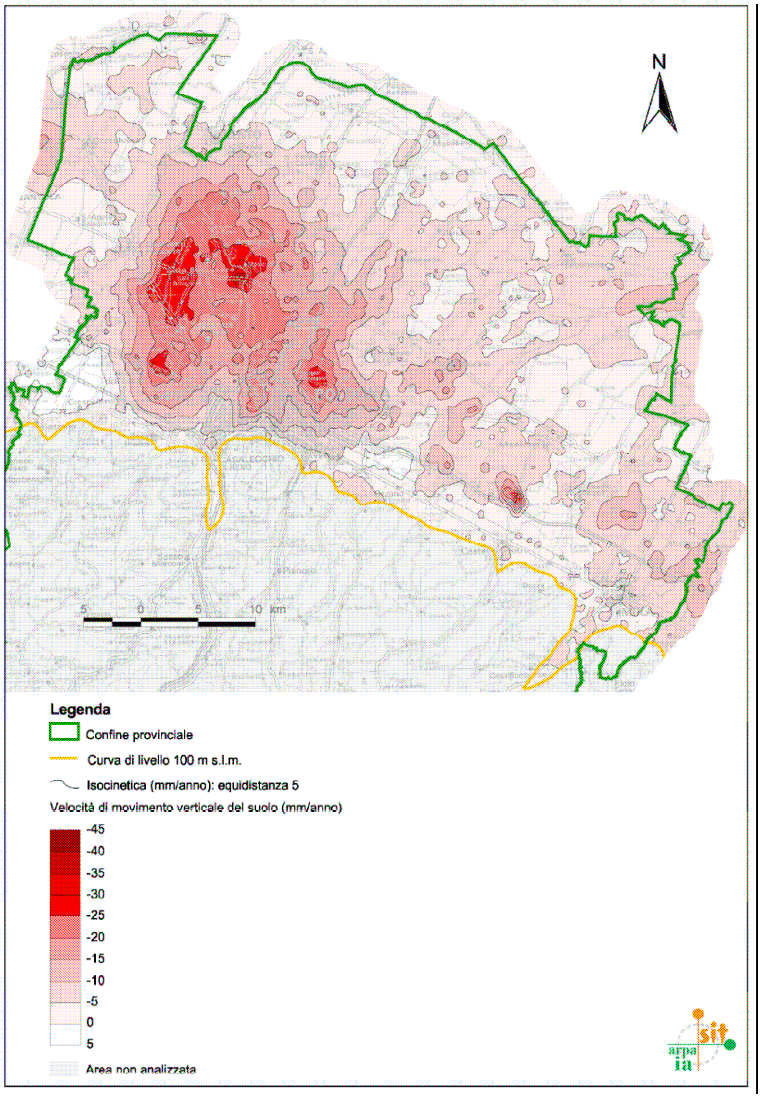

Figura 36 Carta della velocità del movimento verticale del suolo nel periodo 1992-2000 (da sito web ARPA-Emilia-Romagna).

In tali località si sono evidenziate velocità di abbassamento dell'ordine dei 3-4 cm/anno tra il 1992 e il 2000 (Figura 35), ridotte a circa 2-3 cm/anno (a Poggio) e a circa 2 cm/anno a Sassomorelli nel periodo tra il 2002 e il 2006 (Figure 36 e 37).

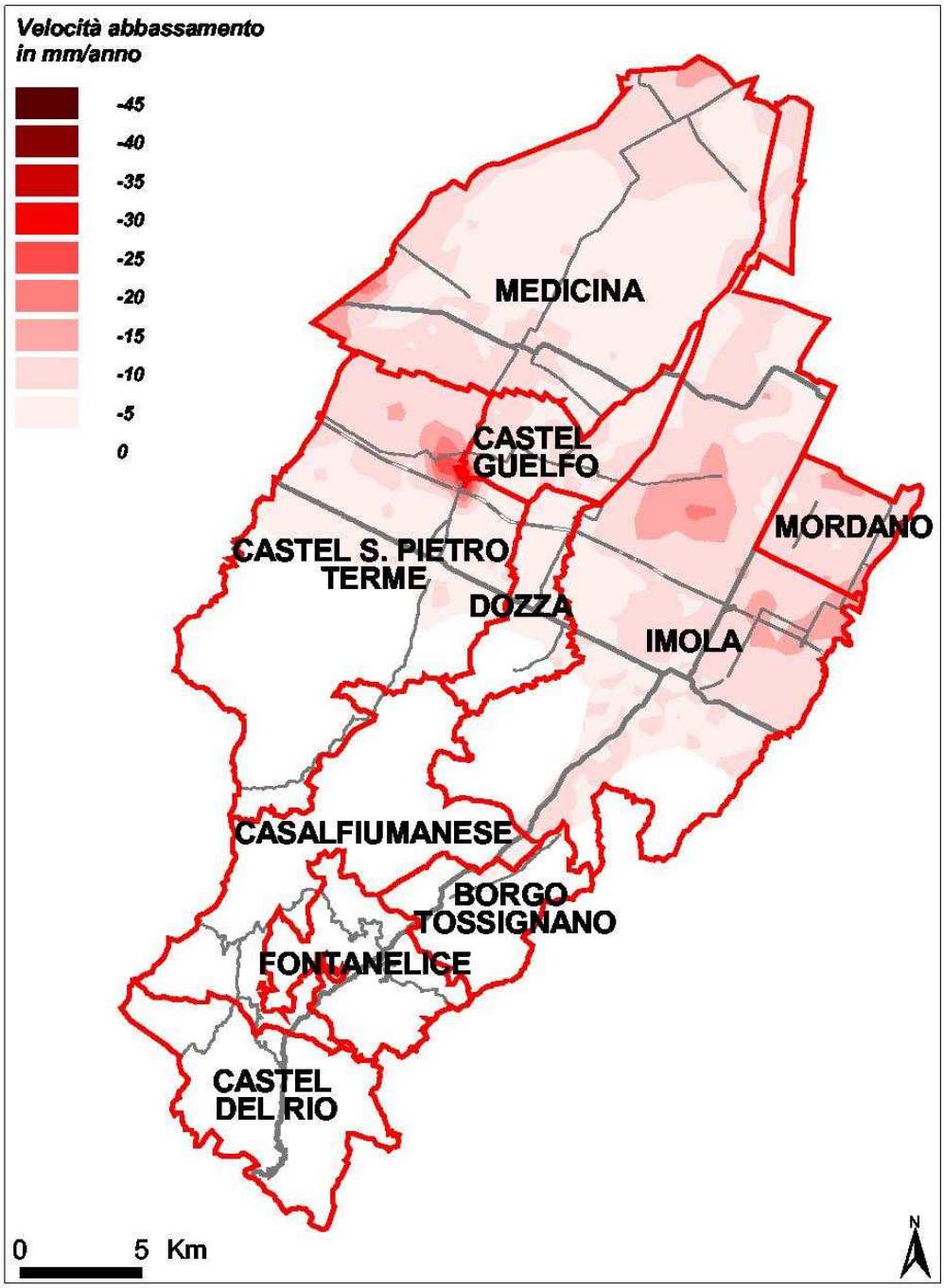

Figura 37 – Andamento della subsidenza nel territorio del Nuovo Circondario Imolese nel periodo 2002-2006 (fonte dati ARPA-ER). In grigio è riportata la viabilità principale.

7 GEOMORFOLOGIA

7.1 INTRODUZIONE

È stato condotta l'analisi geomorfologica del territorio del Nuovo Circondario Imolese con lo scopo di descrivere le principali forme e processi morfogenetici che caratterizzano il paesaggio in esame. I risultati dell'analisi sono riassunti nella *Carta Geomorfologica* di cui alla Tavola 2.a.b.c. Assieme all'analisi generale sono state anche eseguite indagini di approfondimento specifiche, in ottemperanza di quanto richiesto ai Comuni (in sede di PSC) riguardo ad esempio ai calanchi, crinali, dossi di pianura, franosità, ecc.) da parte della normativa di attuazione del vigente Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP). L'analisi geomorfologica e in particolare la redazione della Carta Geomorfologica sono stati condotti partendo dalle informazioni derivate principalmente dalle seguenti fonti:

- dati contenuti nelle banche dati in formato digitale fornite dall'Ufficio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna (Carta geologica alla scala 1.10.000 dell'Appennino emiliano-romagnolo; carta dell'uso del suolo, geositi, franosità storica, ecc.)
- cartografia geologica e geotematica esistente;
- lavori di bibliografia;
- relazioni geologiche a corredo dei vigenti Piani Regolatori Generali Comunali;
- interpretazione delle fotografie aeree (volo It2000 e AGEA2005, in consultazione presso l'Ufficio di Piano Federato del Circondario);
- modello Digitale del Terreno[34] (modello digitale del terreno di dettaglio, messo a disposizione dall'Ufficio Cartografico della Regione Emilia-Romagna);
- sopralluoghi e rilievi diretti;

7.2 CARATTERI GEOMORFOLOGICI GENERALI DEL TERRITORIO DEL NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE

Le forme che contraddistinguono il paesaggio di una determinata regione dipendono

[34] Spesso abbreviato in DEM (*Digital Elevation Model*), DTM (*Digital Terrain Model*) oppure in italiano MDT (Modello Digitale del Terreno).

essenzialmente dall'interazione tra le forze interne alla Terra (endogene)[35], quali possono essere le forze legate ai processi tettonici e vulcanici, e le forze che agiscono esternamente alla Terra (esogene)[36] quali possono essere la forza di gravità e le forze correlate all'irraggiamento solare. Le forze endogene *creano o modificano il rilievo attraverso l'orogenesi, gli spostamenti tettonici e le manifestazioni vulcaniche; le* forze esogene *tendono a demolirlo, a spianarne le irregolarità o a modificarne alcune parti* (Panizza, 1995). In generale, la genesi delle grandi strutture morfologiche della superficie terrestre (catene montuose, grandi pianure, ecc.) è correlata all'azione delle forze endogene, mentre le forme di maggiore dettaglio (reticoli idrografici, dune costiere, frane, ecc.) sono principalmente legate ai fattori esogeni (Panizza, 1995). Sempre dal punto di vista generale si può constatare che tre sono i fattori principali che condizionano la genesi di un paesaggio (Panizza, 1995):

a) <u>fattori strutturali</u> (tettonica, assetto strutturale, litologia, ecc.) che sono stati descritti nel capitolo precedente, dove si è messo in evidenza che il territorio del Nuovo Circondario Imolese può essere suddiviso in 4 grandi settori essenzialmente sulla base delle caratteristiche del substrato dell'assetto strutturale: 1) settore ovest (di collina) a substrato di rocce prevalentemente argillose o pelitico argillose (unità dei dominî Ligure, Subligure e della Successione epiligure e caratterizzato da lineamenti strutturali ad andamento tendenzialmente antiappenninico; 2) settore sud a substrato di rocce appartenenti alla Formazione Marnoso-Arenacea e alle Evaporiti Messiniane, ad assetto generalmente inclinato verso i quadranti settentrionali come pure il; 3) settore centrale (di collina) a substrato di rocce appartenenti principalmente alla Formazione delle Argille Azzurre e alla Formazione della Sabbie Gialle di Imola; 4) Settore nord (di pianura) caratterizzato dalla presenza di sedimenti di ambiente continentale fluviale (ghiaie, sabbie, limi e argille) nelle prime decine/centinaia di metri di profondit;

---

[35] Le forze interne sono responsabili del sollevamento relativo di determinate regioni rispetto ad altre (orogenesi) e quindi anche dell'emersione di settori sottomarini, della traslazione più o meno pronunciata sia verticalmente che lateralmente di porzioni della crosta terrestre, dell'emissione di materiali vulcanici sul suolo e sui fondali marini, ma anche in atmosfera. L'effetto di modifica del paesaggio della superficie terrestre da parte di tali processi avviene sia sul lungo periodo (ad es. orogenesi) che sul breve periodo (terremoti, eruzioni vulcaniche). In ogni caso i processi legati alle forze endogene possono comportare modifiche, sia sul breve che sul lungo periodo, alla dinamica dei processi legati alle forze endogene.

[36] Le forze esogene subiscono sul lungo periodo, ma anche sul breve l'effetto dei processi legati alle forze endogene: una grande eruzione può comportare modifiche temporanee al clima di un intero emisfero; il sollevamento differenziale per isostasia o per processi orogenetici aumenta sul lungo periodo l'erodibilità potenziale di una determinata regione 8incrementando il gradiente topografico medio e quindi l'energia del rilievo); ecc.

b) agenti del modellamento, che per il territorio imolese sono principalmente legati alla forza di gravità (fenomeni franosi), alle acque incanalate (reticolo idrografico che determina la genesi di forme fluviali quali terrazzi, scarpate, conoidi), all'erosione idrica a rivoli (calanchi) e all'uomo (scavi e/o riempimento di scavi e depressioni, urbanizzazione, ecc.);

c) clima non solo negli aspetti prettamente legati alle precipitazioni e temperature, ma anche nel favorire l'instaurarsi di particolari compagini vegetazionali piuttosto che altre le quali possono condizionare l'evoluzione morfologica dei versanti.

Un'analisi, anche superficiale, delle caratteristiche paesaggistiche dei territori dei Comuni, che fanno parte del Nuovo Circondario Imolese, mette in evidenza come le grandi suddivisioni del territorio, basate essenzialmente sulle caratteristiche litologiche e strutturali del substrato e descritte in precedenza, si confermino anche a livello di forme del paesaggio.

Il settore ovest e quello centrale, a substrato con forte componente pelitico-argillosa, sono quelli caratterizzati maggiormente da forme legate a processi di versante (frane, calanchi), con il settore centrale che si differenzia per la presenza frequente di valli asimmetriche con i versanti esposti verso nord, più franosi, estesi e meno acclivi, rispetto quelli esposti a sud che sono più ripidi, meno estesi e soggetti principalmente alla presenza di forme erosive di tipo calanchivo.

Il settore sud, a substrato con elevata componente arenacea, è invece caratterizzato da paesaggi con forme aspre (rupi, pareti e scarpate alte anche diverse decine di m, valli profondamente incise e forre).

Il settore nord (di pianura) presenta invece forme poco pronunciate se non localmente in corrispondenza dei corsi d'acqua principali (che incidono il generale andamento su pianeggiante oppure che scorrono pensili a quota rilevata di alcuni metri rispetto la campagna circostante).

Tra i singoli elementi morfologici di preminente importanza, che caratterizzano fortemente il paesaggio del Nuovo Circondario Imolese occorre infine ricordare:

* la così detta *Vena del Gesso:* una sorta di dorsale stretta e allungata che si erge sul paesaggio circostante e delimitando sostanzialmente il passaggio dalla zona collinare alla zona montana;
* la bassa valle del F. Santerno, tra Fontanelice e Imola, caratterizzata, soprattutto in sinistra idraulica, da un esteso sistema di terrazzi alluvionali (primo, secondo e terzo ordine nella Carta Geomorfologica), idrogeologicamente connessi con il

fiume, e formano un insieme di fasce larghe alcune centinaia di metri e lunghe alcune chilometri a morfologia sub pianeggiante. Condizioni similari, ma meno evidenti le si riscontra anche nella valle del T. Sillaro;

* il sistema dei terrazzi fluviali antichi (quinto, sesto e settimo ordine) riconoscibili lungo il margine pedecollinare con particolare evidenza a Dozza;
* il sistema dei calanchi, impostatisi nelle argille azzurre plioceniche dei versanti esposti a sud delle valli dei Rii Ponticelli e Salato;
* il sistema dei calanchi, impostatisi in argille dei complessi di base liguri e nelle brecce argillose epiliguri, nei versanti collinari posti a ovest del T. Sillaro;

7.3 ACCLIVITÀ –TAVOLA 3.a.b.c. – CARTA DELL'ACCLIVITÀ

L'analisi morfologica del paesaggio di un qualsiasi territorio non prescinde mai da un attento studio della topografia. Di fatto, la topografia non è altro che la rappresentazione piana delle forme del terreno. Da alcuni anni, tuttavia, con l'introduzione sempre più massiccia dell'uso dei calcolatori anche nelle scienze geografiche, alla semplice rappresentazione grafica si sono aggiunti anche altri strumenti che permettono di ricostruire delle riproduzioni piuttosto particolareggiate dell'andamento della superficie terrestre. Tra questi nuovi strumenti, i modelli digitali del terreno (DEM)[37] sono tra quelli con maggiori potenzialità d'impiego, in quanto non si fermano alla rappresentazione bidimensionale, ma permettono la messa a punto anche di modelli tridimensionali delle superficie terrestre e delle forme del paesaggio che di fatto possono essere analizzate da più punti di visuale (Figura 38).

Forse il limite principale dei DEM è che la precisione dell'informazione topografica è legata alla capacità di memoria e di calcolo dello strumento informatico. La rappresentazione digitale precisa della topografia di aree molto estense, come ad esempio quella del Nuovo Circondario Imolese, comporta documenti informativi alquanto pesanti sia come occupazione di memoria sia, in alcuni casi, come tempi di elaborazione, qualora non si impieghino elaboratori recenti.
Tra le altre cose, attraverso l'elaborazione del modello digitale del terreno fornito dall'Ufficio Cartografico regionale è stata derivata una carta dell'acclività di versante per tutto il territorio del Nuovo Circondario Imolese (Tavola 3.a.b.c.).

Il dato di partenza, caratterizzato da una buona risoluzione cartografica (DEM a

[37] Per brevità viene utilizzato l'acronimo dall'inglese Digital Elevation Model, utilizzato ampiamente anche in Italia, a differenza del meno usato MDT (Modello Digitale del Terreno). In letteratura si trova anche l'acronimo DTM per Digital Terrain Model.

maglia quadrata di lato pari a 5 m)[38] ha permesso elaborazioni piuttosto dettagliate.

