

INDICE

1. INTRODUZIONE

2. CENNI GEOGRAFICI GENERALI

3. ASSETTO GEO-STRUTTURALE DELL'AREA

4. SISMICITA'

4.1. Inquadramento sismotettonico

4.2. Zonazione sismogenetica

4.3. Sismicità del territorio

4.4. Classificazione sismica comunale

4.5. Pericolosità sismica

4.6. Microzonazione sismica

5. I° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

5.1. Carta delle indagini

5.1.1. Prova sismica passiva HVSR

5.2. Carta lito-morfologica

5.3. Carta delle frequenze naturali dei terreni

5.4. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)

6. II° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

6.1. Carta delle nuove indagini

6.2. Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)

6.3. Carta dei fattori di amplificazione

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

1. INTRODUZIONE

Il presente lavoro, redatto su incarico dei Comuni di Compiano e Tornolo a seguito dell'erogazione di contributi da parte della Regione Emilia Romagna, riguarda la definizione della Microzonazione Sismica (I° e II° Livello di Approfondimento) in corrispondenza di alcuni ambiti comunali, suscettibili di trasformazione urbanistica.

Il documento tecnico a supporto dello studio è stato svolto in conformità alle seguenti disposizioni normative:

- Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 *"Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio"*, in merito agli *"Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"* approvati con Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n° 112 del 2 maggio 2007;
- OPCM n° 3970 /2010 e ss.mm. e relativo Decreto del Capo Dipartimento Protezione Civile n° 8422 del 10.12.2010;
- *"Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica"* approvati in data 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e Province Autonome.
- D.G.R. n° 1051 del 18 luglio 2011 *"Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'O.P.C.M. 3907/2010 e ss.mm."*;

Si è fatto altresì riferimento alle pubblicazioni scientifiche in materia (Cfr., in particolare: Ingegneria sismica - Anno XXVIII - n. 2 - 2011 *"Indirizzi di microzonazione sismica"*).

Per **"Microzonazione Sismica"** si intende la valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo, ovvero nell'individuazione e caratterizzazione delle zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e le zone suscettibili di instabilità.

Risulta perciò estremamente importante sviluppare gli studi di microzonazione già in fase pianificatoria, per poter indirizzare al meglio le scelte urbanistiche al di fuori delle aree contraddistinte da elevata pericolosità sismica.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

Contestualmente alla scala di dettaglio degli studi (PSC, POC, PUA ed esecutivi) e alle problematiche geologiche da affrontare, sono stati definiti 3 livelli di approfondimento, di seguito ordinati, con complessità d'analisi e costi d'esecuzione via via crescenti:

- I° Livello di approfondimento: riguarda la raccolta e l'analisi di dati esistenti e, se possibile, la realizzazione di nuove indagini in sito. L'obiettivo finale consiste nella realizzazione della carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), che raffigura il territorio in microzone sismicamente omogenee;
- II° livello di approfondimento: oltre a correggere gli studi di I° Livello, si assegna un fattore moltiplicativo di amplificazione a ciascuna zona, attraverso l'impiego di abachi regionalizzati e formule empiriche. Il documento finale prodotto è rappresentato dalla Carta di Microzonazione Sismica;
- III° Livello di Approfondimento: viene utilizzato nei casi in cui l'opera in progetto risulti particolarmente importante o, laddove le condizioni geologiche si presentino estremamente complesse. Vengono sviluppate analisi di tipo numerico 1d o 2d, studi paleosismici ed analisi dinamiche. Viene prodotta una Carta di microzonazione sismica con approfondimenti.

Nello studio in esame, in funzione delle risorse disponibili e degli obiettivi da conseguire, sono stati elaborati solamente i primi due livelli, demandando a studi di maggior dettaglio, laddove se ne riscontrasse la necessità, gli approfondimenti di III° Livello.

Le analisi sono state condotte per un discreto intorno degli ambiti comunali seguenti:

COMPIANO:

- **Macroambito comunale A_1.0 – Compiano capoluogo;**
- **Macroambito comunale A_1.1 – Isola - Premassato;**
- **Macroambito comunale A_1.2 – Pian delle Moglie;**
- **Macroambito comunale A_1.3 – Sugremaro;**
- **Macroambito comunale A_2.0 – Strela;**
- **Macroambito comunale A_3.0 – Cereseto.**

TORNOLO:

- **Macroambito comunale A_1.0 – Tornolo capoluogo;**
- **Macroambito comunale A_2.0 – Tarsogno;**
- **Macroambito comunale A_2.1 – Frettolera;**
- **Macroambito comunale A_2.2 – Ravezza;**
- **Macroambito comunale A_3.0 – Santa Maria;**

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

➤ **Macroambito comunale A_4.0 – Pontestrambo.**

Per ciascun ambito, negli studi di I° Livello è stata effettuata in via preliminare una ricerca biblio-cartografica presso l'Ufficio Tecnico Comunale e il Servizio Geologico Sismico e dei Suoli, diretta rispettivamente, alla raccolta delle indagini geognostiche preesistenti e alla ricostruzione dell'assetto geologico-morfologico dei siti d'interesse.

Le indagini suddette sono state integrate da una campagna di prove a sismica passiva (HVSR) con tomografo digitale, svolta a corredo dello studio.

E' stata quindi redatta la Carta delle indagini, che raffigura l'ubicazione delle prove esistenti e quelle di nuova esecuzione, necessarie per poter definire: la profondità e la natura del substrato, lo spessore e la geometria della copertura ed, eventualmente, in presenza di indagini sismiche, l'entità delle Vs.

Nella Carta lito-morfologica sono stati riportati tutti quegli elementi geologici, morfologici e strutturali che possono alterare il moto sismico in superficie. Partendo dai dati della Carta lito-morfologica è stata inoltre ricostruita una sezione geologica significativa, in corrispondenza del capoluogo, necessaria per evidenziare le variazioni dei rapporti tra copertura e substrato.

Successivamente l'esecuzione delle indagini HVSR e all'analisi dei dati, è stata realizzata la Carta delle frequenze, in cui sono riportate le prove e i valori di frequenza fondamentale associati a ciascun punto di misura. Dall'interpolazione dei valori di frequenza si sono determinati i campi a frequenza costante per verificare la presenza di zone soggette a fenomeni di risonanza.

A completamento del I° Livello è stata ricostruita la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), sulla base dell'elaborazione dei tematismi contenuti nelle carte precedenti.

Rappresenta il documento fondamentale di questa prima fase, perché partendo da considerazioni di carattere geologico e geomorfologico e della valutazione dei dati litostratigrafici vengono evidenziati gli effetti attesi prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.) e gli eventuali approfondimenti da affrontare.

Di seguito vengono elencate le carte elaborate per il I° Livello di Approfondimento relativamente a ciascun ambito comunale:

COMPIANO

➤ **Carta delle indagini**

Tav. n. 1a

Macroambito comunale A_1.0 – Compiano capoluogo (Scala grafica);

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

Macroambito comunale A_1.1 – Isola – Premassato (Scala grafica);

Macroambito comunale A_1.2 – Pian delle Moglie (Scala grafica);

Macroambito comunale A_1.3 – Sugremaro (Scala grafica);

Tav. n. 1b

Macroambito comunale A_2.0 – Strela (Scala 1:4.000);

Macroambito comunale A_3.0 – Cereseto (Scala 1:4.000).

➤ **Carta lito - morfologica**

Tav. n. 2a

Macroambito comunale A_1.0 – Compiano capoluogo (Scala 1:5.000);

Macroambito comunale A_1.1 – Isola – Premassato (Scala 1:5.000);

Macroambito comunale A_1.2 – Pian delle Moglie (Scala 1:5.000);

Macroambito comunale A_1.3 – Sugremaro (Scala 1:5.000);

Tav. n. 2b

Macroambito comunale A_2.0 – Strela (Scala 1:5.000);

Macroambito comunale A_3.0 – Cereseto (Scala 1:5.000).

➤ **Carta delle frequenze naturali dei terreni**

Tav. n. 3a

Macroambito comunale A_1.0 – Compiano capoluogo (Scala grafica);

Macroambito comunale A_1.1 – Isola – Premassato (Scala grafica);

Macroambito comunale A_1.2 – Pian delle Moglie (Scala grafica);

Macroambito comunale A_1.3 – Sugremaro (Scala grafica);

Tav. n. 3b

Macroambito comunale A_2.0 – Strela (Scala 1:4.000);

Macroambito comunale A_3.0 – Cereseto (Scala 1:4.000).

➤ **Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)**

Tav. n. 4a

Macroambito comunale A_1.0 – Compiano capoluogo (Scala 1:5.000);

Macroambito comunale A_1.1 – Isola – Premassato (Scala 1:5.000);

Macroambito comunale A_1.2 – Pian delle Moglie (Scala 1:5.000);

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

Macroambito comunale A_1.3 – Sugremaro (Scala 1:5.000);

Tav n. 4b

Macroambito comunale A_2.0 – Strela (Scala 1:5.000);

Macroambito comunale A_3.0 – Cereseto (Scala 1:5.000).

TORNOLO

➤ **Carta delle indagini**

Tav. n. 1a

Macroambito comunale A_1.0 – Tornolo capoluogo (Scala grafica);

Macroambito comunale A_2.0 – Tarsogno (Scala grafica);

Macroambito comunale A_2.1 – Frettolera (Scala grafica);

Macroambito comunale A_2.2 – Ravezza (Scala grafica);

Tav. n. 1b

Macroambito comunale A_3.0 – Santa Maria (Scala 1:4.000);

Macroambito comunale A_4.0 – Pontestrambo (Scala 1:4.000).

➤ **Carta lito - morfologica**

Tav. n. 2a

Macroambito comunale A_1.0 – Tornolo capoluogo (Scala 1:5.000);

Macroambito comunale A_2.0 – Tarsogno (Scala 1:5.000);

Macroambito comunale A_2.1 – Frettolera (Scala 1:5.000);

Macroambito comunale A_2.2 – Ravezza (Scala 1:5.000);

Tav. n. 2b

Macroambito comunale A_3.0 – Santa Maria (Scala 1:5.000);

Macroambito comunale A_4.0 – Pontestrambo (Scala 1:5.000).

➤ **Carta delle frequenze naturali dei terreni**

Tav. n. 3a

Macroambito comunale A_1.0 – Tornolo capoluogo (Scala grafica);

Macroambito comunale A_2.0 – Tarsogno (Scala grafica);

Macroambito comunale A_2.1 – Frettolera (Scala grafica);

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

Macroambito comunale A_2.2 – Ravezza (Scala grafica);

Tav. n. 3b

Macroambito comunale A_3.0 – Santa Maria (Scala 1:4.000);

Macroambito comunale A_4.0 – Pontestrambo (Scala 1:4.000).

➤ **Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)**

Tav. n. 4a

Macroambito comunale A_1.0 – Tornolo capoluogo (Scala 1:5.000);

Macroambito comunale A_2.0 – Tarsogno (Scala 1:5.000);

Macroambito comunale A_2.1 – Frettolera (Scala 1:5.000);

Macroambito comunale A_2.2 – Ravezza (Scala 1:5.000);

Tav. n. 4b

Macroambito comunale A_3.0 – Santa Maria (Scala 1:5.000);

Macroambito comunale A_4.0 – Pontestrambo (Scala 1:5.000).

Il II° Livello di Approfondimento si pone come obiettivo il raggiungimento dei seguenti risultati:

- compensare alcune incertezze del I° Livello con approfondimenti conoscitivi;
- fornire quantificazioni numeriche, con metodi semplificati (abachi e leggi empiriche), della modificazione locale del moto sismico in superficie (zone stabili suscettibili di amplificazioni locali) e dei fenomeni di deformazione permanente (zone suscettibili di instabilità).

Riguardo alle cartografie prodotte, si è ricostruita una Carta delle nuove indagini, raffigurante tutte le prove sismiche passive HVSR, di nuova realizzazione evidenziando, tra l'altro, il grado di affidabilità della prova e di qualità del segnale.

E' stata quindi predisposta una Carta delle onde di taglio S (V_s), contenente per ciascuna stazione di misura HVSR i valori di V_{sH} , dove il substrato rigido si trova a profondità (H) maggiori di 5 m e V_{s30} dove H risulta minore di 5 m, determinati tramite procedimenti d'inversione.

La conclusione dell'analisi di II° Livello, ha previsto la costruzione della Carta dei fattori di amplificazione; questi ultimi sono stati determinati attraverso la procedura semplificata, mediante l'impiego degli abachi predisposti dalla regione Emilia Romagna e di formule empiriche.

Di seguito vengono elencati gli elaborati prodotti a corredo del II° Livello di approfondimento:

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

COMPIANO

➤ **Carta delle nuove indagini**

Tav. n. 5a

Macroambito comunale A_1.0 – Compiano capoluogo (Scala 1:4.000);

Macroambito comunale A_1.1 – Isola – Premassato (Scala 1:4.000);

Macroambito comunale A_1.2 – Pian delle Moglie (Scala 1:4.000);

Macroambito comunale A_1.3 – Sugremaro (Scala 1:4.000);

Tav. n. 5b

Macroambito comunale A_2.0 – Strela (Scala 1:3.000);

Macroambito comunale A_3.0 – Cereseto (Scala 1:3.000).

➤ **Carta delle velocità delle onde S (Vs)**

Tav. n. 6a

Macroambito comunale A_1.0 – Compiano capoluogo (Scala 1:4.000);

Macroambito comunale A_1.1 – Isola – Premassato (Scala 1:4.000);

Macroambito comunale A_1.2 – Pian delle Moglie (Scala 1:4.000);

Macroambito comunale A_1.3 – Sugremaro (Scala 1:4.000);

Tav. n. 6b

Macroambito comunale A_2.0 – Strela (Scala 1:3.000);

Macroambito comunale A_3.0 – Cereseto (Scala 1:3.000).

