



PIANO STRUTTURALE COMUNALE

committente

Amministrazione Comunale di Rottofreno

sindaco e assessore all'urbanistica

dott. Raffaele Veneziani

responsabile settore urbanistica

geom. Enrica Sogni

progettista

dott.arch. Filippo Albonetti

collaboratori

dott.arch. Laura Gazzola

dott.arch. Daria Ghezzi

dott.arch. Andrea Anselmi

analisi geologiche, sistema naturale e Val.S.A.T.

AMBITER. s.r.l.

dott. geol. Giorgio Neri

dott. amb. Davide Gerevini

dott. amb. Claudia Giardinà

dott. geol. Marco Rogna

dott. amb. Roberto Bertinelli

dott. amb. Benedetta Rebecchi

dott. geol. Adriano Biasia



QUADRO CONOSCITIVO

Rev. 01 - Adozione 2015

Rev. 02 - Proposta controdeduzioni 2017

dicembre 2017

RELAZIONE GEOLOGICA

Comune di Rottofreno

Provincia di Piacenza

Comune di Rottofreno

PIANO STRUTTURALE COMUNALE (PSC)

QUADRO CONOSCITIVO – SISTEMA NATURALE E AMBIENTALE



AMBITER S.r.l.
società di ingegneria ambientale

v. Nicolodi, 5/a 43126 – Parma tel. 0521-942630 fax 0521-942436 www.ambiter.it info@ambiter.it

DIREZIONE TECNICA

dott. Giorgio Neri

A CURA DI

dott. geol. Marco Rogna

dott. geol. Adriano Biasia



CODIFICA

1 0 0 3 - R G - 0 2 / 1 7

| ELABORATO | DESCRIZIONE |
|------------|----------------------------|
| G12 | RELAZIONE GEOLOGICA |

| 03 | Dicembre 2017 | A. Biasia | | G. Neri | G. Neri | Approvazione |
|------|---------------|-----------|----------|---------|-------------|-----------------|
| 02 | Luglio 2017 | A. Biasia | | G. Neri | G. Neri | Controdeduzione |
| 01 | Novembre 2015 | M. Rogna | | G. Neri | G. Neri | Adozione |
| 00 | Giugno 2014 | M. Rogna | | G. Neri | G. Neri | Emissione |
| REV. | DATA | REDAZIONE | VERIFICA | APPROV. | DESCRIZIONE | |

| FILE | RESP. ARCHIVIAZIONE | COMMESSA |
|----------------------|---------------------|----------|
| 1003_RGS_rev_03.docx | AB | 1003 |

INDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUZIONE..... | 3 |
| 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO..... | 6 |
| 2.1. ASSETTO GEOLOGICO – STRUTTURALE DEL MARGINE MERIDIONALE DEL BACINO PERISUTURALE PADANO | 6 |
| 2.2. STRATIGRAFIA | 11 |
| 2.2.1. <i>Allomembro di Ravenna AES8</i> | 12 |
| 3. GEOMORFOLOGIA | 14 |
| 3.1. LA PIANURA PEDEMONTANA | 14 |
| 3.1.1. <i>Il F. Trebbia</i> | 15 |
| 3.1.2. <i>Il T. Tidone e il T. Luretta</i> | 16 |
| 3.2. LA FASCIA DI MEANDREGGIAMENTO DEL F. PO | 17 |
| 3.2.1. <i>Il F. Po e le zone golenali</i> | 17 |
| 3.2.2. <i>Le zone perifluviali</i> | 18 |
| 3.3. ATTIVITÀ GEODINAMICA E SUBSIDENZA | 19 |
| 4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO..... | 22 |
| 4.1. DEPOSITI DI CANALE E BARRA FLUVIALE | 23 |
| 4.2. DEPOSITI DI CONOIDE ALLUVIONALE | 23 |
| 4.3. DEPOSITI D'INTERCONOIDE | 24 |
| 4.4. DEPOSITI D'INTERCONOIDE ALTERNATI A DEPOSITI DI PIANA ALLUVIONALE | 24 |
| 4.5. DEPOSITI DELLA PIANA DI MEANDREAGGIAMENTO DEL FIUME PO | 25 |
| 4.6. PERICOLOSITÀ AL RITIRO E AL RIGONFIAMENTO DELLE TERRE COESIVE | 25 |
| 4.6.1. <i>Mineralogia dei depositi prevalentemente argillosi e limosi</i> | 26 |
| 4.6.2. <i>Active zone</i> | 27 |
| 4.6.3. <i>Effetti della vegetazione</i> | 28 |
| 5. AMBIENTE IDRICO SOTTERRANEO | 30 |
| 5.1. INQUADRAMENTO IDROSTRATIGRAFICO E IDROGEOLOGICO | 30 |
| 5.1.1. <i>Idrostratigrafia del territorio comunale</i> | 31 |
| 5.1.2. <i>Architettura del bacino idrogeologico nell'area di studio</i> | 33 |
| 5.2. COMPORTAMENTO IDRODINAMICO DEGLI ACQUIFERI SUPERFICIALI | 33 |
| 5.3. VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI ALL'INQUINAMENTO | 34 |
| 5.4. PIANO REGIONALE TUTELA ACQUE..... | 35 |

| | |
|--|-----------|
| 6. PEDOLOGIA | 37 |
| 6.1. SUOLI CASTELVETRO, SU AREE RARAMENTE INONDABILI | 38 |
| 6.2. SUOLI MORTIZZA, SU AREE FREQUENTEMENTE INONDABILI | 40 |
| 6.3. SUOLI ROTTOFRENO ARGILLOSA LIMOSA | 41 |
| 6.4. SUOLI MEDICINA ARGILLOSA LIMOSA | 43 |
| 6.5. SUOLI BELLARIA..... | 45 |
| 6.6. PERMEABILITÀ DI SUPERFICIE | 47 |
| 7. SISMICITÀ DEL TERRITORIO | 49 |
| 7.1. STORIA SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE..... | 50 |
| 7.2. CARATTERISTICHE SISMOTETTONICHE..... | 51 |
| 7.3. PERICOLOSITÀ SISMICA..... | 52 |
| 7.3.1. <i>Definizione della pericolosità sismica locale</i> | 54 |
| 7.3.2. <i>Aree potenzialmente soggette ad effetti locali</i> | 57 |
| 7.3.3. <i>Analisi degli elementi di amplificazione sismica</i> | 60 |
| 8. FATTIBILITÀ DELLE TRASFORMAZIONI ALL'INSEDIAMENTO | 61 |
| 8.1. FATTIBILITÀ SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI..... | 61 |
| 8.2. FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI..... | 61 |
| 8.3. FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI..... | 62 |
| 8.4. FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI..... | 66 |
| 8.5. DISPOSIZIONI GENERALI IN MERITO ALLA SENSIBILITÀ SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE..... | 67 |

1. INTRODUZIONE

Lo Studio geologico, che costituisce parte integrante del Quadro Conoscitivo (QC) del Piano Strutturale Comunale (PSC), è mirato a definire una sintesi interpretativa delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio, in grado di indirizzare le nuove scelte urbanistiche verso aree a minore pericolosità e vulnerabilità geologica e sismica.

In quest'ottica la presente relazione comprende i seguenti contenuti:

- inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico di tutto il territorio comunale;
- analisi dei fenomeni naturali aventi ripercussione sull'equilibrio fisico locale;
- individuazione delle risorse naturali di emergenze ambientali suscettibili di salvaguardia;
- analisi delle limitazioni alla disciplina edificatoria determinate dai vincoli di legge;
- determinazione delle condizioni di fattibilità delle azioni del Piano in funzione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche del territorio, con particolare riferimento alle condizioni di pericolosità sismica e rischio idrogeologico.

Lo Studio è stato realizzato sulla base dei criteri e delle indicazioni contenute nella L.R. 24 marzo 2000 n. 24 e s.m.i. "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio" e sulla base delle disposizioni previste nella Circolare regionale 1288/83 "Indicazioni metodologiche sulle indagini geologiche da produrre a corredo dei piani urbanistici comunali".

Lo Studio è stato inoltre condotto secondo quanto previsto dalle norme attuative del Piano Territoriale Regionale (P.T.R.) e del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.), con particolare riferimento all'individuazione degli elementi del paesaggio da sottoporre ad attenzione nella fase progettuale della pianificazione urbanistica.

Quali ulteriori riferimenti tecnici per la realizzazione dello studio e per la redazione degli elaborati richiesti è stato inoltre fatto specifico riferimento al D.M. 14/01/08 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", alla L.R. 30 ottobre 2008, n. 19 "Norme per la riduzione del rischio sismico" ed alla Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n.112 del 2 maggio 2007: Approvazione dell'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16 comma 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

La D.A.L. 112/2007 prevede che gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale, con complessità ed impegno crescenti, passando dal livello 1 fino al livello 3:

RELAZIONE GEOLOGICA

- il livello 1: costituisce un livello propedeutico ai successivi livelli di approfondimento. Consiste nell'elaborazione di un quadro conoscitivo generale, tramite una raccolta di dati preesistenti, in cui le varie parti del territorio vengono suddivise in microzone qualitativamente omogenee rispetto alla suscettibilità ad effetti locali in cui effettuare le successive indagini di MS;
- il livello 2: oltre a definire e confermare le condizioni di pericolosità del precedente livello 1, fornisce quantificazioni numeriche (con metodi semplificati) dei fenomeni di modificazione locale del moto sismico e dei fenomeni di deformazione permanente e definisce la Carta di microzonazione sismica;
- il livello 3: restituisce una Carta di microzonazione sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari, non risolvibili con l'uso di metodologie speditive.

Il presente Studio Geologico, in accordo con quanto previsto nella Deliberazione dell' Assemblée Legislativa della Regione Emilia Romagna n.112/2007, ha effettuato un'analisi di primo livello per quanto riguarda l'intero territorio comunale e approfondimenti di secondo livello limitatamente alle aree suscettibili di urbanizzazione previste dal nuovo PSC.

L'analisi di primo livello, condotta attuando gli indirizzi previsti dalla pianificazione sovraordinata e approfondendo quanto descritto nella Carta Provinciale delle aree suscettibili di effetti locali, ha permesso l'individuazione delle parti del territorio caratterizzate dai differenti scenari di pericolosità sismica locale.

In particolare, le analisi hanno individuato le seguenti parti del territorio:

- aree oggetto di un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento - punto 2a - disposizioni generali della D.A.L. 112/2007);
- aree oggetto di un'analisi approfondita (terzo livello di approfondimento – punto 2b - disposizioni generali della D.A.L. 112/2007).

Sulla base degli scenari individuati dall'analisi di primo livello, nelle aree suscettibili di urbanizzazione è stata condotta un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento) per valutare l'effettivo grado di pericolosità sismica locale. Tale analisi è stata effettuata sulla base di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello e sulla base di specifiche indagini geofisiche realizzate ex-novo (n. 7 prove MASW).

Si ritiene utile precisare che, il presente studio di pianificazione presenta un livello di approfondimento che esprime esclusivamente un giudizio di "fattibilità d'insieme" delle trasformazioni proposte dal piano, individuando le limitazioni di ordine generale connesse alle condizioni geologico-ambientali del territorio e alla sua vulnerabilità ed esposizione a fenomeni naturali, in funzione delle destinazioni

RELAZIONE GEOLOGICA

d'uso; risulta pertanto evidente che nelle successive fasi di pianificazione (POC, PUA..) i giudizi espressi dovranno essere integrati da specifiche e puntuali indagini commisurate alle caratteristiche dell'intervento edilizio che si intende effettuare.

A corredo della presente relazione tecnica è stata redatta inoltre la seguente cartografia tematica:

- Tav. G1 - Geologia;
- Tav. G2 - Geomorfologia;
- Tav. G3 - Indagini geognostiche e geofisiche;
- Tav. G4 - Idrogeologia;
- Tav. G5 - Vulnerabilità degli acquiferi;
- Tav. G6 - Suolo;
- Tav. G7 - Reticolo idrografico superficiale;
- Tav. G8a - Stralcio della mappa di pericolosità del Piano di gestione del rischio alluvioni - Reticolo principale e secondario collinare montano;
- Tav. G8b - Stralcio della mappa di pericolosità del Piano di gestione del rischio alluvioni - reticolo secondario di pianura;
- Tav. G9 - Vincoli;
- Tav. G10 - Carta delle aree suscettibili di effetti locali;
- Tav. G11 - Fattibilità geologica alle trasformazioni dell'uso del suolo.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'assetto fisico del territorio del Comune di Rottofreno ha seguito le sorti della pianura padana e del fronte Appenninico settentrionale, nel corso della loro storia evolutiva.

Dal Cretaceo (circa 100 MA) fino ai giorni nostri la regione padana ed appenninica è stata soggetta ad alterne fasi di compressione e stasi tettoniche, instaurate dalle interazioni tra la placca africana e la placca euroasiatica e, più in dettaglio, dalla microplacca dell'Arco Appenninico Settentrionale e dalla microplacca Adriatica.

È a partire dall'Oligocene superiore che inizia la formazione della catena dell'Appennino settentrionale attraverso il meccanismo di sovrascorrimento della microplacca dell'Arco Appenninico Settentrionale a scapito della microplacca Adriatica e della sua copertura sedimentaria, che instaura un processo di deformazione continentale polifasica.

In particolare, nell'ambito di tale processo, si possono riconoscere due stadi compressivi principali:

- primo stadio compressivo: si sviluppa dall'Oligocene superiore al Pliocene inferiore, durante il quale è definita la strutturazione dell'arco dell'Appennino Settentrionale (stadio collisionale) e, in zona antistante (avanfossa padana), la delimitazione del bacino perisuturale padano – adriatico (Bally e Snelson 1980); all'inizio del Pliocene tale bacino costituiva un grande golfo invaso dalle acque marine (propaggine occidentale del Mare Adriatico), limitato a nord dalle Alpi, a sud-ovest dagli Appennini e a nord-est dalle Dinaridi (Catena montuosa della Jugoslavia);
- secondo stadio compressivo: si sviluppa a partire dal Pliocene medio (circa 5,0 MA) in poi coinvolgendo anche il margine meridionale del bacino perisuturale padano nel processo di strutturazione della catena appenninica (in senso geografico dal margine appenninico settentrionale fino a circa l'asse del Fiume Po); il processo deformativo del margine meridionale del bacino perisuturale si sviluppa attraverso la formazione di sovrascorrimenti, faglie, duplicazioni e pieghe, in parte sepolte dalle coperture alluvionali quaternarie e in parte evidenti lungo il margine morfologico appenninico settentrionale.

Nell'epoca quaternaria, successivamente al Pleistocene medio, la crescente estensione di terre emerse e soggette ad erosione consentì ai corsi d'acqua alpini ed appenninici di colmare di sedimenti il bacino padano conferendone l'attuale assetto e morfologia.

2.1. Assetto geologico – strutturale del margine meridionale del bacino perisuturale padano

Il margine meridionale del bacino perisuturale padano è di tipo "complesso" (secondo Ricci Lucchi, 1986), perché interessato da sovrascorrimenti, faglie, duplicazioni, pieghe e bacini che si estendono da est ad ovest interessando per intero la pianura emiliana romagnola (Fig. 2.1).

In particolare nel sottosuolo antistante il margine morfologico dell'Appennino settentrionale, dal Piemonte meridionale fino al limite orientale della Romagna, seguendo poi l'allineamento Appennini – Mare Adriatico, sono presenti, a livello delle formazioni mesozoiche e mio-plioceniche (sepolte quindi da una più o meno spessa coltre alluvionale quaternaria), due serie principali di thrusts a sviluppo sequenziale frontale.

Essi costituiscono due sistemi di grandi pieghe asimmetriche con andamento anticlinalico, formatesi attraverso molteplici faglie inverse e sovrascorrimenti, immergenti verso sud/sud-ovest con inclinazioni comprese tra i 15° e i 30°, che racchiudono un bacino satellite ad esse parallelo.

In letteratura geologica queste zone di scollamento tettonico sono note come "External Thrust Front" (ETF), sull'allineamento di Cremona – Parma – Reggio Emilia – Correggio (RE) – Mirandola (MO) – Ferrara e Ravenna, e "Pedeapenninic Thrust Front" (PTF), lungo il margine morfologico dell'Appennino Settentrionale.

Da nord a sud il margine meridionale del bacino perisuturale padano è quindi caratterizzato dalle seguenti strutture:

1. External Thrust Front (ETF): alto strutturale frutto dell'involuppo delle rampe frontali dei thrust sepolti, che esprime la zona di confine tra la Monoclinale pedealpina¹, che si apre in direzione nord a partire dal fronte settentrionale dell'alto strutturale medesimo, e la regione "Apennines" (microplacca dell'arco Appenninico settentrionale) a sud;
2. bacino minore o satellite: depressione racchiusa a nord dall'alto strutturale dell'ETF e a sud dalle strutture embricate del PTF; si estende in zona antistante al margine morfologico dell'Appennino emiliano romagnolo con allungamento in direzione ovest/nord-ovest ed est/sud-est, presentandosi con geometrie non costanti che esprimono settori strutturalmente svincolati tra loro in relazione all'andamento planimetrico delle strutture sepolte associate all'External Thrust Front" (ETF) e al Pedeapenninic Thrust Front (PTF);
3. Pedeapenninic Thrust Front (PTF); esprime la zona di confine tra il margine morfologico appenninico e il suddetto bacino satellite.

Il comune di Rottofreno si colloca tra il Pedeapenninic Thrust Front e la parte meridionale del bacino satellite.

Le suddette strutture sono l'espressione della collisione tettonica tra la microplacca dell'Arco Appenninico Settentrionale e la microplacca Adriatica. Le deformazioni formatesi e la parziale subduzione della microplacca adriatica sotto quella dell'Arco Appenninico Settentrionale sono causate

¹ L'avanfossa (Dennis 1967) antistante al sistema progradante della falde tettoniche di ricoprimento appenniniche.

dalle spinte nord-est vergenti, impresse dal movimento di convergenza tra la zolla africana ed europea a seguito dell'estensione dell'Oceano Atlantico (Livemore e Smith 1985).

L'External Thrust Front è suddiviso in tre margini planimetricamente arcuati, denominati da ovest verso est "Piemonte Folds", "Emilia Folds" e "Ferrara Folds" (Fig. 2.2). A sud delle "Ferrara Folds", si estendono altri sistemi di thrust, sempre associati al meccanismo di deformazione delle precedenti, noti come "Romagna Folds" e "Adriatico Folds".

L'External Thrust Front è quindi caratterizzato da una serie di strutture ad arco, concave verso sud, che si raccordano in due zone di incrocio (Pavia e Reggio Emilia), dove il fronte appare notevolmente arretrato (Fig. 2.1). Questo assetto strutturale è probabilmente dovuto alla presenza, nella crosta superiore padana, di zone con maggiore rigidità che hanno impedito lo scollamento delle successioni mesozoiche e terziarie dal basamento sottostante, bloccando in tal modo la traslazione verso nord (Bernini e Papani, 1987).

Le principali cause sono imputabili alle manifestazioni magmatiche effusive, subvulcaniche ed epiplutoniche del Paleozoico, Trias medio e Terziario (in parte accertate nei pozzi profondi AGIP), verosimilmente responsabili delle maggiori anomalie magnetiche positive della Pianura Padana (Bolis et al., 1981).

Le anomalie risultano, infatti, in larga misura coincidenti con le porzioni più arretrate dell'External Thrust Front e delle zone di incrocio fra gli archi. In particolare l'anomalia presente a sud del Lago di Garda, estesa dal Mantovano fino alla pianura parmense e reggiana, corrisponde alla zona di incrocio tra Emilia Folds" e "Ferrara Folds", mentre l'anomalia presente nella zona di Pavia, estesa nella pianura pavese e allessandrina, corrisponde alla zona di incrocio tra "Emilia Folds" e "Piemonte Folds".

Il Pedepenninic Thrust Front è invece costituito da un margine discontinuo, planimetricamente parallelo al limite morfologico dell'Appennino settentrionale, segmentato da faglie trasversali, coincidenti con alcuni dei principali corsi d'acqua (Stirone, Taro, Enza, ecc.). Si tratta di una serie di thrusts e duplicazioni crostali che hanno determinato il sollevamento e il basculamento dei depositi affioranti nella fascia pedeappenninica.

Le faglie trasversali al Pedepenninic Thrust Front sono inoltre all'origine della suddivisione dell'Appennino settentrionale in settori a differente comportamento tettonico, responsabili altresì della traslazione differenziale dei vari settori dell'Appennino settentrionale come appunto testimoniano le rientranze del margine appenninico tra il F. Taro e il T. Enza e tra i F. Panaro e il F. Reno.