Il primo passo nell'elaborazione è consistito nella creazione di un DEM che rappresentasse l'intero territorio del Circondario. Pertanto si è proceduto dapprima alla riunione dei *file,* fornito dall'Ufficio Cartografico regionale secondo il taglio del foglio della Carta Topografica alla scala 1:50.000. Si è così ottenuto un DEM che rappresentava la topografia di un territorio ben più vasto del Nuovo Circondario Imolese e dal punto di vista della gestione informatica piuttosto impegnativo (11.120X13.700=152.344.444 celle). Da tale modello digitale ne è stato ricavato uno geograficamente meno esteso, che rappresentasse solo il territorio del Circondario (mentre per le aree limitrofe, necessarie a completare l'area rappresentata dal DEM che necessariamente ha una forma rettangolare, viene indicato il valore 99999 corrispondente all'assenza di dato assegnato. Il DEM così derivato è risultato meno impegnativo sotto il profilo della gestione informatica, essendo di dimensione sostanzialmente dimezzate (7.402X9.803=72.561.806 celle), e rappresenta esclusivamente la topografia del territorio del Nuovo Circondario Imolese (Figura 38).

Dall'elaborazione del DEM si è ricavata la *Carta dell'acclività* di cui alla tav.3.a.b.c. che descrive l'andamento del valore di pendenza topografica in tutto il territorio del Circondario suddiviso, per classi di acclività (Tabella 10) e non secondo una graduazione continua come invece rappresentato, in maniera molto sintetica, nella Figura 38.

Nella rappresentazione di cui alla Tavola 3.a.b.c.le classi di acclività sono state definite sostanzialmente sulla base dei valori degli angoli di attrito interno generalmente riconosciuti per le formazioni a dominante pelitica dell'Appennino Settentrionale e sulla base dei valori di acclività di versante indicati negli indirizzi regionali di micro zonazione sismica.

[38] Il DEM è una griglia georeferita nel quale ad ogni cella quadrata è associato un valore di quota sul livello del mare. Nel caso in esame un valore ogni cella di 25 m^2 di estensione territoriale.

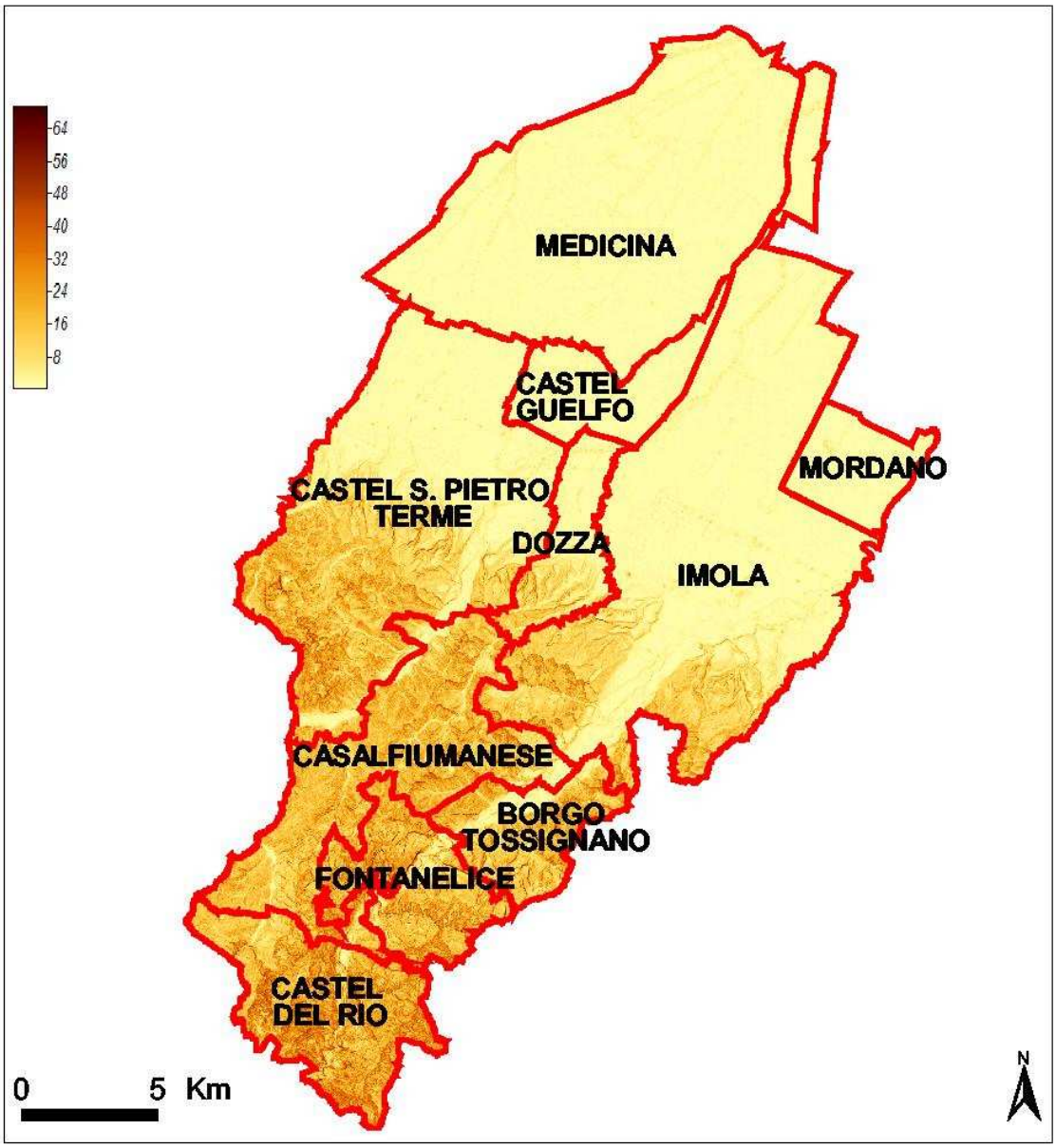

***Figura** 38-Carta dell'acclività derivata dall'elaborazione del modello digitale del terreno fornito dall'Ufficio Cartografico della Regione Emilia-Romagna.*

Per definire le classi di acclività si è tenuto infatti conto che, da letteratura, i terreni e le rocce a dominante argillosa presenti in Appennino sono caratterizzati in generale da valori di angolo attrito interno come da schema seguente (Tabella 10):

- angolo di attrito in condizioni residue compresi tra 7°-16°;
- angolo di attrito in condizioni critiche (alla rottura) compreso tra 16° e 22°;
- angolo di attrito in condizioni indisturbate[39] (sovraconsolidate) maggiore di 22°.

[39] In letteratura sono segnalati valori di 30°-32° ricavati in laboratorio su provini indisturbati.

Classe di acclività	Valori acclività
1	< 3°
2	3° - 7°
3	7° - 15°
4	15° - 22°
5	22° - 45°
6	45° - 60°
7	60° - 80°

Tabella 10 – Classi di acclività utilizzate nella rappresentazione cartografica di cui alla Tavola 2.1.3.

Si è inoltre fatto riferimento agli indirizzi regionali in materia di microzonazione sismica (cfr. capitolo relativo alla Valutazione di primo livello degli effetti di sito in condizioni sismiche) per i quali i versanti con acclività inferiore ai 15° non dovrebbero essere soggetti a fenomeni di amplificazione dello scuotimento per cause topografiche, mentre quelli più ripidi potrebbero invece risentire dell'effetto di amplificazione topografica.

Facendo riferimento ad un versante formato da rocce prettamente argillose si verifica quindi che:

- il limite di 7°, tra le classi di acclività 2 e 3 di cui alla Tabella 10, corrisponde mediamente al valore minimo dell'angolo di attrito residuo che generalmente si riscontra nelle formazioni argillose, o meglio negli accumuli[40] da frana in massa (per scivolamento o rotazione) formatisi in formazioni argillose appenniniche. In versanti con valori di acclività al di sotto di tale valore, la pericolosità da frana è da considerare tendenzialmente nulla[41];
- per versanti con inclinazione media inferiore ai 15° e superiore ai 7° (classe 3 di cui alla Tabella 10) la pericolosità da frana è soprattutto legata all'eventuale rimobilizzazione di accumuli pre-esistenti; ciò in relazione al fatto che il versante presenta valori di acclività che ricadono nel campo di valori dell'angolo di attrito residuo generalmente riscontrati nella pratica;
- il campo di acclività della classe 4 di cui alla Tabella 10 (versanti con acclività superiore a 15° e inferiore a 22°) corrisponde al *range* di valori dell'angolo di

[40] I valore di resistenza residua compete infatti a un materiale che ha già subito una mobilizzazione o, in laboratorio, che ha superato il punto di rottura per taglio. Si tratta del valore di resistenza che teoricamente si attribuisce alle superfici di scivolamento già formate.

[41] Per lo meno in riferimento alla mobilizzazione di frane in massa neo formate o alla rimobilizzazione di accumuli attraverso movimenti di materiale in condizioni non fludificate.

attrito in condizioni critiche e cioè alla resistenza disponibile a rottura[42]. La franosità di tali versanti, nell'ipotesi che non lo siano già, è correlata alla condizione geotecnica delle formazioni ivi presenti che, qualora degradasse (ad esempio per scarso controllo delle acque superficiali) potrebbero essere soggetti a rottura e quindi alla mobilizzazione di movimenti franosi (nell'ipotesi che il valore dell'angolo del pendio sia superiore al valore dell'angolo di attrito in condizioni critiche e che la riduzione dei valori di resistenza raggiungesse entità inferiori a questo).

- la classe 5 (di cui alla Tabella 10) in versanti argillosi stabili corrisponde a rocce sono probabilmente in condizioni sovraconsolidate, tali da permettere valori di acclività più alti e che, qualora di determinasse un peggioramento della qualità geotecnica (ad esempio per scarso controllo delle acque superficiali), andrebbero soggette all'individuazione di movimenti franosi; l'assetto a reggi poggio della stratificazione può favorire il mantenimento di tali condizioni di stabilità accentuando l'allontanamento, per erosione, delle porzioni superficiali degradate dei terreni;
- le classi di acclività superiore alla 5 sono difficilmente riscontrabili in versanti argillosi se non quando la stratificazione (primaria o secondaria) non presenta un assetto a reggipoggio. Si tratta del caso tipico dei versanti nei quali più che i fenomeni di franamento in massa (movimenti rotazionali e traslazionali) si instaurano processi di erosione a rivoli che danno luogo a forme calanchive o subcalanchive. L'assetto a reggipoggio favorisce infatti la stabilità del versante argilloso che pertanto si può sviluppare con valori di acclività più alti che, in cresta, possono raggiungere quasi la verticalità. L'alta acclività favorisce l'asportazione rapida della coltre superficiale degradata dagli agenti atmosferici che scivola via assieme alle acque meteoriche.

Gli usi possibili della Carta dell'Acclività sono molteplici; se le informazioni in essa contenute (Tavola 3.a.b.c.) vengono incrociate con quelle della *Carta Litotecnica* (Tavola 1.a.b.c.) e della *Carta geomorfologica* (Tavola 2.a.b.c.) è possibile definire in maniera rapida le condizioni generali e locali di stabilità del territorio.

Lo studio dell'andamento dell'acclività, e in generale le elaborazioni dei Modelli Digitali del Terreno, forniscono informazioni utili non solo dal punto di vista della

[42] Molti ricercatori affermano che nelle verifiche di stabilità a lungo termine andrebbero usati solo parametri in condizioni critiche in quanto esprimono gli effettivi valori di resistenza sui quali si può fare affidamento. Valori più elevati misurati in laboratorio e in situ (resistenza di picco) non esprimerebbero l'effettiva resistenza del materiale nel momento della rottura, ma sarebbero indicativi della condizione pre-snervamento.

stabilità dei versante.

Nello specifico i dati derivati dall'elaborazione del Modello Digitale del Terreno sono stati utilizzati:

* per l'analisi dei possibili effetti di amplificazione sismica locale;
* per la delimitazione cartografica dei terrazzi fluviale;
* per l'individuazione delle scarpate morfologiche;
* nell'analisi morfologica per lo studio del sistema dei calanchi, del sistema dei crinali e del sistema dei dossi di pianura.

A titolo generale, la Carta dell'Acclività, come già intuibile dalla Figura 12, mette in evidenza che i Comuni di Castel del Rio, Fontanelice e Borgo Tossignano sono quelli nei quali si concentrano le aree a maggiore acclività. Ciò è motivato dalla presenza di litologie lapidee quali la Formazione Marnoso Arenacea o a tessitura tendenzialmente massiva Formazione Gessoso-Solfifera, più resistenti alla degradazione rispetto alle rocce a dominante pelitica che caratterizzano il substrato dei settori ovest e centrale. Nei versanti modellati nella Formazione Marnoso-Arenacea, soprattutto lungo quelli nei quali l'assetto della stratificazione sia a reggi poggio, si sono formate rupi e scarpate di altezza anche pluridecametrica, accompagnate da solchi vallivi stretti, profondamente incisi e delimitati da versanti molto acclivi.

7.4 FORME, PROCESSI E DEPOSITI DI AMBIENTE FLUVIALE

7.4.1 RETICOLO IDROGRAFICO

L'agente morfogenetico che ha maggiormente contribuito alla genesi ed evoluzione delle forme che caratterizzano il territorio del Nuovo Circondario Imolese è probabilmente il reticolo delle acque incanalate che presenta un *pattern* variabile a seconda dei settori considerati.

In linea generale, in tutto il territorio del Nuovo Circondario i principali corsi d'acqua (T. Quaderna, T. Idice, T. Sillaro, T. Sellustra, F. Santerno e R. Sanguinario) presentano un andamento da SO verso NE. Localmente, tuttavia, probabilmente in corrispondenza di elementi geologico strutturali importanti o per interventi antropici soprattutto in pianura, il corso dei fiumi principali subisce delle deviazioni più o meno accentuate (ad es. il Santerno poco a sud del centro storico di Imola, il Sellustra circa un Km a sud della Via Emilia oppure il Sillaro all'altezza dell'Autostrada. A tale

proposito occorre distinguere i territori collinari-montani, nei quali il controllo artificiale del reticolo idrografico è impostato sostanzialmente su una rete idrografica di origine naturale, da quelli di pianura dove invece l'idrografia è pesantemente artificializzata.

Nei settori di collina-montagna i bacini idrografici minori e secondari di affluenti dei corsi d'acqua principali presentano nel settore occidentale un *pattern* di tipo tendenzialmente dendritico convergente controllato dalla bassa permeabilità del substrato prevalentemente pelitico. Nel settore centrale la situazione risente dell'asimmetria delle valli già descritta nei capitoli precedenti, per la quale normalmente lungo gli acclivi versanti a reggi poggio, esposti verso su, si sviluppa un reticolo idrografico convergente piuttosto articolato, soprattutto laddove si ha la formazione di morfosculture calanchive. Sui versanti esposti a nord, meno acclivi, il reticolo idrografico appare invece molto più semplice e spesso controllato da accumuli franosi e di detrito di versante che condizionano la possibilità di divagare lateralmente dei corsi d'acqua secondari e minori.

Anche nel settore sud il reticolo idrografico è alquanto semplificato, in questo caso per la presenza di rocce particolarmente resistenti all'erosione. Gli affluenti del Santerno sono solitamente identificati da un'asta principale verso la quale si dirigono i corsi d'acqua minori, senza ulteriori articolazioni.

Per quanto riguarda il settore di pianura, l'idrografia è quasi pressoché dominata dagli interventi idraulici che l'uomo ha portato avanti nel corso del tempo già a partire per lo meno dall'epoca romana. La rete di scolo di pianura è infatti principalmente formata da fossi e canali artificiali che sono disposti secondo un andamento parallelo e ortogonale con assi di scolo diretti generalmente da SO verso NE. A tale proposito occorre notare come nel settore posto più a est (Comuni di Imola e Mordano) si individui un reticolato a maglie ortogonali ben delineate sia dai fossi di scolo che della viabilità residuo dell'antica centuriazione romana. Tale andamento a maglie molto regolari non è altrettanto chiaramente definito nella porzione centrale e occidentale della pianura del Nuovo Circondario Imolese (Comuni di Imola, Castelguelfo e Medicina).