➤ **Carta dei fattori di amplificazione**

Tav. n. 7a

Macroambito comunale A_1.0 – Compiano capoluogo (Scala grafica);

Macroambito comunale A_1.1 – Isola – Premassato (Scala grafica);

Macroambito comunale A_1.2 – Pian delle Moglie (Scala grafica);

Macroambito comunale A_1.3 – Sugremaro (Scala grafica);

Tav. n. 7b

Macroambito comunale A_2.0 – Strela (Scala 1:3.000);

Macroambito comunale A_3.0 – Cereseto (Scala 1:3.000).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

TORNOLO

➤ **Carta delle nuove indagini**

Tav. n. 5a

Macroambito comunale A_1.0 – Tornolo capoluogo (Scala 1:5.000);

Macroambito comunale A_2.0 – Tarsogno (Scala 1:5.000);

Macroambito comunale A_2.1 – Frettolera (Scala 1:5.000);

Macroambito comunale A_2.2 – Ravezza (Scala 1:5.000);

Tav. n. 5b

Macroambito comunale A_3.0 – Santa Maria (Scala 1:4.000);

Macroambito comunale A_4.0 – Pontestrambo (Scala 1:4.000).

➤ **Carta delle velocità delle onde S (Vs)**

Tav. n. 6a

Macroambito comunale A_1.0 – Tornolo capoluogo (Scala 1:5.000);

Macroambito comunale A_2.0 – Tarsogno (Scala 1:5.000);

Macroambito comunale A_2.1 – Frettolera (Scala 1:5.000);

Macroambito comunale A_2.2 – Ravezza (Scala 1:5.000);

Tav. n. 6b

Macroambito comunale A_3.0 – Santa Maria (Scala 1:4.000);

Macroambito comunale A_4.0 – Pontestrambo (Scala 1:4.000).

➤ **Carta dei fattori di amplificazione**

Tav. n. 7a

Macroambito comunale A_1.0 – Tornolo capoluogo (Scala grafica);

Macroambito comunale A_2.0 – Tarsogno (Scala grafica);

Macroambito comunale A_2.1 – Frettolera (Scala grafica);

Macroambito comunale A_2.2 – Ravezza (Scala grafica);

Tav. n. 7b

Macroambito comunale A_3.0 – Santa Maria (Scala grafica);

Macroambito comunale A_4.0 – Pontestrambo (Scala grafica).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

In allegato alla presente relazione sono state infine inserite delle schede relative a ciascun ambito, che riassumono dettagliatamente tutte le informazioni contenute negli elaborati di I° e II° livello.

2. CENNI GEOGRAFICI GENERALI

I Comuni di Compiano e Tornolo si collocano nel settore sud-occidentale della Provincia di Parma, occupando parzialmente le seguenti unità di paesaggio individuate dal P.T.C.P.:

- **Compiano**_ “*Dorsale Appenninica*”, “*Alte Valli del Taro e del Ceno*” e “*Bassa Montagna Ovest*”.
- **Tornolo**_ “*Alte Valli del Taro e del Ceno*”, “*Bassa Montagna Ovest*” e “*Piana di Borgo Val di Taro*”.

Compiano confina a sud con i Comuni di Albareto e Tornolo ad est con il Comune di Borgo Val di Taro a nord con il Comune di Bardi e ad ovest con il Comune di Bedonia, mentre Tornolo confina a nord con il Comune di Bedonia ad est con i Comuni di Compiano ed Albareto e a sud con la Regione Liguria (Cfr. Fig. 1).

Da un punto di vista orografico, i comuni in esame evidenziano condizioni diverse e variabili, con forti e marcati dislivelli; a Compiano la zona più bassa corrisponde alla vasta piana alluvionale dominata dall'alto strutturale su cui sorge il castello del capoluogo, con quota di circa 455 m s.l.m., le vette più marcate (circa 1.000 m s.l.m.), si trovano a nord, lungo il crinale separante Compiano dai comuni di Bedonia e Bardi; mentre a Tornolo si passa dai 495 m s.l.m. della piana alluvionale lungo il F. Taro a nord del capoluogo, alle quote superiori ai 1.300 m, che caratterizzano il crinale appenninico principale.

Il corso d'acqua più importante è rappresentato dal F. Taro, che nasce dalle pendici sud del massiccio del M. Penna e che nei pressi della frazione di S. Maria riceve le abbondanti acque del T. Tarola. Nel territorio comunale di Tornolo, non si individuano ulteriori rilevanti apporti, essendo il corso ancora nella sua parte più apicale e torrentizia, mentre nel settore di Compiano, dove il letto assume dimensioni più significative, è presente in sponda sinistra un importante affluente, costituito dal T. Ingegna, il cui corso funge da confine tra i Comuni di Borgo Val di Taro e Compiano.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

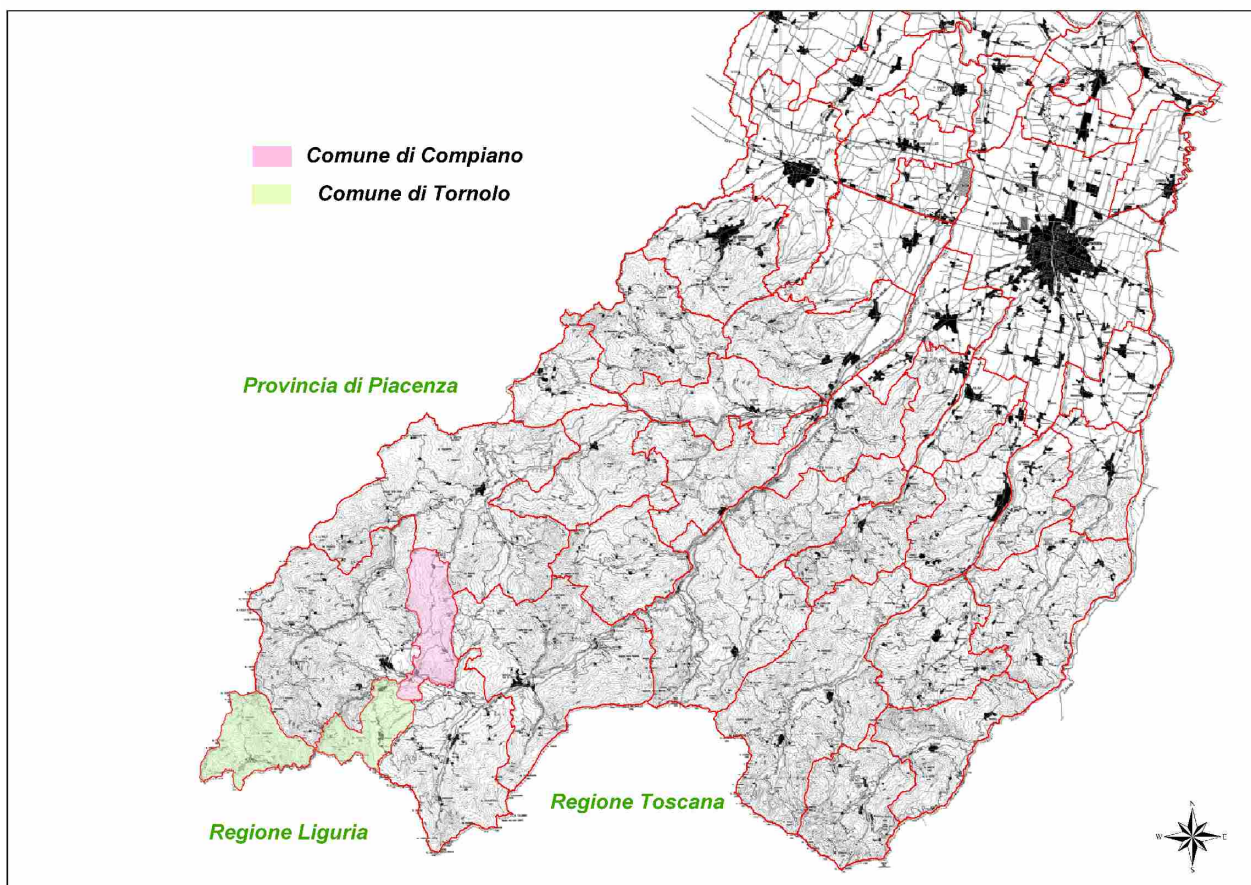


FIG. 1 – COLLOCAZIONE GEOGRAFICA DEI COMUNI DI COMPIANO E TORNOLO

Gli studi di microzonazione, su indicazione dell'Amministrazione Comunale, non hanno riguardato l'intero territorio, ma sono stati circoscritti ad alcuni Macroambiti suscettibili di trasformazione urbanistica.

Nello specifico, si sono individuati (Cfr. Fig. 2 A e B):

COMPIANO:

- **Macroambito comunale A_1.0 – Compiano capoluogo;**
- **Macroambito comunale A_1.1 – Isola - Premassato;**
- **Macroambito comunale A_1.2 – Pian delle Moglie;**
- **Macroambito comunale A_1.3 – Sugremaro;**
- **Macroambito comunale A_2.0 – Strela;**
- **Macroambito comunale A_3.0 – Cereseto.**

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

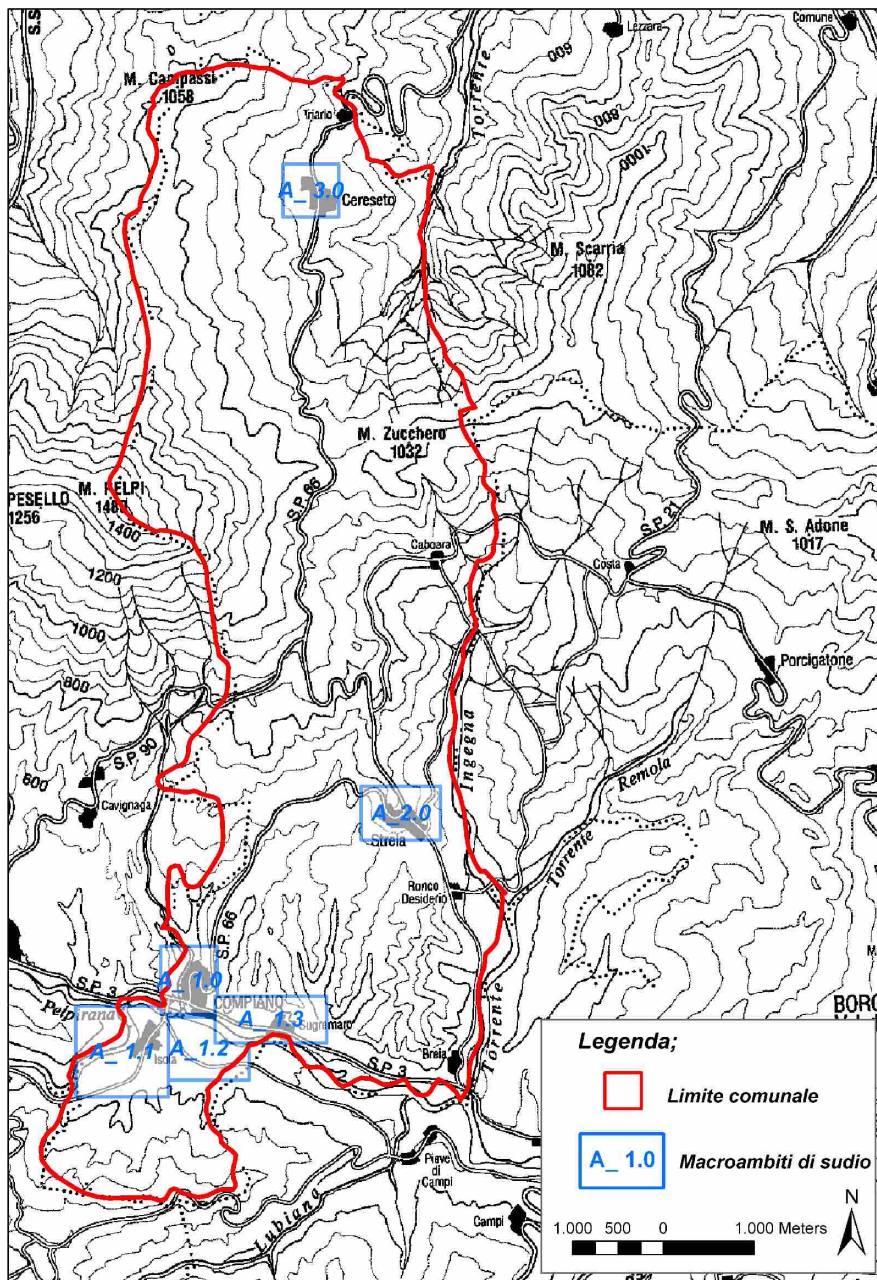
Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

TORNOLO:

- **Macroambito comunale A_1.0 – Tornolo capoluogo;**
- **Macroambito comunale A_2.0 – Tarsogno;**
- **Macroambito comunale A_2.1 – Frettolera;**
- **Macroambito comunale A_2.2 – Ravezza;**
- **Macroambito comunale A_3.0 – Santa Maria;**
- **Macroambito comunale A_4.0 – Pontestrambo.**

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo



Si ricorda infine che, per l'elaborazione della cartografia tematica ed analisi ci si è avvalsi della base topografica alla scala 1:5.000 della Carta Tecnica Regionale:

- Compiano - Elementi 215041, 215043, 215081, 215082, 215121, 216013, 216014, 216053,

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

216054 e 216094.

- Tornolo - Elementi 215101, 214102, 215141, 215142, 215143, 215144, 215112, 215113, 215114, 215121, 215122, 215123, 215124, 215151, 215154, 215161, 215163 e 215164.