RELAZIONE GEOLOGICA

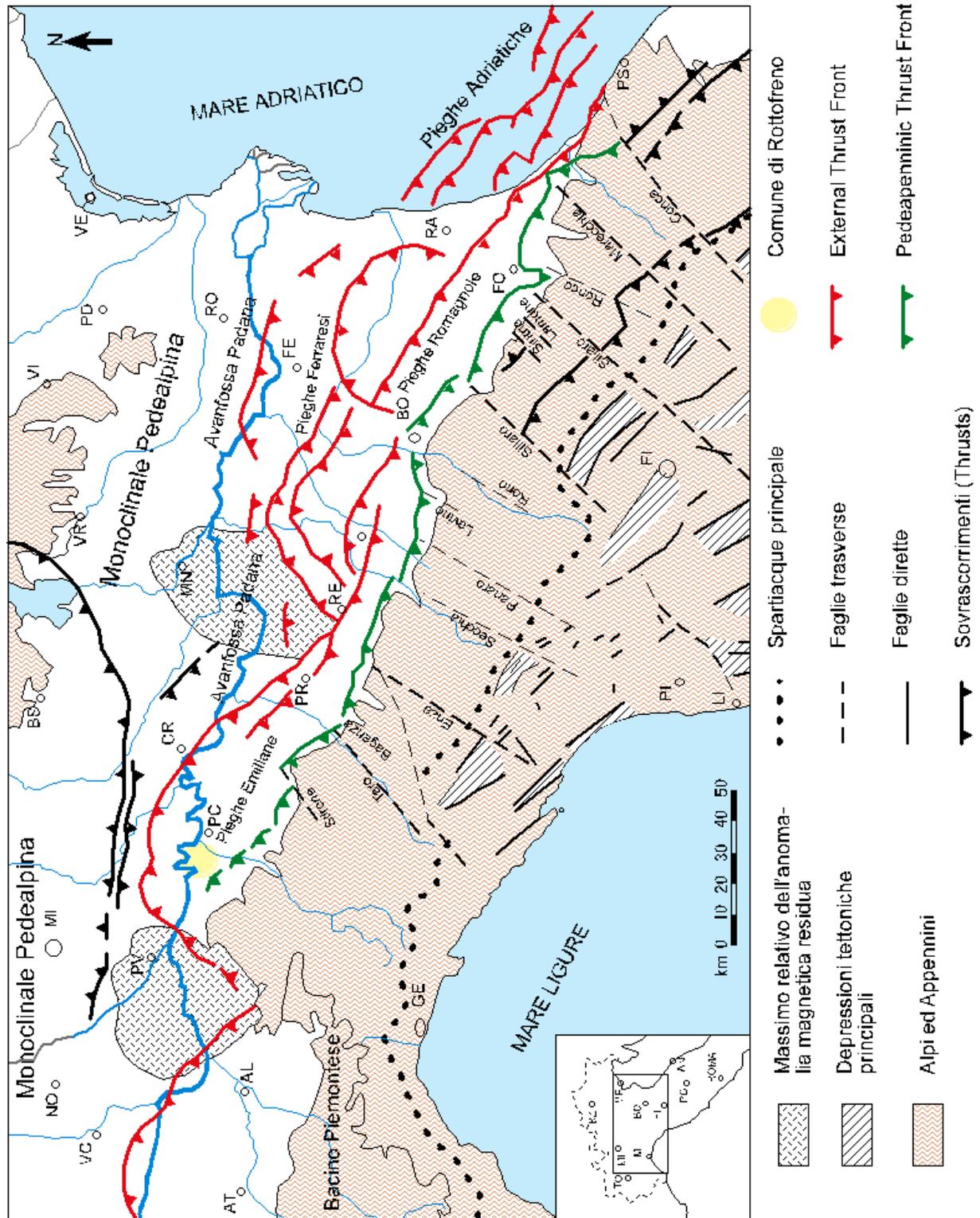


Figura 2.1: Struttura tettonica semplificata dell'Appennino settentrionale e dell'avanfossa padano - adriatica (AGIP 1983; modificato).

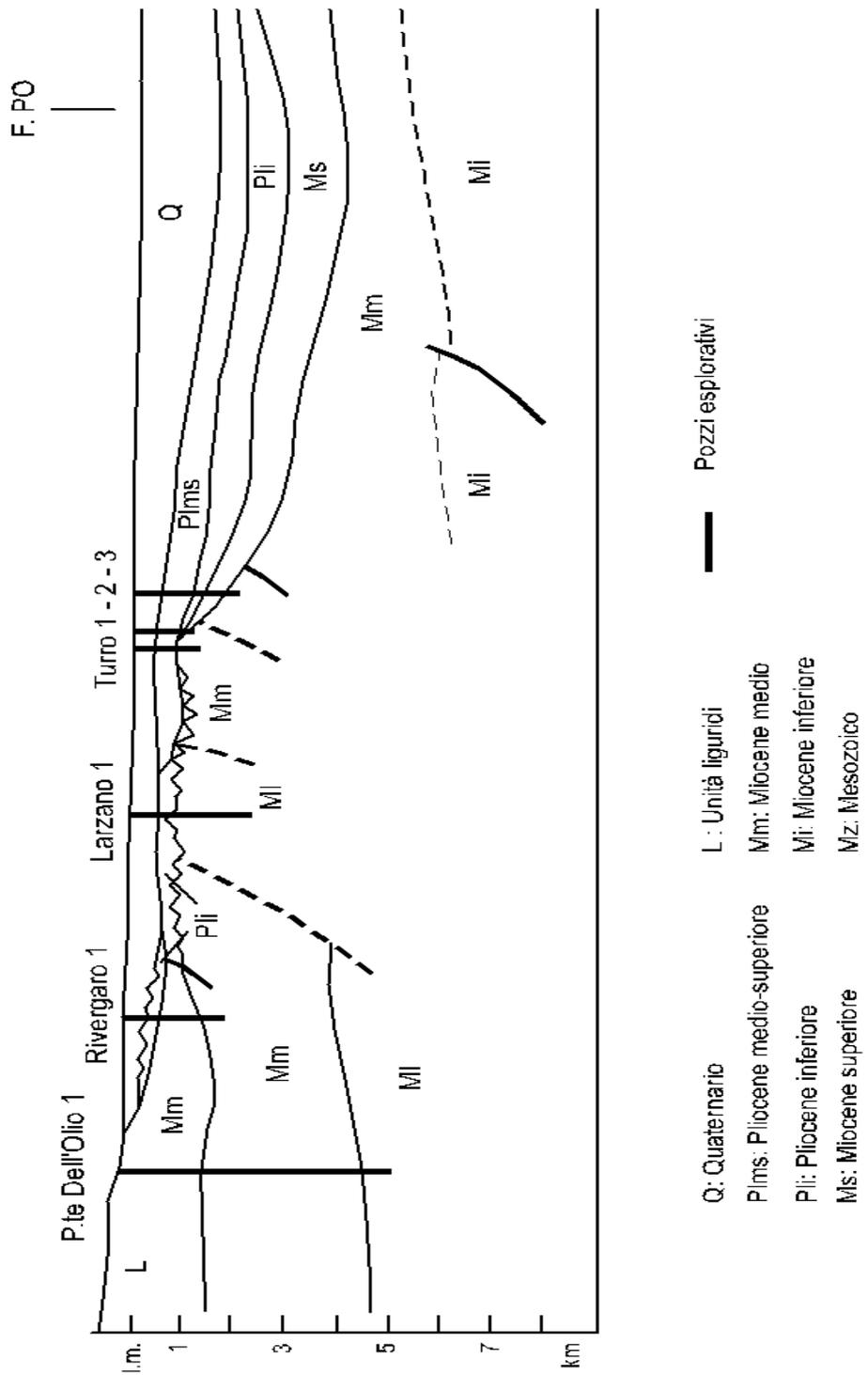


Figura 2.2: Sezione geologica del fronte di accavallamento pedeappenninico (PTF) e del fronte di accavallamento esterno (ETF); Pieri e Groppi (1981).

2.2. Stratigrafia

L'edificio Appenninico e padano, come già affermato, nasce in un contesto tettonico a stile compressivo nel quale le spinte orogenetiche attive dal terziario basso fino ai giorni nostri, quasi esclusivamente in ambiente sottomarino, hanno comportato un notevole raccorciamento crostale.

Concettualmente il processo di strutturazione è sintetizzabile nella dislocazione e deformazione di potenti ammassi di rocce e terre, secondo un modello generale a falde di ricoprimento. Si tratta della sovrapposizione multipla (dall'inglese Thrusts) di sequenze sedimentarie ed ignee (in modo subordinato), staccatisi dal substrato oceanico di formazione e traslate e giustapposte verso nord est in rapporto all'azione delle spinte orogenetiche.

I depositi affioranti nell'area in esame sono stati assegnati dal Servizio Geologico Regionale al Dominio Padano Adriatico: si tratta di quella serie di unità cosiddette "Neoautoctone", ovvero sedimentati posteriormente alle principali fasi orogenetiche dell'Appennino Settentrionale; hanno carattere regressivo, con sabbie e peliti torbiditiche alla base, seguite da un prisma sedimentario fluvio-deltizio, progradante, ricoperto al tetto da depositi continentali; nei profili sismici si riconosce una sola direzione di progradazione nordest-vergente, originata dai sistemi deltizi ad alimentazione appenninica.

Le unità stratigrafiche del Dominio Padano Adriatico descritte nel presente studio rientrano nella classe delle Sequenze Deposizionali sensu Mitchum et Al. (1977).

Dal punto di vista gerarchico si distinguono 2 Sequenze Principali (Supersintemi, secondo la terminologia delle U.B.S.U.) denominate come segue:

- Supersintema del Quaternario Marino, costituito da depositi di ambiente marino;
- Supersintema Emiliano-Romagnolo, costituita da depositi di ambiente continentale.

Il Supersintema del Quaternario Marino può essere ulteriormente suddiviso in 3 cicli progradazionali (dal più antico al più recente):

- Alloformazione del Torrente Stirone (Qm1) – (Pliocene superiore - Pleistocene inferiore);
- Alloformazione di Costamezzana (Qm2) - (Pleistocene inferiore – medio);
- Allomembro del Quaternario Marino 3 (Qm3) - (Pleistocene medio).

Il Supersintema dell'Emiliano Romagnolo può essere ulteriormente suddiviso in 2 sintemi principali (dal più antico al più recente):

- Sintema Emiliano Romagnolo inferiore - (Pleistocene medio);
- Sintema Emiliano Romagnolo superiore - (Pleistocene medio - Olocene).

RELAZIONE GEOLOGICA

Il territorio comunale di Rottofreno è caratterizzato esclusivamente dal Supersistema (o Allogruppo) Emiliano Romagnolo (AE), che si estende dal piano campagna fino alla quota di 0 m.s.l.m e -100 m.s.l.m con spessori compresi tra 60 e 160 metri.

La parte superiore del Supersistema (o Allogruppo) Emiliano Romagnolo è denominato Alloformazione Emiliano Romagnola Superiore (AES). I sedimenti sono caratterizzati da due direzioni di progradazione: la prima, assiale, est-vergente, originata dal Fiume Po; la seconda, trasversale, nordest-vergente, originata dai sistemi di alimentazione appenninica.

Sulla base delle direzioni di progradazione possono essere individuate le seguenti classi di sistemi deposizionali:

1. pianura pedemontana ad alimentazione appenninica che si estende dal margine morfologico dell'Appennino Settentrionale fino all'Autostrada Torino – Piacenza e poco oltre, lungo l'asse del F. Trebbia; un po' più arretrata fino all'altezza di Rottofreno in corrispondenza del T. Tidone;
2. pianura alluvionale ad alimentazione assiale (paleoPo) che caratterizza le aree rivierasche del Fiume Po per una fascia d'estensione di circa 1 – 2 km e poco oltre;

I suddetti sistemi deposizionali, in profondità si presentano interdigitati tra loro in relazione al tasso di apporto sedimentario, alle oscillazioni eustatiche del livello marino e alle fasi di attività e stasi tettonica, che nel corso del riempimento del bacino padano hanno determinato la continua variazione del depocentro bacinale.

Nell'area in esame dell'Alloformazione emiliano-romagnola superiore affiora solamente l'allomembro di Ravenna.

2.2.1. Allomembro di Ravenna AES8

Unità del Pleistocene superiore – Olocene (post circa 20.000 anni B.P.) avente uno spessore massimo di circa 20 metri.

Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1 m ed è di tipo A/Bw/Bk(C). Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante sulle unità più antiche.

Nelle zone di conoide alluvionale l'Allomembro di Ravenna è costituito da depositi prevalentemente ghiaiosi, strutturati in spessi corpi a geometria cuneiforme e organizzati in cicli elementari a base grossolana e tetto fine, nelle zone d'interconoide è costituito principalmente da alluvioni sabbiose e limo-argillose solcate localmente da canali di ghiaie e, infine, nella piana di meandreggiamento del Fiume Po da sabbie prevalenti con locali intercalazioni di ghiaia.

Su base morfologica, archeologica e pedostratigrafica viene distinta la parte più recente e superficiale dell'Allomembro di Ravenna denominata Unità di Modena:

- L'Unità di Modena **AES8a** (Olocene; post IV-VII sec. d.C.). Nelle zone di conoide alluvionale l'unità Modena caratterizza i depositi terrazzati più bassi, e quindi più recenti, che bordano i principali corsi d'acqua. E' costituita da una successione prevalentemente ghiaiosa, con intercalazioni sabbiose, a giacitura suborizzontale e geometria lenticolare ricoperte da una coltre limoso-argillosa discontinua. Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm) e di tipo A/C, localmente A/Bw/C.

La rappresentazione cartografica delle principali unità geologiche affioranti nel territorio comunale di Rottofreno è riportata nella **Tavola G1 - Geologia**.

3. GEOMORFOLOGIA

L'attuale assetto geomorfologico del territorio comunale di Rottofreno è il risultato dell'effetto combinato di alterne vicende climatiche di varia intensità, lente deformazioni tettoniche ed interventi antropici, che si sono imposti negli ultimi millenni ed hanno direttamente interagito sulla rete idrografica.

L'area di progetto ricade in parte nel settore di pianura pedemontana distale e nella fascia di meandreggiamento del F. Po, compresa ad ovest dal T. Tidone (ad ovest) e dal F. Trebbia (ad est). Il limite morfologico tra la pianura pedemontana e la fascia morfologica del F. Po è molto sfumato a seguito degli interventi antropici che hanno pesantemente condizionato la superficie del suolo.

I corsi d'acqua sono rimaste le uniche zone che mantengono ancora, nonostante i massicci interventi di regimazione (arginature, pennelli, traverse, ecc.), un alto grado di naturalità con frequenti emergenze morfologiche.

Contrariamente le aree perifluviali esprimono il congelamento di una situazione originatasi antecedentemente alla limitazione degli alvei fluviali entro percorsi prefissati, in cui le opere di bonifica agraria, infrastrutturazione ed insediamento hanno conferito al rilievo un assetto costante ed uniforme livellando tutte le asperità del terreno. Le superfici del suolo conservano tuttavia, anche se in forma relittuale, ancora le tipiche geometrie dell'ambiente fluviale.

La rappresentazione cartografica dell'assetto geomorfologico del territorio comunale di Rottofreno è riportata nella **Tavola G2 - Geomorfologia**.

3.1. La pianura pedemontana

La pianura pedemontana, nell'ambito geografico in esame, è costituita dall'impalcatura della conoide alluvionale del F. Trebbia e di rango inferiore del T. Tidone e del T. Luretta. Il paesaggio, nel suo complesso, è contraddistinto dai seguenti aspetti:

- il F. Trebbia che mostra un andamento tipicamente rettilineo, mentre il T. Tidone e il T. Luretta, con andamento molto sinuoso, talora meandriforme, scorrono nelle aree topograficamente inferiori;
- le zone perifluviali, comprese tra i suddetti corsi d'acqua, sono caratterizzate da alcuni ordini di terrazzi fluviali impostati a quote gradualmente superiori, esprimendo un'età di formazione progressivamente più antica;
- le superfici di tali terrazzi fluviali sono generalmente sub-pianeggianti con deboli ondulazioni a seguito delle incisioni prodotte dalla rete idrica secondaria, e digradano leggermente verso N-NE con pendenze medie pari a 0,5 – 1,0%;

RELAZIONE GEOLOGICA

- le superfici di terrazzo, verso il lato fiume, sono interrotte lateralmente da scarpate di alcuni metri (orli di terrazzi fluviali) o da sensibili aumenti di pendenza;
- la rete idrica secondaria (T. Loggia e Rio Lurone) interessa le zone perfluviali comprese tra i corsi d'acqua principali (F. Trebbia e T. Tidone) e scorre nelle aree topograficamente inferiori generando deboli ondulazioni alle superfici del piano campagna.

Le caratteristiche stratigrafico - sedimentologiche della pianura pedemontana sono tipiche dei corsi d'acqua con le seguenti qualità specifiche:

- medio - alto trasporto solido totale;
- medio - alto rapporto tra trasporto solido al fondo e trasporto solido totale, granulometria grossolana,
- medio - bassa sinuosità;
- medio - alto rapporto tra larghezza e profondità del talweg;
- medio – alta pendenza del talweg.

Il F. Trebbia e il T. Tidone allo stato attuale non presentano le suddette caratteristiche, perché dal Pleistocene superiore, durante le glaciazioni, ai giorni nostri hanno subito una generale perdita di competenza.

In passato, per effetto delle condizioni climatiche glaciali e quindi più umide con abbondanti precipitazioni, presentavano alvei più grandi con maggiore energia.

Nell'Olocene invece, a seguito del miglioramento climatico l'attività dei corsi d'acqua è progressivamente scemata, determinando l'evoluzione degli alvei fluviale verso forme maggiormente in equilibrio con la cadente morfologica e la natura dei sedimenti affioranti.

3.1.1. Il F. Trebbia

Il F. Trebbia nel tratto individuato nella Tav. G.2 possiede una configurazione di drenaggio tipo "wandering". Si tratta di un alveo fluviale inciso nel materasso ciottoloso caratterizzato da un unico canale principale attivo con barre laterali alternate, che sovente presentano una forma a semi-losanga più o meno allungata.

Le barre e i canali rappresentano delle unità morfologicamente distinte che interagiscono tra loro; le barre si accrescono a scapito dei canali attivi, i quali a loro volta tendono a mantenere la sezione costante e, quindi, ad erodere le barre stesse.

Le barre fluviali presentano inoltre sponde ben definite e solo di rado, a parte quelle topograficamente più basse, sono sommerse dalle piene. Sulle barre più grandi, che costituiscono vere e proprie isole, è

presente in genere una fitta copertura vegetale, costituita da essenze arboree, arbustive ed erbacee, che conferisce alle stesse una maggiore stabilità e resistenza all'erosione garantendo, contemporaneamente, una maggiore conservazione.

In alcuni tratti, affiancato al canale principale è presente un canale secondario, generalmente aderente ad una delle due sponde, con dimensioni variabili, fino ad un massimo pari alla grandezza di quello principale. Tale canale secondario è solitamente generato in concomitanza di piene di una certa entità, per taglio delle barre laterali longitudinali (per questo si definisce canale di taglio).

Il canale di taglio a seguito delle piene successive può occludersi ed essere definitivamente abbandonato, oppure allargarsi fino a diventare egli stesso il canale principale.

Le sponde dell'alveo inciso hanno un andamento generale pressappoco parallelo e rettilineo.

Durante le piene fluviali l'alveo ciottoloso è completamente o quasi sommerso dalle acque, le quali esercitano una debole azione erosiva capace, ad ogni evento, di modificare parzialmente la geometria delle barre e dei canali.

In questo tratto fluviale, il F. Trebbia è contraddistinto da un assetto in equilibrio precario ed è sufficiente che avvengano piccole variazioni dei parametri idraulici e geomorfologici, perché il corso d'acqua cambi spontaneamente il suo tracciato e la sua configurazione di drenaggio.

3.1.2. Il T. Tidone e il T. Luretta

Il T. Tidone e il T. Luretta, contrariamente al F. Trebbia presentano una configurazione di drenaggio a canale singolo molto sinuoso, talora meandriforme, incassato nelle alluvioni antiche della pianura pedemontana.

Tali corsi d'acqua presentano dei tracciati non in equilibrio con l'attuale cadente morfologica e la natura litologica del substrato, i quali dovrebbero, invece, essere di tipo "braided" o "wandering".

L'attuale configurazione di drenaggio è stata invece acquisita durante il Pleistocene, quando il T. Tidone e il T. Luretta dovevano possedere, in relazione ad un clima tipicamente freddo umido (periodo delle glaciazioni), le seguenti qualità specifiche: medio - basso trasporto solido totale; medio - basso rapporto tra trasporto solido al fondo e trasporto solido totale, granulometria medio - fine, medio - basso rapporto tra larghezza e profondità del talweg; medio - bassa pendenza del talweg.