7.4.2 TERRAZZI FLUVIALI

I terrazzi fluviali o terrazzi alluvionali[43] sono aree a morfologia pianeggiante che

[43] Il vigente PTCP della Provincia di Bologna dà la seguente definizione: *Terrazzo alluvionale: superficie sub-pianeggiante inclinata verso la pianura o verso l'asse vallivo, delimitata da scarpate e costituita da depositi alluvionali la cui origine è da ricondurre all'evoluzione del sistema fluviale.*

rappresentano antichi letti fluviali e che attualmente si trovano a quote più alte, anche di diverse decine di metri, rispetto al corso d'acqua; generalmente alla forma terrazzata è associato anche un deposito di origine fluviale, spesso a granulometria grossolana o molto grossolana (sabbie o ghiaie). Alle quote più elevate (rispetto quella del corso d'acqua attuale) si pongono i terrazzi più antichi, tanto che è possibile stabilire una ordinamento gerarchico a partire dal basso verso l'alto indicando con il numero 1 (o terrazzo del primo ordine) il ripiano più basso e più recente (escludendo il letto fluviale attuale) e numerare progressivamente verso l'alto gli altri ripiani (terrazzo del secondo, terzo, quarto, quinto, ecc. ordine): maggiore è il numero d'ordine maggiore è l'età della forma terrazzata (Figure 39 e 40). Tale ordinamento gerarchico ha il più delle volte un valore meramente locale. Diversi studi condotti a scala regionale hanno cercato definire delle gerarchie delle superfici terrazzate (fluviali e marino-costiere) tentando anche correlazioni con le variazioni climatiche globali che si sarebbero succedute durante il Pleistocene (Parea 1986; 1989). La genesi delle superfici fluviali terrazzate (come pure di quelle dei terrazzi costieri) è legata principalmente a due fattori: il sollevamento differenziale di settori di catena rispetto l'antistante pianura e la variazione globale del livello del mare. Una superficie terrazzata si forma quando si ha un sollevamento differenziale per il quale viene ad accentuarsi il gradiente idraulico che porta il fiume ad incidere le proprie alluvioni fino a raggiungere un nuovo profilo di equilibrio, con l'alveo e la regione golenale posti ad una quota inferiore rispetto ai depositi alluvionali che costituivano l'originario letto e che invece si trovano ora a una quota più elevata. Il processo ripetuto può dare luogo alla formazione di più superfici terrazzate, con le più antiche poste a quote più elevate rispetto le più giovani. Il processo viene favorito e complicato se al generale sollevamento dell'area collinare si aggiungono gli effetti delle variazioni del livello marino medio, causato dall'alternarsi di fasi glaciali[44] e temperate[45]. Le oscillazioni apprezzabili nel livello medio marino avrebbero determinato delle variazioni nel regime idraulico dei fiumi, con spostamento delle zone di conoide e delta (zone di deposito) alternativamente verso valle e verso monte e conseguente spostamento delle aree in deposito e in erosione, prima verso valle poi verso monte, dando luogo a superfici terrazzate di origine glacio-eustatica.

[44] Secondo molto studiosi durante i periodi glaciali, per effetto dell'immagazzinamento di grandi masse d'acqua nei ghiacciai continentali e polari, il livello marino medio sarebbe stato all'incirca fino a 100 m più basso rispetto al valore attuale.

[45] Livello marino medio paragonabile all'attuale, o più alto, per lo scioglimento dei ghiacci continentali e polari.

Figura 39 – Il prato in primo piano rappresenta la superficie del terrazzo di quarto ordine posta a circa 10 m di quota più in alto rispetto l'attuale corso del Santerno. Sullo sfondo (a destra nell'immagine) l'ampia distesa dei terrazzi del secondo e primo ordine. La fotografia è stata ripresa dalla località Morina di sopra (Comune di Imola), posta in sinistra idrografica del Santerno.

I terrazzi fluviali, soprattutto quelli più recenti, possono delinearsi come forme caratterizzate da notevole continuità ed estensione, oppure essere rappresentati solamente da porzioni ridotte e poco continue. I depositi grossolani dei terrazzi più recenti e continui, che solitamente sono posti a pochi metri o a poche decine di metri di quota più in alto dell'attuale alveo, possono essere sede di acquiferi di significatività precipuamente a locale, spesso connessi idraulicamente con l'alveo che ne drena le acque (Figura 41) o che localmente (soprattutto in occasione delle piene) può essere disperdente. Nel territorio del Nuovo Circondario Imolese sono stati individuati per lo meno 7 ordini di terrazzi fluviali (Figure 39 e 40), ascrivibili ai corsi d'acqua principali, avendo preso come riferimento (ordine 0) l'alveo attuale[46] (Tavola 2.1.2).

[46] Viene qui adottata la convenzione mutuata dalla Carta Geologica Regionale alla scala 1:10.000, dove i depositi fluviali terrazzati vengono numerati dal più recente (alveo attuale al più antico) con una lettera b seguita da un numero progressivamente crescente (b1, b2, b3,…bn).. In letteratura (ad es. Marchetti, 2000) viene indicato anche di numerare i terrazzi a partire dal più antico al più recente. Non sempre, tuttavia, i terrazzi più antichi sono ben preservati e riconoscibili, pertanto si è preferito seguire la numerazione crescente dal più recente al più antico, in quanto l'eventuale individuazione di lembi residuali di terrazzi ancor più antichi di quelli ora noti comporterebbe solamente la necessità di aggiungere un nuovo ordine (più elevato), mentre in caso contrario sarebbe necessario ridefinire la numerazione di tutti gli ordini di terrazzo.

Figura 40- Terrazzo del primo ordine posto alla confluenza tra T. Sellustra e Rio dei Raggi (Comune di Casalfiumanese).

I terrazzi più recenti (primo, secondo, terzo) si individuano nelle valli dei corsi d'acqua principali e si delineano come fasce allungate parallelamente al corso d'acqua al quale sono generalmente idraulicamente connessi. Si tratta delle forme terrazzate già menzionate in precedenza che si delineano lungo la riva sinistra del Santerno (Figura 39), nella Valle del Sillaro[47] o in maniera più discontinua nella Val Sellustra (Figura 40). I depositi presenti su tali superfici terrazzate sono ascrivibili solitamente ai subsintemi di Ravenna e di Villa Verucchio (cfr. capitolo dedicato alla stratigrafia).

Figura 41- Sorgente nell'alveo del T. Sillaro. Le acque contenute all'interno dei depositi ghiaiosi e ciottolosi del terrazzo di primo ordine formano una falda freatica drenata dal torrente, il quale sccorre a quota più bassa rispetto quella del contatto tra depositi alluvionali e substrato roccioso a composizione prevalentemente pelitico-marnosa. (Ponte sul T. Sillaro in Loc. Marzocchina, Comune di Castel San Pietro Terme).

[47] Negli altri corsi d'acqua si individuano localmente dei depositi terrazzati, generalmente del primo o del secondo ordine poco estesi.

I terrazzi più antichi si presentano ben conservati, soprattutto lungo il margine pedecollinare e principalmente quelli del quarto, quinto e, in minore misura, sesto ordine (Figura 42), mentre lungo le valli sono stati identificati solamente dei resti molto frammentati. Tali morfosculture si presentano come ampie superfici, leggermente inclinate verso i quadranti settentrionali, localmente incise da corsi d'acqua minori e spesso delimitate da alte scarpate piuttosto acclivi. Il capoluogo comunale di Dozza, ad esempio, sorge su ripiani fluviali ascrivibili principalmente al quinto e sesto ordine e caratterizzati da sedimenti alluvionali riferibili a unità antiche (subsintemi del Pleistocene medio di Bazzano e di Liano) (Figura 42).

I terrazzi fluviali costituiscono la testimonianza residuale dell'andamento topografico del luogo durante i periodi passati. In un certo qual modo possono essere pertanto visti come forme relitte, perché l'agente e il processo che le ha generate nelle attuali condizioni non può più produrre su di essi degli effetti modificatori significativi.

Dal punto di vista paesaggistico i terrazzi fluviali costituiscono, quando molto estesi come nel caso delle valli del Santerno e del Sillaro e della zona pedecollinare dell'Imolese, delle forme invarianti caratterizzanti il paesaggio, che possono essere assunti come elementi regolatori della pianificazione paesaggistica.

Figura 42 – Terrazzo del quinto ordine sul quale sorge Dozza. L'immagine evidenzia la porzione posta poco a valle del centro storico del capoluogo comunale e mette ben in risalto il ripiano morfologico inclinato verso la pianura padana (sullo sfondo). I terrazzi degli ordini più alti, e pertanto più antichi, generalmente sono inclinati verso pianura essendo stati coinvolti nei movimenti di innalzamento relativo del margine collinare rispetto l'antistante pianura.

7.4.3 ALTRE FORME DI AMBIENTE FLUVIALE

Nella *Carta Geomorfologica* (Tavola 2.a.b.c.) oltre al reticolo idrografico e alle forme terrazzate sono indicati altri elementi morfologici d'origine fluviale: i conoidi torrentizi e le scarpate.

I conoidi sono depositi di materiale depositati da fiumi e altri corsi d'acqua al loro sbocco in pianura oppure in una valle a minore acclività. Il sedimento in carico della corrente viene rilasciato perché la riduzione di gradiente idraulico determina la riduzione della capacità di trasporto (detta anche competenza) del corso.

Mentre allo sbocco in pianura, soprattutto dei corsi d'acqua principali, si formano apparati di conoide molto estesi, che assumono una grande importanza dal punto morfologico[48], ma anche idrogeologico, per i conoidi torrentizia significatività è esclusivamente locale, soprattutto in relazione a problematiche idrauliche e geotecniche. Gli accumuli di conoide sono infatti spesso poco addensati e quindi meno stabili e l'edificazione su tali forme richiede che siano valutati attentamente i parametri di resistenza e di compressibilità del sottosuolo. Inoltre, a livello di caratterizzazione della risposta sismica locale in condizioni sismiche, gli accumuli di conoide fluviale possono essere visti come potenzialmente soggetti a fenomeni di amplificazione; ciò soprattutto quando lo spessore dei depositi è elevato (superiore a 5 m). Nella Carta Geomorfologica sono stati distinti, sulla base delle indicazioni contenute nel data base della Carta Geologica Regionale, i conoidi torrentizi in evoluzione da quelli inattivi. Tra questi ultimi degno di nota particolare è quello del Rio dei Palazzi, a Imola, attualmente inattivo sul quale si gli insediamenti sono piuttosto numerosi.

Per quanto riguarda le scarpate, è stato eseguita un'apposita indagine morfometrica finalizzata alla loro individuazione. A tale proposito occorre evidenziare che non sono state reperite in letteratura delle definizioni univoche su che cosa si intenda con il termine scarpata, sebbene molto spesso vi si faccia riferimento anche nella normativa dei piani paesaggistici (PTPR, PTCP, ecc.)[49]. Sostanzialmente una scarpata naturale viene descritta, nei numerosi glossari e dizionari di geografia consultati, come una lunga scogliera oppure un pendio molto acclive che separa due

---

[48] L'espressione morfologica dei conoidi pedecollinari non sempre è apprezzabile ad occhio nudo, ma solo attraverso la ricostruzione di carte dl rilievo e del micro rilievo.

[49] Nel PTCP della Prov. di Bologna si accenna alle scarpate a proposito di scarpate che delimitano i terrazzi alluvionali, di scarpate stradali, di scarpate di incisione torrentizia. Al punto 9, dell'art. 6.9 si prescrive inoltre l'individuazione *di fasce di rispetto in prossimità delle scarpate dei terrazzi alluvionali e delle scarpate rocciose non cartografate nelle tavole di Piano* (*in sede di adozione del PSC o in sede di adozione di varianti che introducano nuove previsioni urbanistiche).*

superfici caratterizzate da minore inclinazione e poste a quote diverse. Tutte le definizioni reperite per il termine scarpata (in inglese *scarp* oppure *escarpment*), non fanno riferimento a valori limite dell'inclinazione della scarpata. Di fatto, data la definizione precedente, l'inclinazione massima che può avere una scarpata dipende anche dal tipo di materiale nel quale è impostata. In rocce lapidee è possibile lo sviluppo e la permanenza per tempi anche lunghi (sulla scala umana) di scarpate verticali alte anche decine o centinaia di metri (Figura 43). Al contrario, per rocce sciolte (ghiaie, sabbie, argille e limi) l'inclinazione è direttamente correlata con le caratteristiche geotecniche dei materiali e di fatto scarpate (di altezza apprezzabile superiore a qualche metro) solo in ghiaie e con inclinazioni dell'ordine generalmente di 45°, ma che possono essere anche più alte in determinate condizioni. Ne consegue che le scarpate che delimitano i terrazzi fluviali non sono quasi mai verticali o prossime alla verticalità (inclinazione superiore ai 70°). Valori di inclinazione anche alti, li si riscontra solamente o nelle scarpate attualmente incise dai corsi d'acqua oppure laddove le ghiaie evidenzino una cementazione seppure debole o una pseudo cementazione. Il mantenimento della condizione di verticalità per tempi lunghi (anche solo alcuni mesi o più) dipende dal fatto se si tratta di ghiaie sciolte prive di matrice (che in questo caso tenderanno a franare in breve termine e ad assumere un angolo di riposo sui 45°) o se invece presentano una matrice legante associata a eventuali depositi, anche parziali, di carbonato di calcio o di altri minerali. In questo caso la massa ghiaiosa può essere vista più come un conglomerato o un paraconglomerato (a seconda dei casi definito clasto-sostenuto o matrice-sostenuto).

Figura 43 – Scarpata mista strutturale/fluviale che delimita il terrazzo di terzo ordine nell'alta val Santerno. (Località Mulino, Comune di Castel del Rio). La scarpata è stata incisa dal fiume dapprima nelle proprie alluvioni, che sono ora terrazzate ma che presentano uno spessore modesto rispetto all'altezza totale della scarpata la cui stabilità è favorita dall'assetto a traverpoggio/reggi poggio della Formazione Marnoso Arenacea.

Per l'individuazione delle scarpate si è proceduto dapprima all'individuazione, attraverso, l'elaborazione dei dati del DEM, dei settori di versante che fossero caratterizzati da valori di acclività piuttosto elevati >45°) con la finalità di individuare i settori di versanti più acclivi, formate quasi esclusivamente in roccia (per le motivazioni espresse in precedenza). La procedura di individuazione automatica ha portato alla selezione di 1775 forme poligonali, ciascuna corrispondente a un'area più o meno estesa caratterizzata da valori di inclinazione superiori alla soglia fissata. Tuttavia, dopo una verifica a campione (dei dati topografici da cartografia e DEM), si è appurato che tali entità "geometriche" non rispondono quasi mai a delle scarpate, ma piuttosto ad aree più acclivi del versante, molto spesso di ridottissima estensione. Si è pertanto fatto riferimento alla definizione data di scarpata che prevede non solo il requisito di un'alta acclività, ma anche l'aspetto della lunghezza della forma (si tratta di morfosculture lineari, cartograficamente vengono individuate dal loro bordo superiore: il ciglio della scarpata). Pertanto per ridurre il numero di forme individuate con procedura automatica si è fatto riferimento al valore del perimetro di ciascuna "forma poligonale" per eliminare quelle forme meno estese che probabilmente, ma soprattutto poco allungate.

Tutte le forme così selezionate sono state verificate, una per una, attraverso l'incrocio delle informazioni contenute nelle carte topografiche, nelle ortofoto aeree e del DEM. Attraverso tale procedura è stato pertanto possibile riconoscere

l'ubicazione delle principali scarpate più acclivi, generalmente impostate su pareti rocciose e che spesso presentano altezze superiori ai 25 m.

Il passo successivo dello studio è consistito nell'analisi dell'intero territorio collinare montano finalizzata all'individuazione delle scarpate di origine fluviale o miste, attraverso la foto interpretazione delle immagini da aereo comparata con i dati cartografici relativi alla distribuzione dei terrazzi fluviali e i dati del DEM. In questo caso, per le ragioni esemplificate in precedenza, sono state identificate scarpate anche con acclività inferiore ai 45°.

Nella Carta Geomorfologica (Tav. 2.a.b.c.) sono cartografate 278 scarpate distinguendo fra forme strutturali, forme fluviali e forme miste (Figura 43). Le prime devono la loro origine principalmente all'assetto della stratificazione a reggipoggio che ha favorito la stabilità anche di versanti alti e molto acclivi (il cui modellamento è principalmente correlato ai fenomeni fisico chimici di alterazione della roccia (gelo/disgelo, idrolisi, ecc.) e maniera ridotta alle acque incanalate e alla gravità. La genesi delle scarpate fluviali è invece prettamente legata all'azione di erosione al piede dei versanti (dei depositi alluvionali) che porta all'approfondirsi della quota dell'alveo e di conseguenza all'aumento dell'altezza della scarpata. Le forme miste sono il risultato dell'azione di erosione fluviale al piede impostata generalmente dapprima in depositi alluvionali e poi nel substrato roccioso caratterizzato da un assetto della stratificazione a reggipoggio (o a traverpoggio o suborizzontale) che ha favorito la formazione di scarpate sub verticali in roccia alla cui sommità sono generalmente presenti depositi alluvionali di terrazzo. Per favorire la leggibilità della *Carta Geomorfologica* (*Tav. 2.a.b.c.*) si è preferito non introdurre ulteriori informazioni, tuttavia il tematismo specifico che descrive le scarpate contiene anche il dato relativo all'altezza della scarpata, distinguendo tra scarpate con altezza inferiore a 10 m, superiore[50] a 10 m e superiore a 25 m. per quest'ultima categoria si è inoltre verificato trattarsi sempre di scarpate ad acclività superiore ai 45°, impostate in roccia lapidea oppure in roccia lapidea con alla sommità alcuni metri di depositi alluvionali.

7.4.3.1 FORME FLUVIALI DI PIANURA

Il punto 2 dell'art. 7.6 delle norme del PTCP afferma che I PSC recepiscono

[50] Ma inferiore a 25 m.

l’individuazione dei crinali, dei calanchi e dei dossi di cui alla Tav. 1 (del PTCP) e possono integrare tale individuazione con altri crinali, calanchi e dossi che risultino significativi dal punto di vista paesaggistico; per essi dettano specifiche disposizioni volte a salvaguardarne il profilo e i coni visuali nonché i punti di vista. È stato pertanto eseguita una verifica, a partire dai tematismi dello stesso PTCP, dell'eventuale presenza di dossi di pianura all'interno dei confini dei comuni del circondario. Il PTCP non riporta delimitazioni di dossi di Pianura nell’ambito dei comuni del Circondario. Per verificare tale indicazione si è proceduto a un controllo attraverso l'ausilio del Modello Digitale del Terreno (DEM), già menzionato in precedenza, per identificare l'eventuale esistenza di dossi di pianura non corrispondenti all’andamento di corsi d’acqua e canali attuali, ma interpretabili paleoalvei relitti o alvei abbandonati, di corsi d'acqua che hanno nel tempo cambiato l'andamento del proprio corso di pianura. La loro eventuale presenza infatti costituisce un insieme elementi morfologici che spesso, ma non sempre, caratterizzanti il paesaggio della Pianura Padana. Il DEM utilizzato, che come già evidenziato descrive la topografia del territorio per mezzo di una matrice quadrata con celle di 5 m di lato ha una precisione piuttosto alta e ha evidenziato che le forme allungate e rialzate presenti nel territorio studiato coincidono sostanzialmente con quelle degli alvei di corsi d'acqua attuali (ad esempio il Santerno), i quali solo per una parte dei loro tratti di pianura sono pensili a una quota superiore rispetto la campagna circostante, mentre più spesso sono infossati entro le loro stesse alluvioni oloceniche (Figura 44).