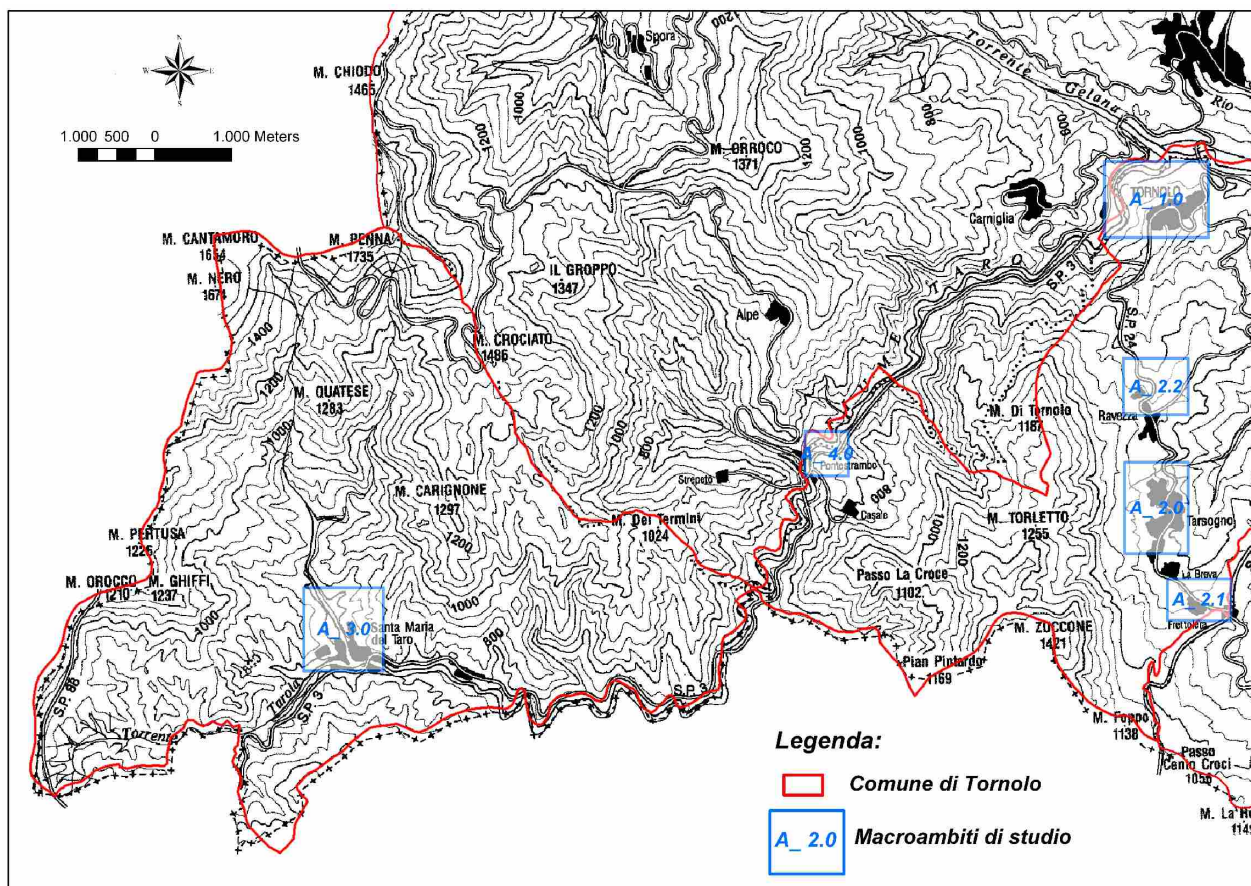


FIG. 2B – LOCALIZZAZIONE DEGLI AMBITI OGGETTO DI MICROZONAZIONE SISMICA, COMUNE DI TORNOLO

3. ASSETTO GEO-STRUTTURALE DELL'AREA

L'assetto geo-strutturale dei luoghi è da mettere in relazione con l'impilamento di unità tettoniche secondo lo schema a falde di ricoprimento ipotizzato già nel 1960 da P.Elter, vergenti in direzione nord-est, per effetto del sovrascorrimento delle unità di origine marina più antiche (Unità Liguridi) attraverso l'interposizione delle unità Subliguri, sulle più recenti Unità Toscane, che si trovano nella posizione tettonicamente più bassa. La storia geologica dell'area viene completata dalla deposizione, in discordanza con le sottostanti unità, della Successione Epiligure, caratterizzata da facies transizionali, che si deponevano man mano che il fronte dell'accavallamento avanzava sulle sovrascorse unità Liguridi e da sedimenti

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

continentali fluvio – lacustri plio – pleistocenici, anch'essi in discordanza con le sottostanti Unità, prodotti per il riempimento di conche e bacini intramontani legati alla tettonica distensiva verificatasi successivamente alla dominante fase compressiva responsabile della struttura appenninica.

Il successivo innalzamento del crinale appenninico, avvenuto nel quaternario, ha determinato una rapida erosione delle unità Liguridi e Epiliguri e la venuta a giorno delle Unità Toscane nella zona della dorsale appenninica.

Schematicamente, in tale edificio, alle quote più elevate si collocano le Unità appartenenti al Dominio Ligure, mentre verso il basso affiorano prima le unità toscane seguite dalle unità appartenenti al cosiddetto Autoctono Padano (Cfr. Fig. 3).

SCHEMA SULLA POSIZIONE DELLE UNITA' TETTONICHE

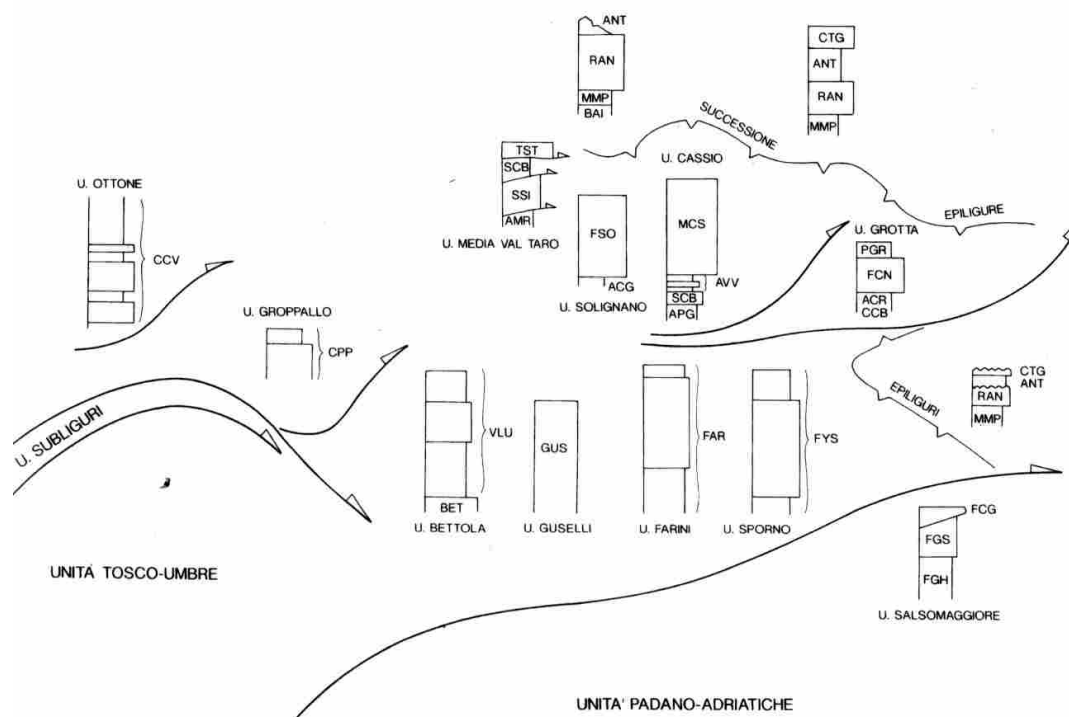


FIG. 3 – SCHEMA STRUTTURALE DELLA PORZIONE DI APPENNINO IN ESAME

Gran parte del territorio, evidenzia corpi rocciosi riconducibili all'Unità *Liguride Esterna*, mentre la collocazione della *Successione Epiligure* risulta limitata nelle aree di studio a modesti affioramenti di Marne di Monte Piano nei pressi di Compiano, sponda destra del F. Tarò.

Le unità liguri, rappresentate in prevalenza, dalle formazioni delle *Arenarie di M. Gottero*, dal *Flysch di*

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

Monte Caio e dalle relative unità dei Complessi di Base (Complesso di Casanova, Argille varicolori, Arenarie di Scabiazza, Argille a Palombini ecc.), appaiono fortemente deformate attraverso strutture plicative e di taglio a piccola e grande scala, per effetto della lunga storia evolutiva che le ha contraddistinte. Così come fortemente tettonizzate si manifestano anche le Unità subliguri affioranti con continuità lungo la finestra tettonica di M. Zuccone, nella quale il denudamento tettonico ha portato in affioramento unità di pertinenza toscana, strutturate ad anticlinale complessa con asse circa meridiano.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

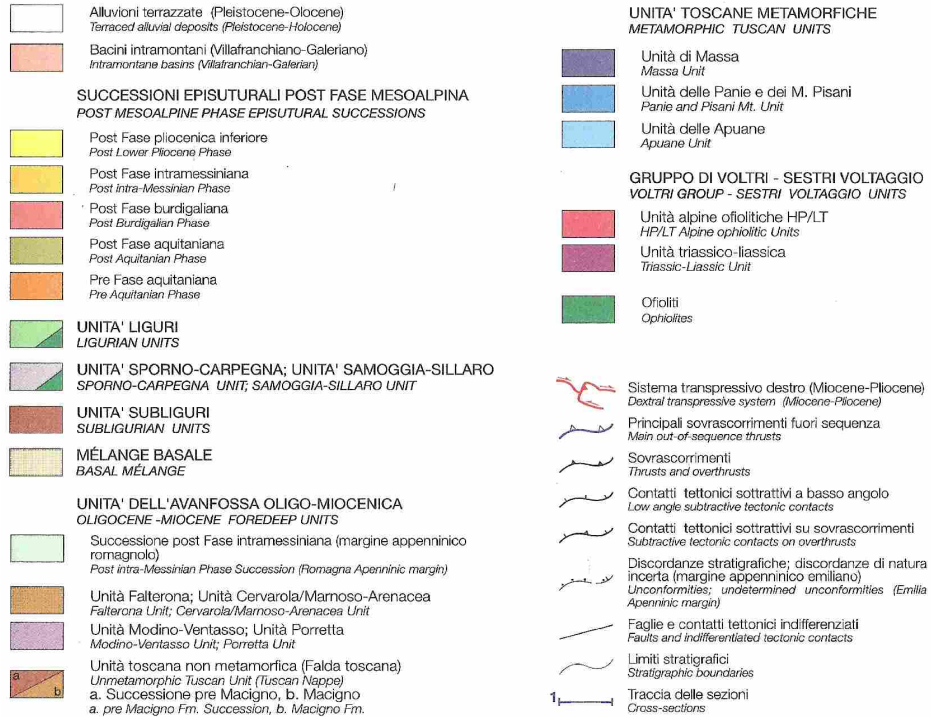


**SCHEMA TETTONICO
TECTONIC SKETCH**

A.CERRINA FERONI - P. MARTINELLI - G. OTTRIA

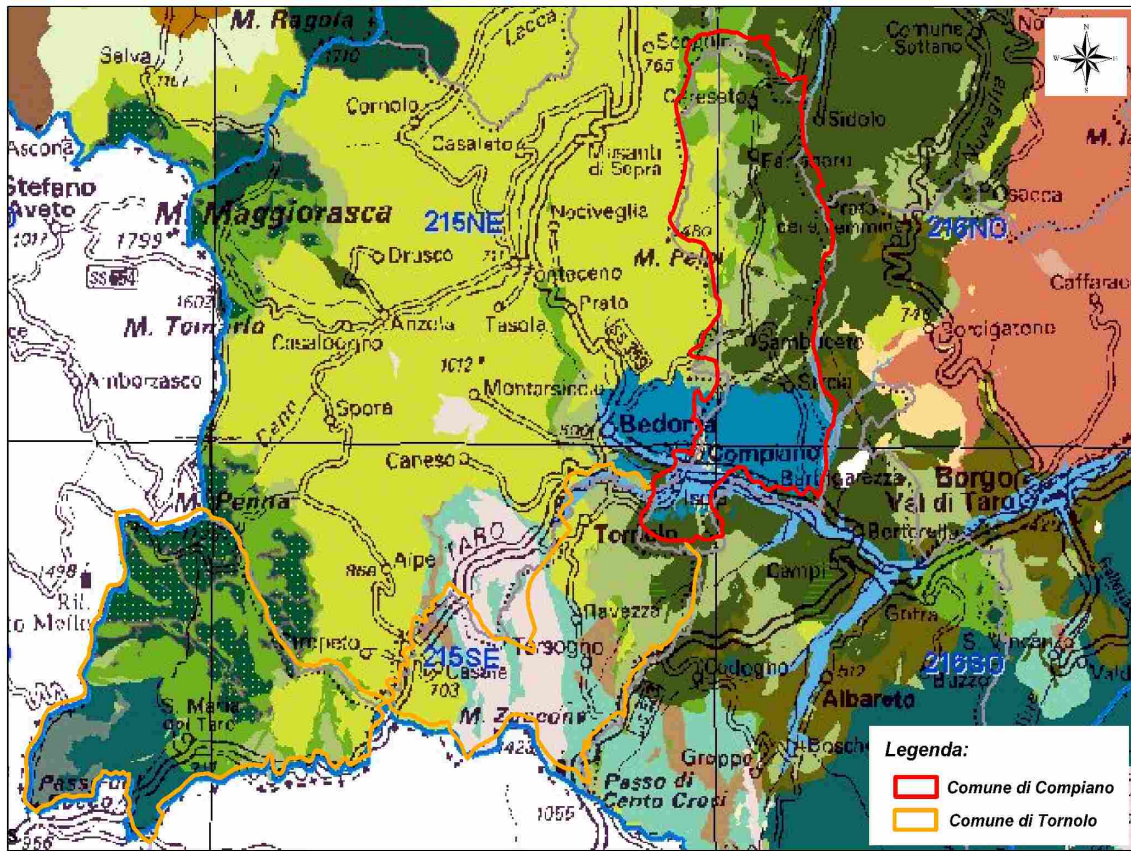
**FIG. 4 – SCHEMA
TETTONICO - STRUTTURALE
DELLA PORZIONE DI
APPENNINO IN ESAME**

**GEOLOGICO – STRUTTURALE
DELL'APPENNINO EMILIANO
– ROMAGNOLO. C.N.R. -
REGIONE EMILIA -
ROMAGNA)**



RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo



Legenda:

FIG. 5 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO SCHEMATICO DELLA PORZIONE DI APPENNINO IN ESAME
(FONTE: PROGETTO CARG DELLA REGIONE EMILIA – ROMAGNA, SERVIZIO GEOLOGICO E SISMICO DEI SUOLI)

SUCCESSIONI NEOGENICO - QUATERNARIE

- Sintema di Compiano**
- UNITA' EPILIGURI**
- Formazione di Ranzano**
- Marne di M. Piano**
- UNITA' TOSCANE**
- Successione Toscana**
- UNITA' SUBLIGURI**
- Argille e Calcari**
- Unità Bratica**

UNITA' LIGURI

- Flysch di M. Caio**
- Arenarie di M. Gottero**
- Unità pelitico - arenacee pre-flysch**
- Complessi sedimentari pre-flysch**
- Argille a Palombini**
- Argilliti di Gaiette**
- Argille Varicolori**
- Basalti**

Lo stato deformativo, in aggiunta all'assetto lito-stratigrafico delle compagini rocciose, costituiscono i fattori geologici fondamentali che influiscono sulla risposta sismica dei terreni, in termini di amplificazione e velocità di propagazione delle onde S.