L'attività geodinamica, manifestatasi negli ultimi millenni, e il miglioramento delle condizioni climatiche hanno profondamente condizionato l'assetto e la competenza dei corsi d'acqua. In particolare l'attività geodinamica ha determinato un generalizzato sollevamento della fascia collinare e della pianura pedemontana, comportando un aumento della cadente morfologica, mentre le variazioni climatiche hanno indotto un decremento delle portate e delle frequenze delle piene, riducendo conseguentemente la competenza dei corsi d'acqua.

Gli effetti combinati dei due fattori morfoevolutivi, da un lato hanno consentito l'approfondimento dell'alveo nel materasso alluvionale antico, mentre dall'altro lato hanno impedito al T. Tidone e al T. Luretta, in relazione alla perdita del potere erosivo e deposizionale, di modificare la loro conformazione di drenaggio.

3.2. La fascia di meandreggiamento del F. Po

3.2.1. Il F. Po e le zone golenali

L'alveo del Po, dopo aver attraversato la Collina di Torino, il Monferrato e l'Appennino dell'Oltrepò pavese, a valle della confluenza col Ticino, assume una posizione assiale sino alla foce. Dalla confluenza col F. Ticino fino all'altezza di Cremona esso forma ampi meandri, quasi tutti ormai rettificati ad opera dell'uomo nei secoli XVIII – XX.

In questo tratto la fascia di meandreggiamento è larga mediamente 6 - 8 km ed è caratterizzata nel complesso da un assetto tendenzialmente suborizzontale con superfici piane e/o ondulate, leggermente degradanti verso est, che conservano le forme subcircolari e a festoni tipiche dei meandri estinti.

Il Fiume Po è rappresentato da un singolo canale (o al massimo 2), inciso, molto sinuoso e fiancheggiato da argini naturali e barre di meandro. In particolare nel tratto in esame descrive un ampio meandro strizzato con concavità rivolta verso sud.

Il corso d'acqua nonostante sia regolato da importanti opere spondali, che hanno ormai quasi completamente conseguito la stabilizzazione planimetrica del tracciato fluviale, è caratterizzato da fenomeni di erosione laterale nelle parti convesse delle curve e di sedimentazione attiva in quelle concave.

Il rapporto erosione/sedimentazione risulta allo stato attuale inferiore all'unità. Gli evidenti effetti sull'asta fluviale sono relativi alla progressiva progradazione delle barre di meandro e all'estensione delle isole fluviali, con conseguente restringimento della sezione di deflusso.

Gli argini naturali derivano dalla sedimentazione operata dalle acque di tracimazione e costituiscono piccoli rilievi, paralleli alla direzione della corrente fluviale, con geometria cuneiforme, in cui il lato fiume risulta meno esteso e maggiormente inclinato del lato esterno.

Le barre di meandro si sviluppano, invece, nella parte concava dei meandri e sono il prodotto della divagazione del canale attivo; l'evoluzione dei meandri avviene, infatti, per mezzo di erosione laterale a spese della sponda esterna e sedimentazione in corrispondenza della sponda interna. Tracce morfologiche di antichi percorsi del Fiume Po sono individuabili fino ad oltre 2 Km dell'attuale alveo.

Lungo le principali tracce di paleoalvei recenti sono, in genere, impostati i sistemi di lanche. Morfologicamente si tratta di strette e lunghe depressioni arcuate nel piano campagna, con sovente affioramento della superficie freatica in specchi lacustri di forma lenticolare.

Le zone umide, nell'ambito di uno stesso sistema lanchivo, sono generalmente collegate da un canale, il quale a sua volta è direttamente convergente nel Fiume Po. In riferimento al grado di interrimento, le lanche possono essere distinte in attive, relitte e terminali.

Le lanche attive (non presenti nell'area in esame) sono in collegamento idraulico con il corso d'acqua e, nei periodi con livelli idrometrici superiori alla magra ordinaria, presentano un battente d'acqua continuo.

Le lanche relitte (non presenti nell'area in esame) sono marcate da fasce di ambiente palustre con frequente affioramento della falda e vengono in collegamento idraulico del corso d'acqua solo per condizioni idrometriche significative.

Le lanche terminali rappresentano l'ultimo stadio d'evoluzione delle lanche, nel senso di un progressivo interrimento dell'alveo abbandonato con conseguente perdita delle connotazioni morfologiche e naturalistiche tipiche degli ambienti umidi e palustri; nel territorio comunale è stato individuato un esempio di lanca terminale, posta a nord-est del centro abitato di Boscone Cusani.

3.2.2. Le zone perifluviali

Al di fuori delle fasce di pertinenza fluviale la forte pressione antropica, come già affermato, ha determinato la sostanziale alterazione degli elementi morfologici.

Solo localmente sono individuabili, attraverso l'accurato esame cartografico, per analisi dell'andamento delle curve di livello, e aereofotogrammetrico, alcune forme relitte a testimonianza della passata dinamica evolutiva del territorio.

L'andamento altimetrico evidenzia forti correlazioni con la distribuzione del reticolo idrografico. Sono riconoscibili, infatti, anche a distanze relativamente elevate dall'attuale tracciato dei corsi d'acqua antichi paleoalvei con andamento parallelo alle principali direttrici idrografiche. In particolare per il Fiume Po sono individuabili paleoalvei recenti, medio-recenti ed antichi fino a 2 Km a sud dell'attuale tracciato.

Allo stato attuale la dinamica morfologica delle zone perifluviali, non più alimentata dalla naturale divagazione del Fiume Po, ristretto entro le aree golenali da imponenti strutture arginali, è caratterizzata solamente da una notevole attività sinmorfogenetica, indotta dal processo di consolidazione degli strati di terreno costituenti il sottosuolo.

Le zone esterne all'argine maestro, a differenza delle fasce golenali continuamente compensate dagli apporti alluvionali, sono soggette ad importanti fenomeni di subsidenza tuttora attivi.

Le principali cause possono essere sia di origine geologica che antropica. Le cause geologiche sono relative all'effetto del carico litostatico, per l'accumulo sulla verticale dei depositi alluvionali, e alle escursioni della superficie piezometrica, per fattori essenzialmente climatici.

Le cause antropiche sono, invece, relative alle sole variazioni dei livelli piezometrici indotti da eccessivi emungimenti idrici o per modifiche nei livelli di base dei corsi d'acqua per eccessiva attività estrattiva in alveo.

3.3. Attività geodinamica e subsidenza

Per la pianura padana non esistono lavori a scala regionale che segnalano aree a diversa velocità di abbassamento o innalzamento. L'unico lavoro finora disponibile, la "Carta neotettonica dell'Appennino settentrionale" (Bartolini *et alii*, 1982), per il periodo Pleistocene medio – Presente, considera tutto l'Appennino emiliano-romagnolo in sollevamento o abbassamento senza individuare zone a diverso tasso di crescita o decrescita.

Sulla base delle quote dei terrazzi datati, risulta evidente che lungo il margine appenninico-padano i maggiori sollevamenti si registrano tra il Reno e il Taro in Emilia, dal Bidente al Savio in Romagna (>1 mm/anno), mentre i sollevamenti minori si registrano nell'Emilia occidentale (a ovest del Taro) e nella Romagna occidentale tra il Santerno e il Montone (<1 mm/anno).

Per le restanti aree, dove poche sono le indicazioni ricavabili dai terrazzi, non è possibile una stima quantitativa dei sollevamenti. Tuttavia, è possibile, sulla base di dati morfostrutturali, riconoscere, naturalmente con una certa approssimazione, aree a diverso grado di sollevamento, recente e in atto.

Le aree più sollevate, per la presenza di finestre tettoniche, assottigliamenti della coltre alloctona ligure ed epiligure, la presenza di alti strutturali della successione carbonatica e riattivazioni di sovrascorrimenti e formazioni di *thrusts* fuori sequenza, sono l'alto Appennino emiliano (tasso >1 mm/anno) e tutto l'Appennino romagnolo a monte del sovrascorrimento individuato nel basamento; risultano invece meno sollevati, per il forte spessore della coltre alloctona, il basso e medio Appennino piacentino, modenese e bolognese, (tasso <1 mm/anno) cioè tutti i settori a valle del raddoppio.

Il Comune di Rottofreno, sulla base di quanto riportato in precedenza è caratterizzato da un tasso di sollevamento < 1 mm/anno in quasi tutto il territorio, a parte il settore settentrionale dove invece è soggetto a movimenti verticali negativi tuttora in atto.

Gli effetti del sollevamento sulle opere d'arte possono essere considerati trascurabili, purché i terreni di fondazione presentino caratteristiche geotecniche areali uniformi. In questi casi l'abbassamento della superficie topografica interessa vaste aree senza indurre cedimenti differenziali alle fondazioni dei fabbricati.

RELAZIONE GEOLOGICA

Qualora il sottosuolo non presenti condizioni di uniformità geotecnica si possono instaurare conseguenze gravi sulla statica dei manufatti.

Il valore della subsidenza è < 1 mm/anno; sembrerebbe apparentemente ridotto anche se occorre sottolineare l'effetto del sollevamento indotto dalle strutture tettoniche sepolte.

Il fenomeno della subsidenza è un lento e generalizzato abbassamento della superficie topografica che risulta particolarmente attivo nei livelli corticali del sottosuolo e tende a smorzarsi con la profondità.

Questo fenomeno è manifesto in particolare modo nei depositi alluvionali a granulometria fine (limi ed argille) di recente formazione, mentre risulta meno evidente nelle zone di affioramento dei depositi a granulometria grossolana quali le sabbie.

Le cause generatrici della subsidenza possono avere origini sia naturali sia artificiali. La subsidenza naturale si rivela su grandi areali, non visibili a livello locale, ed è indotta dal lento consolidamento della copertura alluvionale quaternaria per le variazioni dei livelli piezometrici e per il carico litostatico dei sedimenti accumulati sulla verticale dai corsi d'acqua.

Gli effetti sulle opere d'arte possono essere considerati trascurabili, purché i terreni di fondazione presentino caratteristiche geotecniche areali uniformi. In questi casi l'abbassamento della superficie topografica interessa vaste aree senza indurre cedimenti differenziali alle fondazioni dei fabbricati.

Qualora il sottosuolo non presenti condizioni di uniformità geotecnica si possono instaurare conseguenze gravi sulla statica dei manufatti.

La subsidenza artificiale si verifica invece su piccole aree ed è provocata principalmente dalle seguenti cause:

- l'eccessivo emungimento di acqua che in genere interessa aree corrispondenti al cono d'influenza dei pozzi idrici;
- le vibrazioni di macchine o del traffico veicolare che comporta la riorganizzazione delle particelle di terreno determinandone la compattazione;
- le variazioni dello stato di consistenza del terreno, per effetto di escavazioni.

Il fenomeno può risultare estremamente pericoloso per la stabilità dei fabbricati, perché può far insorgere sensibili cedimenti differenziali.

RELAZIONE GEOLOGICA

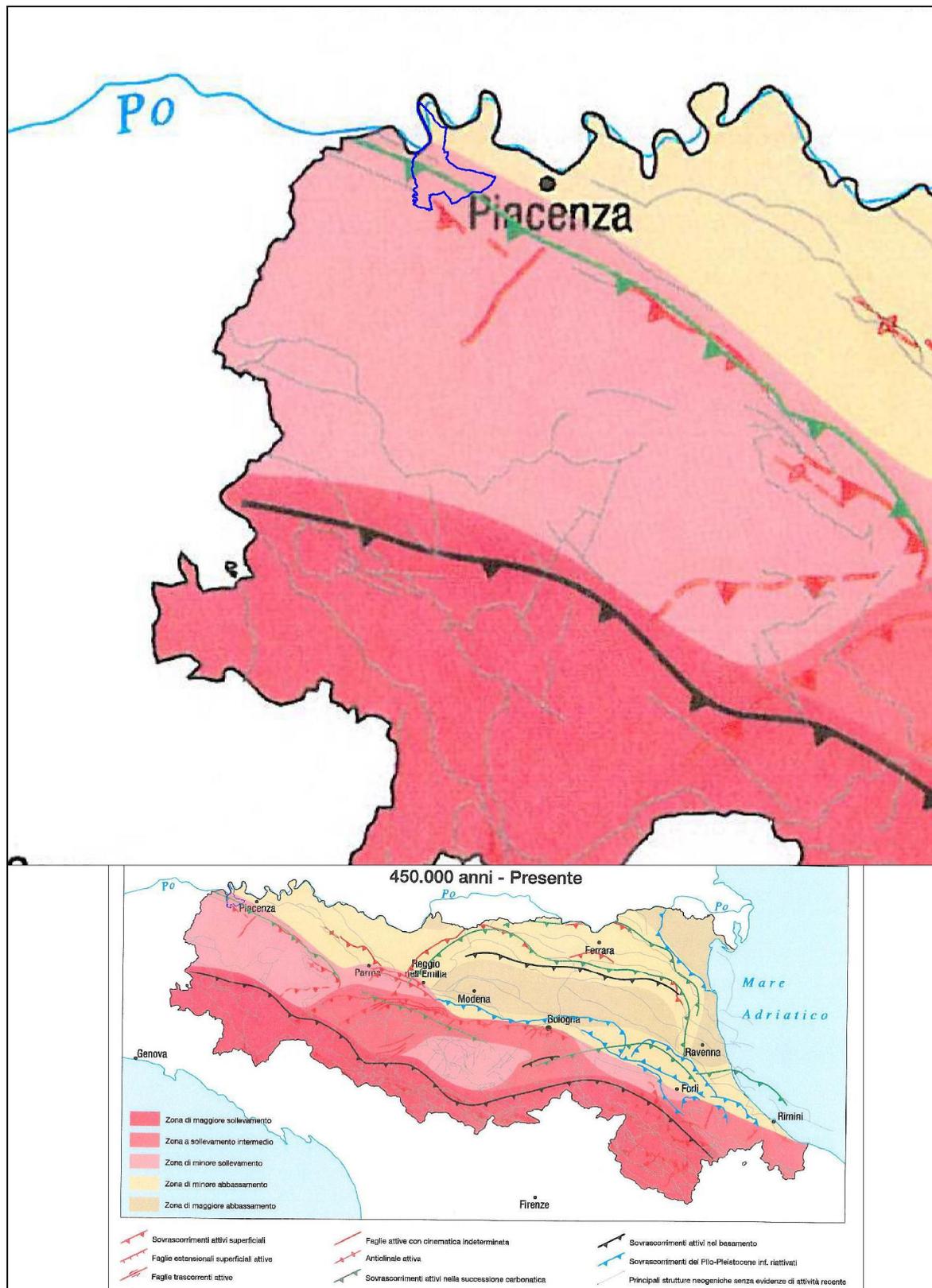


Figura 3.1: Attività geodinamica

4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Attraverso l'analisi delle unità geologiche affioranti, delle stratigrafie di numerose perforazioni e dei dati di indagini geognostiche e geofisiche disponibili, sono state individuate 5 macroaree con assetto stratigrafico sostanzialmente omogeneo dal punto di vista geotecnico.

L'ubicazione delle indagini disponibili è rappresentato nella **Tavola G3 - Indagini geognostiche e geofisiche**.

I limiti tra le varie macroaree sono da intendersi indicativi, in quanto il passaggio da una sequenza stratigrafica e l'altra è spesso continuo; inoltre sono stati trascurati gli elementi geologici minori.

Tale schematizzazione ha la finalità di fornire un orientamento sulle possibili problematiche geotecniche delle opere di fondazione.

Si tratta quindi di un documento non sostitutivo delle specifiche indagini in sito e degli studi da eseguire in fase di POC, di Piani d'attuazione e di Progettazione, come previsti da:

- Circolare Regionale n. 1288 del 11 febbraio 1983 contenente "*Indicazioni metodologiche sulle indagini geologiche da produrre a corredo dei Piani urbanistici comunali*";
- Circolare Regionale n. 1677/2005 del 24.10.2005 recante "Prime indicazioni applicative in merito al decreto ministeriale 14 settembre 2005";
- D.M. 11.3.1988 "*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e le rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*";
- D.M. 14.1.2008 "*Approvazione Norme tecniche per le costruzioni*";
- Eurocodici 7 e 8.

Il territorio del comune di Rottofreno sulla base dei dati stratigrafici disponibili (Fonte Regione Emilia Romagna) è caratterizzato dalle seguenti unità litologiche:

- Depositi di conoide alluvionale ad alimentazione appenninica, prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi;
- Depositi della piana di meandreaggiamento del Fiume Po ad alimentazione assiale costituiti da sabbie e sabbie limose prevalenti;
- Depositi d'interconoide ad alimentazione appenninica costituiti da alluvioni sabbiose e limo-argillose solcate localmente da canali di ghiaie;

RELAZIONE GEOLOGICA

- Depositi di canale e barra fluviale ghiaiosi e sabbiosi ad alimentazione appenninica, localmente intercalati da lenti di sabbie fini limose e limi argillosi;
- Depositi d'interconoide ad alimentazione appenninica, costituiti da alluvioni sabbiose e limo-argillose solcate localmente da canali di ghiaie, alternati a depositi di piana alluvionale, caratterizzati da alluvioni sabbiose e limo-argillose ad alimentazione sia assiale sia appenninica.

La rappresentazione cartografica delle principali unità litologiche del territorio comunale di Rottofreno è riportata nella **Tavola G1 - Geologia**.

4.1. Depositi di canale e barra fluviale

La successione stratigrafica è costituita da livelli di ghiaie poligeniche ed eterometriche in matrice sabbiosa e/o limosa e sabbie amalgamati o con sottili intercalazioni di argille e/o limi di limitata continuità areale. I livelli ghiaiosi sono quasi sempre prossimi al piano campagna o comunque a ridotta profondità.

Le eventuali intercalazioni limose ed argillose, generalmente con sviluppo spaziale ridotto, possono presentare localmente spessori anche superiori ai 2 metri. Il rapporto ghiaia ed argilla è generalmente pari all'unità.

Le condizioni di edificabilità dal punto di vista geologico-geotecnico sarebbero favorevoli se non intervenissero problematiche di natura idraulica legate alla vicinanza dei corsi d'acqua principali.

I terreni di fondazione presentano prevalentemente un comportamento granulare con alta e medio-alta resistenza al taglio e bassi e medio bassi indici di compressibilità.

Il tetto delle ghiaie e lo spessore dei livelli ghiaiosi potrebbe però essere discontinuo in senso spaziale, comportando, in caso di fondazioni superficiali, possibili problematiche connesse ai cedimenti differenziali.

4.2. Depositi di conoide alluvionale

La successione stratigrafica è costituita da livelli di ghiaie poligeniche ed eterometriche in matrice sabbiosa e/o limosa e sabbie amalgamati o con sottili intercalazioni di argille e/o limi di limitata continuità areale. I livelli ghiaiosi sono quasi sempre prossimi al piano campagna o comunque a ridotta profondità.

Le eventuali intercalazioni limose ed argillose, generalmente con sviluppo spaziale ridotto, possono presentare localmente spessori anche superiori ai 2 metri. Il rapporto ghiaia ed argilla è comunque superiore all'unità.

Le condizioni di edificabilità dal punto di vista geologico-geotecnico, sono favorevoli.

I terreni di fondazione presentano prevalentemente un comportamento granulare con alta e medio-alta resistenza al taglio e bassi e medio bassi indici di compressibilità.

Il tetto delle ghiaie e lo spessore dei livelli ghiaiosi potrebbe però essere discontinuo in senso spaziale, comportando, in caso di fondazioni superficiali, possibili problematiche connesse ai cedimenti differenziali.

4.3. Depositi d'interconoide

La successione stratigrafica è costituita da livelli di ghiaie di ghiaie poligeniche ed eterometriche in matrice sabbiosa e/o limosa e sabbie intervallati da livelli di argille e/o limi. Il rapporto ghiaia ed argilla è generalmente pari all'unità.

Le condizioni di edificabilità dal punto di vista geologico-geotecnico, sono in genere favorevoli. La presenza anche consistente di argille e limi a comportamento coesivo con bassi e medio-bassi valori di resistenza al taglio ed alti e medio alti indici di compressibilità, comporta limitazioni nell'applicazione dei carichi per fondazioni dirette.

Anche nelle situazioni più favorevoli con presenza di terreni a comportamento granulare il tetto delle ghiaie e lo spessore dei livelli ghiaiosi potrebbe essere discontinuo in senso spaziale, con comportando, in caso di fondazioni superficiali, possibili problematiche connesse ai cedimenti differenziali.

Per carichi significativi, o per inaccettabilità di cedimenti da parte delle strutture, è necessaria la realizzazione di fondazioni profonde, da intestare nei livelli ghiaiosi sottostanti, dei quali dovrà essere verificata la resistenza e lo spessore.

4.4. Depositi d'interconoide alternati a depositi di piana alluvionale

Si tratta della zona d'interdigitazione dei depositi di conoide distale del T. Tidone e del F. Trebbia con quelli di paleo alveo e barra fluviale del F. Po.