Figura 44 – Torrente Sillaro nel tratto di pianura (Loc. Ponte SP30, Comune di Imola).

Non sono stati pertanto individuati dossi di pianura che costituiscano elemento testimoniale di antichi corsi d'acqua e pertanto che possano rientrare nella tipologia di quanto previsto e tutelato al punto 8 dell'art. 7.6 del PTCP. Il paesaggio della

pianura del Nuovo circondario Imolese appare infatti decisamente appiattito e molto uniforme (Figura 45), tanto che pochi sono gli elementi morfologici evidenti e distinti dal generale andamento piatto (Figura 46).

Figura 45 – A sinistra, panoramica della pianura di Castelguelfo vista dalla strada SP51(uscendo dal paese verso ovest). A destra, panoramica della pianura di Medicina vista dalla SP51 (loc. S. Martino).

Figura 46 - Bacini Bubano: si tratta di depressioni lasciate a seguito dell'escavazione di alcune cave che attualmente sono utilizzati come bacini di stoccaggio di acque distribuite dall'acquedotto industriale (Comune di Mordano). Tali depressioni sono particolarmente estese da renderle tra gli elementi morfologici più evidenti di questo settore di pianura. In questo caso l'uomo può essere visto come agente modellatore della superficie terrestre che la cui azione si sovrappone a quella del reticolo idrografico.

7.5 FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI E DI VERSANTE

7.5.1 FRANE E ACCUMULI FRANOSI

Nel territorio collinare e montano del Nuovo Circondario Imolese, e in generale nei territori dell'Appennino emiliano-romagnolo, l'effetto della forza di gravità si fa risentire in maniera ubiquitaria, tuttavia i fenomeni franosi si sviluppano principalmente laddove sono presenti versanti collinari più predisposti al dissesto e cioè soprattutto se si presentano le seguenti caratteristiche :

* l'acclività è superiore ai 7° (Tavola 3.a.b.c.- C arta dell'acclività);
* il substrato roccioso è prevalentemente argilloso o pelitico;
* l'assetto della stratificazione è a franapoggio con inclinazione inferiore o pari a quella del è più predisposto al dissesto.

I processi di versante interessano più o meno ampiamente tutto il territorio collinare e montano del Nuovo Circondario, con l'eccezione dei settori di fondovalle a morfologia subpianeggiante (Tavola 3.a.b.c.). La carta geologica regionale annovera un totale di oltre 3000 accumuli riconducibili a frane più o meno estese, classificate attive o quiescenti, nei territori del Circondario.

Per valutare l'incidenza dei fenomeni franosi su un determinato territorio si ricorre usualmente a degli indici che esprimono la percentuale delle aree in frana rispetto all'estensione totale. Il più utilizzato è il così detto Indice di franosità territoriale percentuale (IFt%) (Tabella 11) che esprime il rapporto tra la somma delle superfici in frana e il territorio totale che nel caso della Tabella 11 è il territorio di ogni singolo Comune. Esistono poi altri indici di franosità definiti più o meno nello stesso modo, ma che tengono conto di determinati fattori. Ad es.: per i dati espressi in Tabella 11 si può osservare che sono stati calcolati ponendo al denominatore il valore dell'estensione totale del territorio comunale che, per Comuni quali Castel San Pietro Terme, Dozza o Imola si estende non solo nell'ambito collinare7montano, ma anche in pianura. Per questi comuni il dato andrebbe pertanto corretto in quanto il valore di IFt% per i territori di pianura è nullo (o meglio privo di significato, perché non vi sono frane in pianura), mentre per la porzione collinare risulterebbe maggiore di quanto riportato nella tabella in quanto andrebbe rapportato a un areale meno esteso, rispetto a quello dell'intero territorio comunale.

Comune	IFt%
Borgo Tossignano	11,1
Casalfiumanese	10,8
Castel del Rio	7,3
Castel San Pietro Terme	5,1
Castel Guelfo	-
Dozza	0,4
Fontanelice	5,2
Imola	0,8
Medicina	-
Mordano	-

Tabella 11 – Indice di franosità (espresso in percentuale) territoriale per i comuni del Nuovo Circondario Imolese (dati tratti dalla Pubblicazione "I numeri delle frane" del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

A titolo di esempio è stato eseguito il calcolo dell'IFt% per i Comuni di Castel San Pietro Terme, Dozza e Imola inserendo al denominatore il valore dell'area ricompresa nell'ambito dei bacini montani, così come perimetrali nella Tavola 2 del PTCP della Provincia di Bologna. A tale proposito occorre precisare che per i Comuni di Dozza e Imola tale scelta ha comportato l'esclusione dal calcolo di alcune forme franose che ricadono al di fuori della perimetrazione dei bacini montani così come riportata nella cartografia del PTCP. Ciò nonostante i valori ottenuti di IFt% sono forse più significativi rispetto a quelli riportati nella Tabella 11 dove, come prima chiarito, i valori sono stati ottenuti rapportandosi all'intero territorio comunale, comprensivo delle porzioni di pianura.

Come evidenziato nei dati contenuti nelle Tabelle 11 e 12, a livello territoriale la maggior diffusione di accumuli franosi si concentra nei settore occidentale e orientale e più precisamente nei Comuni di Castel San Pietro Terme, Borgo Tossignano, Imola e Casal Fiumanese, nei quali si riscontrano valori di IFt% 8per la parte collinare montana) attorno al 10%., che comunque non sono affatto elevati se rapportati a certi comuni dell'Appennino Bolognese dove si riscontrano IFt% anche superiori a 30%.

La concentrazione di frane principalmente nei Comuni menzionati è correlata alla natura litologica del substrato che in queste aree è prevalentemente pelitico-argillosa.

Comune	IFt%-(solo sul territorio montano)
Borgo Tossignano	11,1
Casalfiumanese	10,8
Castel del Rio	7,3
Castel San Pietro Terme	11,5
Castel Guelfo	-
Dozza	3,2
Fontanelice	5,2
Imola	8,39
Medicina	-
Mordano	-

Tabella 12 - *Indice di franosità territoriale (espresso in percentuale) per i comuni del Nuovo Circondario Imolese (dati tratti dalla Pubblicazione "I numeri delle frane" del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, con esclusione di quelli riferiti ai Comuni di Imola, Dozza e Castel San Pietro Terme, per i quali il valore di IFt% è stato calcolato solamente per la parte dei bacini montani così come identificata nella cartografia (Tavola 2) del PTCP della Provincia di Bologna.*

Dal punto di vista della tipologia di frane si riscontrano principalmente quelle legate o movimenti di rotazionale, traslazionali e rototraslazionali (Figura 47) che quando di dimensioni più estese evolvono in movimenti di tipo complesso con il corpo principale il cui movimento principale è di tipo roto-traslativo, al quale si associano eventualmente flussi di colata, al piede del corpo franoso, e caduta di massi e blocchi nei pressi della nicchia di distacco.

Nel territorio del Circondario sono inoltre segnalati, tra attivi e quiescenti, 19 accumuli per frana di crollo, più della metà dei quali sono concentrati nei Comuni di Castel del Rio e Fontanelice.

Figura 47 – Piccola frana a cinematismo rototraslazionale (Loc. Ca' Razzineri, Comune di Castel San Pietro Terme).

In merito all'aspetto correlato alla stabilità di versante si è anche proceduto alla

verifica prevista all'art. 6.8.2 delle norme del PTCP bolognese. Più in particolare si è proceduto alla verifica dello stato di pericolosità e di rischio relativo agli elementi di competenza comunale (principalmente strade o zone produttive) ricadenti in Unità Idrogeologiche Elementari (UIE) classificate a rischio moderato (R1) o medio (R2). In accordo e su suggerimento dei tecnici dell'Autorità di Bacino del Reno, si è proceduto dapprima alla verifica e selezione delle UIE entro le quali ricadessero elementi urbanistici o infrastrutturali di competenza comunale, controllando se tali elementi fossero interessati da frane. In seguito si è proceduto a sopralluogo per l'accertamento della situazione e la compilazione di una scheda come da direttive dell'autorità di Bacino del F. Reno. Le schede e l'ubicazione delle UIE verificate è riportata in allegato alla presente relazione.

7.5.2 AREE CALANCHIVE

Nella Tavola 2.a.b.c.- Carta Geomorfologica sono state cartografate le principali forme calanchive per due motivi principali:

- perché costituiscono elementi morfologici significativi e caratterizzanti il paesaggio di settori molto ampi dell'Appennino Settentrionale, soprattutto nella parte collinare;
- in quanto richiesto espressamente ai Comuni dal PTCP in sede di adozione dei PSC come verifica a quanto riportato in merito sulla cartografia dello strumento di pianificazione provinciale.

I calanchi sono forme erosive derivanti dall'azione del ruscellamento concentrato delle acque meteoriche (Figura 48); si formano su terreni a componente prevalentemente pelitico-argillosa a partire dalla sovra incisione di una vallecola principale dalla quale poi si diramano altre vallecole secondarie dalle quali, a loro volta, se ne diramano altre minori; il processo procede sostanzialmente per arretramento della testata della vallecola e riduzione dello spazio tra una vallecola e l'altra con formazioni di dorsali molto ripide e strette (così dette "a lama di coltello"). Il processo è favorito dall'assetto a reggipoggio della stratificazione che permette la formazione di versanti ripidi nei quali prevalgono fenomeni di asportazione per erosione della coltre alterata (più veloci), rispetto a quelli franosi (che richiedono generalmente più tempo per attivarsi); le forme calanchive tipiche e mature presentano una struttura ad anfiteatro, tuttavia fattori strutturali e litologici possono condizionare la forma calanchiva (Figura 48). Molto spesso si riconoscono aree nelle quali si ha una commistione di fenomeni di erosione a rivoli e gravitativi (con frane

soprattutto per colata canalizzate al fondo delle vallecole, ma anche movimenti localizzati di tipo rotazionale. In questi casi si è utilizzata, nella Carta Geomorfologica (Tavola 2.a.b.c.) la denominazione di aree subcalanchive.

Figura 48 – Calanco in Loc. Mulinetto (Comune di Casalfiumanese).

Le norme del PTCP della Provincia di Bologna stabiliscono che i PSC recepiscono i calanchi di cui alla Tavola 1 dello strumento provinciale e possono integrare tale individuazione con altri calanchi (punto 2 art. 7.6).

L'analisi del sistema calanchivo è stata condotta essenzialmente attraverso l'interpretazione dei fotopiani aerei, ma come punti di partenza e di riferimento sono stati i documenti esistenti che descrivono la distribuzione delle forme calanchive nel territorio Imolese. Più in particolare si tratta:

1) del tematismo estratto direttamente dalla cartografia del PTCP (Tavola 1), al quale fanno riferimento le norme del piano provinciale e che sostanzialmente è stato derivato dalla cartografia del Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR);
2) del tematismo che descrive la distribuzione dei calanchi estratto dalla *Carta dell'uso del suolo* (derivata l'interpretazione di fotografie aeree riprese durante l'anno 2003) prodotta nel 2005 dalla Regione Emilia-Romagna.

Già per il fatto di essere stato prodotto in un periodo successivo, il secondo dei documenti menzionati dovrebbe risultare più aggiornato. Tale considerazione intuitiva è stata verificata dal confronto dei due tematismi in rapporto alle fotografie aeree riferibili alle riprese del volo denominato AGEA2005. Occorre poi osservare che le forme calanchive riportate nella *Carta uso del suolo* della Regione sono anche più coerenti con la cartografia alla scala 1:5.000 della Carta Tecniche Regionale. In effetti, anche quando nel medesimo versante entrambi i documenti menzionati riconoscono la presenza delle medesime morfosculture calanchive, le perimetrazioni sono differenti con quelle riportate nella Carta dell'Uso del Suolo che sono più precise[51]. Alcune forme calanchive indicate solo nella cartografia del PTCP, non presenti nella "Carta dell'uso del suolo" Questi ultimi casi potrebbero essere interpretati come l'evidenza (verificata anche da fotografie aeree recenti) di calanchi che hanno subito un processo di stabilizzazione a seguito della ricolonizzazione da parte della vegetazione naturale. Si tratterebbe in questo caso di forme calanchive così dette "stabilizzate" che le norme del PTCP trattano al punto 6 dell'art. 7.6, ma che non vengono identificate e distinte rispetto i calanchi in "senso stretto" sulla cartografia del piano provinciale.

Durante l'analisi comparativa tra i due documenti cartografici con lo stato morfologico dei territori basato sull'interpretazione delle fotografie aeree riprese nel 2005 si è inoltre appurato anche che entrambe le cartografie non descrivono in maniera completa lo stato e la distribuzione attuale delle forme calanchive.

Si è pertanto proceduto alla redazione di un rilevo foto interpretativo dei calanchi su tutto il territorio del Circondario Imolese.

Tutte le forme calanchive rilevate sono state perimetrate, evidenziando nel data base associato al tematismo anche la loro eventuale presenza nei documenti cartografici esistenti, segnalando le nuove forme ed eliminando quelle che, pur riportate nella cartografia ufficiale, non sono più riscontrabili sui fotogrammi.
Per una maggiore comprensione del fenomeno e per una migliore descrizione del quadro conoscitivo relativo al tematismo in oggetto, si è cercato, nel limite delle possibilità interpretative che permettono le fotografie aeree, di operare anche distinzioni tra morfosculture con caratteristiche diverse, raggruppando le morfosculture calanchive nei seguenti insiemi:

- calanchi, nei quali il processo di erosione a fossi e rivoli appare preponderante

[51] Va precisato che la cartografia del PTPR (ripresa dal PTCP) non aveva una scala di dettaglio, ma di semi-dettaglio (1:25.000).

sugli altri processi di dissesto ed erosione;

- calanchi in parte rivegetati (o parzialmente stabilizzati dalla vegetazione), all'interno delle quali si distinguono vaste aree "verdi" ricolonizzate dalla vegetazione spontanea erbacea e arbustiva (più raramente sono presenti cespugli o macchie con alberi d'alto fusto); aree rivegetate che raggiungono un'estensione fino a circa il 50% dell'estensione del calanco;
- calanchi rivegetati (completamente, o quasi completamente, dalla vegetazione, nei quali la componente "verde" è preponderante, mentre le evidenze di fenomeni erosivi in atto sono alquanto ridotte. L'originario calanco è individuabile solamente su base morfologica per la presenza di "relitti" dell'originaria morfologia (valle ad anfiteatro o allungata con pattern idrografico dendritico, linee di crinale e creste molto strette "a lama di coltello") completamente ricoperti dalla vegetazione che impedisce l'erosione superficiale sia concentrata che diffusa;
- aree subcalanchive (o zone subcalanchive), nelle quali al processo di erosione a fossi e solchi, si accompagnano dissesti francamente di tipo gravitativo (generalmente franamenti per colata e più limitatamente di tipo roto-traslazionale;
- aree subcalanchive in parte rivegetate, la cui evoluzione è stata, ed è condizionata, sia da fenomeni di erosione a rivoli che franosi, ma nelle quali si riconoscono anche aree riprese dalla vegetazione fino a circa metà della estensione complessiva;
- aree subcalanchive rivegetate, nelle quali molti dei fenomeni erosivi e gravitativi sono stati stabilizzati dall'avanzare della vegetazione.

Le forme calanchive riportate nella Carta Geomorfologica (Tavola 2.a.b.c.) sono pertanto il risultato di un'analisi originale e rappresentano una proposta di aggiornamento dello stato attuale della loro presenza nel territorio del Nuovo Circondario Imolese. Il tematismo relativo può quindi essere ritenuto come proposta di approfondimento e aggiornamento della cartografia specifica dello strumento provinciale (PTCP), conformemente a quanto indicato al punto 1.7 delle Norme del PTCP che al comma 1 affermano che *gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica possono rettificare le delimitazioni grafiche contenute negli elaborati cartografici del presente piano, per portarle a coincidere con suddivisioni reali rilevabili sul terreno, ovvero su elaborati grafici a scala maggiore. Le predette rettifiche, non costituendo difformità con il presente piano, non costituiscono varianti alla stesso, o che eventualmente potrà essere recepito all'interno di un percorso di variante per lo strumento pianificatorio provinciale*.

Per quanto riguarda la distinzione tra le diverse tipologie di calanco si è fatto riferimento all'esperienza maturata in altre aree della Regione Emilia-Romagna. Non è infatti ancora stato emanato, da parte della Provincia di Bologna, l'atto di cui si fa menzione al punto 7 dell'art. 7.6 delle norme di PTCP che recita che *la Provincia, con specifico atto non costituente variante al PTCP, si riserva di individuare tra i calanchi indicati come tali in tav. 1 del presente Piano quelli che, per caratteristiche riscontrate e puntualmente motivate, non debbano essere soggetti alle prescrizioni di cui ai precedenti punti*.