Pertanto, alla base degli studi di microzonazione sismica non deve mai mancare un'attenta ed approfondita analisi degli aspetti geologico-morfologici generali e di dettaglio delle aree in esame.

4. SISMICITA'

4.1. Inquadramento sismotettonico

L'Appennino settentrionale è una catena a *thrusts* facente parte del sistema alpino, formatosi in gran parte a spese della placca Adriatica per l'interazione fra le placche Africana ed Euroasiatica.

Si tratta di un edificio costituito da una pila di unità tettoniche riferibili a due principali domini (Cfr. Fig. 6): il Dominio Ligure, i cui sedimenti si sono depositi originariamente su crosta oceanica (Liguridi s.l., Auctt.) e il Dominio Tosco-Umbro-Marchigiano, rappresentato da successioni del margine continentale dell'Adria la cui età inizia a partire dal Triassico.

Le formazioni rocciose appartenenti al Dominio Toscano, sono localizzate essenzialmente lungo la zona di crinale, mentre le unità liguri caratterizzano la fascia che si estende fino al di sotto dei depositi alluvionali della pianura.

Il fronte appenninico è evidenziato dalle strutture ad arco delle pieghe emiliane e ferraresi, posizionate quasi a ridosso del fiume Po, dove sovrascorre con direzione settentrionale la piattaforma padano-veneta.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

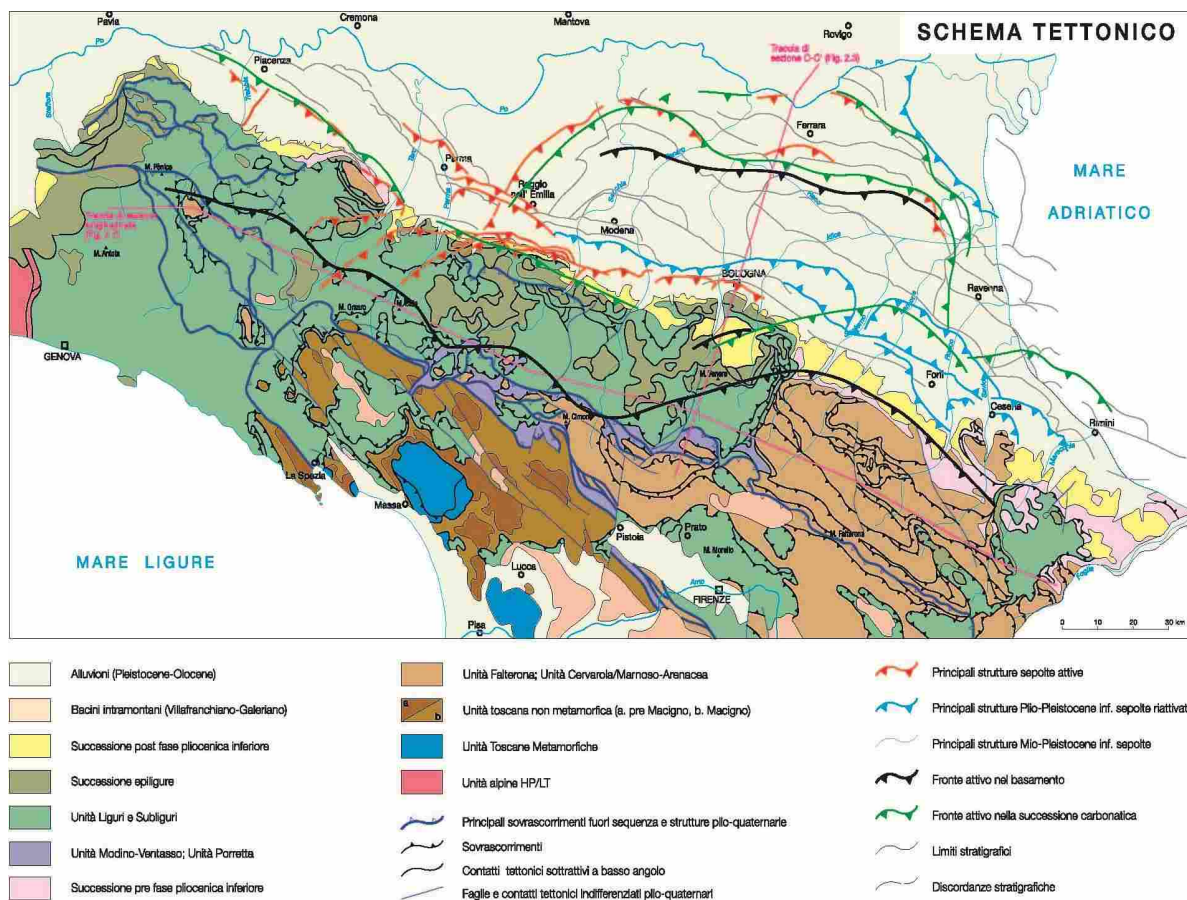


FIG. 6 – SCHEMA TETTONICO GENERALE DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA

Oltre che al contatto tra unità tettoniche differenti, si possono rinvenire all'interno di ciascun dominio strutture attive, il cui studio risulta estremamente importante per definire i meccanismi di rottura che generano i terremoti.

Dall'analisi sull'attività neotettonica in Emilia-Romagna (Cfr. Fig. 7), emerge che le zone a maggiore sollevamento, con tassi >1 mm/anno, sono individuabili nella parte alta della catena, corrispondente al settore a monte del principale raddoppio crostale a conferma dell'attività di questa struttura.

L'area a sollevamento intermedio, con tassi mediamente ≥ 1 mm/anno, corrisponde al settore immediatamente retrostante la struttura superficiale del margine che da Bologna si estende verso NW fino alla valle del Taro.

Le aree a minore sollevamento (<1 mm/anno) si collocano immediatamente a valle della struttura crostale.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

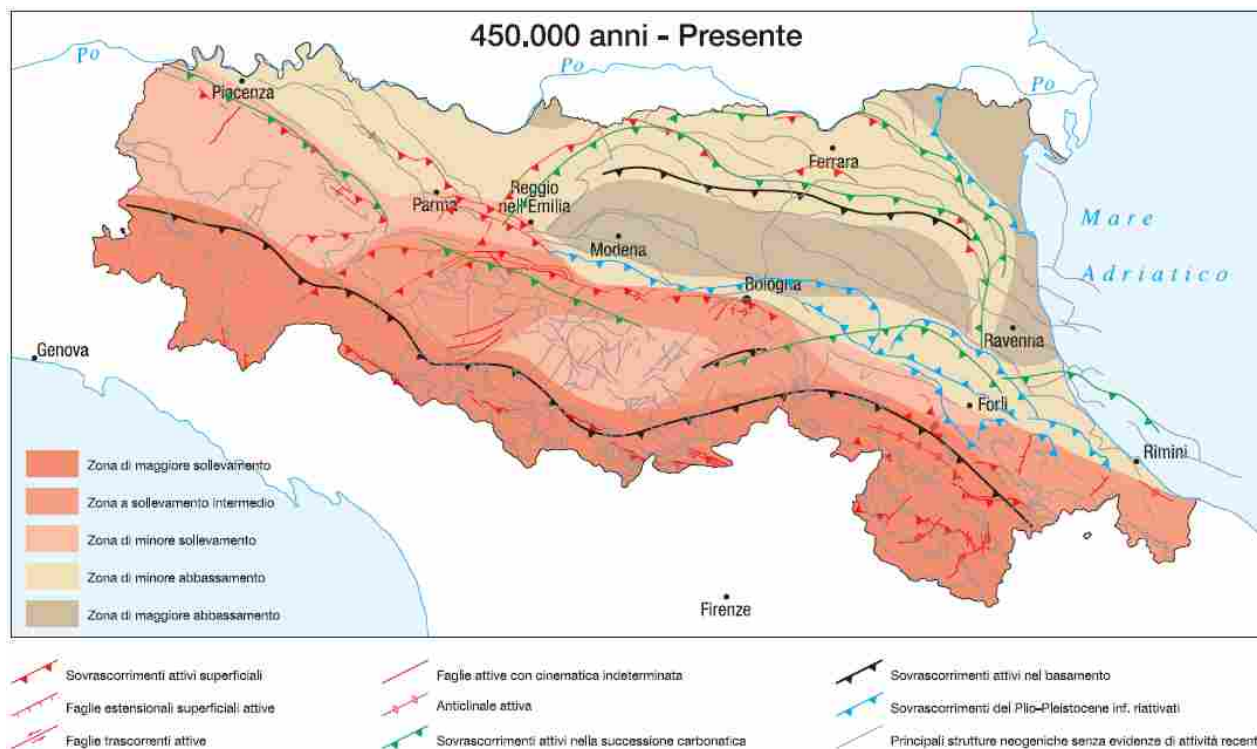


FIG. 7 – SCHEMA DELL'ATTIVITÀ NEOTETTONICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA

La sismicità legata alle strutture superficiali, con ipocentri mediamente ad una profondità inferiore a 15 km, risulta molto diffusa in catena e più localizzata in pianura, soprattutto in corrispondenza della dorsale ferrarese.

I meccanismi focali calcolati risultano compressivi e trascorrenti indicando direzioni di compressione sia NE-SW che NW-SE. I meccanismi focali distensivi sono nettamente secondari. Risulta quindi che la cinematica delle principali strutture attive superficiali è di tipo transpressivo.

La sismicità crostale, con ipocentri mediamente compresi tra 15 e 35 km, mostra una distribuzione simile a quella più superficiale ma con una densità inferiore. Anche in questo caso i meccanismi focali risultano compressivi e trascorrenti con direzioni di compressione sia NW-SE che NE-SW ed i meccanismi distensivi sono rari e ben localizzati.

La sismicità più profonda, con ipocentri oltre i 35 km, fino ad oltre 50 km, è sempre diffusa nel settore di catena e in corrispondenza del margine appenninico-padano, e decisamente minore in pianura. I meccanismi focali calcolati sono in accordo con quanto riscontrato nei livelli strutturali superiori.

Risulta così un modello geodinamico attivo in cui le strutture superficiali della copertura, quelle crostali

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

nonché quelle del mantello, sebbene tra loro distinte, sono tutte coerenti e inquadrabili in un sistema transpressivo che rispetto alle zone esterne dell'avampaese padano, relativamente stabili, assume il significato di un sistema di ordine inferiore all'interno di una zona di trascorrenza destra.

In Fig. 8 è riportata la distribuzione delle strutture attive rispettivamente della copertura, della crosta e del mantello con una zonazione delle aree che maggiormente risentono della loro attività. Per questa zonazione si è tenuto conto anche degli effetti superficiali quali le aree di maggiore sollevamento in catena e di minore abbassamento in pianura, come pure della distribuzione delle aree a maggiore frequenza di fenomeni franosi. Si osserva che i territori dei comune di Compiano e Tornolo sono situati in zona di maggior risentimento degli effetti delle faglie attive.

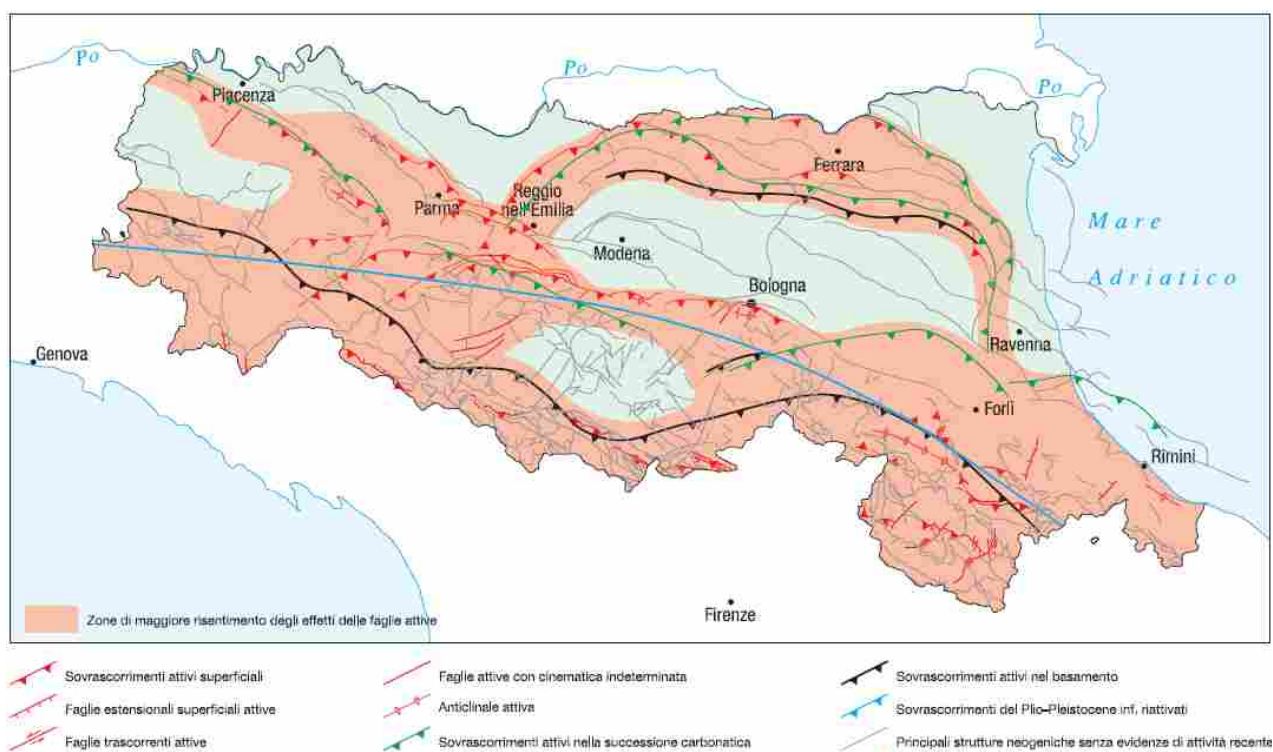


FIG. 8 – CARTA DELLA ZONIZZAZIONE DI MAGGIORE RISENTIMENTO DEGLI EFFETTI DELLE FAGLIE ATTIVE

La Carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna alla scala 1:250.000, rappresenta il documento fondamentale per la definizione della pericolosità sismica locale e all'individuazione di strutture potenzialmente sismo genetiche ed ha consentito di ottenere il quadro neotettonico e sismotettonico dell'area di studio.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