La successione stratigrafica è costituita da livelli di ghiaie di ghiaie poligeniche ed eterometriche in matrice sabbiosa e/o limosa e sabbie intervallati da livelli di argille e/o limi. Il rapporto ghiaia ed argilla è generalmente pari all'unità.

Le condizioni di edificabilità dal punto di vista geologico-geotecnico, sono in genere favorevoli. La presenza anche consistente di argille e limi a comportamento coesivo con bassi e medio-bassi valori di resistenza al taglio ed alti e medio alti indici di compressibilità, comporta limitazioni nell'applicazione dei carichi per fondazioni dirette.

Anche nelle situazioni più favorevoli con presenza di terreni a comportamento granulare il tetto delle ghiaie e lo spessore dei livelli ghiaiosi potrebbe essere discontinuo in senso spaziale, con

comportando, in caso di fondazioni superficiali, possibili problematiche connesse ai cedimenti differenziali.

Per carichi significativi, o per inaccettabilità di cedimenti da parte delle strutture, è necessaria la realizzazione di fondazioni profonde, da intestare nei livelli ghiaiosi sottostanti, dei quali dovrà essere verificata la resistenza e lo spessore.

4.5. Depositi della piana di meandreaggiamento del Fiume Po

I depositi della piana di meandreaggiamento del Fiume Po appartengono alle zone di pertinenza fluviale del F. Po. La successione stratigrafica è costituita da livelli di sabbie, sabbie ghiaiose e sabbie limose amalgamati o con sottili intercalazioni di limi sabbiosi e/o limi argillosi di limitata continuità areale. I livelli sabbiosi prevalenti sono quasi sempre prossimi al piano campagna o comunque a ridotta profondità.

Le condizioni di edificabilità dal punto di vista geologico-geotecnico sarebbero favorevoli se non intervenissero problematiche di natura idraulica legate alla vicinanza del F. Po

I terreni di fondazione presentano prevalentemente un comportamento granulare con alta e medio-alta resistenza al taglio e bassi e medio bassi indici di compressibilità.

Il tetto delle sabbie e lo spessore dei livelli sabbiosi potrebbe però essere discontinuo in senso spaziale, comportando, in caso di fondazioni superficiali, possibili problematiche connesse ai cedimenti differenziali.

4.6. Pericolosità al ritiro e al rigonfiamento delle terre coesive

I depositi prevalentemente argillosi e i depositi prevalentemente limosi, diffusamente estesi in tutto il territorio comunale, sono interessati e saranno interessati dai fabbricati civili industriali esistenti e di futura realizzazione.

Trattandosi di materiali a comportamento coesivo con un'alta frazione di argilla si possono determinare fenomeni di rigonfiamento e plasticizzazione nei periodi umidi e fenomeni di ritiro e fessurazione per essiccamento nei periodi siccitosi.

Gli effetti di ritiro e rigonfiamento comportano tensioni negative molto elevate che possono incidere negativamente nei fabbricati comportando, in determinate condizioni di carico ed ambientali, danni alla struttura in elevazione, in alcuni casi compromissori della stabilità del fabbricato medesimo.

4.6.1. Mineralogia dei depositi prevalentemente argillosi e limosi

I materiali fini limosi e/o argillosi dei depositi di argine naturale e dei depositi di piana inondabile sono costituiti principalmente da minerali fillosilicati a struttura complessa e composizione chimica variabile, noti anche come minerali argillosi.

Terre costituite esclusivamente da minerali argillosi sono tuttavia rare, poiché contengono quasi sempre anche microcristalli di quarzo, calcite, feldspati e miche.

I minerali argillosi sono, dal punto di vista chimico, dei silicati idrati, principalmente di alluminio e magnesio, con struttura costituita dalla sovrapposizione di strati tetraedrici e strati ottaedrici. Gli strati tetraedrici sono formati da tetraedri SiO_4 con il silicio al centro della struttura e l'ossigeno ai lati.

Questi tetraedri sono collegati mediante tre vertici ad altri tetraedri in modo che l'insieme determina anelli esagonali che si estendono in due direzioni del piano formando dei foglietti. Gli strati ottaedrici sono costituiti da ottaedri centrati da cationi bivalenti (es. Magnesio), o trivalenti (es. Alluminio), collegati tra loro per spigoli e con ai vertici gruppi ossidrili; gli ottaedri si collegano tra loro o a stretto contatto oppure secondo un motivo ancora esagonale.

I minerali argillosi sono costituiti dall'alternanza di foglietti tetraedrici e foglietti ottaedrici, in rapporto 1:1 (fillosilicati a due piani, es. Caolinite) oppure 2:1 (fillosilicati a tre strati, es. Smectiti). Il variare dei cationi, la presenza o meno di livelli di molecole d'acqua, l'inserimento di cationi tra i pacchetti di foglietti o la possibilità dei pacchetti di dilatarsi tra loro perdendo o immagazzinando acqua, individuano i diversi minerali argillosi evidenziati dalle analisi mineralogiche.

Senza addentrarsi in approfondimenti cristallografici, di seguito sono riportati alcuni dati relativi ai minerali argillosi tipici dei depositi di piana inondabile e di argine naturale:

- Caolinite: tipo 1:1, formula indicativa $\text{Al}_4(\text{OH})_8\text{Si}_4\text{O}_{10}$;
- Smectiti²: famiglia di minerali tra cui la Montmorillonite, tipo 2:1, formula indicativa $\text{Al}_2(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}$, reticolo espandibile;
- Miche: famiglia di minerali tra cui: in dipendenza del disordine strutturale si parla di Illite (tipo 2:1, formula indicativa $\text{KAl}_4(\text{OH})_4\text{Si}_8\text{-iAliO}_{20}\cdot n\text{H}_2\text{O}$) se è alto e di Muscovite se è basso;
- Clorite, formula generale $(\text{Mg,Fe,Al})_{12}(\text{Si,Al})_8\text{O}_{20}(\text{OH})_{16}$;

I minerali non argillosi, la cui percentuale diminuisce al diminuire del raggio delle particelle, sono costituiti da:

- Quarzo, SiO_2 , presente in granuli rotondeggianti;

RELAZIONE GEOLOGICA

- Feldspati, $(K,Na,Ca)Al(Si,Al)_3O_8$, in granuli prismatici;
- Calcite, $CaCO_3$, in granuli, romboedri, spesso d'origine biologica; aumentando la sua percentuale si passa dalle argille alle argille marnose, alle marne argillose, alle marne fino ai calcari senza soluzione di continuità; la sua presenza influenza fortemente alcune caratteristiche industriali e la qualità del prodotto finito;
- Dolomite, $MgCO_3$, in grani simili alla Calcite.

I legami cristallografici delle smectiti tra i foglietti tetraedrici e foglietti ottaedrici sono molto labili e le variazioni del contenuto d'acqua comportano fenomeni di rigonfiamento e ritiro di notevole entità.

4.6.2. Active zone

Il fenomeno responsabile dei fenomeni di ritiro e rigonfiamento dei minerali argillosi è la variazione del contenuto d'acqua, influenzata dalle oscillazioni piezometriche della falda idrica e della risalita, capillare e dalla variabilità stagionale con alterni periodi umidi e secchi.

La fascia di sottosuolo interessata dal fenomeno di variazione del contenuto d'acqua e, quindi dei conseguenti effetti di ritiro e rigonfiamento dei minerali argillosi, è nota come "Active Zone" e si estende dal piano campagna fino alla profondità di qualche metro.

Essendo i fabbricati normalmente realizzati nel territorio comunale di Rottofreno, costituiti da elementi strutturali di laterizio e talora cemento armato, che nel complesso assumono un comportamento fragile, i fenomeni di rigonfiamento e ritiro per essiccamento possono determinare la formazione di lesioni strutturali e cedimenti che esulano sia dal valore della capacità portante ammissibile, sia dai cedimenti di consolidazione ed immediati per effetto del carico indotto dal fabbricato.

L'approfondimento delle fondazioni alla quota di 1,0 metri dalla superficie topografica potrebbe essere una condizione minima per non risentire degli effetti delle variazioni di umidità stagionali e dell'azione del gelo e del disgelo, ma purtroppo non sufficiente nei confronti delle seguenti azioni naturali ed antropiche:

- presenza di alberi di alto fusto;
- tubazioni interrato (acquedotti, fognature) rotte e disperdenti;
- irrigazioni a ridosso delle fondazioni;
- costruzione di pavimentazioni impermeabilizzate a ridosso delle fondazioni;

² Importante il caso delle Smectiti: la distanza tra i pacchetti diminuisce di 1,5 volte in caso di perdita dell'acqua di interpacchetto: ciò si traduce in elevati ritiri durante l'essiccazione e in elevati rigonfiamenti in caso di aumento del contenuto d'acqua.

- variazioni del contenuto d'acqua susseguenti alla costruzione delle fondazioni nella stagione umida o nella stagione secca.

4.6.3. Effetti della vegetazione

Uno fenomeni più eclatanti di variazione ed amplificazione dell'Active Zone è la presenza di alberi d'alto fusto a ridosso delle fondazioni.

Pioppi, salici, querce, necessitano di circa 300 l d'acqua al giorno nei periodi secchi (Mouroux *et al.*, 1988).

Un albero adulto dissecca il terreno per una distanza uguale a 1.5 volte la sua altezza (Philipponat, 1991).

La suzione indotta dal richiamo di acqua da parte delle radici varia con le stagioni tra 100 kPa e 1000 kPa. I problemi maggiori si hanno in corrispondenza di argille sovraconsolidate con un contenuto d'acqua prossimo al limite plastico: l'assorbimento da parte delle radici anche di modesti quantitativi di acqua comporta una forte riduzione della suzione del terreno, dell'ordine di 300-400 KPa, che a sua volta provoca un incremento dello sforzo effettivo ed un'elevata variazione di volume (Pugh *et al.*, 1995).

Le precauzioni sono quindi quelle di governare la presenza di alberi d'alto fusto a distanze inferiori di 30 metri dalle fondazioni e che i sistemi fognari siano a perfetta tenuta e dotate delle necessarie azioni di manutenzione e controlli.

Nella seguente Fig. 4.1 è riportato un elenco di specie tipiche della pianura padana e la distanza alla quale dovrebbero stare dalle fondazioni.

RELAZIONE GEOLOGICA

| Classificazione In funzione dei danni prodotti | Specie | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|-----------------|-----------------------|------------------------------|--|--------------------|
| | | H altezza metri | massima distanza metri | distanza tra edificio e albero metri | distanza minima |
| 1 | quercia | 16-23 | 30 | 13 | 1 H |
| 2 | pioppo | 25 | 30 | 15 | 1 H |
| 3 | tiglio | 16-24 | 20 | 8 | 0.5 H |
| 4 | frassino | 23 | 21 | 10 | 0.5 H |
| 5 | platano | 25-30 | 15 | 7.5 | 0.5 H |
| 6 | salice | 15 | 40 | 11 | 1 H |
| 7 | olmo | 20-25 | 25 | 12 | 0.5 H |
| 8 | biancospino | 10 | 11 | 7 | 0.5 H |
| 9 | acero/sicomoro | 17-24 | 20 | 9 | 0.5 H |
| 10 | ciliegio/pruno | 8 | 11 | 6 | 1 H |
| 11 | faggio | 20 | 15 | 9 | 0.5 H |
| 12 | betulla | 12-14 | 10 | 7 | 0.5 H |
| 13 | sorbo selvatico | 8-12 | 11 | 7 | 1 H |
| 14 | cipresso | 18-25 | 20 | 3.5 | 0.5 H |

Specie di alberi e loro classificazione (in ordine decrescente) in funzione dei danni provocati alle fondazioni (Driscoll, 1983).

1. massima altezza raggiunta dalla pianta.
2. massima distanza raggiunta dalle radici.
3. distanza tra l'edificio e l'albero in funzione della specie.
4. distanza minima per edifici costruiti su suoli soggetti al fenomeno del ritiro (si moltiplica l'altezza H dell'albero per un coefficiente che dipende dalla specie di albero).

Figura 4.1: Specie di alberi e loro classificazione in funzione dei danni provocati alle fondazioni

5. AMBIENTE IDRICO SOTTERRANEO

5.1. Inquadramento Idrostratigrafico e Idrogeologico

L'idrostratigrafia è quella branca della geologia che studia l'architettura dei Bacini Idrogeologici attraverso la definizione e la mappatura delle unità idrostratigrafiche.

Le Unità Idrostratigrafiche sono corpi geologici cartografabili, in ciascuno dei quali ha sede un circuito idrologico ragionevolmente definito e distinto (Maxey, 1964).

I mattoni dell'idrostratigrafia sono le idrofacies, informalmente dette livelli, vale a dire corpi geologici con caratteristiche sedimentologiche e petrofisico-idrauliche omogenee. Un'associazione latero-verticale di Idrofacies, più o meno complessa, le cui caratteristiche petrofisiche d'insieme consentano l'accumulo e il transito di quantitativi d'acqua economicamente sfruttabili, si definisce sistema acquifero. Un'associazione latero-verticale di Idrofacies a permeabilità d'insieme bassa, invece, forma una barriera di permeabilità regionale o sistema acquitardo.

I Sistemi Acquiferi e le Barriere di Permeabilità Regionali (Sistemi Acquitardi) costituiscono le unità base dell'Idrostratigrafia. Insieme più o meno complessi di Sistemi Acquiferi e Barriere di Permeabilità Regionali possono essere accorpati in Unità Idrostratigrafiche di rango gerarchico crescente fino a comprendere l'intero Bacino Idrogeologico.

Nello studio del Bacino Idrogeologico della Pianura Emiliano-Romagnola, il Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna ha utilizzato una particolare sottoclasse d'Unità Idrostratigrafiche, denominate unità idrostratigrafico-sequenziali (Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP, 1998). Le caratteristiche peculiari delle Unità Idrostratigrafico-Sequenziali (UIS) sono le seguenti:

1. sono costituite da una o più unità Stratigrafiche a limiti discontinui (limiti di discontinuità stratigrafica), denominate Sequenze Deposizionali, sensu Mitchum et Al. (1977).
2. comprendono in posizione basale e/o sommitale una Barriera di Permeabilità Regionale.

L'identificazione di una Sequenza Deposizionale con un'Unità Idrostratigrafica discende dalla considerazione seguente: una Sequenza Deposizionale è per definizione un corpo geologico complesso, formato da facies con geometrie e caratteri petrofisici variabili, ma legate geneticamente, cioè deposte in ambienti sedimentari contigui ed in continuità di sedimentazione. Le superfici di strato possono quindi toccare, ma non intersecare i limiti della Sequenza Deposizionale a cui appartengono. Dal momento che, se si escludono le aree di affioramento o i pozzi plurifenestrati, i flussi idrici sotterranei avvengono con componente parallela alle superfici di strato molto maggiore di quella ortogonale, si può concludere che tali flussi risultino necessariamente confinati all'interno di una singola Sequenza Deposizionale. Ne consegue che, per la definizione data ad inizio paragrafo, ogni Sequenza Deposizionale è un'Unità Idrostratigrafica. Inoltre, se si tiene in considerazione anche la

RELAZIONE GEOLOGICA

seconda caratteristica, si potrà essere certi che ogni UIS così definita sia idraulicamente isolata da quelle adiacenti. Un risvolto pratico importante di queste scelte teoriche è che il livello piezometrico misurato in un Sistema Acquifero appartenente a una determinata UIS è di norma indipendente dai livelli piezometrici misurati, sulla stessa verticale, in Sistemi Acquiferi contenuti in altre UIS.

5.1.1. Idrostratigrafia del territorio comunale

La Figura 5.1 illustra il quadro geologico-stratigrafico e idrostratigrafico del Bacino Idrogeologico della Pianura Emiliano-Romagnola, in cui si inserisce l'area di studio.

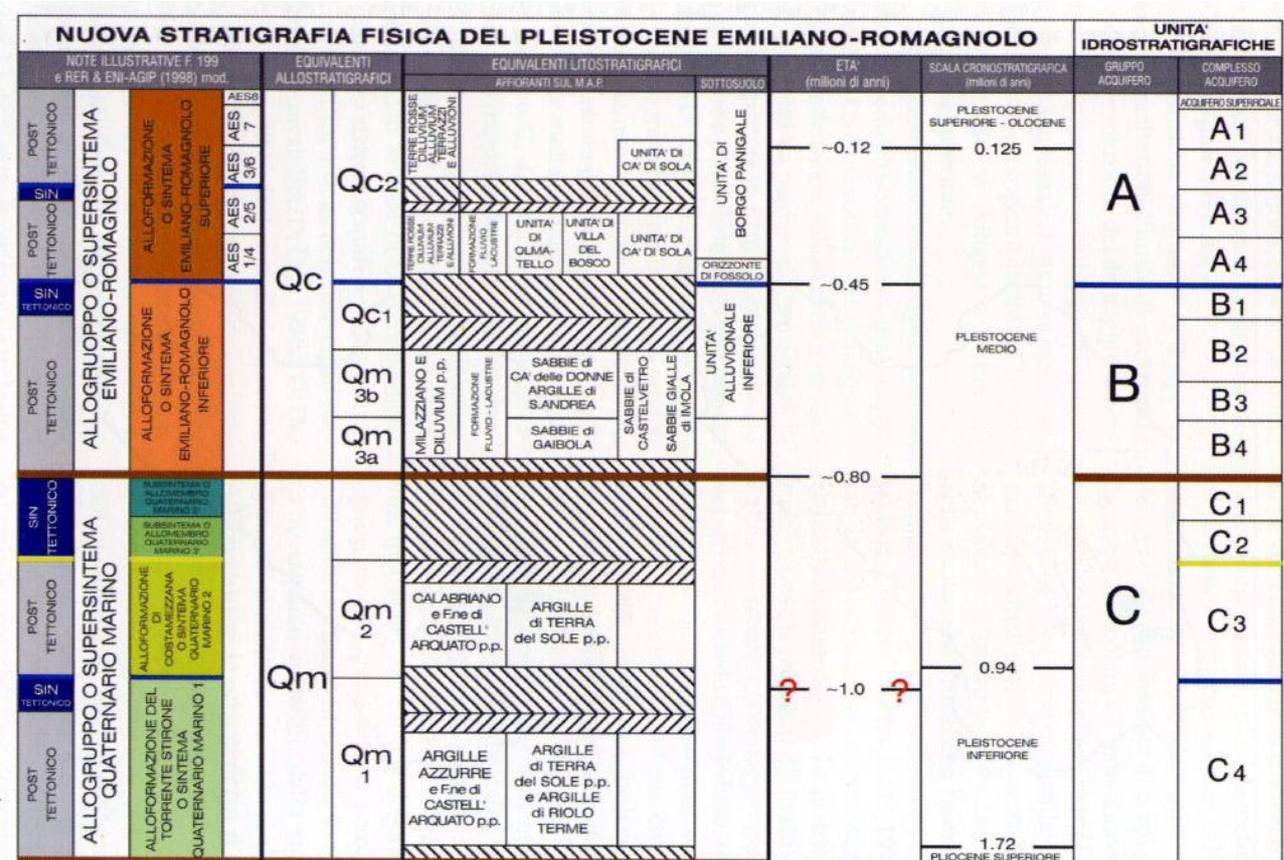


Figura 5.1: Schema geologico-stratigrafico e idrostratigrafico del Bacino Pleistocenico della Pianura Emiliano-Romagnola. Da "Di Dio G. (2001): Il quadro delle conoscenze. In Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi \ 15. Nuova Carta della vulnerabilità del parmense ed indirizzi di tutela delle acque. A cura di G. Alifracco. 9-20, Pitagora ed., Bologna".

Le Unità Idrostratigrafico-Sequenziali di rango superiore sono 3, denominate Gruppi Acquiferi A, B e C, a loro volta suddivise in 12 UIS, gerarchicamente inferiori, denominate Complessi Acquiferi. Esse affiorano estesamente sul margine meridionale del Bacino Idrogeologico della Pianura Emiliano-Romagnola per poi immergersi verso nord al di sotto dei sedimenti depositati dal Fiume Po e dai suoi

affluenti negli ultimi 20.000 anni, contenenti Sistemi Acquiferi quasi sempre freatici, di scarsa estensione e potenzialità (Complesso Acquifero Superficiale o A0; Fig. 5.2).