7.5.3 ALTRE FORME E PROCESSI DI VERSANTE

Nella Carta Geomorfologica (Tavola 2.a.b.c.) tra le forme di versante sono stati anche individuati anche i crinali e le dorsali principali, che costituiscono spartiacque tra i diversi bacini e microbacini dei corsi d'acqua. Si tratta di quelle forme individuate già nella cartografia del PTCP il quale al punto 3 di cui all'art. 7.6 delle norme di PTCP chiede che da parte dei comuni sia fatto un approfondimento d'analisi territoriale per distinguere quali linee di crinali facciano parte della matrice storica dello sviluppo della viabilità e degli insediamenti da quelli invece che sono storicamente liberi da infrastrutture e insediamenti.

Si è pertanto provveduto alla verifica dei crinali su base fotogrammetrica per distinguere i tratti di crinale storicamente insediati. A tal fne si è fatto un confronto verificando se:

- sul crinale o nelle sue immediate vicinanze passasse una strada classificata (nella Tavola 1 del PTCP) come facente parte della "viabilità storica";
- sul crinale sorgesse un centro abitato (classificato come tale nello specifico tematismo in formato vettoriale prodotto nell'ambito dello PSAI);
- sul tratto di crinale considerato sorgessero un certo numero di nuclei abitati o case sparse individuabili dalle foto aeree aggiornate con la ripresa del 2005.

Il lavoro di verifica ha permesso di selezionare alcuni tratti di crinale sui quali sono presenti strade facenti parte della "viabilità storica" e/o centri abitati e/o almeno due o tre nuclei abitati o case sparse. Sono stati così selezionati i seguenti tratti di crinale:

- nel comune di Castel San Pietro, il tratto di crinale sul quale, oltre a una strada facente parte della viabilità storica, sono presenti diversi insediamenti tra i quali anche l'abitato di Varignana;
- nel Comune di Casalfiumanese, il tratto di crinale sul quale, oltre ad una strada facente parte della viabilità storica, sono presenti diversi insediamenti tra i quali

Sassoleone, Mercato e Cuviolo;

- nel Comune di Castel del Rio, il tratto di crinale sul quale si collocano alcuni insediamenti tra i quali quello denominato Belvedere;
- nel Comune di Imola, il tratto di crinale che grossomodo collega le località Brenta e Palazzi Nardozzi, che è densamente insediato
- nel Comune di Imola, il tratto di crinale in località Pianella, con presenza di insediamenti.

A questo elenco si aggiungono alcuni tratti di crinali sui quali, pur insistendovi alcuni insediamenti, sembrerebbero da foto aerea poco insediati e che potrebbero essere trattati alla stregua di crinali non (o poco) insediati. Si tratta dei segmenti di dorsale:

- nel comune di Castel San Pietro, il tratto di crinale sul quale, oltre ad una strada facente parte della viabilità storica, sono presenti alcuni insediamenti tra i quali quelli di Ca' dei Sarti e di Ca' di Cola;
- nel Comune di Casalfiumanese, il tratto di crinale sul quale, oltre ad una strada facente parte della viabilità storica, sono presenti alcuni insediamenti tra i quali quello denominato Vignola;
- nel Comune di Casalfiumanese, il tratto di crinale sul quale, oltre ad una strada facente parte della viabilità storica, sono presenti alcuni insediamenti tra i quali quello denominato Ca' di Bacco;
- nel Comune di Castel del Rio, il tratto di crinale sul quale si collocano alcuni insediamenti tra i quali quello denominato Ca' di Facchino.

Tutti i restanti crinali e dorsali presenti nel territorio del Circondario appaiono preservati sufficientemente nelle loro caratteristiche morfologiche naturali e non insediati o comunque gli insediamenti sono limitati a case sparse piuttosto distanti l'una dall'altra.

7.6 FORME DI ORIGINE ANTROPICA

Nella Carta Geomorfologica sono state riportate per completezza anche alcune forme e depositi di origine antropica (ripresi dalla Carta Geologica Regionale). Si tratta dell’ubicazione di alcune cave e di colmate per sbarramenti artificiali. Le cave si trovano nel territorio del Comune di Mordano e una di queste è stata ripristinata per essere adibita a bacino di stoccaggio di acque che alimentano l’acquedotto industriale (Figura 46).

Data la loro natura artificiale si tralascia la descrizione di tali elementi morfologici che

vengono segnalati in quanto si tratta di aree che comunque possono presentare dei riempimenti che solitamente sono poco addensanti e quindi con caratteristiche geotecniche tendenzialmente scadenti o mediocri. A livello di valutazione degli effetti di sito in condizioni sismiche sono pertanto aree suscettibili di potenziali effetti di amplificazione e di instabilità in condizioni sismiche.

7.7 ALTRI ELEMENTI RIPORTATI SULLA CARTA GEOMORFOLOGICA: GROTTE, GEOSITI E BENI GEOLOGICI (GEOSITI O GEOTOPI), SITI DI IMPORTANZA COMUNITARIA/ZONE DI PROTEZIONE SPECIALE (SIC/ZPS)

7.7.1 GROTTE

Uno degli elementi che più caratterizzano geologicamente il Nuovo Circondario Imolese è la così detta Vena del Gesso: un imponente affioramento di rocce evaporitiche riferibili alla Formazione Gessoso-Solfifera del Messiniano, che si erge come una sorta di “muraglia” naturale principalmente nei Comuni di Borgo Tossignano e Fantanelice. Non a caso la *Vena del Gesso* costituisce l’elemento cardine sul quale si fonda l’istituzione del Parco Regionale della Vena del Gesso romagnola istituito con deliberazione dell’Assemblea Legislative della Regione Emilia-Romagna n. 161/2005.

La composizione delle evaporiti che costituiscono la Vena del Gesso Romagnola è prettamente gessosa e, come conseguenza, le rocce sono spesso interessate dagli effetti dei fenomeni carsici tanto che è nota, soprattutto agli speleologi, ma anche a chi vive nei luoghi, la presenza di numerose grotte e apparati di caverne sotterranee.

La Regione Emilia-Romagna il 10.07.2006 ha promulgato la Legge Regionale n. 9 (*Norme per la conservazione e valorizzazione della Geodiversità dell'Emilia-Romagna e delle attività ad essa collegate).* Nello specifico si legge che (art. 4-*Individuazione delle grotte e delle aree carsiche) al fine di assicurare la conoscenza e la conservazione delle aree carsiche e del Patrimonio ipogeo la Regione istituisce il "catasto delle grotte, delle cavità artificiali e delle aree carsiche", la conservazione e aggiornamento del quale è demandata, con modalità definite da apposita convenzione, alla FSRER*[52]*, referente riconosciuta per le attività speleologiche in Emilia-Romagna, che provvede a depositarne copia cartacea e informatica presso la*

[52] Federazione Speleologica Regione Emilia-Romagna.

struttura regionale competente in materia geologico-ambientale.

Ufficialmente il catasto delle grotte non è stato ancora approvato dalla Regione Emilia-Romagna, tuttavia l'Ufficio Geologico, Sismico e dei Suoli ha fornito i dati in proprio possesso relativamente all'ubicazione delle grotte principali nel territorio del Nuovo Circondario Imolese, nonché i dati relativi ai geositi (vedi oltre). Tali informazioni sono state riportate nella Carta Geomorfologica (Tavola 2.a.b.c.) assieme anche all'individuazione delle aree ritenute di pregio o caratterizzanti dal punto di vista geologico (geositi). Le stesse informazioni in forma sintetica sono descritte nella Figura 49.

7.7.2 GEOSITI

La Legge Regionale 9/2006 non tutela solamente le grotte, cavità ipogee e le manifestazioni carsiche, ma anche i così detti geositi. A tal proposito, all'art. 2 si legge che *Geosito può essere qualsiasi località, area o territorio in cui sia definibile un interesse geologico-geomorfologico e pedologico per la conservazione;* si legge inoltre che la Geodiversità è definita come l*a varietà o la diversità del substrato roccioso, delle forme e dei processi in ambito geologico, geomorfologico e pedologico.*

La Legge 9/2006 all'art. 3 c. 1 recita che *al fine di tutelare il patrimonio geologico, la Regione istituisce presso la struttura regionale competente in materia di geologia il catasto dei geositi di rilevante importanza scientifica, paesaggistica e culturale e che* (c. 4) g*li enti territoriali (…) possono proporre nuovi geositi.*

Come per il catasto delle grotte, anche per i geositi allo stato attuale non è ancora disponibile il catasto regionale, ma come già accennato l'Ufficio Geologico, Sismico e dei Suoli regionale ha fornito i dati relativi al ubicazione di aree che presentano caratteristiche geologiche tali da renderli candidati ad essere inclusi nel futuro catalogo regionale.

Nella Figura 49 è indicata l'ubicazione delle aree che rappresentano, secondo le informazioni fornite dall'Ufficio Geologico, Sismico e dei Suoli regionale, dei "geositi potenziali", nonché l'ubicazione delle grotte e inghiottitoi presenti sul territorio del Nuovo Circondario Imolese e individuati dalla Regione Emilia-Romagna, che ha fornito le informazioni al riguardo. Non si tratta ancora di elementi ufficialmente suscettibili di tutela, secondo la norma regionale di cui alla LR 9/2006, in quanto lo diverranno (qualora inclusi nell'elenco) con l'approvazione da parte della Regione del

Catasto previsto dalla legge citata. In ogni caso si tratta di elementi geologici e speleologici che per le loro caratteristiche intrinseche sono da considerarsi comunque di pregio.

Figura 49 – Ubicazione delle aree comprese nella Banca dati regionale del patrimonio geologico e delle grotte e cavità carsiche. (I dati sono stati forniti dall'Ufficio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna). In legenda si è usata la locuzione "Geositi potenziali" in quanto si tratta di aree individuate, ma che non fanno aprte ufficialmente del catasto previsto dalla normativa che deve essere ancora adottato da parte della Regione.

Ciascun sito è caratterizzato da proprie particolarità che lo rendono particolarmente significativo e diverso dagli altri. Si va dai siti di preminente valore geomorfologico (per lo più aree calanchive) a quelli di interesse prettamente stratigrafico o paleontologico. In generale ogni geosito è caratterizzato da peculiarità che fanno riferimento a discipline tra quelle che sono studizate nell'ambito delle Scienze della Terra e più in generale dalle Scienze Naturali. Come già messo in evidenza anche nella Figura 49, a fronte di siti che si estendono su superfici molto ampie, a cavallo dei territori di più di un comune, ve ne sono altri poco estesi arealmente. Alcuni dei siti geologici e gran parte delle grotte sono poi compresi all'interno (in parte o completamente) di aree già classificate SIC (o SIC/ZPS) (Figura 49).

7.7.3 SITI DI IMPORTANZA COMUNITARIA (SIC) E ZONE DI PROTEZIONE SPECIALE (ZPS)

I SIC/ZPS sono aree caratterizzate dalla presenza di specie (animali e principalmente uccelli e vegetali) di habitat particolari rientranti in alcuni elenchi approvati all'interno di direttive dall'Unione Europea che rendono tali areali suscettibili di protezione e tutela. Si riportano nella Tavola 2.a.b.c. (Carta geomorfologica) le individuazioni areali di tali ambiti, rimandando alla normativa specifica e al sito web di natura 2000 per gli approfondimenti. Si ricorda comunque che diverse parti del territorio del *Nuovo Circondario Imolese* sono ricomprese all'interno di aree classificate SIC oppure SIC e ZPS (Figura 50, Tabella n. 13).

CODICE	TIPO	NOME	Estensione (ha)	Comuni
IT4050004	SIC	BOSCO DELLA FRATTONA	391,7183	Imola, Dozza
IT4050022	SIC-ZPS	BIOTOPI E RIPRISTINI AMBIENTALI DI MEDICINA E MOLINELLA	4485,7749	Medicina
IT4060001	SIC-ZPS	VALLI DI ARGENTA	2905,4352	Imola
IT4070011	SIC-ZPS	VENA DEL GESSO ROMAGNOLA	6316,8669	Borgo T., Casalfiumanese, Fontanelice, Imola (pp)
IT4070017	SIC	ALTO SENIO	1014,5182	

Tabella 13 – Aree classificate SIC o SIC/ZPS che insistono su territori appartenenti a Comuni del Nuovo Circondario Imolese. Da evidenziare che solo una piccolissima frazione del territorio del Comune di Imola è compreso entro l'area SIC/ZPS Vena del Gesso Romagnola.

Più in particolare, come si evince dalla Figura 50, i comuni il cui territorio è interessato dalle aree SIC o SIC/ZPS sono: Medicina (IT4050022), Imola (IT4050004, IT4060001, IT4070011[53]), Dozza (IT4050004), Borgo Tossignano (IT4070011), Casalfiumanese (IT4070011) e Fontanelice (IT4070011).

[53] L'area SIC-ZPS IT4070011 (Vena del Gesso Romagnola) ricade nel territorio del Comune di Imola per una porzione veramente minimale.

Figura 50 – Aree SIC e Aree IC/ZPS nel territorio del Nuovo Circondario Imolese. (Il retino a righe oblique individua le aree classificate SIC, mentre il retino a righe oblique incrociate individua le aree classificate SIC/ZPS.

8 RETICOLO IDROGRAFICO-TAVOLA 5.A.B.C. (TUTELA RETICOLO IDROGRAFICO)

8.1 INTRODUZIONE

Il reticolo idrografico delle acque incanalate costituisce probabilmente l'agente morfogenetico più importante a scala regionale. Non è facile infatti trovare areale la cui morfologia non abbia subito (o non subisca ancora) l'effetto dell'azione dei fiumi, torrenti, rii e ruscelli. La stessa strutturazione paesaggistica dell'Emilia-Romagna dipende principalmente dalla disposizione del reticolo idrografico e anche a livello di gestione del territorio non si può prescindere dall'articolazione, suddivisione e reciproci rapporti tra i vari bacini idrografici. Gli stessi corsi d'acqua, presi singolarmente, rappresentano inoltre degli elementi paesaggistici e naturalistici, a sviluppo pressoché lineare, ricchi di risorse (acqua, materie prime, energia) e di habitat naturali o rinaturalizzati (zone golenali, aree umide, ecc.), potenziali elementi regolatori del paesaggio sia a livello della sua strutturazione sia nell'indirizzare le scelte verso aree meno vulnerabili dal punto di vista naturalistico e idraulico. La stessa distribuzione degli insediamenti umani è stata sempre, nel passato come oggigiorno, influenzata dall'assetto della rete idrografica. L'uomo ha sempre cercato la vicinanza o comunque l'accessibilità ai corsi d'acqua (qualora non vi fossero sorgenti o non sopperisse, con non piccolo sforzo, alla mancanza di acqua vicina), anche quando andava insediandosi in località montane. La vicinanza di un ruscello all'insediamento rappresentava la sicurezza degli approvvigionamenti idrici, ma anche la possibilità di sfruttare l'energia della corrente. Per questi e per altri motivi i fiumi e in genere il reticolo idrografico sono uno degli elementi che più sono oggetto di analisi, studio e normative specifiche in materia di gestione del territorio.

8.2 PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA

Il titolo 4 delle norme di attuazione del PTCP della Provincia di Bologna è dedicato alla tutela della rete idrografica e delle relative pertinenze e sicurezza idraulica.

Come esemplificato nel documento provinciale, relativo ai principali adempimenti dei PSC derivanti dalle disposizioni del PTCP, *i comuni recepiscono l'individuazione del reticolo idrografico effettuata dal PTCP e la disciplina normativa di riferimento.* Tale disciplina deriva per gran parte dalla pianificazione sovraordinata regionale (PTPR e

PSAI) come pure derivano da essa l'individuazione della gran parte delle aree zonizzate e regolate al titolo 4 delle norme del PTCP, il cui recepimento costituisce di fatto il recepimento anche dei contenuti, per gli argomenti in parola, della pianificazione sovraordinata regionale. È stata pertanto allestita una carta (Tavola 5.a.b.c.- Tutela Reticolo Idrografico) che riassume sostanzialmente quelle che sono le perimetrazioni e zonizzazioni principali associate agli strumenti di pianificazione regionali, provinciali e di bacino in materia di corsi d'acqua e reticolo idrografico, integrata con le zonizzazioni riferite ad aspetti similari derivanti dalle analisi condotte in occasione della redazione dei Piani Regolatori Generali Comunali attualmente vigenti nei comuni che fanno parte del Nuovo Circondario Imolese.

8.3 CONTENUTI DELLA CARTA DI CUI ALLA TAVOLA 5.a.b.c.

8.3.1 RETICOLO IDROGRAFICO

Il PTCP della Provincia di Bologna classifica i corsi d'acqua in diverse categorie, a seconda della loro importanza, distinguendo tra reticolo idrografico principale, secondario, minore e minuto. Nella carta di cui alla Tavola 5.a.b.c i corsi d'acqua sono stati individuati in base a tale gerarchia, facendo riferimento alla cartografia del PTCP e, per il reticolo idrografico minuto, alla Carta Tecnica Regionale. A tale proposito occorre evidenziare come nella Tavola 5.a.b.c. l'individuazione del reticolo minuto sia puramente esemplificativa. In realtà da foto aeree si può verificare come in oltre 30 anni (la CTR fu rilevata negli anni '70 dello scorso secolo) il reticolo minuto possa aeree subito profonde modificazioni che non rendono sempre affidabile l'individuazione esclusivamente cartografica. Vi sono corsi d'acqua che sono stati deviati, tombati o addirittura che non esistono più.

8.3.2 ALVEI ATTIVI ED INVASI DEI BACINI IDRICI (AA) (ART. 4.2 DEL PTCP)

La Tavola 5.a.b.c.riporta l'individuazione degli alvei attivi (AA) come definiti nello strumento provinciale (aree raggiungibili dalla piena con tempo di ritorno (Tr) pari a 5-10 anni) e come individuati nella cartografia dello stesso PTCP.