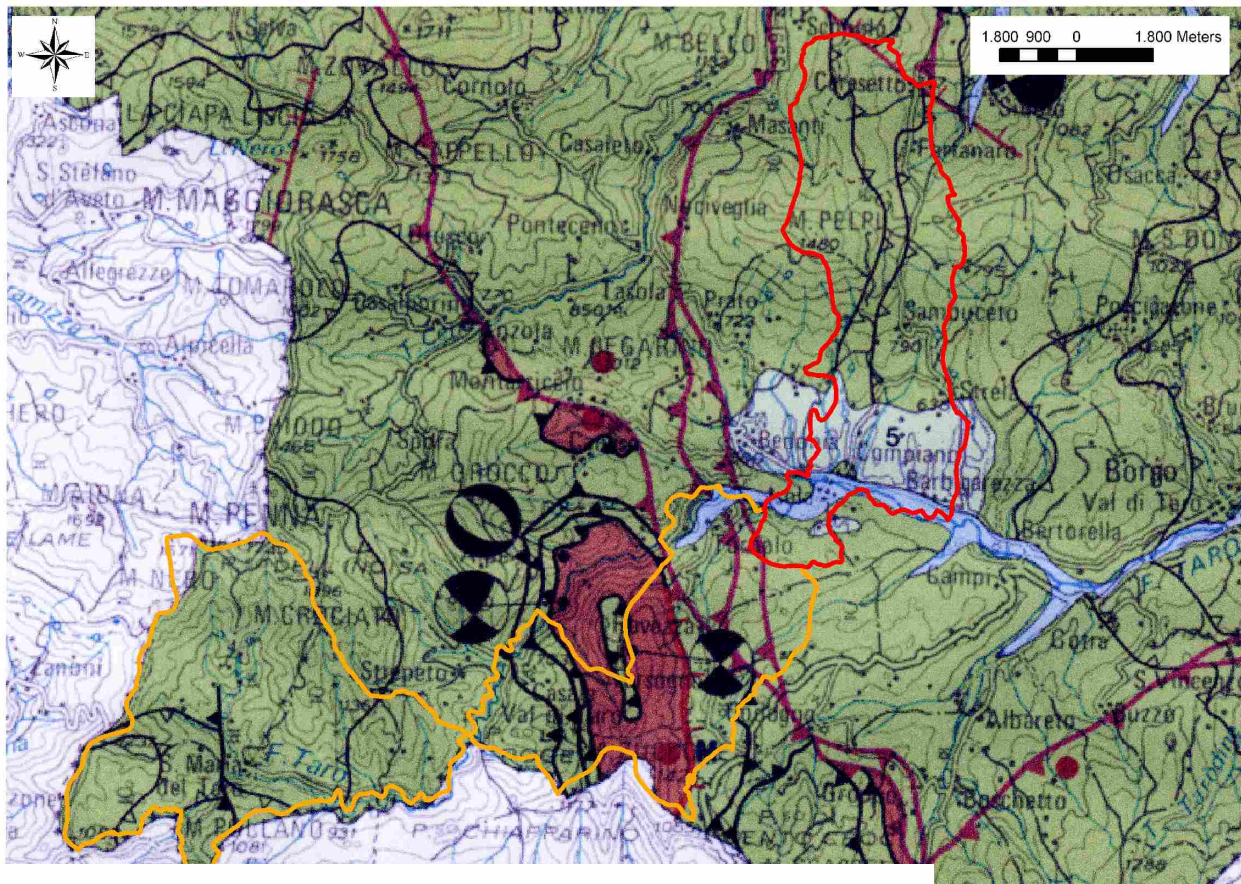
Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

Lo stralcio della Carta sismotettonica della Regione Emilia-Romagna riferito al territorio al contorno dei comuni di Compiano e Tornolo è riportato in Fig. 9.

Nel dettaglio, in Fig. 9, all'interno dei perimetri comunali di Compiano e Tornolo (specie in quest'ultimo), si evidenziano numerose strutture (sovrascorrimenti e faglie) attive, affioranti, recenti e di età più antica senza chiare evidenze di riattivazione (Miocene Sup. - Pliocene Inf. 9 – 4,5 M.A. e Miocene Sup. > 9 M.A.), a conferma del sensibile grado di sismicità dell'area.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo



- 9 Depositi delle avanfosse dell'Oligocene superiore-Miocene: Macigno, Arenarie del M. Cervarola, Arenarie del M. Falterona, Marnoso-Arenacea (28 - 6,8 Ma)
Foredeep deposits Late Oligocene-Miocene in age: Macigno, Mt Cervarola Sandstones, Mt Falterona Sandstones, Marnoso-Arenacea (28 - 6,8 My)
- 10 Unità Liguri, Subliguri ed Epiliguri (Giurassico - Miocene, 205 - 6,8 Ma)
Ligurian, Subligurian and Epiligurian Units (Jurassic - Miocene, 205 - 6,8 My)

Strutture affioranti Outcropping structures

Strutture attive e recenti (<1 Ma), determinate su base morfostrutturale (M) e/o geologica (G)
Active and recent structures (<1 My), recognized on the basis of morphostructural (M) and/or geological (G) data

- Sovrascorrimento Thrust fault
- Faglia normale Normal fault

Strutture plio-quadernarie (4,5 - 1 Ma)
Plio-Quaternary structures (4,5 - 1 My)

- Sovrascorrimento di età Miocene superiore-Pliocene inferiore (9 - 4,5 Ma) senza evidenze di riattivazione
Late Miocene-Early Pliocene (9 - 4,5 My) thrust fault, without evidences of reactivation
- Principali sovrascorrimenti pre-Miocene superiore (>9 Ma)
Main pre-Late Miocene thrust faults (>9 My)

Epicentri dei terremoti Earthquake epicenters

- | | |
|--|---|
| strumentali
<i>instrumentals</i> | macrosismici
<i>macroseismics</i> |
| 4<M<5 | 4<M<5 |
| 5<M<5.5 | 5<M<5.5 |
| M>5.5 | M>5.5 |

Meccanismi focali Earthquake focal solutions

- | | | |
|------|--|---|
| Mw | | Faglia normale
Normal fault |
| =3.0 | | Faglia inversa
Thrust fault |
| =3.5 | | Faglia trascorrente
Strike-slip fault |
| =4.0 | | Faglia inversa/trascorrente
Thrust and strike-slip fault |
| =4.5 | | Faglia normale/trascorrente
Normal and strike-slip fault |
| =5.0 | | |
| =5.5 | | |

**FIG. 9 - STRALCIO
CARTA SISMO –
TETTONICA DELLA
REGIONE EMILIA
ROMAGNA**

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

4.2. Zonazione sismogenetica

Allo scopo di associare la sismicità dell'area con i meccanismi responsabili dell'innescio dei terremoti, si è fatto riferimento alla Zonazione Sismogenetica ZS9 (a cura del gruppo di lavoro coordinato da C. Meletti e G. Valensise, 2004).

Tale lavoro, che sostituisce la precedente zonazione ZS4, suddivide il territorio nazionale in fasce contraddistinte da caratteristiche sismotettoniche omogenee (Cfr. Fig. 10). Esso risulta estremamente importante per gli studi pianificazione territoriale ed, in particolare, nelle valutazioni di pericolosità sismica.

A corredo degli studi di zonizzazione sono stati raccolti ed analizzati quasi 2.500 terremoti, spalmati sugli ultimi 1.000 anni, limitatamente agli eventi contraddistinti da intensità epicentrale pari ad almeno il V°-V° della scala MCS.

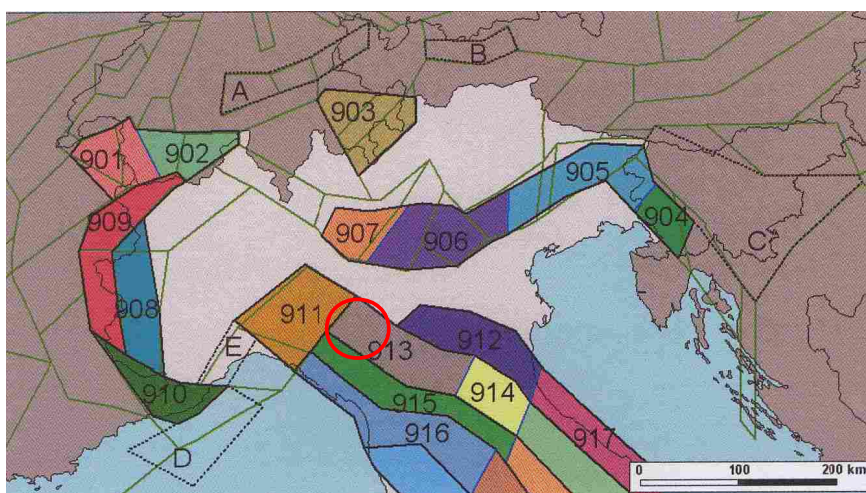


FIG. 10 – STRALCIO DELLA ZONAZIONE SIMMOGENETICA ZS9 (2004)

Come evidenziato in Fig. 10, l'area di studio interessa principalmente la Zona 913 nel settore prossimo alla Zona 915, nella porzione confinante ad ovest con la Zona 911, che costituisce uno "svincolo" cinematico del sistema supposto in migrazione. Le Zone longitudinali rispetto alla catena appenninica in esame, che si snodano a partire dalla 911, modificano la precedente ZS4 sulla base di differenti interpretazione della fagliazione attiva e sulla base di diversa geometria delle sorgenti sismogenetiche.

La Zona 915 fa parte di uno dei sistemi di maggior rilascio di energia dell'Appennino settentrionale, essa corrisponde con il settore più interno della catena appenninica, generalmente interessato da importanti faglie primarie e relative zone sismogenetiche. Tali faglie nella zona toscana più prossima all'area di studio, immergono verso NE. La Zona 913, che risulta dalla scomposizione della fascia che da Parma scende sino all'Abruzzo, è contraddistinta da eventi di bassa magnitudo, a cinematica prevalentemente compressiva, come già espresso nei paragrafi precedenti, anche se si possono avere fenomeni trascorrenti nelle zone di

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

svincolo che dissecano la continuità laterale delle strutture. Generalmente, le sorgenti sismiche si distribuiscono a profondità comprese tra i 12 e i 20 km.

4.3. Sismicità del territorio

Nella valutazione della pericolosità sismica di una determinata area occorre, in primo luogo, definire la pericolosità di base attraverso una corretta analisi della sismicità evidenziando, sia la distribuzione spazio-temporale degli eventi, sia le caratteristiche di intensità degli stessi, seguita da una valutazione della pericolosità locale determinata dagli aspetti geologico-morfologici del territorio.

La storia sismica comunale è stata dedotta dal database DBMI04 utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI04) aggiornato al maggio 2004 (a cura di M. Stucchi et al.), nel quale sono riportate le osservazioni macrosismiche relative ai Comuni di Compiano e Tornolo.

Essa è riassunta nella Tab. 1, dove sono stati elencati gli eventi di maggior intensità al sito ($I_s > III$ grado della scala MCS), indicando, per ciascuno di essi, oltre alla stessa intensità al sito: l'anno, il mese (Me), il giorno (Gi) e l'ora (Or) in cui si è verificato, la denominazione dell'area dei maggiori effetti (Area Epicentrale), l'intensità massima epicentrale in scala MCS (I_o) e la magnitudo momento (M_w).

Storia sismica di Compiano (PR) [44.496, 9.662] Osservazioni disponibili: 7

Effetti	In occasione del terremoto:								
I_s	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	I_o	M_w
7	1834	02	14	13	15		ALTA LUNIGIANA	8-9	5.64
6-7	1920	09	07	05	55	40	Garfagnana	9-10	6.48
6	1934	06	13	09	06		BORGO VAL DI TARO	6	5.22
4-5	1927	10	28	21	49		BEDONIA	6	5.13
NF	1886	10	15	02	20		COLLECCHIO	6	4.83
NF	1986	12	06	17	07	19	BONDENO	6	4.56
NF	1998	03	26	16	26	17	APPENNINO UMBRO-MARCHIGIANO	6	5.33

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

Storia sismica di Tornolo (PR)[44.484, 9.624] Osservazioni disponibili: 5

Effetti	In occasione del terremoto:								
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Io	Mw
5-6	1927	10	28	21	49		BEDONIA	6	5.13
4-5	1834	02	14	13	15		ALTA LUNIGIANA	8-9	5.64
3-4	1983	11	09	16	29	52	Parmense	6-7	5.10
3-4	1995	10	10	06	54	22	LUNIGIANA	7	5.04
NF	1886	10	15	02	20		COLLECCHIO	6	4.83

Dove Io ed Mw = Intensità e Magnitudo sismica epicentrale; Is = Intensità sismica percepita

TAB. 1 – MASSIMI EVENTI SISMICI VERIFICATISI NEL COMUNI DI COMPIANO E TORNOLO

Dalla lettura di Tab. 1 si evidenzia che il massimo evento sismico censito a Compiano si è verificato il 09 Luglio 1920 con un'intensità al sito del VI - VII° della scala MCS, mentre a Tornolo è stato censito un evento del 28 Ottobre del 1927 con un intensità al sito del V – VI° della scala MCS.