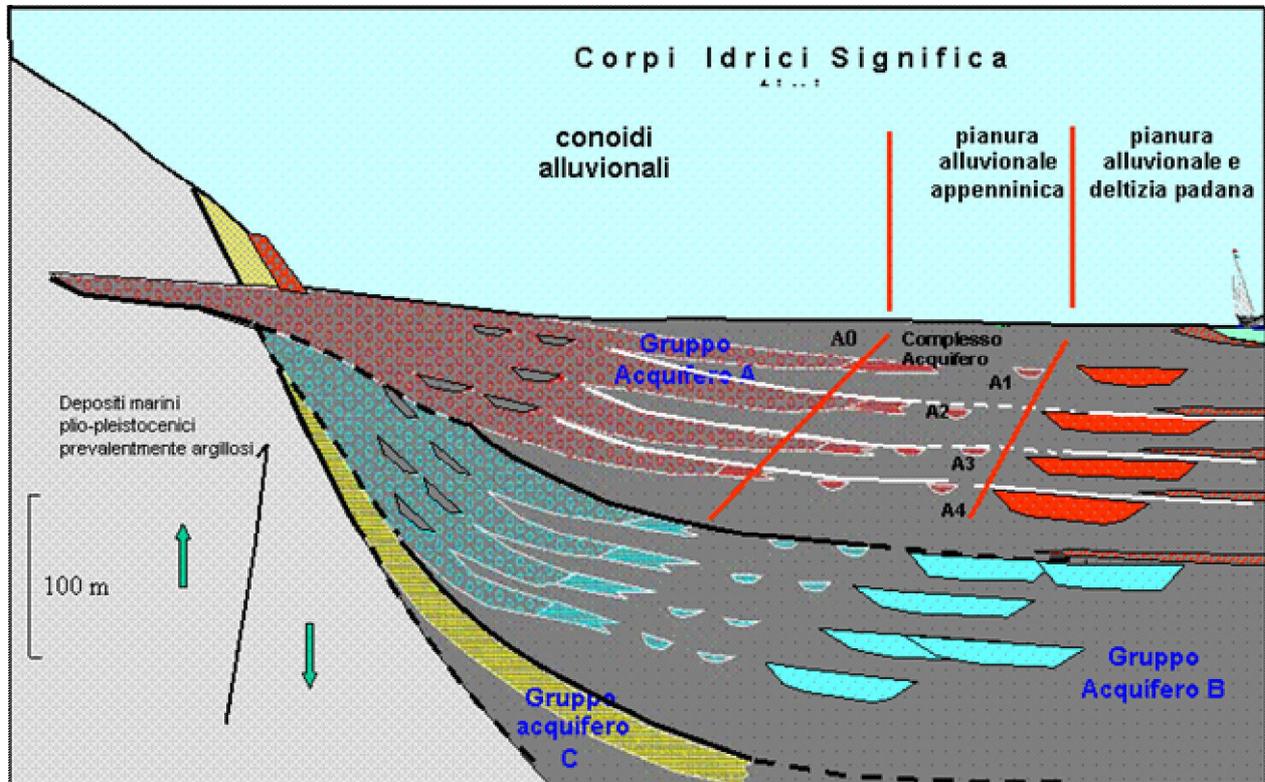


Figura 5.2: Sezione idrostratigrafica rappresentativa del Bacino Pleistocenico della Pianura Emiliano-Romagnola. Figura tratta dagli elaborati conoscitivi a supporto del Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna.

I corpi geologici che fungono da acquiferi sono costituiti da sedimenti ghiaiosi e sabbiosi di origine deltizia, litorale e alluvionale depositi dai paleo-fiumi appenninici e dal Paleo-fiume Po a partire da circa 1 milione di anni fa. Ciascun Gruppo Acquifero è idraulicamente separato, almeno per gran parte della sua estensione, da quelli sovrastanti e sottostanti, grazie a Barriere di Permeabilità Regionali.

Al suo interno ogni Gruppo Acquifero è composto da serbatoi acquiferi sovrapposti e giustapposti, parzialmente o totalmente isolati tra loro, suddivisi in Complessi e Sistemi Acquiferi.

Le principali barriere di permeabilità in senso orizzontale sono costituite da corpi geologici decametrici, a prevalente granulometria fine, interpretabili come sistemi deposizionali interdeltizi o di interconoide e bacino interfluviale, che si giustappongono a sistemi deposizionali deltizi, di conoide alluvionale e fluviali, ricchi in materiali grossolani.

5.1.2. Architettura del bacino idrogeologico nell'area di studio

I rapporti geometrici fra i Complessi Acquiferi e le caratteristiche geometrico-stratigrafiche e idrogeologiche più importanti sono:

1. i depositi grossolani di origine marino-marginale e di delta-conoide ascritti al Gruppo Acquifero C costituiscono Sistemi Acquiferi confinati di grande estensione, intercalati da Barriere di Permeabilità di notevole spessore e continuità, la cui correlazione è possibile in tutta l'alta pianura parmense;
2. il Gruppo Acquifero C risulta molto deformato e strutturato per effetto dei movimenti tettonici tardo-quadernari del Margine Appenninico Padano; in conseguenza di ciò, gli assi strutturali sepolti condizionano notevolmente la profondità a cui può essere incontrato uno stesso Sistema Acquifero del Gruppo C, nell'alta pianura piacentina;
3. i Gruppi Acquiferi B e A, d'origine alluvionale, non costituiscono mai, se non nelle zone strettamente apicali di conoide, un acquifero freatico, monostrato e indifferenziato. Essi risultano invece molto più complessi e articolati del Gruppo C a causa della giustapposizione e sovrapposizione di differenti sistemi deposizionali (Tebbia, Tidone, Luretta), ma possono comunque essere studiati e cartografati in dettaglio, evidenziando le aree di interconnessione presenti tra Sistemi Acquiferi generalmente separati e l'estensione delle principali Barriere di Permeabilità;
4. nel movimento dalla superficie verso gli strati del sottosuolo e verso i filtri dei pozzi (ricarica), l'acqua ed eventualmente il suo carico inquinante, non può attraversare le Barriere di Permeabilità Regionali (zone in grigio), ma deve necessariamente correre lungo o attraverso i Sistemi Acquiferi (fasce colorate contigue);
5. sottostante al complesso acquifero C è presente un altro complesso di acquiferi ascrivibile alla Formazione a Colombacci; si tratta infatti di paraconglomerati poligenici grossolani gradati, a matrice sabbiosa caratterizzate da un'elevata permeabilità e da un alto coefficiente d'immagazzinamento, sede pertanto di acquiferi alimentati essenzialmente dalla filtrazione delle acque efficaci; tra la Formazione a Colombacci e l'Allogruppo del Quaternario Marino non vi è continuità idrogeologica perché separati dalla formazione poco permeabile delle Argille di Lugagnano.

5.2. Comportamento idrodinamico degli acquiferi superficiali

I numerosi dati idrogeologici a disposizione hanno permesso di effettuare una caratterizzazione attendibile dell'andamento idrodinamico dell'acquifero superficiale, che consente di effettuare le seguenti conclusioni:

- il regime idrico sotterraneo è tipicamente caratterizzato da falde freatiche e semi – confinate negli acquiferi superficiali e falde confinate in quelli profondi;
- l'asse principale di flusso della falda più superficiale è generalmente diretto verso Nord - Est, in accordo con l'orientamento della rete idrografica principale e del gradiente topografico. Ciò determina un andamento idrodinamico della superficie piezometrica piuttosto regolare, e di norma contraddistinto da una cadente subparallela al terrazzamento recente e medio - recente;
- le falde si attestano a quote comprese, all'incirca, tra i 45 e i 70 m s.l.m.;
- la falda è principalmente alimentata per filtrazione di subalveo e, secondariamente, per filtrazione da monte;
- le falde in questione sono ampiamente utilizzate a livello locale per uso irriguo e domestico, localmente anche a scopo acquedottistico.

La rappresentazione cartografica dell'andamenti idrodinamico dell'acquifero superficiale è riportata nella **Tavola G4 - Idrogeologia**.

5.3. Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento

La vulnerabilità degli acquiferi è un parametro che definisce la suscettibilità specifica dei sistemi acquiferi, nelle loro diverse componenti e nelle diverse situazioni geometriche ed idrodinamiche, ad ingerire e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinamento fluido o idroveicolato, tale da produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea.

La **Tavola G5 - Vulnerabilità degli acquiferi** fornisce una classificazione delle aree maggiormente esposte al rischio di inquinamento, e di quelle in cui risulta potenzialmente più deleteria la possibilità di propagazione di inquinanti provenienti dalla superficie nei serbatoi idrici sotterranei, considerando sia quelli che alimentano le falde superficiali (freatiche o a pelo libero) che profonde (falde confinate).

La metodologia adottata è quella proposta dal C.N.R. – Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche, analoga a quella utilizzata anche per l'elaborazione della carta della vulnerabilità della pianura piacentina contenuta negli elaborati del PTCP adottato dalla Provincia di Piacenza. In particolare, il metodo utilizzato prevede l'analisi dei seguenti fattori:

- litologia di superficie: le caratteristiche granulometriche strettamente connesse alla velocità di infiltrazione di un eventuale inquinante consentono una stima della capacità di autodepurazione, filtrazione, assorbimento e degradazione chimico – biologica dei terreni;
- profondità del tetto dell'acquifero: la protezione operata dai terreni di copertura varia con il variare dello spessore di tale barriera naturale;

RELAZIONE GEOLOGICA

- caratteristiche idrauliche delle falde: è stata operata la distinzione tra falde a pelo libero e falde in pressione, in quanto queste ultime, a differenza delle prime, si oppongono alla propagazione degli agenti inquinanti nel mezzo liquido.

Mediante l'analisi incrociata di tali parametri è stata ottenuta una zonizzazione qualitativa del territorio per aree omogenee, in funzione del grado di vulnerabilità degli acquiferi (basso, medio, alto, elevato, estremamente elevato).

Dalla zonizzazione ricavata è stato quindi evidenziato come le aree maggiormente vulnerabili (a grado di vulnerabilità estremamente elevato) siano limitate all'alveo attuale del F. Trebbia e del T. Tidone., costituito da alluvioni ghiaiose o ghiaioso – sabbiose ad elevata permeabilità, per lo più disperdenti ed in diretta connessione idraulica con i vari acquiferi. Le aree a grado di vulnerabilità elevato sono invece localizzate ai margini delle precedenti, in corrispondenza delle fasce golenali, e comprendono gli apporti fluviali più recenti, costituiti da sedimenti ad elevata permeabilità (ghiaie prevalenti).

Allontanandosi dall'asta fluviale del T. Tidone e del F. Trebbia, si nota una diminuzione del grado di vulnerabilità del sistema. In particolare, nelle zone di interconoide, si rileva la presenza di consistenti coperture limo – argillose, che riducono il grado di vulnerabilità alle classi medie e basse.

Analogamente, muovendosi dall'alta pianura verso Nord, si passa dal grado di vulnerabilità alto a quello medio e basso, all'incirca in corrispondenza della Via Emilia, dove ha inizio lo sviluppo di coperture di natura prevalentemente argillosa, particolarmente impermeabili, che costituiscono importanti fattori di protezione dell'acquifero più superficiale.

5.4. Piano Regionale Tutela Acque

Il Piano Regionale Tutela Acque (PTA) della Regione Emilia Romagna costituisce lo strumento mediante il quale la Regione, in adeguamento ai principi generali espressi dalla L. 36/94, persegue la tutela e il risanamento delle acque superficiali e sotterranee secondo la disciplina generale definita dal D.Lgs 152/99.

Il PTA della regione Emilia Romagna costituisce lo strumento di pianificazione per il raggiungimento degli obiettivi di qualità fissati dalle Direttive Europee e recepite nella norma italiana, utilizzando un criterio integrato che prende in considerazione, oltre agli aspetti più tipicamente di carattere qualitativo, anche gli aspetti quantitativi (minimo deflusso vitale, risparmio idrico, verifica delle concessioni, diversione degli scarichi, etc.).

A tal fine, il Piano individua, fra l'altro, zone di protezione corrispondenti ad aree da assoggettare a specifiche modalità di gestione finalizzate alla tutela delle risorse idriche sotterranee e superficiali, individuandole anche cartograficamente.

Relativamente all'ambiente idrico sotterraneo il Piano Regionale Tutela Acque distingue le aree di protezione delle acque sotterranee in zone del territorio pedecollina-pianura, collinare-montano.

Per il Comune di Rottofreno , le zone di protezione delle acque sotterranee sono articolate in settori di ricarica delle falde di tipo A (aree caratterizzate da ricarica diretta della falda), di tipo B (aree caratterizzate da ricarica indiretta della falda), di tipo C (bacini imbriferi di primaria alimentazione dei settori di tipo A e B), di tipo D (fasce adiacenti agli alvei fluviali con prevalente alimentazione laterale subalvea), emergenze naturali di falda (fontanili), zone di riserva (presenza di risorse non ancora destinate al consumo umano e potenzialmente sfruttabili).

Il territorio comunale di Rottofreno è suddiviso nei seguenti settori:

- Settore A: Aree caratterizzate da ricarica diretta della falda, generalmente a ridosso della pedecollina, idrogeologicamente identificabili come sistema monostrato, contenente una falda freatica in continuità con la superficie da cui riceve alimentazione per infiltrazione;
- Settore B: Aree caratterizzate da ricarica indiretta della falda, generalmente comprese tra la zona A e la media pianura, idrogeologicamente identificabili come sistema debolmente compartimentato, in cui la falda freatica superficiale segue una falda semiconfinata in collegamento per drenanza verticale;
- Settore C³: Bacini imbriferi di primaria alimentazione dei settori tipo A e B;
- Settore D: Fasce adiacenti agli alvei fluviali (250 metri per lato) con prevalente alimentazione laterale subalvea.

La rappresentazione cartografica delle aree di ricarica degli acquiferi è riportata nella **Tavola G5 - Vulnerabilità degli acquiferi**.

³ Non presente nel territorio comunale

6. PEDOLOGIA

Il suolo, essendo l'ambiente di contatto tra litosfera, atmosfera e biosfera, è soggetto all'azione integrata di numerosi processi fisici, chimici e biologici, a loro volta condizionati dal tempo (durata dei processi pedogenetici), dal clima, dalla morfologia (rilievo) dalla roccia madre, e dagli organismi viventi (fattore biotico).

In riferimento all'ampia gamma di fattori che influenzano i processi pedogenetici, nelle zone di specifico interesse è utilizzata la metodologia di analisi introdotta dalla Regione Emilia Romagna "I suoli dell'Emilia Romagna". La classificazione e la zonizzazione dell'areale pedologico è basata sui seguenti caratteri:

- pendenza: parametro per la stima in percentuale del gradiente topografico dell'orizzonte pedogenetico;
- rocciosità: parametro per la valutazione in percentuale del grado di affioramento del substrato roccioso;
- pietrosità superficiale: parametro utilizzato per quantificare in percentuale la frazione grossolana;
- profondità: profondità alla quale si attesta il confine tra il suolo e il sottostante substrato roccioso;
- disponibilità d'ossigeno: parametro valutato mediante la misurazione dell'acqua libera, l'imbibizione capillare e le tracce di idromorfia;
- tessitura: parametro che definisce la composizione granulometrica del suolo attraverso la stima della percentuale di sabbia (diametro: 2 - 0,05 mm), limo (diametro: 0,05 - 0,002 mm) e argilla (diametro: < 0,002 mm);
- scheletro: parametro per quantificare il tipo e i volumi dei frammenti rocciosi con diametro > 2 mm presenti nel suolo;
- calcare totale: parametro per la quantificazione in percentuale del calcare presente nella frazione di suolo inferiore a 2 mm;
- reazione: parametro per la valutazione del grado di acidità e di alcalinità del suolo in funzione del pH;
- salinità: parametro per la quantificazione del contenuto salino in funzione della conducibilità elettrica dell'estratto di saturazione espressa in millimhoms per cm.

Il quadro pedologico dell'area in esame è caratterizzato dalle consociazioni di suolo descritte nei successivi paragrafi:

6.1. Suoli CASTELVETRO, su aree raramente inondabili

I suoli "Castelvetro su aree raramente inondabili" sono molto profondi, molto calcarei e moderatamente alcalini, a tessitura franca limosa o franca.

| | |
|---|---------------------------------------|
| Classificazione Soil Taxonomy (Chiavi 1994) | loamy, mixed, mesic Aquic Ustochrepts |
| Legenda FAO | Calcaric Cambisols |

I suoli "Castelvetro su aree raramente inondabili" sono individuabili nella piana a meandri lungo il corso attuale del fiume Po in superfici comprese tra l'argine maestro e gli arginelli minori destinati a contenere le piene ordinarie.

In queste terre la pendenza varia dallo 0,1 allo 0,5%.

Il substrato è costituito da sedimenti fluviali a tessitura da media a grossolana, talvolta presenti in strati a tessitura contrastante. La densità di urbanizzazione è moderata. L'uso agricolo del suolo è a seminativo semplice e colture legnose (pioppo).

Opere atte a regolare il deflusso delle acque sono necessarie saltuariamente e solo a livello aziendale (scoline poco profonde, baulature).

I caratteri per il riconoscimento locale sono:

- sono **localizzati** all'interno delle aree golenali del fiume Po compresi tra l'arginello consortile e l'argine maestro;
- **zolle di aratura** di medie dimensioni, moderatamente coesive allo stato secco;
- **tessitura** franco limosa, raramente franca (18-28% di argilla) in superficie;
- **colore** dell'orizzonte di superficie bruno oliva (riconoscibile nella pagina 2,5Y delle tavole Munsell);
- presenza di **screziature** grigie o bruno grigiastre e bruno-giallastre a partire dalla base dell'orizzonte lavorato;
- violenta **effervescenza** all'HCl in soluzione acquosa al 10% lungo tutto il profilo.

RELAZIONE GEOLOGICA

Tabella 6.1: Profilo di riferimento

| | |
|--|--|
| <p>Ap 0-50 cm; franco limoso, di colore bruno oliva (2.5Y4/4); frammenti poliedrici subangolari grossolani debolmente sviluppati; macropori molto fini, 0,1%; comuni radici fini; violenta effervescenza all'HCl; moderatamente alcalino (pH =7,8); limite chiaro lineare.</p> <p>Bw 50-70 cm; franco limoso, di colore bruno oliva chiaro (2.5Y5/4), con comuni screziature bruno giallastre (10YR5/6) e bruno grigiastre (2.5Y5/2); struttura poliedrica angolare grossolana moderatamente sviluppata; macropori fini 0,5%; poche radici fini; violenta effervescenza all'HCl; moderatamente alcalino (pH =8,1); limite chiaro lineare.</p> <p>C1 70-85 cm; franco limoso, di colore bruno oliva (2.5Y5/4), con comuni screziature grigio brunastro chiaro (2.5Y6/2) e bruno giallastre (10YR5/6); massivo, macropori molto fini 0,5%; poche radici fini; violenta effervescenza all'HCl; moderatamente alcalino (pH =8,1); limite chiaro lineare.</p> <p>C2 85-100 cm; franco limoso, di colore grigio brunastro chiaro (2.5Y6/2), con comuni screziature bruno giallastre (10YR5/6); massivo, macropori molto fini 0,5%; violenta effervescenza all'HCl; moderatamente alcalino (pH =8,1); limite chiaro lineare.</p> <p>C3 100-120 cm; franco limoso, di colore bruno oliva (2.5Y5/4), con molte screziature bruno grigiastre (2.5Y5/1) e comuni screziature bruno giallastro scuro (10YR4/6); massivo, macropori molto fini 0,2%; violenta effervescenza all'HCl; moderatamente alcalino (pH =8,1); limite chiaro ondulato.</p> <p>C4 120-160 cm; franco sabbioso, di colore bruno grigiastro (2.5Y5/2), con molte screziature bruno giallastre (10YR5/6); massivo, macropori molto fini 0,1%; violenta effervescenza all'HCl; moderatamente alcalino (pH =8,1).</p> |  |
|--|--|

Tabella 6.2: Determinazioni analitiche relative al profilo di riferimento

| Orizzonte | Profondità [cm] | Sabbia [%] | Limo [%] | Argilla [%] | pH in H ₂ O | CaCO ₃ totale [%] | CaCO ₃ attivo [%] | Mat. org. [%] | C.S.C. [meq / 100g] | Salinità [dS/m] | ESP |
|-----------|-----------------|------------|----------|-------------|------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------|---------------------|-----------------|------|
| Ap | 0-50 | 22 | 58 | 20 | 7,8 | 12 | 5 | 2,1 | 18,7 | | 4,6 |
| Bw | 50-70 | 5 | 74 | 21 | 8,1 | 18 | 10 | 1,1 | 18,19 | | 5,0 |
| C1 | 70-85 | 38 | 53 | 9 | 8,1 | 15 | 3 | 0,6 | 13,39 | | 6,8 |
| C2 | 85-100 | 42 | 52 | 6 | 8,1 | 14 | 3 | 0,5 | 11,07 | | 8,3 |
| C3 | 100-120 | 41 | 52 | 7 | 8,1 | 14 | 3 | 0,5 | 13,1 | | 6,9 |
| C4 | 120-160 | 50 | 44 | 6 | 8,1 | 15 | 3 | 0,5 | 8,73 | | 10,8 |

6.2. Suoli MORTIZZA, su aree frequentemente inondabili

I suoli "Mortizza, su aree frequentemente inondabili" sono molto profondi, molto calcarei, moderatamente alcalini, a tessitura moderatamente grossolana o media. E' presente la sabbia entro 1 metro di profondità.

| | |
|---|---|
| Classificazione Soil Taxonomy (Chiavi 1994) | loamy over sandy, mixed, mesic Udifluventic Ustochrepts |
| Legenda FAO | Calcaric Cambisols |

I suoli "Mortizza, su aree frequentemente inondabili" sono ubicati nella piana a meandri lungo il corso attuale del fiume Po in superfici comprese tra l'alveo e gli arginelli minori destinati a contenere le piene ordinarie, in ambiente di barra di meandro. In queste terre la pendenza varia dallo 0,1 allo 0,6%.