8.3.3 FASCE DI TUTELA FLUVIALE (FTF) (ART. 4.3 DEL PTCP)

Le Fasce di Tutela Fluviale sono definite nelle norme di PTCP in relazione a connotati paesaggistici, ecologici e idrogeologici. Quando non identificate

cartograficamente (sulla Tavola 1 del PTCP) sono definite come fascia geometrica di profondità variabile indicata all'art. 4.3 delle norme. Nella Tavola 5.a.b.c. sono individuate le FTF già individuate dallo strumento provinciale.

8.3.4 FASCE DI PERTINENZA FLUVIALE (FPF) (RECEPIMENTO DELL'ART. 4.4 DEL PTCP

L'art. 4.4 delle norme del PTCP afferma che *le fasce di pertinenza sono definite come le ulteriori aree latistanti ai corsi d'acqua, non già comprese nelle fasce di tutela di cui al precedente articolo, che, anche in relazione alle condizioni di connessione idrologica dei terrazzi, possono concorrere alla riduzione dei rischi di inquinamento dei corsi d'acqua e/o di innesco di fenomeni di instabilità dei versanti, al deflusso delle acque sotterranee, nonché alle funzioni di corridoio ecologico e di qualificazione paesaggistica; comprendono inoltre le aree all'interno delle quali si possono realizzare interventi finalizzati a ridurre l'artificialità del corso d'acqua*. Le fasce di pertinenza fluviale individuate graficamente nella tav. 1 del PTCP sono recepite anche nelle Tavola 5.a.b.c.del PSC.

8.3.5 FASCE DI TUTELA FLUVIALE DA PRG (FASCE DI PERTINENZA FLUVIALE CONTERMINI (FPFC).

Gli strumenti urbanistici comunali vigenti individuano, con criteri a volte di tipo morfologico-idraulico altre volte con criterio geometrico, delle "fasce" a tutela della regione fluviale variamente denominate, ad es. *Fasce perifluviali di rinaturalizzazione, Zone di tutela dei caratteri ambientali di bacini e corsi d'acqua* (mutuata dal PTPR*), Tutela Fluviale*, ecc.

In alcuni casi, le fasce di tutela fluviale individuate nelle cartografie dei PRG coincidono con le fasce previste dalle norme di tutela dei beni ambientali (ex Legge Galasso). Per evitare l'inserimento di zonizzazioni che si sovrapporrebbero a quelle già mutuate dalla pianificazione sovraordinata (regionale e provinciale), ma per mantenere comunque l'impianto analitico di dettaglio dei PRG, si è proceduto a una verifica per distinguere le fasce di tutela fluviale individuate nei PRG con criterio morfologico-idraulico da quelle individuate con criterio geometrico. Le fasce fluviali appartenenti al primo gruppo costituiscono di fatto un approfondimento in materia di fasce fluviali e pertanto sono state riportate nella Tavola 5.a.b.c. Per evitare tuttavia di confondere tali elementi con le Fasce di Pertinenza e con le Fasce di Tutela del PTCP, si è provveduto a riportare in carta solamente le porzioni di fasce fluviali "comunali" che non si sovrapponessero con le FTF e le FPF provinciali,

denominando tali elementi come *Fasce di Pertinenza Fluviale contermini* (FPFc). Le FPFc costituiscono pertanto dei settori della regione fluviale attigui alle FPF, denominati appunto *Fasce di Pertinenza Fluviali contermini (FPFc)* solo per distinguerli dalle FPF, ma che nella sostanza ne condividono il significato e la definizione e che pertanto potrebbero essere assoggettate alla medesima normativa.

8.3.6 AREE AD ALTA PROBABILITÀ D'INONDAZIONE (RECEPIMENTO DELL'ART. 4.5 DEL PTCP)

Nella tavola 5.a.b.c. sono individuate (riprendendole dalla cartografia del PTCP); esse sono definite come le aree passibili di inondazione e/o esposte alle azioni erosive dei corsi d'acqua per eventi di pioggia con tempi di ritorno inferiori od uguali a 50 anni. Al riguardo, nelle norme del PTCP si legge che (…) *trattasi un contenuto proprio degli strumenti di pianificazione di bacino e possono essere modificate nel tempo in relazione al mutare delle condizioni di pericolosità, con la procedura prevista dall'Autorità di bacino*.

8.3.7 AREE PER LA REALIZZAZIONE DI INTERVENTI IDRAULICI STRUTTURALI (RECEPIMENTO DELL'ART. 4.6 DEL PTCP)

L'individuazione cartografica delle aree di cui al titolo è mutuata direttamente dalla cartografia del Piano Provinciale. Nel territorio del Circondario la cartografia del piano provinciale individua:

- 4 "*Aree di localizzazione di interventi", (contraddistinte dalla sigla "Li") aree individuate sulla base di un'attività di verifica preliminare di fattibilità dell'intervento*, 3 delle quali lungo il T. Sillaro (una nel territorio di Castel San Pietro Terme, una a cavallo del confine tra Castel San Pietro Terme e Dozza e un'altra nel Comune di Imola) e una lungo il F. Santerno (nel Comune di Imola);
- 1 *Area di potenziale localizzazione di interventi" (contraddistinta dalla sigla "Pi") individuate per la realizzazione di interventi previsti al fine di ridurre il rischio idraulico connesso con eventi con tempi di ritorno superiori a 200 anni e/o che potrebbero risultare necessarie nel caso in cui, nella fase di attuazione del piano, la progettazione preliminare degli interventi programmati dovesse dimostrare l'insufficienza o la non idoneità delle relative aree di localizzazione*.

8.3.8 AREE INNONDABILI IN SEGUITO A PIOGGE CON TR:200 ANNI

La localizzazione delle aree di cui al titolo è stata anch'essa mutuata dal PTCP (Tavola 1). Come specificato all'Art. 4.11, punto 5 delle norme di PTCP tale

individuazione non è stata fatta su tutti i corsi d'acqua e va determinata, sulla base delle *elaborazioni idrologiche e idrauliche disponibili presso l'Autorità di Bacino* determinati interventi lo richiedano normativamente.

9 VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

9.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Come già anticipato nei capitoli precedenti i Comuni che fanno parte del Nuovo Circondario Imolese sono compresi nell'elenco dei comuni sismici classificati in zona 2 dall'Allegato n. 1 all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 (s.m.i) del 20 marzo 2003 (*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica*). A seguito dell'entrata in vigore del DM 14.09.2005 (*Norme tecniche per le costruzioni*), ora sostituito dal DM 14.01.2008 (*Norme tecniche per le costruzioni),* la validità di tale ordinanza è cessata, tuttavia, come tuttavia indicato nella Del. di GR 1677/2005, la classificazione sismica dei comuni italiani riportata nella citata OPCM 3274/2003 resta comunque valida.

Nell'aprile del 2006 è stata emanata l'Ordinanza PCM 3519/2006 dove sono indicati i *Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*. A detta Ordinanza è allegata la Mappa di Pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale (Figura 51) nella quale è possibile verificare che una parte del territorio del Nuovo Circondario Imolese (parte dei Comuni di Castel del Rio, Fontanelice, Casalfiumanese, Borgo Tossignano, Castel San Pietro Terme Dozza e Imola) ricade nell'area per la quale sono indicati valori dell'accelerazione massima al suolo (a_{max})[54] compresi tra 0,200 e 0,250 volte l'accelerazione di gravità g, ascritta ad una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi (Vs30 > 800 m/s; cat. A di cui al DM 14.09.2005) (Figura 51), mentre per la porzione di territorio posta a ovest e di pianura sono ascritti valori di (a_{max}) compresi tra 0,175 e 0,200 volte l'accelerazione di gravità g.

Nella Tabella 14 sono riportati i valori di a_{max} e v_{max}[55] determinati per i territori comunali del Nuovo Circondario Imolese, con la Deliberazione dell'Assemblea Legislativa n. 112/2007 la Regione Emilia-romagna ha approvato la *Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di*

[54] Anche in documenti ufficiali è possibile che l'accelerazione massima al suolo possa essere indicata sia con la sigla a_{max} che con PGA (peak ground acceleration, lett. accelerazione di picco al suolo)

[55] Vedi nota precedente.

microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica; tra i vari documenti allegati alla citata deliberazione regionale vi è anche l'elenco dei valori di a_{max} (pag) per ciascun comune della regione. Come si evince dalla comparazione con i dati precedentemente disponibili[56] si tratta di valori lievemente inferiori a quelli indicati nella cartografia di cui all' Ordinanza PCM del 20 marzo 2003 n. 2374 (Figura 51 e Tabella 14).

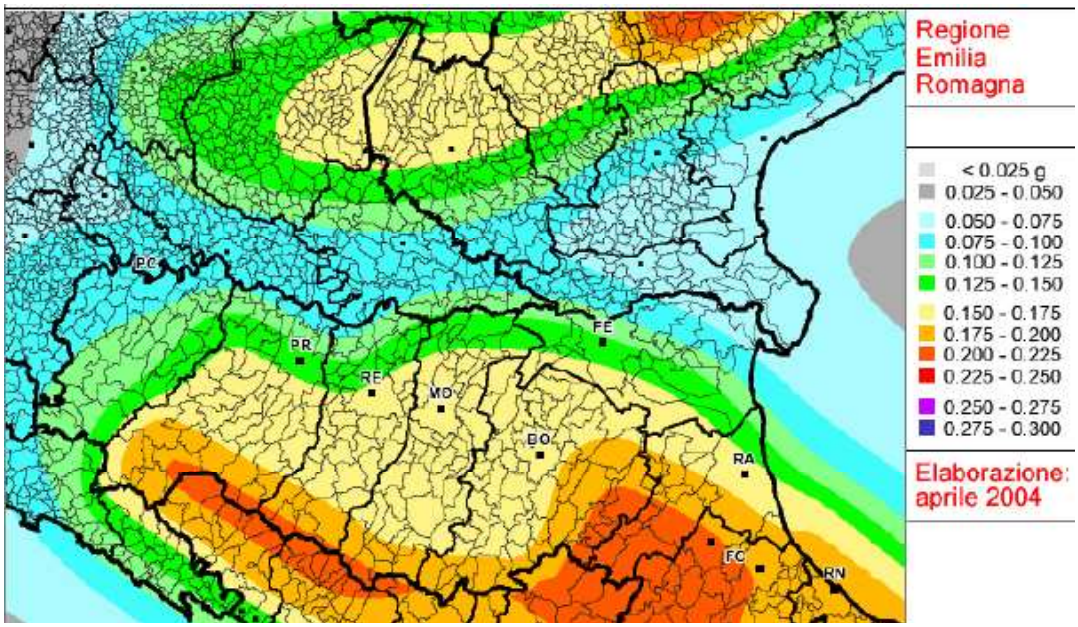

Figura 51 - Mappa di pericolosità sismica-di riferimento (Ordinanza PCM del 20 marzo 2003 n. 2374 All. 1) espressa in termini di accelerazione massima al suolo (amax) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi (Vs30> 800 m/s; cat. A, All. 2, 3.1) allegata all'Ordinanza PCM n. 3519 del 28 aprile 2006. (Fonte: Sito web della Regione Emilia-Romagna)

Comune	pga	pgv	Pga (indirizzi regionali)
	cm/s^2	cm/s	cm/s^2
Borgo Tossignano	0,239	15,428	0,206
Casalfiumanese	0,243	15,768	0,207
Castel del Rio	0,221	14,128	0,205
Castel San Pietro Terme	0,236	15,1	0,195
Castel Guelfo	0,219	13,876	0,199
Dozza	0,24	15,471	0,205
Fontanelice	0,234	15,068	0,207
Imola	0,25	16,297	0,205
Medicina	0,211	13,2	0,185
Mordano	0,248	16,087	0,192

Tabella 14 – Valori di pag (accelerazione massima al suolo orizzontale) e pgv (velocità massima al suolo orizzontale) assegnati ai territori comunali del Nuovo Circondario Imolese. I dati sono ripresi dal sito web dell'Università di Urbino (colonne a sfondo bianco) e dall'Allegato A4 alla Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n. 112/20006

56 Sito web dell'Università di Urbino.

9.2 PERICOLOSITÀ SISMICA

Il concetto di pericolosità, non solo in campo sismico, viene grossolanamente definito come la probabilità che un evento “pericoloso” di una certa magnitudo si manifesti su di un territorio dato durante uno specifico intervallo di tempo.

In coerenza con tale definizione, per definire la pericolosità sismica occorre:

- fissare un valore di magnitudo sismica o dello scuotimento tellurico;
- delimitare il territorio per il quale si vuole definire la pericolosità;
- fissare un tempo di ritorno dell'evento per il quale si vuole determinare la probabilità di accadimento.

Le numerose ricerche, e soprattutto le osservazioni compiute in occasione di innumerevoli eventi tellurici che hanno colpito in varie regioni del mondo, hanno evidenziato che non sempre esiste una relazione diretta tra i dissesti o i danni causati dal terremoto e l'energia sprigionata dal medesimo. Si è inoltre osservato che a parità di distanza dall'epicentro in alcune aree si riscontravano danni maggiori rispetto ad altre aree. Si sono poi verificati casi paradossali, per i quali il terremoto ha causato i maggiori danni a centinaia di chilometri di distanza dall'epicentro mentre le zone vicine sono state “risparmiate”. Tale duplice natura della pericolosità sismica viene solitamente descritta riconoscendo l'esistenza di due distinte componenti della medesima:

a) la *pericolosità di base* (o *pericolosità regionale*) che prescinde dalle caratteristiche locali, ma che dipende dalla sismicità che si risente nella regione all'interno della quale si colloca il territorio preso in considerazione (in questo caso il territorio dei Comuni che fanno parte del Nuovo Circondario Imolese). La pericolosità regionale è espressa attraverso i parametri che descrivono un terremoto di riferimento, definito sulla base di studi statistici che analizzano la serie storica degli eventi tellurici.
b) la *pericolosità locale* che dipende invece da fattori geologici e morfologici locali, per la quale può accadere che in punti distinti del medesimo territorio lo stesso evento sismico sia risentito in maniera diversa anche a parità di tipologia edilizia (così detto effetto a “macchie di leopardo). La pericolosità locale si occupa pertanto di quegli aspetti che, in caso di terremoto, possono dare luogo localmente a instabilità e/o ad amplificazione dello scuotimento tellurico.

Sulla base delle più recenti normative (che fanno principalmente riferimento agli Eurocodici 7 ed 8) si assume come pericolosità sismica di base il terremoto con

probabilità di accadimento pari a uno (certezza probabilistica) in un intervallo di tempo di 475 anni[57]. Ciò corrisponde a una probabilità di accadimento del 10% su 50 anni.

Per descrivere la pericolosità del terremoto di riferimento si possono utilizzare varie grandezze quali ad esempio:

- il valore di accelerazione massima al suolo atteso PGA (*peak ground acceleration*) o a_{max}, già introdotto nel rpagrafo precedente;
- lo spettro di risposta elastico (che può essere definito in accelerazione, in velocità o in spostamento);
- l'Intensità di Housner);
- altri parametri.

Le grandezze elencate vengono solitamente utilizzate per esprimere il valore della pericolosità di base per l'intero territorio considerato (comunale o anche più grande-Tabella 14); esse descrivono il "terremoto di riferimento" definito su base statistica, analizzando la serie storica degli eventi sismici avvenuti nell'area in studio o nella regione che la comprende. Gli stessi parametri possono essere utilizzati, attraverso vari procedimenti più o meno rigorosi, anche per valutare qualitativamente e quantitativamente gli effetti sismici di sito che possono variare all'interno del territorio considerato in relazione alle differenti caratteristiche morfologiche e litotecniche locali. Il dato della pericolosità di base è di norma riferito a un contesto litologico e morfologico ideale, riassumibile in un "sito di riferimento" pianeggiante con substrato roccioso affiorante. Tali condizioni non corrispondono quasi mai al contesto reale del sito o del territorio per il quale si vuole valutare la pericolosità sismica. Basta ad esempio la presenza di una copertura detritica di 5 o più m di spessore, perché vi sia la possibilità che, in caso di scossa tellurica, si verifichino degli effetti locali di amplificazione dello scuotimento e che quindi la pericolosità sismica risulti nel complesso anche molto superiore alla pericolosità di base[58].

Attraverso valutazioni quali-quantitative è possibile stimare localmente il potenziale di incremento del risentimento sismico utilizzando le stesse grandezze (PGA, Spettro di risposta elastico, Intensità di Housner o intensità spettrale SI) e quindi calcolare l'eventuale fattore di amplificazione, rapportando il risultato ottenuto con quello del

[57] Alcuni studiosi (ad es. Wang & Ormsbee, 2005) criticano tali scelte che sono comunque entrate a far parte dell'impianto normativo di numerosi paesi e regioni del mondo. Con argomentazioni fisico-matematiche viene infatti evidenziato che l'incertezza nella determinazione della pericolosità sismica può essere molto grande, tanto che l'assegnazione di un determinato valore di pericolosità può essere affetta da un errore elevato.

[58] Vedi nota precedente.

sito di riferimento al quale viene attribuita la pericolosità di base (ad es. PGA/PGA_0, SI/SI_0). Il fattore di amplificazione non è altro che il valore del rapporto tra la grandezza che esprime la pericolosità al sito (comprensiva quindi degli effetti locali) e il valore attribuito al sito di riferimento e cioè quello definito dalla pericolosità di base.

Nella progettazione e nella pianificazione territoriale la pericolosità di base (o pericolosità regionale), essendo un parametro che non può essere modificato, perché dipende solamente dalla sismicità naturale dell'area, può essere tenuta in considerazione al livello delle prescrizioni normative. Essa infatti è quasi sempre applicabile all'intero territorio comunale (o a una grande sua parte)[59] senza distinzioni particolari tra settori diversi. Si tratta di fatto di un dato da assumere tal quale nella progettazione.