Tra gli episodi di più recente manifestazione, non contemplati in tabella, si segnalano il terremoto del 23/12/2008 contraddistinto da una magnitudo momento del 5° e l'evento del 27/01/2012, con epicentro individuato nei pressi di Berceto capoluogo, che si è sviluppato ad una profondità di circa 60 Km con intensità pari a 5,4°.

Un ulteriore studio che ha sviluppato una valutazione affidabile del grado di sismicità dell'area è rappresentato dal lavoro pubblicato dalla Protezione Civile, a cura di *D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise*, "Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani", determinate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA.

Secondo tale studio, basato in misura prevalente su valori realmente osservati, facendo ricorso ad aggiustamenti solo per quelle località ove questo si sia reso necessario, i territori dei comuni di Compiano e Tornolo sono stati soggetti a terremoti di intensità massima pari al VIII° della scala MCS.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

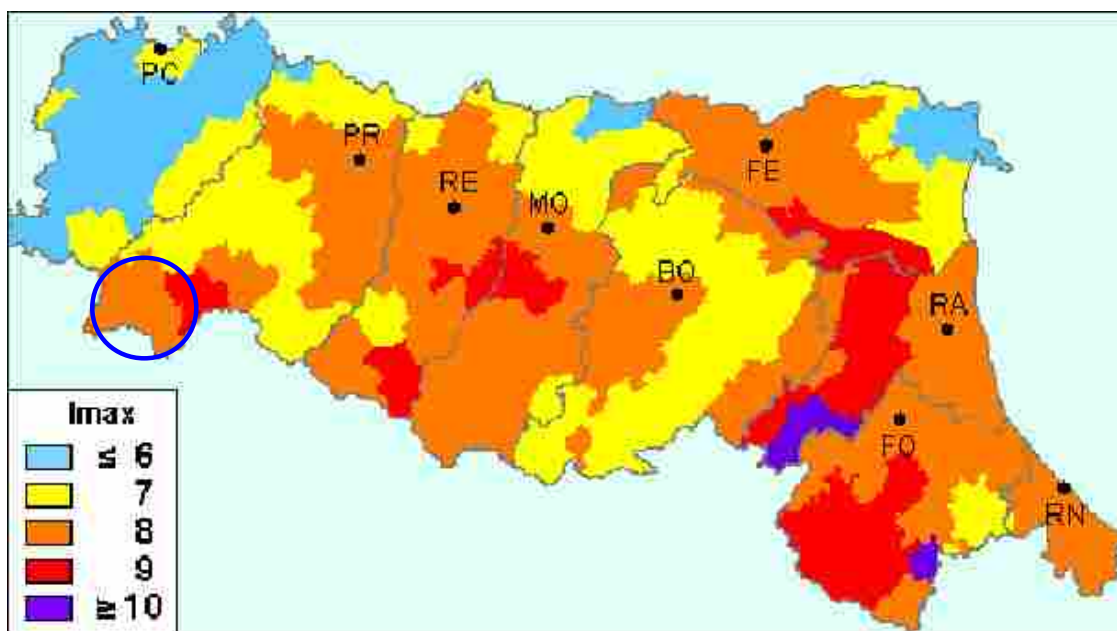


FIG. 11 – CARTA DELLA MASSIMA INTENSITÀ MACROSISMICA IN EMILIA ROMAGNA

4.4. Classificazione sismica comunale

La classificazione sismica dei comuni su tutto il territorio nazionale è stata stabilita dall'Allegato 1, punto 3 dell'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003, utilizzando e aggiornando la precedente proposta nel 1998.

La suddivisione è articolata in 4 zone: le prime 3 corrispondono alle zone di sismicità alta (S=12), media (S=9) e bassa (S=6), contemplati nella Legge 64/74, mentre la zona 4 è di nuova introduzione.

Ciascuna zona è contraddistinta da un diverso valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Cfr. Tab. 2), eliminando di fatto la presenza di aree del territorio classificate come non sismiche: in questo modo, ad ogni area del territorio nazionale viene attribuito un differente livello di pericolosità sismica.

Zona	Valori massimi di ag
1	>0,25
2	0,15 ÷ 0,25
3	0,05 ÷ 0,15
4	<0,05

TAB. 2 – VALORI DI ACCELERAZIONE ORIZZONTALE ASSOCIATI A CIASCUNA ZONA SISMICA

La classificazione vigente, identifica i Comuni di Compiano e Tornolo in zona 2 (Cfr. Fig. 13), cui

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compresi tra $0,15 \cdot g$ e $0,25 \cdot g$ (dove g è l'accelerazione di gravità).

L'elaborazione dei parametri della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale redatta INGV (2004) e riportata nell'OPCM 3519 del 28/04/2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", identifica, per la fascia territoriale in oggetto, valori di accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresi tra: $a_g = 0,150/0,175$ e $0,175/0,200g$ (ricavato dalle mappe interattive di pericolosità sismica dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia – INGV. Fig. n. 12).

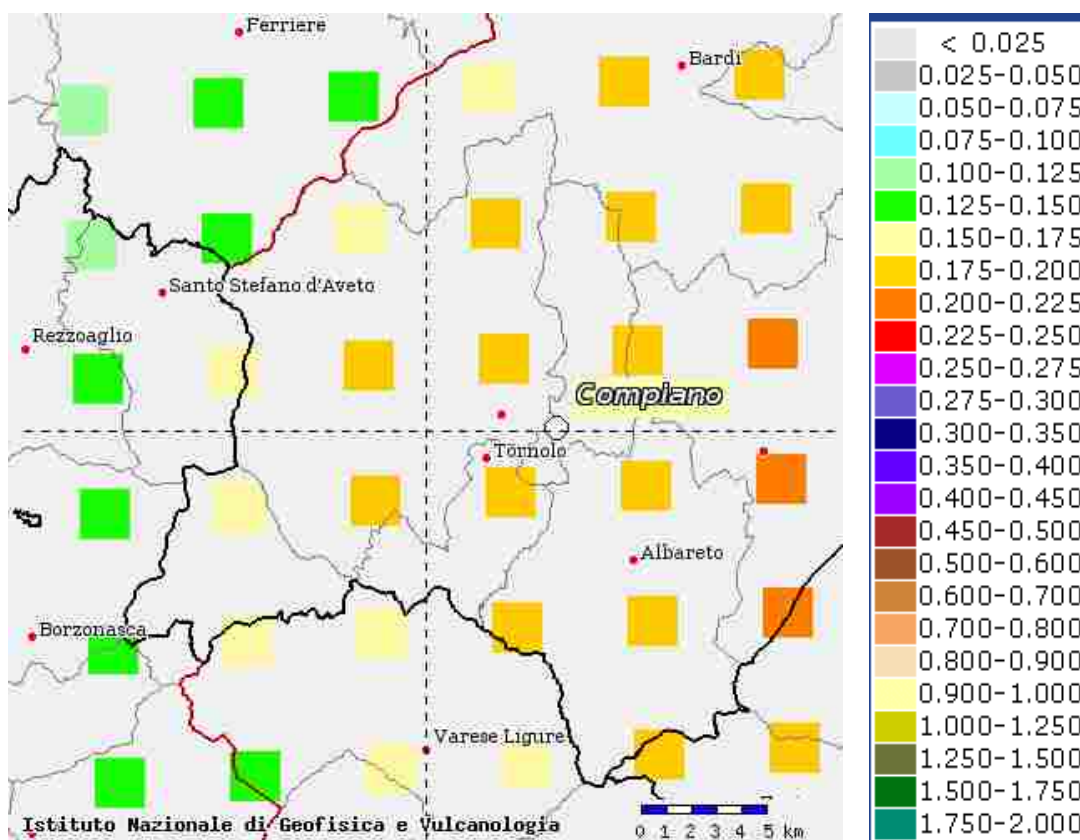


FIG. 12 – MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA RICAVATA DAL SITO DELL'ISTITUTO DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Risulta opportuno evidenziare che, con l'entrata in vigore del decreto ministeriale 14 gennaio 2008 recante "Norme Tecniche per le Costruzioni", la stima della pericolosità sismica, non è più associata alla zona sismica di appartenenza, ma al valore di accelerazione massima orizzontale attesa su base probabilistica su uno specifico sito.

Ciò ha permesso di superare la differenza tra valori di accelerazione previsti dagli studi di pericolosità sismica a scala nazionale e valori previsti dalla normativa antisismica per suolo di riferimento

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

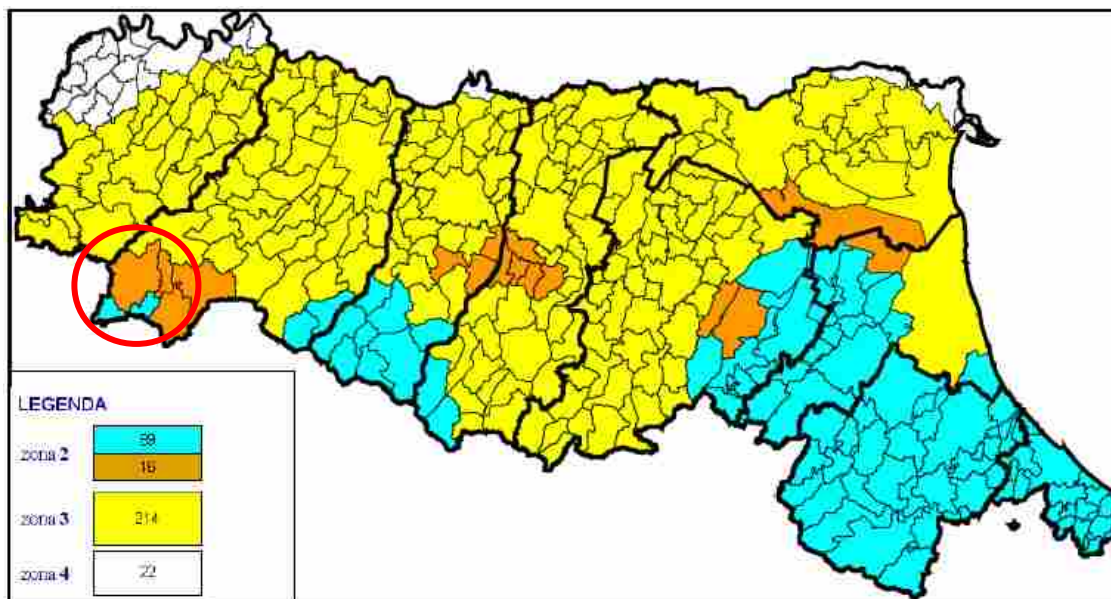


FIG. 13 – CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI COMUNI DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA

4.5. Pericolosità sismica

Il Rischio Sismico è espresso quantitativamente, in funzione dei danni attesi a seguito di un terremoto, in termini di perdite di vite umane e di costo economico dovuto ai danni alle costruzioni ed al blocco delle attività produttive.

Esso è determinato dalla convoluzione probabilistica $Rischio = f [(PB \cdot PL) \cdot (V \cdot E)]$ dei seguenti tre fattori: Pericolosità, Vulnerabilità ed Esposizione.

La pericolosità sismica di un'area dipende dalle caratteristiche sismiche (sorgenti sismogenetiche, energia, tipo e frequenza dei terremoti) e da aspetti locali (geomorfologia e stratigrafia), in tal senso è suddivisibile in una pericolosità di base (PB) e in una pericolosità locale (PL).

La prima, peraltro illustrata nei paragrafi precedenti, consiste nella probabilità che, in un certo intervallo di tempo, si verifichino forti terremoti che possono provocare danni.

La pericolosità sismica di base di una zona, in senso lato, è determinata dalla frequenza con cui avvengono i terremoti e dall'intensità che raggiungono.

Tale dato, in senso probabilistico, è la probabilità che un valore prefissato di pericolosità, espresso da un parametro di moto del suolo (quale ad es. l'accelerazione massima PGA o il grado di intensità

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

macrosismica), venga superato in un dato sito entro un fissato periodo di tempo.

Le caratteristiche sismiche, comunemente indicate come componenti della pericolosità sismica di base, sono quelle considerate per definire la zonazione della classificazione sismica nazionale.

La classificazione nazionale esprime la sismicità di un'area sulla base dei terremoti avvenuti in epoca storica e della distanza dalle potenziali sorgenti sismogenetiche, senza però considerare le caratteristiche locali del territorio che possono modificare il moto sismico atteso.

La pericolosità locale è influenzata dalla presenza di alcune tipologie di depositi e forme del paesaggio che possono amplificare il moto sismico in superficie favorendo fenomeni di instabilità dei terreni quali cedimenti, frane o fenomeni di liquefazione (effetti locali).

Nella determinazione del rischio sismico interviene pertanto, oltre alla pericolosità sismica di base (frequenza e intensità dei terremoti), anche l'assetto geologico-morfologico al contorno.

A parità di pericolosità, un'area densamente popolata e caratterizzata da costruzioni poco resistenti al terremoto avrà un rischio elevato, mentre un'area deserta avrà rischio nullo.

Dunque elevata pericolosità sismica non significa necessariamente elevato rischio sismico, ma, per le ragioni sopra riportate, risulta possibile anche il verificarsi della relazione contraria.

In tal senso una suddivisione del territorio, operata sulla base della diversa risposta sismica del terreno, assume un importante ruolo nel processo di pianificazione territoriale e urbanistica come strumento di prevenzione e mitigazione del rischio sismico individuando aree a diversa pericolosità sismica.

Tale operazione è particolarmente efficace se applicata a partire dalle prime fasi della pianificazione territoriale e urbanistica (PTCP e PSC) attraverso la realizzazione di cartografia di analisi e apparati normativi che sostengano l'obiettivo comune di indirizzare le scelte di pianificazione verso ambiti a minore rischio sismico.

Ai sensi dell'art.A-2 comma 4 della L.R. 20/2000 "Disciplina Generale sulla Tutela e uso del Territorio *"nei territori regionali individuati come zone sismiche, ai sensi dell'art. 145 della L.R. n. 3 del 1999, gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica concorrono alla riduzione ed alla prevenzione del rischio sismico, sulla base delle analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione"*.