Il substrato è costituito da sedimenti fluviali a tessitura grossolana. La densità di urbanizzazione è moderata. L'uso agricolo del suolo è a pioppeto. I caratteri per il riconoscimento locale sono:

- sono **localizzati** all'interno delle aree golenali del fiume Po compresi tra l'alveo e l'arginello consortile;
- **zolle di aratura** debolmente coesive e frequentemente friabili allo stato secco;
- **tessitura** franca o franco sabbiosa in superficie e strati a tessitura sabbiosa entro 100 cm (in genere a partire da 80 cm circa);
- **colore** dell'orizzonte di superficie bruno oliva (riconoscibile nella pagina 2,5Y delle tavole Munsell);
- violenta **effervescenza** all'HCl in soluzione acquosa al 10% lungo tutto il profilo.

Tabella 6.3: Profilo di riferimento

RELAZIONE GEOLOGICA

| | |
|--|--|
| <p>Ap 0-40 cm; franco limoso, di colore bruno oliva (2,5Y4/4); frammenti poliedrici subangolari grossolani, macropori molto fini, 0,3%; poche radici molto fini; moderatamente alcalino, violenta effervescenza all'HCl; limite chiaro lineare.</p> <p>Bw 40-70 cm; franco limoso, di colore bruno oliva (2,5Y4/4); struttura poliedrica subangolare media, debolmente sviluppata, macropori fini, 0,3%; poche radici molto fini; moderatamente alcalino, violenta effervescenza all'HCl; limite abrupto lineare.</p> <p>2C 70-150 cm; sabbia, di colore bruno grigiastro scuro (2,5Y4/2) (colore asciutto bruno grigiastro chiaro-2,5Y6/2); incoerente; moderatamente alcalino, violenta effervescenza all'HCl.</p> |  |
|--|--|

Tabella 6.4: Determinazioni analitiche relative al profilo di riferimento

| Prof. Min. cm | Prof. Max. cm | Sabbia % | Limo % | Argilla % | Materia org. % | pH in H ₂ O | Calcare totale % | Calcare attivo % | CSC meq/100g | Cond. el. 1:5 (dS/m) | ESP |
|---------------|---------------|----------|--------|-----------|----------------|------------------------|------------------|------------------|--------------|----------------------|-----|
| 0 | 40 | 19,0 | 64,0 | 17,0 | 1,8 | 7,9 | 13,0 | 5,0 | | | |
| 40 | 70 | 11,0 | 74,0 | 15,0 | 1,1 | 8,0 | 16,0 | 6,0 | | | |
| 70 | 120 | 95,0 | 3,0 | 2,0 | 0,1 | 8,2 | 9,0 | 1,0 | | | |
| 120 | 150 | 96,0 | 3,0 | 1,0 | 0,1 | 8,1 | 9,0 | 1,0 | | | |

6.3. Suoli ROTTOFRENO argillosa limosa

I suoli "Rottofreno argillosa limosa" sono molto profondi, molto calcarei, moderatamente alcalini a tessitura argillosa limosa o franca argillosa limosa.

| | |
|---|--|
| Classificazione Soil Taxonomy (Chiavi 1994) | fine, mixed, mesic Udertic Ustochrepts |
| Legenda FAO | Vertic Cambisols |

I suoli "Rottofreno argillosa limosa" sono presenti nella piana pedemontana in ambiente di interconoide e di conoide, talora in terrazzi alluvionali intravallivi. Occasionalmente si rilevano nella piana a copertura alluvionale in ambiente di argine naturale distale. In queste terre la pendenza è inferiore all'1%.

Il substrato è presumibilmente costituito da alluvioni fini o moderatamente fini.

L'uso agricolo del suolo è a seminativo semplice e prati.

I caratteri per il riconoscimento locale sono:

- presenza di **fessure** nei mesi estivi;
- **zolle di aratura** di grandi dimensioni, coesive allo stato secco e lisciate allo stato umido;
- **tessitura** franco argillosa limosa o argillosa limosa nell'orizzonte superficiale;
- **colore** dell'orizzonte di superficie bruno grigiastro scuro o bruno oliva (riconoscibile nelle pagine 2,5Y o 10YR delle tavole Munsell);
- violenta **effervescenza** all'HCl in soluzione acquosa al 10% in tutto il profilo;
- assenza di **screziature** grigie e bruno grigiastre entro i primi 70-80 cm di profondità.

RELAZIONE GEOLOGICA

Tabella 6.5: Profilo di riferimento

| | |
|---|--|
| <p>Ap 0 - 45 cm; franco argilloso limoso; colore della matrice bruno grigiastro scuro (10YR4/2); frammenti poliedrici subangolari e prismatici grossolani moderatamente sviluppati; pori fini (2%) e grossolani (1%); comuni radici fini; poche pellicole orientate per pressione; violenta effervescenza all'HCl; debolmente alcalino; limite abrupto ondulato.</p> <p>Bw1 45 - 90 cm; franco argilloso limoso; colore della matrice bruno oliva chiaro (2.5Y5/4), colore delle facce bruno grigiastro scuro (2.5Y4/2); aggregazione prismatica media e grossolana fortemente sviluppata; pori fini (1%); comuni radici fini; comuni pellicole orientate per pressione; violenta effervescenza all'HCl, moderatamente alcalino; limite graduale lineare.</p> <p>Bw2 90 - 120 cm; franco argilloso limoso; colore della matrice bruno oliva chiaro (2.5Y5/4), colore delle facce bruno grigiastro (2.5Y5/2); aggregazione prismatica grossolana fortemente sviluppata; pori fini (1%); poche radici fini; comuni pellicole orientate per pressione; violenta effervescenza all'HCl, moderatamente alcalino; limite graduale lineare.</p> <p>Bw3 120 - 135 cm; franco argilloso limoso; colore della matrice bruno oliva chiaro (2.5Y5/3); aggregazione prismatica e poliedrica subangolare grossolana moderatamente sviluppata; pori fini (0.8%); poche radici fini; poche pellicole orientate per pressione; violenta effervescenza all'HCl, moderatamente alcalino.</p> |  |
|---|--|

Tabella 6.6: Determinazioni analitiche relative al profilo di riferimento

| Prof. Min. cm | Prof. Max. cm | Sabbia % | Limo % | Argilla % | Materia org. % | pH in H ₂ O | Calcare totale % | Calcare attivo % | CSC meq/100g | Cond. el. 1:5 (dS/m) | ESP |
|---------------|---------------|----------|--------|-----------|----------------|------------------------|------------------|------------------|--------------|----------------------|-----|
| 0 | 45 | 5,0 | 56,0 | 39,0 | 2,9 | 7,6 | 13,0 | 6,0 | 26,7 | | 3,6 |
| 45 | 90 | 0,0 | 67,0 | 33,0 | 1,4 | 8,0 | 24,0 | 12,0 | 22,1 | | 4,5 |
| 90 | 120 | 2,0 | 69,0 | 29,0 | 1,4 | 8,0 | 27,0 | 12,0 | 18,4 | | 5,2 |
| 120 | 135 | 2,0 | 67,0 | 31,0 | 1,1 | 8,1 | 27,0 | 12,0 | 20,6 | | 4,5 |

6.4. Suoli MEDICINA argillosa limosa

I suoli "Medicina argillosa limosa" sono molto profondi, moderatamente alcalini; da scarsamente a moderatamente calcarei ed a tessitura argillosa limosa nella parte superiore, da moderatamente a molto calcarei ed a tessitura argillosa limosa e franca argillosa limosa in quella inferiore. Sono presenti in profondità (da 80-100 cm ca.) orizzonti ad accumulo di carbonato di calcio molto o fortemente calcarei.

RELAZIONE GEOLOGICA

| | |
|---|--|
| Classificazione Soil Taxonomy (Chiavi 1994) | fine, mixed, mesic Udertic Ustochrepts |
| Legenda FAO | Haplic Calcisols |

I suoli "Medicina argillosa limosa" sono in superfici lievemente depresse della pianura alluvionale, talvolta corrispondenti ad antiche valli, bonificate in epoca romana o altomedioevale, e nella piana pedemontana, in ambiente di interconoide.

In queste terre la pendenza varia da 0,1 a 0,3%.

Il substrato è costituito da alluvioni a tessitura media. La densità di urbanizzazione è bassa. L'uso agricolo del suolo è in prevalenza a seminativo, prato, subordinati i vigneti.

Sono di solito presenti opere di sistemazione idraulica quali canali di scolo poco profondi, baulature e drenaggi temporanei subsuperficiali. I caratteri per il riconoscimento locale sono:

- durante la stagione secca, presenza di **crepacciature** larghe alcuni centimetri in superficie, che si estendono oltre l'orizzonte lavorato;
- **zolle di aratura** di grandi dimensioni, coesive allo stato secco e lisciate allo stato umido;
- **tessitura** argilloso limosa fino a circa 100 cm di profondità;
- **colore** dell'orizzonte di superficie bruno grigiastro scuro o grigio oliva (riconoscibile nelle pagine 2,5Y e 5Y delle tavole Munsell);
- **screziature** grigie e bruno giallastre negli orizzonti profondi;
- debole o forte **effervescenza** all'HCl in soluzione acquosa al 10% in superficie e da forte a violenta in profondità.

RELAZIONE GEOLOGICA

Tabella 6.7: Profilo di riferimento

| | |
|--|--|
| <p>Ap 0-60 cm; argilloso limoso; colore della matrice bruno grigiastro scuro (2,5Y 4/2); frammenti poliedrici angolari grossolani, fortemente sviluppati; comuni noduli di ferro-manganese, molto piccoli; forte effervescenza all'HCl; moderatamente alcalino; limite abrupto lineare.</p> <p>Bwss 60-90 cm; argilloso limoso; colore della matrice bruno grigiastro scuro (2,5Y 4/2), facce di colore oliva (5Y 4/3), screziature principali di colore grigio (5Y 6/1), comuni, screziature secondarie di colore bruno olivastro chiaro (2,5Y 5/6); aggregazione poliedrica angolare grossolana, fortemente sviluppata; pellicole di argilla orientate per pressione e scorrimento, abbondanti; poche concentrazioni di carbonato di calcio, medie; violenta effervescenza all'HCl; moderatamente alcalino; limite abrupto lineare.</p> <p>2Bkg 90-120 cm; franco argilloso limoso; colore della matrice grigio (5Y 6/1), con screziature principali bruno giallastre (10YR 5/8), molto abbondanti, screziature secondarie grigie (N 6/); aggregazione poliedrica angolare molto grossolana, fortemente sviluppata; molte concentrazioni di carbonato di calcio, medie; violenta effervescenza all'HCl; fortemente alcalino; limite abrupto lineare.</p> <p>2BCkg 120-150 cm; franco; colore della matrice grigio (5Y 6/1), con screziature bruno giallastre (10YR 5/6), molto abbondanti; aggregazione poliedrica angolare molto grossolana, moderatamente sviluppata, violenta effervescenza all'HCl; limite abrupto lineare.</p> <p>Cg 150-170 cm; della matrice grigio (5Y 6/1); violenta effervescenza all'HCl; aggregazione massiva.</p> |  |
|--|--|

Tabella 6.8: Determinazioni analitiche relative al profilo di riferimento

| Prof. Min. cm | Prof. Max. cm | Sabbia % | Limo % | Argilla % | Materia org. % | pH in H ₂ O | Calcare totale % | Calcare attivo % | CSC meq/100g | Cond. el. 1:5 (dS/m) | ESP |
|---------------|---------------|----------|--------|-----------|----------------|------------------------|------------------|------------------|--------------|----------------------|-----|
| 0 | 60 | 7,0 | 40,0 | 53,0 | 3,1 | 8,0 | 6,0 | 4,0 | 23,3 | | 2,2 |
| 60 | 90 | 4,5 | 40,5 | 55,0 | 1,8 | 8,1 | 6,0 | 4,0 | 29,3 | | 1,5 |
| 90 | 120 | 32,0 | 45,0 | 23,0 | 0,8 | 8,5 | 23,0 | 9,0 | 12,8 | | 3,4 |
| 120 | 150 | 32,0 | 45,0 | 23,0 | 0,6 | 8,6 | 27,0 | 8,0 | 9,6 | | 5,4 |

6.5. Suoli BELLARIA

I suoli Bellaria sono molto profondi, molto calcarei, moderatamente alcalini, a tessitura da media a moderatamente fine. E' presente ghiaia non alterata a partire da due metri circa di profondità.

RELAZIONE GEOLOGICA

| | |
|---|--|
| Classificazione Soil Taxonomy (Chiavi 1994) | loamy, mixed, mesic Udifluventic Ustochrepts |
| Legenda FAO | Calcaric Cambisols |

I suoli Bellaria sono ubicati in aree di conoide o in superfici terrazzate recentemente abbandonate ed incise dai fiumi appenninici ed in zone di pianura pedecollinare interessate di recente da rotte fluviali di modesta entità.

In queste terre la pendenza varia dallo 0,5 allo 0,8%.

Il substrato è costituito da alluvioni a tessitura da media a grossolana. La densità di urbanizzazione è elevata. L'uso agricolo del suolo è a seminativo semplice, prato e vigneto.

Opere atte a regolare il deflusso delle acque non sono in genere necessarie.

I caratteri per il riconoscimento locale sono:

- **zolle di aratura** di medie dimensioni, moderatamente coesive allo stato secco;
- **tessitura** franco limosa, franca, franco argilloso limosa o franco argillosa (20-31% di argilla, 20-45% di sabbia totale) nell'orizzonte superficiale; graduale aumento della sabbia con la profondità;
- **colore** dell'orizzonte di superficie bruno grigiastro scuro o bruno oliva (riconoscibile nella pagina 2,5Y delle tavole Munsell); degli orizzonti profondi bruno oliva;
- violenta **effervescenza** all'HCl in soluzione acquosa al 10% lungo tutto il profilo;
- assenza di **scheletro** fino a 150 cm; presenza di strati a componente ghiaiosa attorno ai 200 cm di profondità.

Tabella 6.9: Profilo di riferimento

| | |
|--|--|
| <p>Ap 0-50 cm; franco limoso, di colore bruno grigiastro scuro (2.5Y4/3), frammenti poliedrici moderatamente sviluppati; molte radici fini; macropori fini; violenta effervescenza all'HCl; moderatamente alcalino (pH 7,9); limite abrupto lineare.</p> <p>Bw 50-65 cm; franco, con lenti a tessitura franco sabbiosa, di colore bruno oliva (2.5Y4/4); struttura principale poliedrica subangolare media moderatamente sviluppata e secondaria poliedrica subangolare grossolana moderatamente sviluppata; poche radici fini; macropori fini; violenta effervescenza all'HCl; moderatamente alcalino (pH = 8,1); limite chiaro lineare.</p> <p>BC 65-95 cm; franco limoso, con lenti a tessitura franco sabbiosa, di colore bruno oliva (2.5Y4/4); struttura poliedrica angolare molto grossolana, debolmente sviluppata; poche radici fini; macropori fini; violenta effervescenza all'HCl; moderatamente alcalino (pH = 8,2); limite chiaro ondulato.</p> <p>C1 95-135 cm; franco limoso, di colore bruno oliva (2.5Y4/4); massivo; poche radici fini; macropori molto fini; violenta effervescenza all'HCl; moderatamente alcalino (pH = 8,2); limite chiaro lineare.</p> |  |
|--|--|

RELAZIONE GEOLOGICA

| | |
|--|--|
| C2 135-155 cm; franco limoso, di colore bruno oliva (2.5Y4/4); struttura poliedrica angolare molto grossolana, debolmente sviluppata; poche radici fini; macropori molto fini; violenta effervescenza all'HCl; moderatamente alcalino (pH = 8,3); limite chiaro lineare. | |
|--|--|

Tabella 6.10: Determinazioni analitiche relative al profilo di riferimento

| Prof. Min. cm | Prof. Max. cm | Sabbia % | Limo % | Argilla % | Materia org. % | pH in H ₂ O | Calcare totale % | Calcare attivo % | CSC meq/100g | Cond. el. 1:5 (dS/m) | ESP |
|---------------|---------------|----------|--------|-----------|----------------|------------------------|------------------|------------------|--------------|----------------------|-----|
| 0 | 50 | 31,0 | 52,0 | 17,0 | 2,1 | 7,9 | 20,0 | 5,0 | 13,5 | | 6,2 |
| 50 | 65 | 38,0 | 52,0 | 10,0 | 1,0 | 8,1 | 26,0 | 4,0 | 9,7 | | |
| 65 | 95 | 27,0 | 62,0 | 11,0 | 0,9 | 8,2 | 25,0 | 11,0 | 10,0 | | 8,6 |
| 95 | 135 | 23,0 | 67,0 | 10,0 | 0,8 | 8,2 | 27,0 | 5,0 | 8,6 | | |
| 135 | 155 | 61,0 | 31,0 | 8,0 | 0,6 | 8,3 | 30,0 | 4,0 | 6,8 | | |

6.6. Permeabilità di superficie

Il tema della permeabilità di superficie è stato affrontato sulla base dei seguenti criteri:

- composizione granulometrica dei suoli: valutata sul contenuto di argilla, limo e sabbia
- profondità del substrato ghiaioso: profondità alla quale si attesta la ghiaia quale mezzo di veicolazione dei fluidi;
- impermeabilizzazioni per fattori antropici: edifici, infrastrutture stradali e ferroviarie e piazzali che determinano l'impermeabilizzazione del suolo.

In relazione ai seguenti criteri sono state individuate le seguenti 4 categorie di permeabilità di superficie:

1. Suoli antropizzati prevalentemente impermeabili (aree edificate in genere): sono le superfici delle aree industriali, delle aree residenziali e della sede delle infrastrutture viarie principali; la presenza di cementificazioni ed asfaltature determina la quasi totalità delle superfici impermeabilizzate;
2. Suoli a permeabilità bassa e molto bassa (Rottofreno e Medicina): sono le aree d'interconoide contraddistinte dalla presenza di suoli limosi ed argillosi prevalenti con substrato ghiaioso collocato a profondità rilevanti; si tratta di terreni con basso e molto basso grado di permeabilità;
3. Suoli a permeabilità media (Castelvetro e Mortizza): sono le aree della fascia di meandreggiamento del F. Po (Castelvetro e Mortizza); i suoli sono generalmente limo sabbiosi

con substrato sabbioso collocato a profondità ridotte prossime al piano campagna; si tratta di terreni con medio grado di permeabilità;

4. Suoli a permeabilità alta e molto alta (Bellaria): sono le aree dell'alta pianura in zona proximale ai corsi d'acqua principali; i suoli sono generalmente sabbiosi e tendenzialmente sabbiosi con substrato ghiaioso collocato a ridotta profondità; si tratta di terreni con alto grado di permeabilità.

7. SISMICITÀ DEL TERRITORIO

La Provincia di Piacenza è soggetta ad un'attività sismica bassa, indotta da alcuni e storicamente documentati terremoti, con epicentro nell'ambito del territorio provinciale, e di riflesso dagli eventi più intensi provenienti dalle province limitrofe.

La classificazione approvata con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica" suddivide il territorio nazionale in 4 zone con livelli decrescenti di pericolosità sismica in relazione a 4 differenti valori di accelerazione orizzontale (ag/g) d'ancoraggio dello spettro di risposta elastico e a 4 differenti valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag/g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Tabella 7.1: Valori di PGA per le varie zone

| Zona | Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni |
|------|---|
| 1 | >0.25 |
| 2 | 0.15-0.25 |
| 3 | 0.05-0.15 |
| 4 | <0.05 |

Con Delibera 1435 del 21 luglio 2003 "Prime disposizioni di attuazione dell'ordinanza del PCM n. 3274/2003 recante "primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", la Regione Emilia Romagna sentiti le Province e i Comuni interessati, ha provveduto all'individuazione delle zone sismiche nonché alla formazione e all'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone, ribadendo sostanzialmente quanto riportato nell'OPCM 3274/2003.