I risultati dell'analisi della pericolosità locale, proprio perché indirizzati a riconoscere quelle situazioni territoriali per le quali la pericolosità sismica si discosta dal valore regionale, possono essere presi come riferimento per indirizzare non solo gli aspetti normativi e d'indirizzo per l'uso di un territorio, ma anche le scelte di localizzazione e di trasformazione urbanistica. La pericolosità locale dipende infatti dalle caratteristiche del sito e può variare fortemente a seconda del variare delle condizioni morfologiche e litologiche. Già a livello dell'intero territorio comunale è possibile riconoscere settori caratterizzati da pericolosità locale più alta rispetto ad altri meno pericolosi.

9.2.1 PERICOLOSITÀ DI BASE (O PERICOLOSITÀ LOCALE)

Come già affermato, la classificazione sismica dei comuni italiani include i Comuni facenti parte del Nuovo Circondario Imolese nella zona 2 per la quale il valore di accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico è fissato dalla citata Ordinanza n. 3519/2006 a 0,25g. La Regione Emilia-Romagna ha tuttavia approvato (Del. Assemblea Legislativa 112/2007), dopo studi e approfondimenti specifici condotti dall'*Ufficio Geologico, Sismico e dei Suoli*, gli indirizzi per la micro zonazione sismica e ha suggerito i valori di riferimento, per ciascun comune, dell'accelerazione orizzontale massima (Tabella 14) che di fatto esprimono la pericolosità di base per ciascun territorio comunale).

[59] I valori di pga riportati nella Tabella 14 possono essere presi come indicativi della pericolosità di base per ciascun Comune del Circondario.

9.2.2 PERICOLOSITÀ LOCALE

9.2.2.1 PREMESSA

Per la valutazione degli effetti di sito esistono metodologie ormai consolidate da diversi decenni che sono state derivate da studi sia sugli effetti di terremoti passati sia sulla base di modelli teorici (ad es.: TC4, 1993; Regione Lombardia, 1996; AA.VV., 2001; CNR-IDPA, 2002; Tento et al., 2002; Pagani et al., 2003; AA.VV., 2005; Martelli et al., 2006): a livello regionale valgono le linee guida promulgate con Delibera 112/2007 dell'assemblea Legislativa Regionale.

Come già accennato, gli effetti sismici locali sono dovuti alla variabilità spaziale delle caratteristiche litotecniche del sottosuolo e della morfologia dell'area oggetto di indagine. A parità del valore della pericolosità di base, condizioni litologiche e/o morfologiche diverse possono determinare un maggiore o minore risentimento degli effetti di un terremoto anche su siti adiacenti.

Tra gli effetti locali si fa usualmente distinzione tra i fenomeni d'instabilità da terremoto e di liquefazione del terreno, da una parte, e fenomeni di amplificazione locale, dall'altra (ad es. Regione Lombardia, 1996; CNR-IDPA, 2002; Tento et al., 2002; Pagani et al., 2003; AA.VV., 2005).

9.2.2.2 FENOMENI DI INSTABILITÀ

Tra i fenomeni di instabilità rientrano i casi di liquefazione del terreno in condizioni sismiche, di mobilizzazione di frane e di perdita della capacità portante dei terreni di fondazione.

9.2.2.2.1 LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE

Si tratta del fenomeno per il quale durante un evento tellurico il suolo perde completamente la capacità di sopportare i carichi a causa del verificarsi di una sovrapressione interstiziale del liquido di saturazione. In questi casi prevale la natura liquida dell'acqua e il terreno rifluisce come un fluido.

Perché si verifichi il fenomeno, occorre che avvenga tutta una serie di fattori concomitanti tra i quali che il sottosuolo sia formato da terreni sabbiosi, ben classati, saturi in acqua, che il terremoto presenti una magnitudo pari o superiore a 5 e che non sia di breve durata (AA.VV., 2005).

In riferimento ai territori del Nuovo Circondario Imolese non sono state reperite

informazioni, testimonianze o pubblicazioni che descrivano fenomeni di liquefazione in Emilia in occasione di terremoti passati, mentre per quanto riguarda l'Italia sono stati invece segnalati e descritti in occasione di eventi tellurici che hanno colpito la Calabria, il Friuli, la Romagna e l'Irpinia (AA.VV., 1988). Nonostante per la presenza di terreni prevalentemente sabbiosi, sotto falda, si possono individuare nelle spiagge romagnole e in aree di pianura prossime ai fiumi principali, in regione le aree che hanno più potenzialità di essere soggette al fenomeno di liquefazione (predisposizione locale) posto che vi si risenta di terremoti di adeguata magnitudo e durata.

9.2.2.2.2 MOBILIZZAZIONE DI FRANE

Come già ampiamente descritto nei settori collinari e montani del Nuovo Circondario Imolese sono presenti numerose forme franose, sia attive che quiescenti. Alcune aree sono più franose di altre, soprattutto perché predisposte maggiormente al dissesto per fattori litologici, strutturali e di acclività dei versanti. Per tali areali la probabilità che si attivino o riattivino movimenti franosi in caso di terremoti risulta pertanto più elevata rispetto i settori territoriali meno franosi, come pure appare più elevata laddove siano presenti scarpate in roccia molto acclivi e alte, dalle quali, a parità di altre condizioni (litologiche e strutturali) si potranno staccare massi o frane per crollo in occasione di eventi sismici.

La predisposizione ai dissesti di versante di un determinato territorio non tuttavia indice sicuro che in caso di terremoto vi sia mobilizzazione (o rimobilizzazione) di corpi franosi e dissesti. La presenza conclamata di dissesti gravitativi è comunque un fattore che accresce la possibilità che si verifichino movimenti in seguito a evento tellurico.

9.2.2.2.3 PERDITA DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

In determinati terreni, caratterizzati da qualità geotecnica scadente o da particolari condizioni (terreni granulari poco addensati, bassi valori dell'indice di plasticità e/o della resistenza d'attrito in condizioni dinamiche, ecc.), si può verificare una riduzione della capacità portante, con eventuale preclusione della stabilità di edifici e manufatti, in occasione di eventi tellurici

9.2.2.2.4 FENOMENI DI AMPLIFICAZIONE

Come descritto nei paragrafi precedenti gli effetti di scuotimento dovuti ad un

terremoto possono essere descritti utilizzando diverse grandezze quali l'accelerazione orizzontale di picco al suolo (PGA), la velocità di picco (PGV) o l'intensità di Housner (SI). Dall'analisi della pericolosità di base si ottengono tali valori per un sito di riferimento che idealmente è pianeggiante e presenta un substrato roccioso (terreno tipo A secondo la classificazione di cui al DM 14 gennaio 2008) affiorante. Tale condizione è ideale e spesso non verificata nella realtà, sia per questioni di morfologia (nei territori collinari e montani) sia per questioni litotecniche, quando una copertura superficiale di materiali a bassa rigidità (che può essere di genesi varia: eluvio-colluviale, gravitativa, fluviale, eolica, artificiale, ecc.) ricopre il substrato con spessori ragguardevoli[60]. Si tratta di una condizione che si verifica pertanto soprattutto nelle aree pedecollinari della pianura, nei fondivalle, al piede di rilievi montani e collinari (falde di detrito), ma anche lungo i versanti dove si abbiano accumuli superficiali di detriti (franosi, eluvio-colluviali, ecc.). In questi casi, in occasione di un evento tellurico, si verifica che i valori delle grandezze che esprimono gli effetti dello scuotimento sismico sono generalmente superiori rispetto a quelli del sito ideale di riferimento (ad es. Regione Lombardia, 1996; AA.VV., 2005; Martelli et al., 2006).

Il rapporto tra il valore reale della grandezza e quello del sito di riferimento (ad esempio il rapporto PGA/PGA_0) esprime il fattore di amplificazione, cioè il fattore per il quale occorrerà moltiplicare la grandezza che descrive la pericolosità di base (ad es. la PGA_0 o lo spettro di risposta elastico) per tenere conto degli effetti di amplificazione locale. Ne consegue che la medesima opera richiederà accorgimenti progettuali differenti se progettata per una condizione riferibile al sito di riferimento (spettro di risposta elastico derivante dall'analisi della pericolosità di base) oppure per un sito diverso e quindi tenendo conto dell'eventuale fattore di amplificazione (spettro di risposta elastico amplificato che tiene conto degli effetti di sito). La letteratura riconosce che i fenomeni di amplificazione si riscontrano principalmente a seguito di fattori locali litologici o morfologici (TC4, 1999). I fattori litologici sono principalmente correlati con il contrasto di impedenza sismica che si ha tra le rocce che formano il substrato (VS>800 m/s così detto bedrock sismico[61]) e rocce e/o terreni sovrastanti. Più tale contrasto è alto più il potenziale di amplificazione legato alle condizioni litologiche è elevato[62]. L'impedenza sismica dipende dalla rigidità del mezzo ed è data dal prodotto tra la velocità delle onde sismiche per la densità del

[60] Generalmente si assume come riferimento uno spessore di almeno 5 m o superiore.

[61] VS: Valore della velocità delle onde sismiche "*secundae*" (S) di taglio

[62] In realtà anche un contrasto di impedenza tra coperture e/o rocce entrambe con Vs<800 può dare effetti di amplificazione relativa tra i due.

mezzo attraversato dalle medesime (roccia o terreno). Vi sono varie metodologie per determinare il fattore di amplificazione legato alle caratteristiche litologiche (o meglio litotecniche) (AA.VV., 2005) tra i quali: metodi empirici, le relazioni approssimate ed i metodi numerici.

Oltre ai fattori litologici anche i fattori morfologici possono dare luogo ad effetti di sito che comportano amplificazione degli effetti dello scuotimento sismico, si tratta dei così detti effetti topografici. Rispetto al sito di riferimento pianeggiante si possono pertanto avere effetti locali di amplificazione ad esempio in corrispondenza di cocuzzoli, alla sommità di dorsali strette e allungate, all'interno di *canyon* e di strette gole, su versanti particolarmente acclivi, in corrispondenza del ciglio di alte scarpate, ecc. la cui valutazione può essere effettuata ricorrendo a relazioni geometriche empiriche o tramite codici di calcolo numerico 2D/3D (ad es. Regione Lombardia, 1996; TC4, 1999; AA. VV., 2005; Martelli et al., 2006).

9.3 VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI LOCALI NEL NUOVO CIRCONDARIO IMOLESE - TAVOLA 4.a.b.c.- CARTA DEGLI EFFETTI DI SITO

La Regione Emilia-Romagna, con atto dell'Assemblea Legislativa n. 112 del 2 maggio 2007, ha approvato gli *indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica*, che seguono sostanzialmente i contenuti degli studi e applicazioni messi a punto a livello internazionale (ad es. TC4, 1999).

Nell'analisi della risposta sismica locale gli indirizzi regionali individuano due fasi di analisi che si suddividono in tre livelli di indagine, Livello 1, Livello 2 e Livello 3, corrispondenti sostanzialmente ai tre *grade* del noto manuale del TC4 (1999).

La prima fase di analisi (primo livello) ha lo scopo di *identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.)*. A questo livello l'indagine viene condotta partire principalmente da dati bibliografici e di archivio. Il primo livello, secondo gli indirizzi regionali, viene affrontato dalle Provincie (nell'ambito dei PTCP) e approfondito dai Comuni (nell'ambito dei PSC) i quali, qualora la Provincia non abbia concluso l'indagine di propria competenza, se ne fanno carico.

La seconda fase di indagine ha come obiettivo la microzonazione sismica del

territorio indagato e si compone di due livelli di analisi (semplificata o di secondo livello e approfondita o di terzo livello)[63].

A tutt'oggi la provincia di Bologna non ha ancora approvato una carta di analisi di primo livello per il territorio di competenza, si è pertanto proceduto, previo accordo con i tecnici regionali e provinciali, alla sua redazione per il territorio del Nuovo Circondario Imolese, sulla base dei contenuti dell'Allegato A1-*Indicazioni per l'elaborazione della "Carta delle aree suscettibili di effetti locali" (primo livello di approfondimento)* all'Atto 112/2007 dell'Assemblea Legislativa regionale (Tavola 2.1.4) e pertanto seguendo nella sostanza la metodologia già descritta in Martelli et al., (2006) (Figura 52) .

Tale documento cartografico ha lo scopo di dare una prima valutazione della pericolosità sismica locale alla scala dell'intero territorio del Circondario. Non si tratta di una microzonazione sismica, che è pertinenza dei livelli di approfondimento superiori, ma ha lo scopo d'individuare quelle situazioni locali che possono dare luogo a effetti di sito e che quindi in caso di intervento (urbanistico o edilizio) devono essere soggette ad approfondimenti di indagine per valutare se il parametro descrittivo della pericolosità regionale (ad esempio lo spettro di risposta) utilizzato nella progettazione vada moltiplicato per una fattore di amplificazione o se si debba tenere conto di altre problematiche.

La carta di cui alla Tavola 4.a.b.c. individua pertanto quelle aree nelle quali con molta probabilità la pericolosità regionale non è sufficiente a descrivere la pericolosità sismica, in quanto vi si possono verificare condizioni di instabilità (frane ad esempio) e/o di amplificazione dello scuotimento (causate da fattori litologici e/o topografici). La Carta individua pertanto quelle zone dove, in caso di interventi urbanistici, oppure per la presenza di infrastrutture strategiche, siano necessare delle indagini di approfondimento (di secondo o di terzo livello)

[63] Gli indirizzi regionali indicano il PSC come sede per la realizzazione della micro zonazione sismica attraverso analisi di secondo livello, mentre il POC e PUA sono il momento durante il quale eseguire, qualora il contesto lo richieda (sulla base degli studi di livello 1 e 2), l'analisi approfondita di terzo livello.

Figura 52- Schema della metodologia seguita per la realizzazione della Carta della suscettività sismica naturale (da Martelli et al., 2006).

Per questioni di spazio, la cartografia tematica prevista nello schema di cui alla Figura 52 non è stata tutta prodotta in formato cartaceo, ma solamente come tematismo digitale. Occorre comunque osservare che:

- per quanto riguarda la parte di sinistra dello schema di cui alla Figura 52 (che parte dalla *Carta Geologica* per pervenire alla redazione della *Carta dei depositi che possono determinare effetti locali*) i dati utilizzati sono stati desunti dalla Tavola 1.a.b.c. (*Carta Litotecnica*) che riporta tutte le informazioni necessarie[64].
- per quanto riguarda la parte di destra dello schema si è fatto riferimento alle Tavole 2.a.b.c. (*Carta Geomorfologica*) e alle Tavole 3.a.b.c. (*Carta dell'acclività*);
- non sono state prodotte le cartografie intermedie di cui allo schema (Figura 52) e cioè la *Carta dei depositi che possono determinare effetti locali* e la *Carta degli elementi morfologici che possono determinare effetti locali*, passando direttamente alla stesura della *Carta degli effetti locali attesi* qui denominata *Carta degli effetti di sito* (Tavola 4.a.b.c.).

Per la costruzione della legenda della Tavola 4.a.b.c. (Figura 53), oltre che alla linee guida regionali, si è fatto riferimento sia a quella proposta nel lavoro citato di Martelli et al. (2006) sia ad altri studi condotti in regione.

[64] Integrate comunque con dati geognostici e cartografici forniti dall'Ufficio Geologico Sismico e dei Suoli, soprattutto per l'area di pianura e pedecollinare.

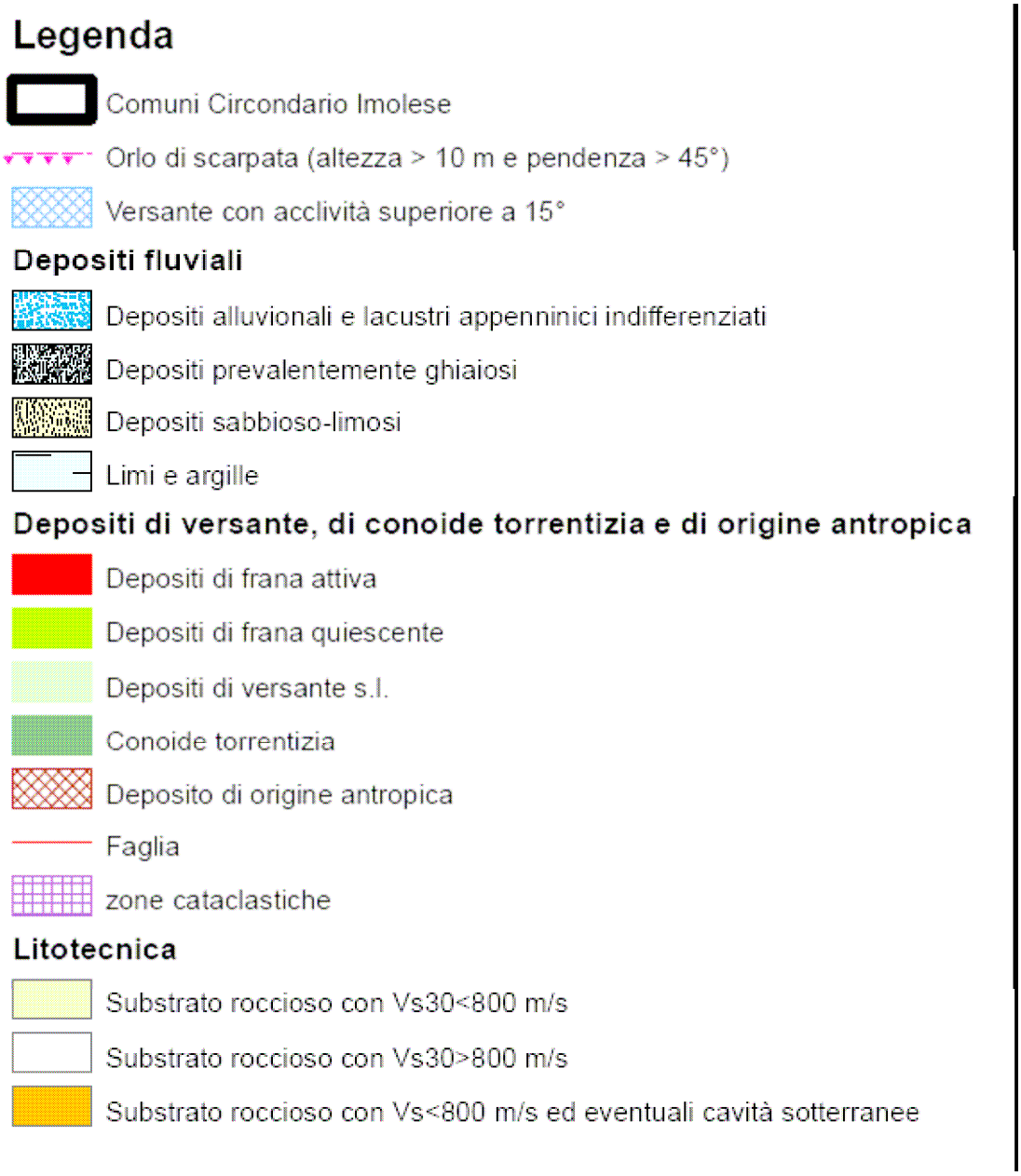

Figura 53 – Legenda della Carta degli effetti di Sito (Tavola .4.a.b.c.).