L'art.37 della L.R. 31/2002 Disciplina Generale dell'Edilizia e s.m.i. indica che nelle zone sismiche il parere di compatibilità degli strumenti di pianificazione riguarda le *"condizioni di pericolosità locale degli aspetti fisici del territorio"*; il punto 9.3 della circolare n.6515 del 21/3/2003, sull'applicazione di alcune disposizioni della L.R. 31/2002 chiarisce che le *"condizioni di pericolosità locale degli aspetti fisici del territorio"* sono tutti gli aspetti fisici del territorio che influiscono sulla pericolosità locale, quali le

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

caratteristiche geologiche, geomorfologiche, geotecniche e idrogeologiche che possono determinare instabilità dei versanti, effetti di amplificazione del moto sismico, addensamento e liquefazione.

Si segnala inoltre che, a seguito dell'entrata in vigore del D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni", preceduto dal D.M. 14.9.2005 (pubblicato sul Supplemento Ordinario n.159 alla Gazzetta Ufficiale n.222 del 23 settembre 2005 recante "Norme Tecniche per le Costruzioni"), sono richiesti specifici studi per la valutazione della risposta sismica locale ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto (punto 3.2.1).

4.6. Microzonazione sismica

Per "*microzonazione sismica*" si intende la suddivisione dettagliata del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale: tale suddivisione tiene conto sia della sismicità di base (distanza dalle sorgenti sismogenetiche, energia, frequenza e tipo dei terremoti attesi) sia delle caratteristiche geologiche e morfologiche locali.

La Regione Emilia-Romagna, ai sensi dell'art.16 della L.R. 20/2000, ha prodotto uno specifico "*atto di indirizzo e coordinamento tecnico per la compilazione di studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna a supporto della pianificazione territoriale e urbanistica*".

Esso è stato approvato tramite Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna – progr. n° 112 – oggetto n° 3121 del 2 maggio 2007, divenuta efficace il giorno 17 maggio 2007 in occasione della pubblicazione sul BUR dell'atto di indirizzo stesso.

Secondo tali disposizioni, gli studi di risposta sismica locale e micro zonazione sismica, vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

Si distinguono così 2 fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc..).

L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (1° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano 2 diversi livelli di approfondimento:

- Nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività $\leq 15^\circ$, si ritiene sufficiente **un'analisi semplificata (2° livello di approfondimento)**, cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici di quelli rilevati nel 1° livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard.
- Occorrerà realizzare **un'analisi approfondita (3° livello di approfondimento)**, laddove si evidenzino particolari criticità geologiche, di seguito elencate:
 - Aree soggette a liquefazione e densificazione;
 - Aree instabili e potenzialmente instabili, queste ultime quando si riscontri contemporaneamente un'acclività $> 15^\circ$;
 - Aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;
 - Aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica.

La prima fase, o il primo livello di approfondimento (individuazione delle aree potenzialmente soggette ad effetti locali), viene attuata nell'ambito della pianificazione urbanistica.

La seconda fase (analisi della risposta locale e microzonazione sismica del territorio) è richiesta per la predisposizione e approvazione degli strumenti di pianificazione urbanistica comunale potenzialmente soggette ad effetti locali individuate nella prima fase.

5. I° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

In questa fase, propedeutica ai livelli successivi, l'obiettivo principale riguarda l'individuazione delle aree omogenee in termini di risposta sismica locale, ovvero di definire da un punto di vista qualitativo delle

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

microzone, contraddistinte da una differente tipologia di effetti attesi, alle quali corrisponde il relativo livello di approfondimento da svolgersi.

Risulta pertanto di fondamentale importanza la ricostruzione del modello geologico evidenziando, sia le condizioni litologiche e strutturali delle diverse unità geologiche, sia le caratteristiche geometriche e tessiturali delle coperture detritiche.

La ricostruzione degli elaborati di I° livello è stata predisposta prevalentemente tramite il reperimento e l'elaborazione di dati esistenti, integrati dalle indicazioni fornite da indagini di nuova realizzazione.

Si ricorda che, la descrizione delle cartografie relativamente a ciascun ambito, viene proposta in allegato alla presente relazione.

5.1. Carta delle indagini

La redazione delle tavole è stata realizzata a scale differenti (1:4.000, 1:3.000), per permettere di apprezzare e visualizzare meglio le carte e i dati in esse espressi, ha previsto la preventiva raccolta di dati preesistenti, riguardanti indagini geognostiche realizzate in corrispondenza degli ambiti, o nelle immediate vicinanze, contenuti prevalentemente all'interno degli studi di pianificazione comunale.

Per quanto concerne la tipologia, si tratta per lo più prove penetrometriche dinamiche e in misura minore statiche, di carotaggi continui di saggi esplorativi con escavatore, e, solo marginalmente, di prove geofisiche come le sismiche passive (HVSR), che sono scarse in numero, pressochè inesistenti in corrispondenza delle frazioni e distribuite disomogeneamente in virtù della limitata espansione urbanistica che ha contraddistinto questo territorio di montagna negli ultimi anni.

Nell'intento di implementare le conoscenze sull'assetto sismo-stratigrafico del sottosuolo, è stata predisposta una campagna di indagini, consistita nella realizzazione di n° 60 prove sismiche a stazione singola HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura).

Esse sono state coordinate ed elaborate dai tecnici del Servizio Programmazione e Pianificazione Territoriale della Provincia di Parma.

Laddove si sono riscontrate incertezze o problematiche sulla corretta esecuzione delle prove e nell'elaborazione dei dati raccolti, si è provveduto alla ripetizione delle stesse.

Tutte le prove, sono state opportunamente codificate, raccolte nel *data-base* allegato, analizzate ed elaborate, per consentire una corretta ricostruzione del modello geologico e dei mutui rapporti tra il substrato e la copertura.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

5.1.1. Prova sismica passiva HVSR

L'indagine, definita "sismica passiva" in quanto non necessita di una sorgente d'energia appositamente creata, si basa sulla inversione dei rapporti spettrali del tremore sismico registrato in una stazione singola.

Lo strumento utilizzato per la misurazione è un tomografo digitale progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico; esso dispone di tre canali analogici connessi a tre velocimetri elettrodinamici ad alta risoluzione disposti lungo tre direzioni ortogonali.

Per questo studio le misure sono state effettuate con una frequenza di campionamento di 128 Hz e una durata di 15 minuti.

L'esito della prova è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione.

Le frequenze alla quali la curva H/V mostra dei massimi sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura.

In definitiva, attraverso la misurazione e l'analisi dei dati raccolti, si possono ottenere i seguenti risultati:

- Definizione delle frequenze naturali dei terreni, mettendo in luce quei valori di picco significativi quali, la frequenza fondamentale del deposito;
- Calcolo della velocità delle onde di taglio V_s determinata a partire da un riflettore noto dalla stratigrafia ed individuabile nella curva H/V. Conseguentemente, è possibile determinare i valori delle V_{sH} o V_{s30} , necessari per le elaborazioni dei successivi livelli di approfondimento;
- Infine, attraverso la definizione del contrasto d'impedenza tra i vari strati, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso, è possibile ricostruire la stratigrafia del sottosuolo.

Entrando nello specifico delle elaborazioni, la teoria di *Nakamura* relaciona lo spettro di risposta del substrato roccioso (rapporto spettrale $H/V = 1$), con quello effettivamente misurato in superficie.

Per una migliore comprensione del calcolo del moto sismico in superficie, occorre analizzare il caso semplificato di un deposito di terreno omogeneo di spessore H , poggiante su un basamento roccioso soggetto ad onde di taglio con direzione di propagazione verticale.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

Se le onde di taglio verticali incidenti sono sinusoidali di frequenza f , l'accelerazione sull'affioramento rigido è una sinusoidale di frequenza f e ampiezza a_{maxr} mentre la corrispondente accelerazione alla superficie del deposito, anch'essa sinusoidale di frequenza f , ha ampiezza paria ad a_{maxs} .

Il rapporto a_{maxr} / a_{maxs} prende il nome di fattore di amplificazione, A , e dipende dalla frequenza dell'eccitazione armonica, dal fattore di smorzamento del terreno e dal rapporto $I = (\sigma_b V_b) / (\sigma_s V_s)$ tra l'impedenza sismica della roccia di base $\sigma_b V_b$ e quella del deposito $\sigma_s V_s$.

La variazione del fattore di amplificazione con la frequenza definisce la funzione di amplificazione $A(f)$ del deposito. Il moto sismico risulta amplificato in corrispondenza di determinate frequenze, che corrispondono alle frequenze naturali f_n di vibrazione del deposito, mentre risulta ridotto di amplificazione alle frequenze elevate a causa dello smorzamento del terreno. Di particolare importanza è la prima frequenza naturale di vibrazione del deposito f_1 , denominata frequenza fondamentale di risonanza:

$$f_1 = \frac{V_s}{4H}$$

Riguardo la metodologia sul calcolo delle onde di taglio, si cerca di far adattare la curva sperimentale HVSR con una curva teorica usando come vincoli gli spessori degli strati più superficiali (o altri orizzonti) di sottosuolo ricavati da dati bibliografici o da prove in sito.

Successivamente, attraverso l'algoritmo "Monte Carlo", ovvero un metodo statistico non parametrico per l'inversione, si ottengono gli spessori dei sismostrati con la relativa velocità delle onde V_s .

5.2. Carta lito-morfologica

Per quanto riguarda la distribuzione dei litotipi presenti nelle aree d'interesse si è fatto riferimento alle relative sezioni alla scala 1:10.000 della Cartografia geologica regionale – Progetto CARG (Servizio Geologico Sismico e dei Suoli – Regione Emilia Romagna).

Ovviamente tutti i dati contenuti all'interno di ciascun ambito comunale, sono stati opportunamente verificati tramite sopralluoghi di campagna.

In primo luogo, sono state raffigurate le formazioni rocciose affioranti, elencandole dall'alto verso il basso, dall'unità tettonicamente più elevata a quella inferiore indicando, tra l'altro, il dominio strutturale di appartenenza.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

I corpi detritici, che ricoprono il substrato con spessori variabili e risultano estremamente importanti per gli studi di microzonazione, sono stati suddivisi sulla base dello stato di attività e della tipologia di movimento.

La riproduzione degli elementi tettonici lineari quali, faglie e sovrascorrimenti, ha permesso di ricostruire lo stato di fratturazione delle compagini rocciose. Altresì, l'inserimento di stazioni di misura dell'orientazione spaziale degli strati, ha fornito informazioni sulla presenza o meno, di strutture plicative e di taglio a piccola e grande scala.

5.3. Carta delle frequenze naturali dei terreni

Questo elaborato è stato ricostruito partendo dall'analisi delle frequenze naturali registrate durante l'esecuzione delle prove di sismica passiva (HVSr).

Nello specifico, è stato associato a ciascun punto di misura, il valore della frequenza di risonanza fondamentale f_0 , corrispondente al picco significativo della curva a più bassa frequenza e di altri picchi secondari a più alta frequenza mettendo inoltre in evidenza, l'eventuale assenza di massimi significativi (nessun massimo relativo significativo nelle funzioni HVSr nell'intervallo 0,1 – 20 Hz).

Sulla base delle indicazioni fornite dall'Ufficio Geologico Regionale, si sono adottate le seguenti classi di frequenza:

- nessun picco significativo di frequenza f_0
- $f_0 \leq 0,5$ Hz
- $0,5 \text{ Hz} < f_0 \leq 1$ Hz
- $1 \text{ Hz} < f_0 \leq 2$ Hz
- $2 \text{ Hz} < f_0 \leq 3$ Hz
- $3 \text{ Hz} < f_0 \leq 5$ Hz
- $5 \text{ Hz} < f_0 \leq 8$ Hz
- $f_0 > 8$ Hz

Oltre alla classificazione dei terreni sulla base degli intervalli di frequenza, è stata apportata una distinzione fra zone caratterizzate da alti contrasti di impedenza alla base delle coperture (ampiezza massima curva HVSr > 3) e bassi contrasti d'impedenza (con ampiezza HVSr < 3).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

5.4. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)

Rappresenta il documento fondamentale di questo livello di approfondimento in quanto, si ottiene dalle cartografie precedenti, mediante elaborazione dei tematismi geologico-morfologici e dei dati litostratigrafici forniti dalle indagini geognostiche e geofisiche.

L'obiettivo principale di detto elaborato, riguarda la suddivisione del territorio in aree omogenee caratterizzate da una diversa suscettibilità a fenomeni di amplificazione locale indotti dal sisma.

Viene predisposta con l'intento di definire, per ciascuna area, gli effetti attesi prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.) e gli eventuali approfondimenti da affrontare.

Nel dettaglio, nella *MOPS* il territorio viene suddiviso nelle seguenti tre classi:

- **Zone stabili:** riguardano quelle zone che, ad esclusione dello scuotimento, funzione dell'energia e della distanza dell'evento, non presentano effetti di alcuna natura. Trattasi di aree in cui il substrato roccioso, caratterizzato da velocità di propagazione delle onde di taglio $V_s > 800$ m/s, risulta affiorante o sub-affiorante (con spessori delle coperture minori di 5 m), con morfologia pianeggiante o poco inclinata (versanti con inclinazione inferiore a circa 15°). All'interno di queste aree non sono richiesti approfondimenti supplementari. Si evidenzia comunque che, in nessuna delle realtà studiate, si sono rilevate le condizioni suddette;
- **Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali:** all'interno di queste aree sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale. Raggruppano le zone dove sono presenti terreni di copertura, coltri di alterazione del substrato, substrato molto fratturato, o substrato caratterizzato da velocità di propagazione delle onde di taglio $V_s < 800$ m/s. A scopo cautelativo, a questi terreni è stato associato uno spessore minimo di 3 m. Nello specifico del presente studio, vengono ricondotti a questa categoria i seguenti tipi di terreno:
 - Frane quiescenti, depositi alluvionali in evoluzione o terrazzati, detrito di versante ed eluvio-colluviale con acclività del versante minori di 15° ;
 - Substrato caratterizzato da $V_s < 800$ m/s.

Generalmente, si prevedono affetti attesi di amplificazione stratigrafica con la richiesta di approfondimenti del II° Livello mentre, si osservano aree a potenziale instabilità in corrispondenza delle porzioni di versante ricoperte da frane quiescenti con acclività minori di 15° .