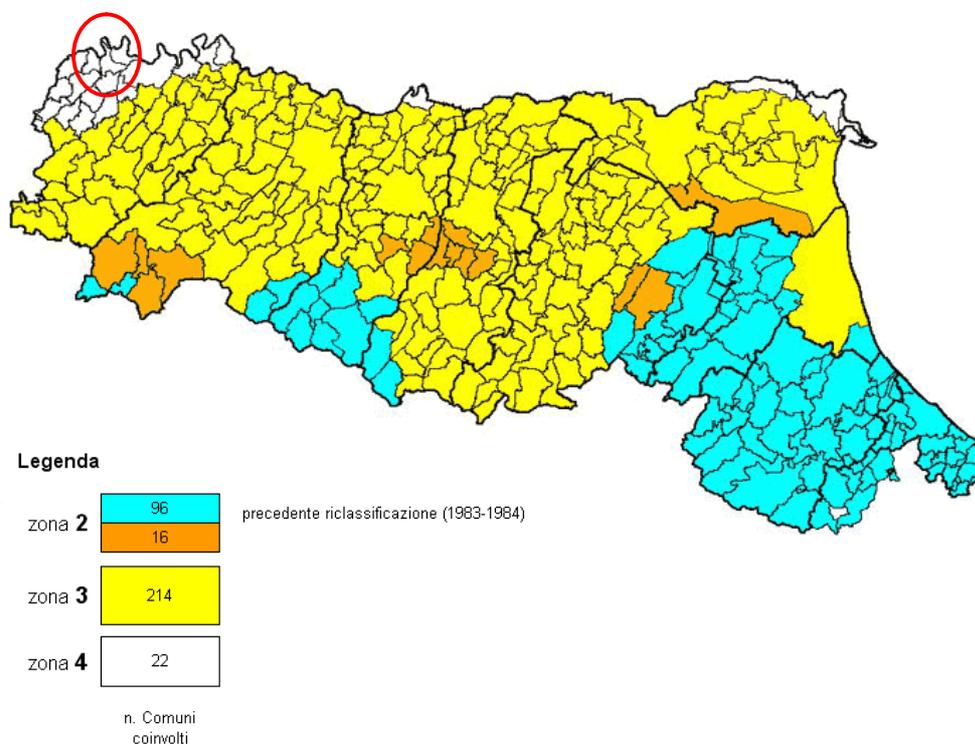


Figura. 7.1 – Classificazione sismica della regione Emilia Romagna.

Il territorio comunale di Rottofreno è classificato in zona 4, con conseguente accelerazione sismica orizzontale, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, inferiore a 0,05. Tali valori d'accelerazione sono relativi al bedrock, ovvero a formazioni litoidi o terreni omogenei molto rigidi.

La Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n.112 del 2 maggio 2007: *Approvazione dell'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16 comma 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"*, attribuisce al Comune di Rottofreno un valore dell'accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè per $T=0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}) pari a 0.094.

7.1. Storia sismica del territorio comunale

La distribuzione della sismicità storica italiana degli ultimi mille anni è consultabile tramite il Catalogo parametrico dei terremoti italiani versione CPT115 (Andrea Rovida, Mario Locati, Romano Camassi,

Barbara Lolli, Paolo Gasperini, luglio 2016), consultabile al sito <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>.

La sismicità storica del Comune di Rottofreno è stata desunta dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15. Il Database Macrosismico Italiano DBMI15 (a cura di Mario Locati, Romano Camassi, Andrea Rovida, Emanuele Ercolani, Filippo Bernardini, Viviana Castelli, Carlos Hector Caracciolo, Andrea Tertulliani, Antonio Rossi, Raffaele Azzaro, Salvatore D'Amico), è consultabile al sito <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>.

La sismicità del territorio comunale di Rottofreno è riassunta nella seguente tabella, in cui sono elencate le osservazioni, aventi la maggiore intensità al sito, disponibili per il territorio comunale. Nella tabella sono indicate, oltre alla stessa intensità al sito (Is), l'anno, il mese, il giorno, in cui si è verificato, l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io), e la magnitudo momento (Mw).

Tabella 7.2 – Caratteristiche dei principali eventi sismici verificatisi nell'area in esame.

| Is | Year Mo Da Ho Mi Se | Epicentral area | Io | Mw |
|----|------------------------|--------------------|-----|------|
| NF | 1991 10 31 09 31 18.63 | Emilia occidentale | 5 | 4,33 |
| NF | 2000 08 21 17 14 | Monferrato | 6 | 4,94 |
| NF | 2002 11 13 10 48 03.19 | Franciacorta | 5 | 4,21 |
| NF | 2005 04 13 18 46 07.69 | Valle del Trebbia | 4 | 3,68 |
| F | 2008 12 23 15 24 21.77 | Parmense | 6-7 | 5,36 |

7.2. Caratteristiche sismotettoniche

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha prodotto una zonazione sismogenetica (ZS9) del territorio nazionale che tiene conto dell'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale ("Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall' O.P.C.M. 20-3-2003, n. 3274. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano - Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici").

Il modello sismogenetico suddivide il territorio italiano in 36 diverse zone, numerate da 901 a 936, più altre 6 zone, identificate con le lettere da "A" a "F" fuori dal territorio nazionale (A-C) o ritenute di scarsa influenza (D-F).

La zonizzazione è stata condotta tramite l'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Il confronto tra le informazioni che hanno condotto alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata ha permesso di costruire la carta nazionale delle zone sismogenetiche.

Dall'esame della Figura 7.2 si evince che il Comune di Rottofreno ricade all'interno della Zona Sismogenetica 911.

La Zona Sismogenetica 911: rappresenta la porzione più esterna ed occidentale della fascia in compressione dell'Appennino Settentrionale, caratterizzata dallo sprofondamento passivo della litosfera adriatica (placca tettonica "Adria") sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale (placca tettonica "Northern Apenninic Arc") con cinematismi attesi di sovrascorrimenti e faglie trascorrenti aventi assi SW-NE; i terremoti storici hanno raggiunto il valore massimo pari a $M_d = 4,1$; le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 8 e 12 Km con profondità efficace di 8 km; nella Zona Sismogenetica 911 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a $M_{max} = 5,68$.



Figura 7.2 – Zonizzazione sismogenetica.

7.3. Pericolosità sismica

La pericolosità e il rischio sismico del territorio nazionale sono stati affrontati dal Servizio Sismico Nazionale (SSN), utilizzando il calcolo probabilistico di Cornell, risalente alla fine degli anni '60, in grado di considerare tutte le possibili sorgenti influenzanti il moto del terremoto. Il Servizio Sismico

Nazionale, per tutto il territorio nazionale, ha elaborato la pericolosità sismica di base di cui al DM 14.1.2008 che rappresenta l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica di base è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento V_R . Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Le stazioni di riferimento che quantificano la pericolosità sismica di base per il territorio comunale di Rottogreno sono le seguenti:

- stazione 13819;
- stazione 13820;
- stazione 14041;
- stazione 14042;
- stazione 14263;
- stazione 14264.

Analizzando i dati riportati per ognuna delle suddette stazioni il comune di Rottofreno presenta i seguenti dati di pericolosità:

- accelerazione di picco per suoli di tipo A con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni per un periodo di ritorno di 475 anni. (v. Fig. 16): $PGA = 0,075 - 0,100$;
- intensità macrosismica: MCS = VI grado;
- magnitudo: $M = 6,14$.

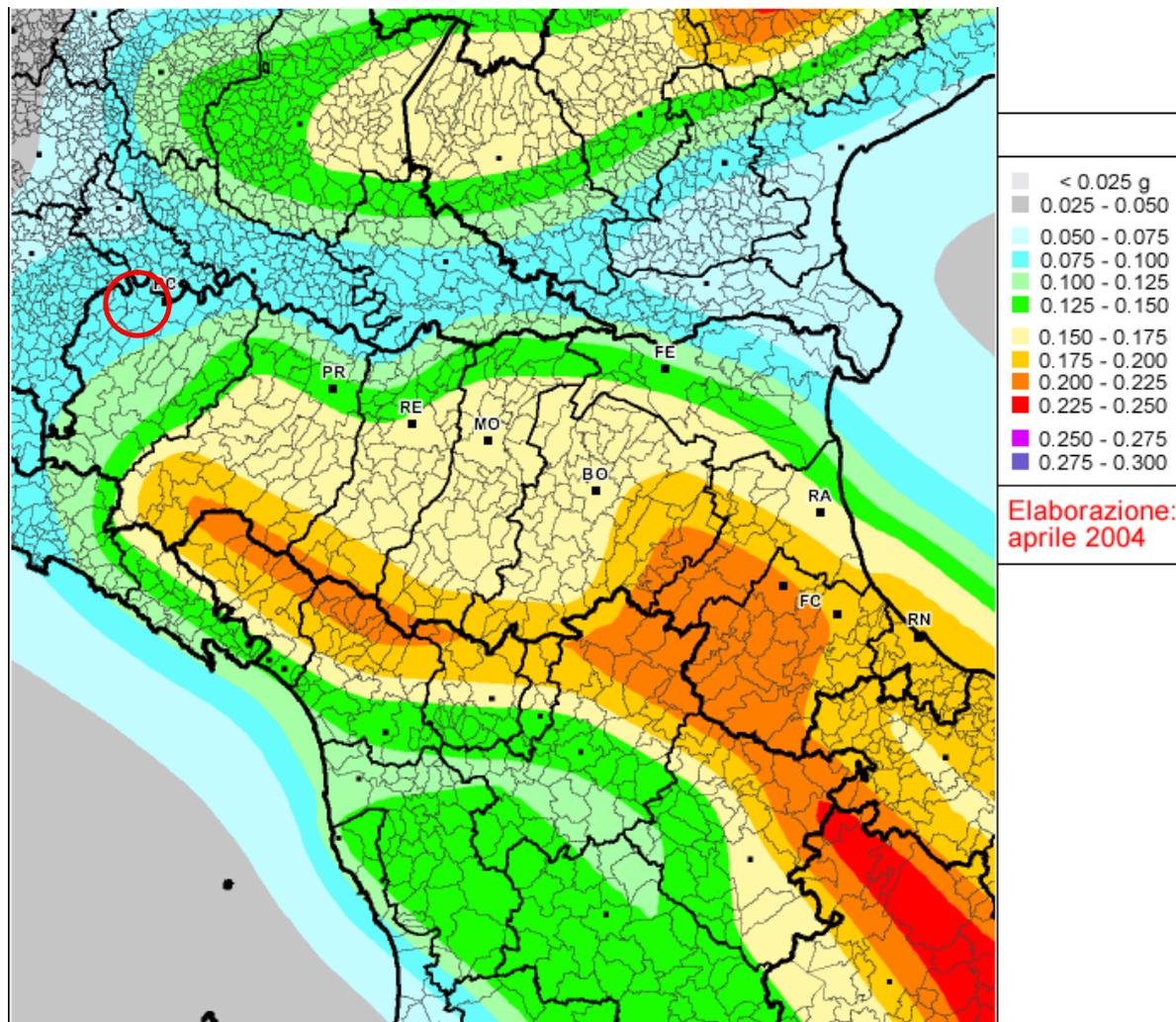


Figura 7.3 – PGA (g) con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni).

7.3.1. Definizione della pericolosità sismica locale

Partendo dalle caratteristiche sismotettoniche complessive della pianura piacentina e delle principali manifestazioni sismiche, sia epicentrali, sia di risentimento dalle altre zone sismo genetiche presenti nel bacino padano, la pericolosità sismica del territorio comunale di Rottofreno è stata approfondita in relazione alle condizioni geologiche e morfologiche locali.

Le caratteristiche sismiche di un'area sono definite dalle sorgenti sismogenetiche, dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti. Questi aspetti sono comunemente indicati come "pericolosità sismica di base" e sono quelli considerati per la classificazione sismica.

Da queste caratteristiche deriva il moto di *input* atteso, per il calcolo del quale non sono considerate le caratteristiche locali e il territorio è trattato come se fosse uniforme ed omogeneo cioè pianeggiante e costituito da suolo rigido in cui la velocità di propagazione delle onde S (V_s) è maggiore di 800 m/s

(suolo A dell'Eurocodice 8 - parte 1, EN 1998-1, 2003, dell'OPCM 3274/2003, del DM 14/9/2005 e DM 14.1.2008).

Il moto sismico può essere però modificato dalle condizioni geologiche e morfologiche locali. Alcuni depositi e forme del paesaggio possono amplificare il moto sismico in superficie e favorire fenomeni di instabilità dei terreni quali cedimenti, frane o fenomeni di liquefazione. Queste modificazioni dovute alle caratteristiche locali sono comunemente definite "effetti locali".

La zonazione del territorio sulla base della risposta sismica del terreno è perciò uno dei più efficaci strumenti di definizione e rappresentazione della pericolosità sismica e, quindi, di prevenzione e riduzione del rischio sismico, poiché fornisce un contributo essenziale per l'individuazione delle aree a maggiore pericolosità sismica e agevola la scelta delle aree urbanizzabili con minor rischio e la definizione degli interventi ammissibili.

La **Tavola G10 - Carta delle aree suscettibili di effetti locali** risulta particolarmente efficace per la scelta delle aree di nuova previsione edificatoria, per la definizione delle indagini di approfondimento e degli interventi ammissibili, anche nelle aree già urbanizzate, soprattutto se utilizzate fino dalle fasi preliminari dei processi di pianificazione territoriale e urbanistica.

Tale cartografia è stata redatta in conformità a quanto previsto dall'Allegato A1 della Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n.112 del 2 maggio 2007: Approvazione dell'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16 comma 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Esiste ormai un generale accordo su quali depositi e forme del paesaggio possono, durante o a seguito di un terremoto, determinare amplificazioni del moto sismico in superficie o concorrere a modificare in maniera permanente l'assetto del territorio causando cedimenti, franamenti e rotture del terreno.

Le conoscenze territoriali oggi disponibili in Emilia-Romagna, soprattutto grazie alle carte geologiche, alle banche dati geognostiche, alle carte topografiche e ai modelli digitali del terreno, permettono la rapida individuazione degli elementi geologici e morfologici che possono favorire gli effetti locali.

Nella seguente Tabella 7.3 sono elencati i principali elementi del territorio che concorrono alla pericolosità sismica locale in Emilia-Romagna.

RELAZIONE GEOLOGICA

Tabella 7.3: principali condizioni geologiche e geomorfologiche che possono determinare effetti locali in Emilia-Romagna (da "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", D.A.L. n. 112/2007).

| |
|---|
| <p>Depositi che possono determinare amplificazione (spessore ≥ 5 m):</p> <p>detriti di versante (frane, detriti di falda, detriti eluvio-colluviali, detriti di versante s.l., depositi morenici, depositi da geliflusso);</p> <p>detriti di conoide alluvionale;</p> <p>depositi alluvionali terrazzati e di fondovalle;</p> <p>accumuli detritici in zona pedemontana (falde di detrito e con di deiezione);</p> <p>depositi fluvio-lacustri</p> <p>riporti antropici poco addensati;</p> <p>substrato affiorante alterato o intensamente fratturato (per uno spessore ≥ 5 m);</p> <p>litotipi del substrato con $V_s < 800$ m/sec⁴.</p> |
| <p>Elementi morfologici che possono determinare amplificazione:</p> <p>creste, cocuzzoli, dorsali allungate, versanti con acclività $> 15^\circ$ e altezza ≥ 30 m</p> |
| <p>Depositi suscettibili di amplificazione, liquefazione e cedimenti:</p> <p>depositi granulari fini (sabbie) con livello superiore della falda acquifera nei primi 15 m dal piano campagna, (fattori predisponenti al fenomeno di liquefazione);</p> <p>depositi (spessore ≥ 5 m) di terreni granulari sciolti o poco addensati o di terreni coesivi poco consistenti, caratterizzati da valori NSPT < 15 o cu < 70 kpa.</p> |
| <p>Aree soggette ad instabilità di versante:</p> <p>aree instabili: aree direttamente interessate da fenomeni franosi attivi;</p> <p>aree potenzialmente instabili: aree in cui sono possibili riattivazioni (frane quiescenti) o attivazioni di movimenti franosi (tutti gli accumuli detritici incoerenti, indipendentemente dalla genesi, con acclività $> 15^\circ$; pendii costituiti da terreni prevalentemente argillosi e/o intensamente fratturati⁵ 2 con acclività $> 15^\circ$; versanti con giacitura degli strati a franapoggio con inclinazione minore o uguale a quella del pendio; aree prossime a zone instabili che possono essere coinvolte dalla riattivazione del movimento franoso; scarpate subverticali; accumuli detritici incoerenti prossimi all'orlo di scarpate).</p> |
| <p>Elementi che possono determinare effetti differenziali, sia amplificazione che cedimenti:</p> <p>contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico – meccaniche molto diverse;</p> <p>cavità sepolte.</p> |

⁴ Possono rientrare in questa categoria le argille e le argille marnose oligo-mioceniche della Successione Epiligure, le argille e le argille marnose tardo messiniane e plio-pleistoceniche, le sabbie poco cementate plio-pleistoceniche.

⁵ Rientrano in questa categoria i terreni con spaziatura della fratturazione < 20 cm.

7.3.2. Aree potenzialmente soggette ad effetti locali

La **Tavola G10 - Carta delle aree suscettibili di effetti locali** è stata redatta in conformità a quanto previsto dall'Allegato A1 della Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n.112 del 2 maggio 2007: Approvazione dell'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16 comma 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

I dati di base disponibili utilizzati sono:

- Carta geologica (Tavola G1);
- Carta geomorfologica (Tavola G2);
- la banca dati della Carta geologica Appennino emiliano-romagnolo 1:10.000 aggiornata, con i dati IFFI, al 2006 (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli);
- la legenda della Carta geologica Appennino emiliano-romagnolo 1:10.000 per il territorio provinciale di Parma (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli);
- la banca dati della Carta geologica di pianura 1:25.000 della Regione Emilia-Romagna (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli);
- la banca dati geognostici di pianura del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli.

Dalla cartografia tematica sopra citata sono stati individuate le seguenti classi:

1. Depositi prevalentemente ghiaiosi o limosi o misti (olocene e Pleistocene superiore): si tratta dei depositi alluvionali appartenenti all'apparato della conoide alluvionale del T. Tidone e del F. Trebbia);
2. Depositi prevalentemente sabbiosi (olocene): si tratta dei depositi alluvionali appartenenti all'apparato fluvio-deltizio del Fiume Po;
3. Depositi prevalentemente sabbiosi (olocene): si tratta dei depositi alluvionali d'interconoide (sistemi Trebbia e Tidone) e distali (argine naturale e piana inondabile del Fiume Po).

I depositi delle classi 1 sono suscettibili di amplificazione per le caratteristiche litologiche.

I depositi della classe 2 e 3 sono suscettibili di amplificazione per le caratteristiche litologiche e soprattutto, in relazioni alla presenza di argille con elevata plasticità e di sabbie sature, di cedimenti in caso di sollecitazioni sismiche.

Nel territorio del Comune di Rottofreno, sebbene siano fatte analisi su grandi areali senza approfondimenti di dettaglio, comunque obbligatori a scala progettuale, appare la presenza di unità geologiche suscettibili al fenomeno della liquefazione (depositi classe 2)

La liquefazione secondo la definizione riportata nell'eurocodice EU8, è la riduzione di resistenza al taglio e/o di rigidezza causata durante il moto sismico dall'aumento delle pressioni interstiziali in terreni saturi non coesivi, tale da provocare deformazioni permanenti significative o persino da indurre nel terreno una condizione di sforzi efficaci quasi nulla.

Nel comune di Rottofreno il rischio insito ad eventuali processi di liquefazione è legato ad eventi sismici di magnitudo superiore a $M > 5$ ed ad accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) superiori di $a_g > 0,1g$. Analizzando le classi di terreno sopra identificate (v. Tavola G10) sono presenti terreni suscettibili alla liquefazione, perché presentano le seguenti caratteristiche:

- la granulometria è costituita in prevalenza da sabbie fini e medie con contenuto di fine inferiore o uguale al 35%;
- si trova sotto il livello della falda idrica;
- è da poco a mediamente addensati.
- si trova a profondità inferiori ai 20 metri dal piano campagna;
- la resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} < 30$ colpi/30 cm oppure $q_{c1N} < 180$ kPa; dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinato dalle prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa.

La liquefazione, nei casi documentati in letteratura, (Kishida 1969, Gibbs 1979, Bureau of Reclamation degli Stati Uniti, Atomic Energy Commission degli Stati Uniti), si è verificata solo in sabbie relativamente sciolte, caratterizzate da valori della densità relativa $Dr < 75\%$.

Il fenomeno non appare probabile in terreni con valori superiori della densità relativa, e soprattutto quando le sabbie includono ghiaie o ciottoli. In quest'ultimo caso se il deposito ghiaioso è compreso tra terreni poco permeabili, indipendentemente dalla sua capacità drenante, può essere soggetto al fenomeno della liquefazione.

Nei terreni a grana fine (limi ed argilla), sebbene caratterizzati da bassi valori della permeabilità, la possibilità che si possa verificare il fenomeno è molto ridotta o addirittura nulla, grazie all'influenza determinante dei legami interparticellari, ovvero della coesione.