Alla legenda è stata associate una tabella che ha lo scopo di riassumere, per ciascun elemento individuato, sia i potenziali effetti locali attesi sia gli eventuali studi di approfondimento necessari (da attuarsi in fase di secondo e/o terzo livello di indagine) per determinare le scelte progettuali più opportune in relazione ad eventuali interventi urbanistici, edilizi o infrastrutturali.

A livello generale le aree per le quali l'analisi non indica la necessità di approfondimenti di livello 2 o di livello 3 sono poco estese. Si tratta soprattutto di piccole aree poste principalmente nel settore sud dove il substrato è prettamente lapideo e l'acclività dei versanti è limitata (inferiore ai 15°).

10 CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono stati descritti i risultati dell'Indagine Geologico-Ambientale eseguita nell'ambito della definizione del Quadro Conoscitivo per la redazione del Piano Strutturale Comunale in forma associata dei Comuni che fanno parte del Nuovo Circondario Imolese.

Sono state analizzate dapprima le caratteristiche geologiche generali di inquadramento del territorio del Nuovo Circondario Imolese nell'ambito della catena appenninica settentrionale e della pianura emiliano-romagnola, con particolare risalto agli aspetti stratigrafici, strutturali e sismici, dalla cui conoscenza si è pervenuti alla realizzazione della *Carta Litotecnica* (Tavola 1.a.b.c.) che costituisce il primo dei documenti cartografici di base per la descrizione delle caratteristiche fisiche del territorio per applicazioni pratiche e di tipo urbanistico.

Oltre agli aspetti geologici in senso stretto si è affrontata, dedicandovi un capitolo a parte, la descrizione dei principali caratteri idrogeologici dei territori del Nuovo circondario Imolese, suddividendo l'argomento tra aspetti prettamente correlati ai settori di collina e montagna e quelli invece più attinenti il settore di pianura.

Si è poi provveduto ad affrontare lo studio dei principali aspetti geomorfologici caratterizzanti il Nuovo Circondario, soffermandosi sulle forme (morfosculture) e sugli agenti che ne hanno determinato la genesi e ne condizionano l'attuale evoluzione. La descrizione sintetica di tali caratteri è stata poi riportata sulla *Carta Geomorfologica* (Tavola 2.a.b.c.) e sulla *Carta dell'Acclività* (Tavola 3.a.b.c.), che rappresentano gli altri documenti cartografici di base per la descrizione degli aspetti fisici del territorio in chiave applicativa e di pianificazione.

Un capitolo è stato poi dedicato alla descrizione del reticolo idrografico rimarcando principalmente gli aspetti correlati all'impianto normativo di tutela e salvaguardia derivante dalla pianificazione sovraordinata.

Si è passati poi alla descrizione dello studio di analisi degli effetti di sito in condizioni sismiche che è stato condotto sulla base delle direttive regionali in materia di micro zonazione sismica e pianificazione territoriale. L'indagine ha portato alla redazione della Tavola 5.a.b.c. – Carta degli effetti sismici locali che rappresenta di fatto il risultato dell'analisi di primo livello in materia di microzonazione sismica secondo le direttive della Regione Emilia-Romagna.

11 BIBLIOGRAFIA

- Abbate E. & Sagri M. (1970) – T*he eugeosynclinal sequences*. In Sestini G. (Ed.): *Development of the Northern Apennines*. Sedim. Geol. 4, 251-340.
- Amorosi A. & Farina M. (1994a) – *Stratigrafia della successione quaternaria continentale della Pianura Bolognese mediante correlazione di dati da pozzo.* 1st European Congress on regional geological cartography ad information systems. Bologna 13-16 giugno 1994.
- Amorosi A. & Farina M. (1994b) – *Sequenze deposizionali nei depositi alluvionali quaternari del primo sottosuolo nell'area ad est di Bologna, tra il T. Savena ed il T. Idice.* 1st European Congress on regional geological cartography ad information systems. Bologna 13-16 giugno 1994.
- Amorosi A. & Farina M. (1995) – *Large scale architecture of the thrust-related alluvial complex from subsurface data: the Quaternary Succession of the Po basin in the Bologna Area (northern Italy).* Giornale di geologia, 57/1, 3-16.
- *Amorosi A., Barbieri M., Castorina F., Colalongo M.L., Pasini G. & Vaiani S.C. (1998a) - Sedimentology, micropaleontology, and strontium-isotope dating of a lower-middle Pleistocene marine succession ("Argille Azzurre") in the Romagna Appennine, northern Italy. Bollettino della Società Geologica Italiana, 117, 789-806.*
- *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, Farina M., Severi P., Preti D., Caporale L. & Di Dio G. (1996) – Genetically related alluvial deposits across active fault zones: an example of alluvial fan-terrace correlation from the upper Quaternary of the southern Po basin, Italy. Sedimentary Geology 102, 275-295.*
- AA.VV. (1992) - *Appennino Tosco-Emiliano. (A cura di Bortolotti V.) Guide geologiche regionali*. N. 4, pp. 336, BE-MA Editrice, Firenze.
- AA. VV. (1997) – *La microzonazione sismica nella pianificazione urbanistica e territoriale: l'esperienza del "Masterplan" del Rubicone e prospettive regionali*. Proc. Conv. Geologia delle grandi aree urbane, Bologna 4/5 novembre 1997.
- AA.VV. (1998) - *…Sorella acqua… la fonte e il ricordo.* CD-rom a cura dell'Assessorato Ambiente della Provincia di Bologna.
- AA.VV. (2001) – *Il rischio sismico in Italia. Ingegneria Sismica*, 1/2001, 5-36.
- AA.VV. (2005) - *Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica. Linee guida*. Patron Editore, Bologna, edizione Provvisoria.
- Benini A., Martelli L., Poccianti C. & Rosselli S. (a cura di) (in stampa) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 253- Marrad*i. (sito web cartografico dell'Ufficio Geologico, Sismico e dei Suoli della regione Emilia-Romagna.
- Bettelli G., Bonazzi U., Fazzini P., Gasperi G., Gelmini R. & Panini F. (1989a) - *Nota*

illustrativa alla Carta Geologica Schematica dell'Appennino modenese e delle aree limitrofe. Mem. Soc. Geol. It., 39 (1987), 487-498.

- Bettelli G., Bonazzi U., Fazzini P. & Panini F. (1989b) -*Schema introduttivo alla geologia delle Epiliguridi dell'Appennino modenese e delle aree limitrofe*. Mem. Soc. Geol. It., 39 (1987), 215-244.
- Bettelli G., Bonazzi U., & Panini F. (1989c) - *Schema introduttivo alla geologia delle liguridi dell'Appennino modenese e delle aree limitrofe*. Mem. Soc. Geol. It., 39 (1987), 91-195.
- Bettelli G., Capitani M. & Panini F. (1996) - *Origine della struttura a "blocchi in pelite" e dell'estensione parallela alla stratificazione nelle formazioni smembrate del Supergruppo del Baganza affioranti nel settore sudorientale dell'Appennino emiliano*. Acc. Naz. Lett. Arti di Modena, Collana di Studi, 15(1996) - Miscellanea Geologica, 261-298.
- Bettelli G. & De Nardo M.T. (2001) – *Geological outlines of the Emilia Apennines (Italy) and introduction nto the rock units cropping out in the areas of landslides reactivated in the 1994-1999 period*. Quad. Geol. Appl. N. 8/1(2001), 1-26, Pitagora Ed., Bologna.
- Bettelli G. & Panini F. (1989) - *I Melanges dell'Appennino Settentrionale dal T. Tresinaro al T. Sillaro*. Mem. Soc. Geol. It., 39(1987), 187-214.
- Bettelli G. & Panini F. (1992) – *Liguridi, melanges e tettoniti nel Complesso caotico lungo la «linea del Sillaro» (Appennino settentrionale, Province di Firenze e Bologna)*.\\ Mem. Descr. Carta geol. D'It. XLVI(1991), 387-415.
- Bettelli G., Panini F. & Pizziolo M. (a cura di) (2002a) – *Note illustrative della Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 236 Pavullo nel Frignano*. S.EL.CA, Firenze.
- Calabrese L. & Cibin U. (a cura di) (in stampa) – *Note illustrative alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio n. 222 Lugo.* Regione Emilia-Romagna.
- Camassi R & Stucchi M. (1996) – *NT4.1-Un catalogo parametrico di terremoti di area italiana alla di sopra della soglia di danno*.
- Capitani M. (1997) – Analisi macrostrutturale del sistema di deformazioni trasversali della Val Lavino (Appennino Settentrionale, Italia). Atti Tic. Sc. Terra, 39, 65-77.
- Castellarin A., Eva C., Giglia G. e Vai G.B. (1986) – *Analisi strutturale del fronte appenninico padano*. Giornale di Geologia, 47, (1-1) (1985), 47-75.
- Castellarin A. & Pini G.A. (1989) (con contributo di Borsetti A.M. e Rabbi E.) - *L'arco del Sillaro: la messa in posto delle argille scagliose al margine appenninico padano (Appennino bolognese)*. Mem. Soc. geol. It., 39(1987), 127-141.
- Cerrina Ferroni A., Martelli L., Martinelli P & Ottria G. (2002) – *Carta geologico-strutturale dell'Appennino emiliano-romagnolo*. Scala 1:250.000. Carta e Note Illustrative, S.EL.CA, Firenze.
- Cerrina Ferroni A., Ottria G. & Ellero A. (2004) – *The Northern Apennines, Italy: Geological structure and transpressive evolution*. In "Geology of Italy" Spec. Vol. of the Italian Geological Society for the IGC 32 Florence-2004, 15-32.
- C.N.R. (1985) - *Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980*. pp. 239.

- CNR-IDPA (2002) - *Convenzione tra la Regione Emilia-Romagna, la Provincia di Forlì-Cesena e l'Istituto di Ricerca sul Rischio Sismico del C.N.R. di Milano per la realizzazione di linee guida per la redazione del P.T.C.P.* Scaricabile da Sito Web Servizio Geologico Sismico e dei Suoli - Regione Emilia-Romagna.
- Elmi C. & Zecchi R. (1974) - *Caratteri sismotettonici dell'Emilia Romagna*. Quad. Mercanzia n. 21, Cam. Comm. Ind. Art. e Agr., Bologna.
- Ercolani E., Bernardini F. & Cassi R. (2004) – Sismicità minore: definizione dei parametri e considerazioni retrospettive. Atti 22° Convegno Naz ionale GNGTS/06.10
- Fava A, Farina M. & Marcaccio M. (2005) – *Le caratteristiche degli acquiferi della Regione Emilia-Romagna. Report 2003*. Regione Emilia-Romagna, ARPA.
- Gorgoni (2003) - *Le salse di Nirano e gli altri vulcani di fango emiliani. I segreti di un fenomeno tra mito e realtà. Comune di Fiorano Modenese,* Tipografia ABC, Sesto Fiorentino (FI).
- Krak M. & Zambrini A. – *I "bollitori" del territorio imolese*. http://www.sofos.it/imolacity/montagne&dintorni/bollitori.htm
- Marchetti m. (2000) - *Geomorfologia fluviale*. Pitagora editrice, Bologna.
- Martelli L., Filippini M., Bagli S., Severi P. & Tomasetti F. (2006) - *Riduzione del rischio sismico nella pianificazione territoriale e urbanistica in Emilia-Romagna: definizione e rappresentazione della pericolosità sismica locale. L'esempio della cartografia per il quadro conoscitivo del PTCP di Rimini.* Il Geologo dell'Emilia Romagna, n. 24, 7-17.
- Martelli L., Amorosi A. & Severi P. (a cura di) (in stampa) – note illustrative alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio n. 221 Bologna.
- Mancini P. & Mesini E. (2007) – *Subsidenza: cause, effetti e alcuni metodi di studio.* Presentazione al Convegno del 2 dic 2007 a Bologna (sito web ARPA Emilia-Romagna.o.
- Mutti E & Ricci Lucchi F. (1972) – *Le torbiditi dell'Appennino Settentrionale: introduzione all'analisi di facies*. Mem. Soc. Geol. It., 11, 161-199.
- Pagani M. & Marcellini A. (a cura di) (2003) - *Castelnovo ne' Monti: analisi dipericolosità sismica*. CNR-Regione Emilia-Romagna. Scaricabile da Sito Web Servizio Geologico Sismico e dei Suoli - Regione Emilia-Romagna.
- Panizza M. (1995) - *Geomorfologia*. Pitagora Editrice, Bologna, 2ª edizione.
- Panini F., Bettelli G. & Pizziolo M. (a cura di) (2002) – *Note illustrative della carta Geologica d'Italia alla scala 1.50.000. Foglio n. 237-Sasso Marconi*, Regione Emilia-Romagna, S.EL.CA Firenze.
- Parea G.C. (1988) - *Terrazzi tardo-pleistocenici del margine esterno della Catena appenninica in relazione alla geologia dell'avanfossa adriatica.* Mem. Soc. Geol. It. 35(1986), 913-936.
- Parea G.C. (1989) - *Paleogeografia e tettonica tardo-pleistoceniche del pedeappennino modenese*. Mem. Soc. Geol. It.(1987), 433-446.

- Parea G.C. (1990) – *I terrazzi marini dell'Emilia-Romagna nella stratigrafia sequenziale del Pleistocene superiore*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., 46, 191-206.
- Pieri M. & Groppi G. (1981) – Subsurface Geological Structure of the Po Plain, Italy. C.N.R., Prog. Finaliz. Geodinamica, Pubbl. n. 414, pp. 13.
- Pignone R., Cibin U & Severi P. (2007) – *La subsidenza in Emilia-Romagna.* Presentazione al Convegno del 2 dic 2007 a Bologna (sito web ARPA Emilia-Romagna.
- Poli G. (a cura di) (1999) - *Geositi. Testimoni del tempo. Fondamenti per la conservazione del patrimonio geologico.* Edizioni Pendragon.
- Regione Emilia Romagna (1986) - *P.T.P.R. (Piano Territoriale Di Coordinamento Provinciale): Relazione generale, Relazione illustrativa, Norme ed elaborati cartografici*.
- Regione Emilia-Romagna. (2003) – *Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna*. Regione Emilia-Romagna e CNR.
- Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP (1998) – *Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna*. A cura di G. Di Dio. S.EL.CA Firenze, pp. 120.
- Regione Lombardia (1996) - *Determinazione del rischio sismico a fini urbanistici in Lombardia.*
- Sacco F. (1935) – *Le direttrici tettoniche trasversali dell'Appennino. Nota 1*. Rend. Acc. Naz. Lincei Cl. Sc. Fis. Mat. Nat., 6, (22), 317-375.
- Severi P. Cibin U., Amorosi A., Caporale L., Centineo M.C., Di Dio G, Ghiselli F., Pizziolo M., Preti D., Sarti G. & Segadelli S. (1999) – *Stratigrafia e cartografia dei depositi tardo pleistocenici ed olocenici della Pianura Emiliano-Romagnola*. In "Le Pianure-Conoscenza e Salvaguardia" Atti del convegno, Ferrara 8-11 novembre 1999.
- Signorini R. (1935) – *Linee tettoniche trasversali dell'Appennino Settentrionale.* Rend. Acc. Naz. Lincei Ser. 6, (21), 42-45.
- TC4 (1993) Technical Committee for earthquake engineering, ISSMGE (1993) - *Manual for zonation on seismic geotechnical hazard*. The Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering.
- Tento A., Arrigoni V., Frassineti G. & Martelli L. (2002) - *Elementi di microzonazione sismica dell'area di Predappio Bassa.* Scaricabile da Sito Web Servizio Geologico Sismico e dei Suoli - Regione Emilia-Romagna.
- Treves B. (1984) - *Orogenic belts as accretionary prism: the example of the Northern Apennines.* Ofioliti, 9/3, 577-618.
- Vai G.B. & Castellarani A. (1993) – Correlazione sinottica delle unità stratigrafiche nell'appennino settentrionale. Studi Geol. Camerti, CROP 1/1, Vol. Spec. (1992/2), 171-185.
- Wang Z & Ormsbee L. (2005) – *Comparison between Probabilistic Seismic Hazard Analysis and Flood Frequency Analysis*. EOS, 86/5, 45-56.