La composizione granulometrica dei terreni all'interno dei quali è possibile il fenomeno della liquefazione è riportato in Figura 7.4.

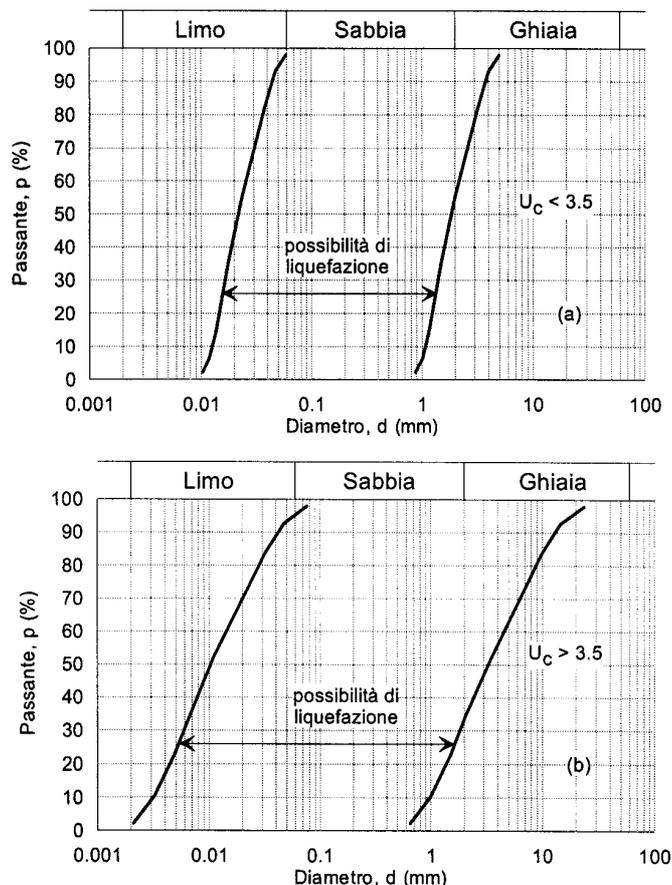


Figura 7.4 – Distribuzione granulometrica critica di terreni soggetti a liquefazione sia nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ sia nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$

Secondo l'Eurocodice 8 la liquefazione può verificarsi in terreni di fondazione composti da estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa e falda al piano campagna. Inoltre la norma, in presenza di un contenuto di ghiaia, non esclude il verificarsi del fenomeno, però non dà indicazioni in merito.

Da osservazioni in sito si è anche visto che la resistenza alla liquefazione aumenta con la profondità. In particolare, la liquefazione si è verificata in depositi sabbiosi saturi fino ad una profondità di circa 15 - 20 m per pressioni litostatiche inferiori a 200 kPa.

La banca dati geognostici di sottosuolo disponibile per tutta la pianura emiliano-romagnola ha permesso di cartografare anche nella Tav. G10 i principali corpi del sottosuolo che possono influenzare il moto sismico in superficie. In particolare è rappresentata:

- la suddivisione delle principali unità litologiche;

- il limite indicativo tra zone con substrato marino profondo (>100 m da p.c.) e poco profondo (<100 m da p.c.); tale distinzione è richiesta dagli indirizzi regionali per la microzonazione sismica;
- le zone del territorio comunale nelle quali si possono verificare amplificazioni sismiche per effetti topografici.

7.3.3. Analisi degli elementi di amplificazione sismica

Gli elementi di amplificazione sismica individuati nella Tav. G10 sono in seguito riassunti.

- Depositi prevalentemente ghiaiosi o limosi o misti. Le aree ricadenti in questa classe sono potenzialmente soggette ad amplificazione per caratteristiche stratigrafiche e, perciò, dovrà essere sempre valutato il coefficiente di amplificazione per caratteristiche litologiche. In alcuni casi, le ghiaie antiche e molto spesse possono avere la velocità delle onde di taglio molto elevate; tali ghiaie se intervallate o ricoperte da terreni soffici, con minore velocità delle onde di taglio, determinando quindi un elevato salto d'impedenza, possono comportarsi come *riflettori sismici* e generare amplificazioni anche rilevanti del segnale sismico.
- Depositi prevalentemente argillosi. Tutte queste aree sono potenzialmente soggette ad amplificazione per caratteristiche stratigrafiche e, perciò, dovrà essere sempre valutato il coefficiente di amplificazione per caratteristiche litologiche; in tali aree possono tuttavia essere presenti depositi argillosi con alta plasticità suscettibili di cedimenti in caso di azioni cicliche;
- Depositi prevalentemente sabbiosi. Tutte queste aree sono potenzialmente soggette ad amplificazione per caratteristiche stratigrafiche e, perciò, dovrà essere sempre valutato il coefficiente di amplificazione per caratteristiche litologiche; in tali aree sono inoltre presenti litologie suscettibili alla liquefazione, perché costituite da sabbie fini e medie, da poco a mediamente addensati, con contenuto di fine inferiore o uguale al 35%, si trovano sotto falda e a profondità inferiori ai 20 metri dal piano campagna.

8. FATTIBILITÀ DELLE TRASFORMAZIONI ALL'INSEDIAMENTO

Le analisi geologiche hanno permesso di verificare che i diversi processi di urbanizzazione riguardano zone geologicamente idonee, che le variazioni indotte sull'ambiente non costituiscono pericolo per gli stessi insediamenti e che queste non arrecano danni irreversibili alle risorse naturali.

In proposito è stata redatta la **Tavola 11 - Fattibilità geologica alle trasformazioni dell'uso del suolo**, che contiene il giudizio di fattibilità delle trasformazioni all'insediamento residenziale e industriale. In particolare è stata prodotta una zonizzazione del territorio comunale in classi di fattibilità, desunta dalla cartografia di analisi attribuendo un valore di classe di fattibilità a ciascun poligono definito dalle carte di analisi medesime.

La carta della fattibilità delle trasformazioni all'insediamento residenziale e industriale è dunque una mappa della pericolosità che fornisce le indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio, alle prescrizioni per gli interventi urbanistici, agli studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, alle opere di mitigazione del rischio ed alle necessità di controllo dei fenomeni in atto o potenziali.

Si evidenzia che, il presente studio di pianificazione presenta un livello di approfondimento che esprime esclusivamente un giudizio di "fattibilità d'insieme" delle trasformazioni proposte dal piano, individuando le limitazioni di ordine generale connesse alle condizioni geologico-ambientali del territorio e alla sua vulnerabilità ed esposizione a fenomeni naturali, in funzione delle destinazioni d'uso; risulta pertanto evidente che nelle successive fasi di pianificazione (POC, PUA...) i giudizi espressi dovranno essere integrati da specifiche e puntuali indagini commisurate alle caratteristiche dell'intervento edilizio che si intende effettuare.

8.1. Fattibilità senza particolari limitazioni

La classe comprende quelle aree che non presentano particolari limitazioni a variazioni di destinazione d'uso e per le quali dovrà essere applicato il D.M. LL.PP. 3797/1967, il D.M. LL.PP. 11/03/1988 e successive integrazioni e modifiche, il D.G.R. 29/10/2001 n. 7/6645 e il D.M. 14.1.2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche".

8.2. Fattibilità con modeste limitazioni

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni.

In linea generale si tratta di zone che presentano problematiche sotto il profilo idrogeologico perché suscettibili all'inquinamento delle acque sotterranee, ma facilmente risolvibili attraverso adeguati

accorgimenti costruttivi da definire in sede di progettazione, sulla base di specifici approfondimenti per la mitigazione del rischio.

In particolare le attività edificatorie potranno essere attuate solo dimostrando, in sede progettuale e tramite opportuno studio idrogeologico, che gli interventi non arrecheranno impatti negativi sulle falde sotterranee e nel caso dovranno prevedersi tutte le misure di salvaguardia possibili. Per la gestione degli scarichi, dei pozzi e delle acque di prima pioggia si rimanda alle Norme Tecniche del PTCP vigente.

Tutti i nuovi interventi edilizi dovranno essere realizzati con modalità atte a consentire una corretta regimazione delle acque superficiali. In particolare i materiali impiegati per le pavimentazioni dovranno favorire l'infiltrazione nel terreno e comunque la ritenzione temporanea delle acque di precipitazione.

Tutti i nuovi interventi edilizi dovranno inoltre essere realizzati in modo da non alterare la funzionalità idraulica del contesto in cui s'inseriscono garantendo il mantenimento dell'efficienza della rete di convogliamento e di recapito delle acque superficiali.

E' vietato interrompere e/o impedire il deflusso superficiale dei fossi e dei canali nelle aree agricole, sia con opere definitive sia provvisorie, senza prevedere un nuovo e/o diverso recapito per le acque di scorrimento intercettate.

Per gli interventi edilizi che provochino l'impermeabilizzazione di grandi superfici di terreno, al fine di evitare un aumento eccessivo di carico idraulico nella rete di scolo superficiale e nella rete fognaria esistente si dovranno utilizzare degli appositi bacini di accumulo temporaneo per la raccolta delle acque intercettate dalle coperture degli edifici nel rispetto di quanto previsto dal DPR 18.02.1999 n. 238. I manufatti di raccolta, di recapito e di accumulo delle acque meteoriche dovranno essere compresi, unitariamente, nelle opere di urbanizzazione primaria.

8.3. Fattibilità con consistenti limitazioni

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso delle aree, per le seguenti condizioni di pericolosità:

- zone di rispetto ricadenti nelle fasce di rispetto di pozzi ad uso idropotabile;
- zone ricadenti nella fascia C del PTCP/PAI.

Per le aree ricadenti in Fascia C il comma 4 l'art. 13 del PTCP di Piacenza prevede la validità delle seguenti disposizioni:

a. sono ammessi tutti gli interventi e le attività consentiti nella fascia A e B ed inoltre gli interventi e le attività non altrimenti localizzabili e compatibili con un razionale uso del suolo, purché non comportino alterazioni dell'equilibrio idrogeologico delle acque superficiali e

sotterranee o modificazioni rilevanti dei caratteri geomorfologici del territorio, fatto salvo quanto stabilito dalle successive lettere del presente comma;

b. i nuovi interventi riguardanti le linee di comunicazione stradali e ferroviarie, gli aeroporti e gli eliporti sono ammessi subordinatamente a verifica di accettabilità del rischio idraulico ai sensi dei commi 10 e 11 del precedente Art. 10, non obbligatoria in caso di tracciati stradali di livello subprovinciale e nel caso di limitate modifiche dei tracciati stradali esistenti;

c. le linee elettriche e le altre infrastrutture a rete e puntuali per il trasporto di energia, acqua e gas, anche interrate, nonché gli impianti di trattamento dei reflui, sono ammessi, ad eccezione delle linee elettriche di alta tensione e dei depuratori con potenzialità >10.000 ab/eq la cui ammissibilità è subordinata a verifica di accettabilità del rischio idraulico ai sensi dei commi 10 e 11 del precedente Art. 10;

d. gli impianti di produzione energetica sono ammessi subordinatamente a verifica di accettabilità del rischio idraulico ai sensi dei commi 10 e 11 del precedente Art. 10;

e. la nuova localizzazione e/o l'ampliamento di stabilimenti a rischio di incidente rilevante sono ammessi subordinatamente a verifica di accettabilità del rischio idraulico ai sensi dei commi 10 e 11 del precedente Art. 10, nel rispetto di quanto previsto dal successivo Art. 90;

f. gli edifici di nuova costruzione riguardanti strutture residenziali, produttive, commerciali, sportivo-ricreative e di ricovero e cura, compresi i relativi ampliamenti, nonché i cimiteri di nuovo impianto, qualora ricadenti all'esterno del territorio urbanizzato sono ammessi subordinatamente a verifica di accettabilità del rischio idraulico.

Secondo quanto previsto dall'art. 94 - Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano della Parte III del D.Lgs. 152/2006, nella zona di rispetto dei pozzi ad uso idropotabile (200 m) sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

a) dispersione di fanghi e acque reflue, anche se depurati;

b) accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;

c) spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;

d) dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche proveniente da piazzali e strade.

RELAZIONE GEOLOGICA

- e) aree cimiteriali;*
- f) apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;*
- g) apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione dell'estrazione ed alla protezione delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica;*
- h) gestione di rifiuti;*
- i) stoccaggio di prodotti ovvero, sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;*
- l) centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;*
- m) pozzi perdenti;*
- n) pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. É comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.*

Sulla base della criticità del problema insito, fatte salve le prescrizioni dettate dalla normativa vigente in materia e dalla pianificazione di settore per ogni area che ricade nelle zone a fattibilità con consistenti limitazioni, si prescrive un supplemento d'indagine finalizzato a quantificare il reale rischio idraulico ed idrogeologico e a definire tutte le misure di mitigazione più opportune.

In particolare le attività edificatorie potranno essere attuate solo dimostrando, in sede progettuale e tramite opportuno studio idrogeologico, che gli interventi non arrecheranno impatti negativi sulle falde sotterranee e nel caso dovranno prevedersi tutte le misure di salvaguardia possibili. Per la gestione degli scarichi, dei pozzi e delle acque di prima pioggia si rimanda alle Norme Tecniche del PTCP vigente.

Tutti i nuovi interventi edilizi dovranno essere realizzati con modalità atte a consentire una corretta regimazione delle acque superficiali. In particolare i materiali impiegati per le pavimentazioni dovranno favorire l'infiltrazione nel terreno e comunque la ritenzione temporanea delle acque di precipitazione.

Tutti i nuovi interventi edilizi dovranno inoltre essere realizzati in modo da non alterare la funzionalità idraulica del contesto in cui s'inseriscono garantendo il mantenimento dell'efficienza della rete di convogliamento e di recapito delle acque superficiali.

E' vietato interrompere e/o impedire il deflusso superficiale dei fossi e dei canali nelle aree agricole, sia con opere definitive sia provvisorie, senza prevedere un nuovo e/o diverso recapito per le acque di scorrimento intercettate.

Per gli interventi edilizi che provochino l'impermeabilizzazione di grandi superfici di terreno, al fine di evitare un aumento eccessivo di carico idraulico nella rete di scolo superficiale e nella rete fognaria

RELAZIONE GEOLOGICA

esistente si dovranno utilizzare degli appositi bacini di accumulo temporaneo per la raccolta delle acque intercettate dalle coperture degli edifici nel rispetto di quanto previsto dal DPR 18.02.1999 n. 238. I manufatti di raccolta, di recapito e di accumulo delle acque meteoriche dovranno essere compresi, unitariamente, nelle opere di urbanizzazione primaria.

Nelle aree di nuova edificazione, comprese quelle già edificate richiedenti interventi di ristrutturazione ed ampliamento, situate nelle zone a "Fattibilità con consistenti limitazioni", ma a distanze inferiori di 150 metri dai rilevati arginali del Fiume Po, si prescrive un supplemento d'indagine finalizzato a quantificare il reale rischio idraulico e a definire tutte le misure di mitigazione più opportune.

Sarà obbligatorio per tutte le nuove previsioni edificatorie eseguire e produrre:

- rilievi geologico-morfologici ed idrogeologici di dettaglio di un'area significativa, in scala almeno di 1:5.000;
- indagini geognostiche specifiche, quali sondaggi meccanici a carotaggio continuo, eventualmente accompagnate da prove penetrometriche statiche e dinamiche;
- prelievo di campioni disturbati e/o indisturbati per l'esecuzione di prove di laboratorio, volte a determinare gli indici fisici ed i parametri meccanici del terreno;
- le indagini devono spingersi a profondità sufficienti per definire la circolazione idrica sotterranea, nelle situazione maggiormente critiche (durante le piene fluviali), ricostruendo il serbatoio idrico sotterraneo sensibile alle variazioni di carico idrico che avvengono nei corsi d'acqua per il passaggio delle piene fluviali;
- realizzazione di una o più sezioni geologiche e geotecniche in scala adeguata di rappresentazione del sottosuolo;
- verifica dell'area al sifonamento, attraverso l'esecuzione di modelli matematici e sezioni esplicative in scala adeguata;

Tali indagini oltre ad individuare la stratigrafia del sottosuolo e le caratteristiche meccaniche dello stesso, dovranno determinare gli spessori e la natura dei depositi superficiali, ove presenti, e valutarne l'incidenza in termini di stabilità geomorfologica.

Lo studio geotecnico dovrà prevedere infine l'individuazione della capacità portante del terreno in relazione alla tipologia di fondazione.

Non potranno, di norma, preventivarsi altezze di scavo superiori a 3 m: situazioni differenti dovranno prevedere opere di sostegno e verifiche di stabilità puntuali.

Qualora i nuovi manufatti ricadano in situazioni dove la fondatezza di formazione di un eventuale fontanazzo è accertata, si prescrive la realizzazione di fondazioni profonde per la stabilità dell'opera d'arte stessa e tutte le misure mitigative atte a contenere o eliminare il fontanazzo medesimo.

In ogni caso per le nuove edificazioni saranno da privilegiare fondazioni a nastro continuo, a platea ed eventualmente fondazioni profonde.

8.4. Fattibilità con gravi limitazioni

La classe "Fattibilità con gravi limitazioni" comprende le zone fluviali e perfluviali della rete idrica superficiale (F. Po, F. Trebbia, T. Tidone e T. Luretta) e le aree ricadenti all'interno della Fascia B del PTCP/PAI.

Per le aree ricadenti nella Fascia B del PAI, l'art. 30 delle NTA prevede che siano vietati:

- a. *gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile o una parzializzazione della capacità di invaso, salvo che questi interventi prevedano un pari aumento delle capacità di invaso in area idraulicamente equivalente;*
- b. *la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, fatto salvo quanto previsto al precedente art. 29, comma 3, let. l); c) in presenza di argini, interventi e strutture che tendano a orientare la corrente verso il rilevato e scavi o abbassamenti del piano di campagna che possano compromettere la stabilità delle fondazioni dell'argine.*

Nelle aree ricadenti nella Fascia B, sono per contro consentiti, oltre agli interventi di cui al comma 3 dell'art. 29 relativi alla Fascia A delle NTA del PAI:

- a. *gli interventi di sistemazione idraulica quali argini o casse di espansione e ogni altra misura idraulica atta ad incidere sulle dinamiche fluviali, solo se compatibili con l'assetto di progetto dell'alveo derivante dalla delimitazione della fascia;*
- b. *gli impianti di trattamento d'acque reflue, qualora sia dimostrata l'impossibilità della loro localizzazione al di fuori delle fasce, nonché gli ampliamenti e messa in sicurezza di quelli esistenti; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino ai sensi e per gli effetti del successivo art. 38, espresso anche sulla base di quanto previsto all'art. 38 bis;*
- c. *la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente;*

- d. *l'accumulo temporaneo di letame per uso agronomico e la realizzazione di contenitori per il trattamento e/o stoccaggio degli effluenti zootecnici, ferme restando le disposizioni all'art. 38 del D.Lgs. 152/1999 e successive modifiche e integrazioni;*
- e. *il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino ai sensi e per gli effetti del successivo art. 38, espresso anche sulla base di quanto previsto all'art. 38 bis.*

8.5. Disposizioni generali in merito alla sensibilità sismica del territorio comunale

Il presente Studio Geologico, in accordo con quanto previsto nella Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n.112/2007, ha effettuato un'analisi di primo livello per quanto riguarda l'intero territorio comunale e approfondimenti di secondo livello limitatamente alle aree suscettibili di urbanizzazione previste dal nuovo PSC.

Dall'analisi geologico-sismica esplicito nei precedenti capitoli, emerge come il territorio comunale, pur non essendo caratterizzato da fenomeni di instabilità, da condizioni morfologiche acclivi, presenti un rischio sismico non sottovalutabile, con possibili amplificazioni sismiche locali dovute all'assetto stratigrafico.

Nelle successive fasi di pianificazione attuativa (POC, PUA, ecc.) e di progettazione delle opere pubbliche e private dovranno quindi essere effettuati specifici approfondimenti mirati a verificare le condizioni locali, al fine di orientare correttamente l'ubicazione e il dimensionamento delle strutture.

In particolare ogni progetto d'intervento edificatorio, infrastrutturale e/o di servizio, deve essere corredato da una relazione geologica, geotecnica e sismica, in conformità al D.M. del 14 gennaio 2008 "Approvazione norme tecniche per le costruzioni" coerente con il livello di approfondimento progettuale.

La cartografia e le analisi affrontate nel presente studio geologico e sismico, nonostante siano stati individuate e definite le "vocazioni", le suscettività d'uso e le problematiche del territorio, non possono, infatti, ritenersi esaustive delle conoscenze geologiche, geotecniche e sismiche puntuali e perciò non sostituiscono gli studi geologici di dettaglio previsti nelle Norme Tecniche delle Costruzioni, di cui al D.M. 14.1.2008.