Riguardo le amplificazioni topografiche, concentrate lungo le aree con acclività maggiori di 15° , si evidenzia che si tratta di aree contraddistinte da dislivelli minori di 30 m e pendenze inferiori ai 21° ,

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

limiti al di sotto dei quali non si avvertono significative amplificazioni, tant'è che il valore del coefficiente S_T (coefficiente di amplificazione topografica), si mantiene su valori prossimi all'unità.

Ad ogni microzona è stata associata una successione stratigrafica rappresentativa, ricostruita attraverso l'analisi dei dati forniti sia dalle indagini geognostiche preesistenti, che da quelle *ex novo*.

Nell'indicazione degli spessori delle coperture detritiche, nelle aree non indagate dalle prove, si è assunto un valore minimo pari a 3 m.

- **Zone suscettibili d'instabilità:** rientrano in questa categoria le aree che, oltre ad essere soggette ad amplificazioni del moto sismico, possono dar luogo ad instabilità dei versanti (aree di frana attiva, aree di frana quiescente, depositi alluvionali in evoluzione o terrazzati, detrito di versante e deposito eluvio-colluviale, contraddistinti da acclività maggiori di 15°, aree soggette a cedimenti differenziali e/o liquefazione, aree di faglia, ecc..). Per tali aree sono previsti approfondimenti di III° Livello.

6. II° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Questo livello si pone come obiettivo principale la quantificazione numerica, ottenuta attraverso metodi semplificati che prevedono l'utilizzo di abachi regionalizzati, dell'amplificazione in superficie del segnale sismico.

Inizialmente si analizzano gli elaborati del livello precedente, allo scopo di evidenziare eventuali incertezze nella zonizzazione, apportando le opportune riperimetrazioni ed integrazioni, anche in termini di realizzazione di indagini.

Successivamente, a ciascuna microzona viene associata una quantificazione numerica (fattore di amplificazione), descrittiva degli effetti attesi in sito e ottenuta con metodi semplificati.

6.1. Carta delle nuove indagini

Nell'elaborato sono state riportate tutte le indagini sismiche passive HVSR di nuova realizzazione, opportunamente codificate e classificate sulla base della qualità di acquisizione del segnale e del grado di affidabilità delle prove.

Nella tabella seguente vengono raffigurate le diverse classi di qualità riscontrate.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo





-  **A_ Prova affidabile ed interpretabile**
-  **B1_ Prova da interpretare che presenta almeno un picco chiaro**
-  **B2_ Prova da interpretare che non presenta picchi chiari nell'intervallo di f considerato**
-  **C_ Prova scadente difficile da interpretare**

FIG. 14 – CLASSI DI QUALITÀ DELLE PROVE SISMICHE PASSIVE HVSR

6.1. Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)

Riproduce, per ciascun punto di misura HVSR, i valori delle velocità delle onde S relativamente ai primi 30 m di profondità ($V_{S_{30}}$) o, in alternativa, quando l'interfaccia copertura substrato si trova a profondità H maggiori di 3 m, i valori di V_{S_H} determinati secondo le formule di seguito riportate:

$$V_{S_H} = \frac{H}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

Dove:

H= spessore totale (in metri) dei terreni di copertura o profondità del *bedrock*

h_i = spessore (in metri) dello strato i-esimo (fino al *bedrock*)

V_{S_i} = velocità (in m/s) dello strato i-esimo (fino al *bedrock*)

$$V_{S_{30}} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

Dove:

h_i = spessore (in metri) dello strato i-esimo (fino alla profondità di 30 m)

V_{S_i} = velocità (in m/s) dello strato i-esimo (fino alla profondità di 30 m)

Purtroppo, vista la scarsità di indagini geognostiche presenti nelle vicinanze degli ambiti di studio, non è stato possibile effettuare una corretta taratura dei profili sismici ottenuti dalle prove HVSR con il modello geologico corrispondente.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

Nell'individuazione della profondità H corrispondente all'interfaccia substrato - terreni di copertura, si è intercettato sul profilo di velocità il contrasto di impedenza più significativo.

6.2. Carta dei fattori di amplificazione

In questo paragrafo verranno illustrati i metodi utilizzati per ottenere la valutazione dei fattori di amplificazione sismica per l'analisi del II° livello di approfondimento, facendo riferimento agli indirizzi contenuti all'interno della Delibera dell'Assemblea Legislativa n° 112 – Oggetto n° 2131 del 02/05/2007 - "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" – Allegato A2.

Per calcolare i fattori di amplificazione (F.A.) relativi al suolo A richiesti nell'analisi semplificata, si sono impiegati i valori dello spessore del deposito di copertura, della profondità del *bedrock* (H) e della velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato (V_{sH} e V_{s30}).

Entrando all'interno delle tabelle contenute nell'Allegato A2 del suddetto atto d'indirizzo (Cfr. Fig. 16), con i valori calcolati dalle formule sopraelencate si sono ottenuti i valori di F.A. in funzione di P.G.A. e dell'Intensità Spettrale, negli intervalli di periodo $0,1s \div 0,5s$ e $0,5s \div 1,0s$.

Nella maggioranza dei casi, sulla base dei dati forniti dai profili sismici, è stata impiegata la tabella corrispondente a substrato marino con $V_s < 800$ m/s mentre, solo raramente, si è utilizzata quella del substrato marino affiorante con $V_s < 800$ m/s, a conferma della frequente presenza di spesse coltri di copertura e di un substrato alterato e fratturato.

Normalmente le microzone individuate sono caratterizzate da un differente valore di amplificazione sismica, in tale lavoro però, in accordo con i tecnici delle Amministrazioni Comunali interessate, si è scelto in alcuni casi di individuare e tenere separate zone con uguale fattore di amplificazione, sulla base di criteri urbanistici e geografici ed esigenze pianificatorie.

Lo studio ha evidenziato che l'amplificazione topografica risulta essere rilevante e sensibile solo nell'ambito A_1.0 Compiano, dove si raggiunge un valore massimo di St pari a 1,15. La possibilità di amplificazione topografica è stata valutata anche in altri ambiti, come a Tornolo Capoluogo (A_1.0) e Santa Maria (A_3.0), settore occidentale del paese, ma seppure con pendenze significative, non si hanno fenomeni di amplificazioni topografica, agenti all'interno degli ambiti di studio, grazie a gradienti (α e β) caratterizzati da piccole variazioni o per pendenze costanti e continue.

Quindi nel solo caso di Compiano si è proceduto al calcolo del Fattore di Amplificazione topografica St , secondo quanto indicato nell'Allegato 2 degli indirizzi di MZS della Regione Emilia Romagna. Il Fattore di

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

Amplificazione finale e complessivo, in tali settori, sarà quindi dato dal prodotto del fattore di amplificazione stratigrafica F_a per il fattore di amplificazione topografica S_t

$S_t = 1 + 0,8 (\alpha - \beta - 0,4)$ sul segmento BC

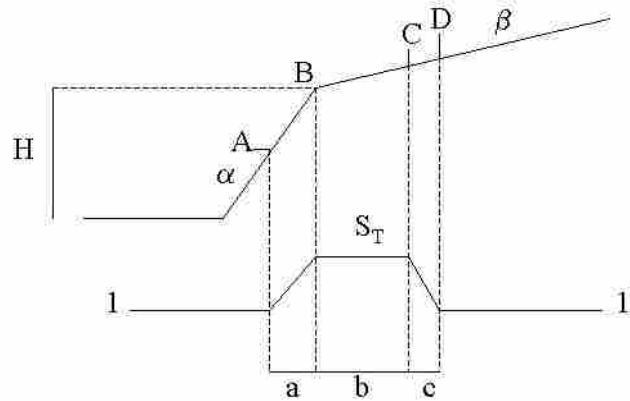
b: valore minimo tra 20α e $10+H/4$

α e β sono i gradienti della parte più ripida e meno ripida, rispettivamente:

$S_t = 1$ in A ($a = H/3$)

$S_t = 1$ in D ($c = H/4$)

S_t : si impone comunque un valore compreso tra 1 e 1.4

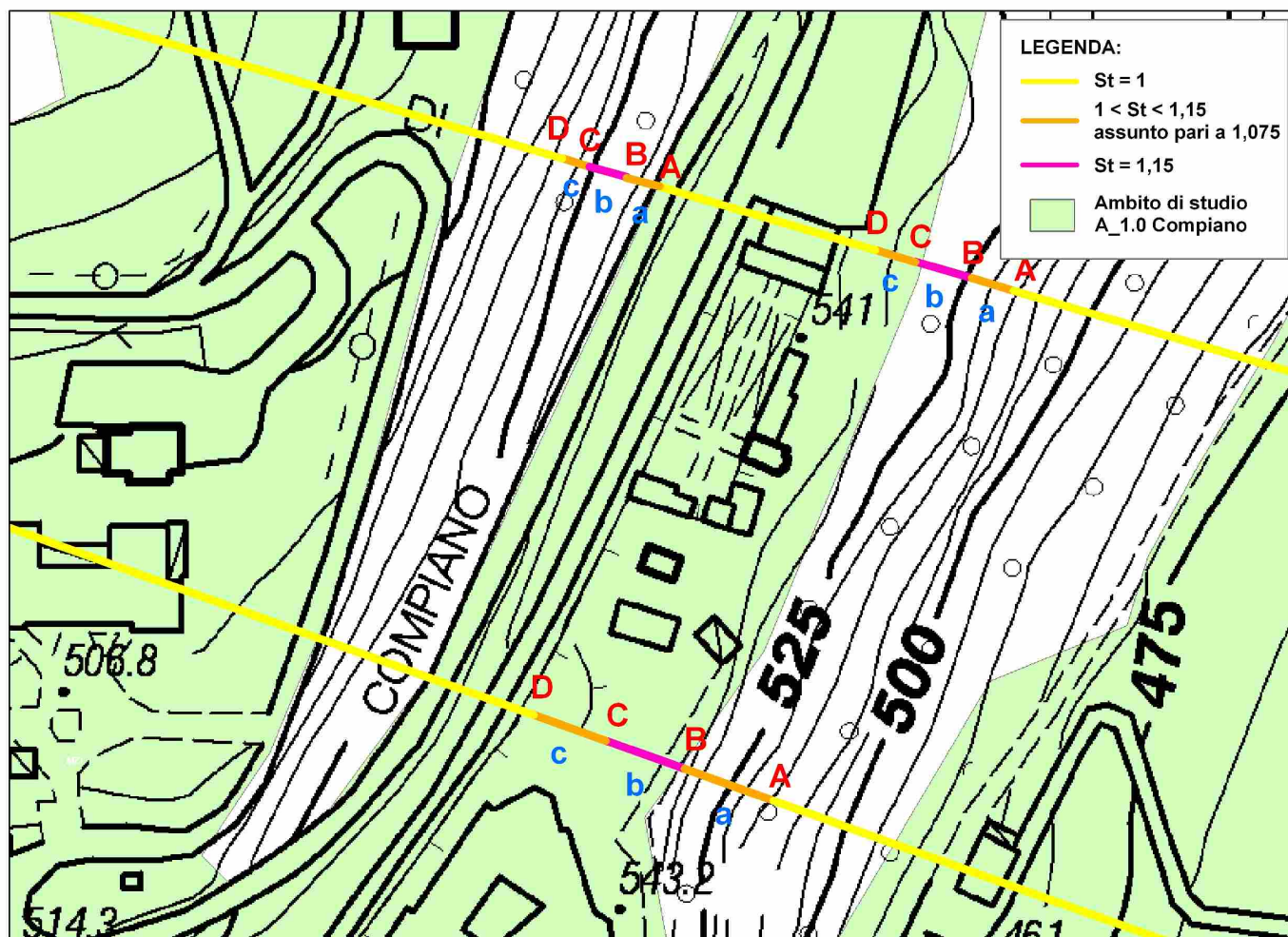


15 – CALCOLO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA SECONDO GLI INDIRIZZI DI MZS DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA.

ALLEGATO A2. "TABELLE E FORMULE PER LA VALUTAZIONE DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA PER LE ANALISI DEL SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO E PER LA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI TOPOGRAFICI"

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo



16 – STRALCIO DELL'AMBITO 1_0 COMPIANO CON INDICATI DUE TRACCE DI PROFILO SULLE QUALI SI È PROCEDUTO AL CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA St . LE LETTERE UTILIZZATE FANNO RIFERIMENTO ALLO SCHEMA DI FIG. N. 15

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

In caso di substrato marino caratterizzato da $V_s < 300$ m/s si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	2.0	1.7	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0
10	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.5	2.2	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.3	2.2	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	2.1	2.1	2.1	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
35	1.8	1.9	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
40	1.7	1.9	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.6	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.6	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.6	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	2.2	2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.6	1.3	1.1	1.0
35	2.0	2.2	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.1	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
15	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
20	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.4	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.2	1.1	1.0
30	2.8	2.8	2.4	1.9	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
35	3.0	2.9	2.7	2.1	1.7	1.6	1.5	1.2	1.1	1.0
40	3.1	3.0	2.8	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.0

In caso di substrato marino caratterizzato da $V_s < 300$ m/s affiorante si devono usare le seguenti tabelle

F.A. P.G.A.

V_{sH}	450	500	600	700	800
F.A.	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{sH}	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.4	1.3	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{sH}	450	500	600	700	800
F.A.	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0

FIG. 16 – TABELLE PER IL CALCOLO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE SISMICA STRATIGRAFICA (ANALISI DEL II° LIVELLO)

Sempre all'interno dell'allegato degli indirizzi regionali, viene riportato l'algoritmo di calcolo per la determinazione del fattore di amplificazione sismica indotto da fattori topografici, limitato a quelle aree contraddistinte da acclività maggiori di 15°.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (I° e II° livello di approfondimento) di alcuni Macroambiti dei Comuni di Compiano e Tornolo

Si tenga presente che, per quelle porzioni versante con pendenze medie inferiori ai 21° e dislivelli minori di 30 m, limiti al di sotto dei quali non si avvertono significative amplificazioni, tant'è che il valore del coefficiente S_T (coefficiente di amplificazione topografica) si mantiene su valori prossimi all'unità, non è necessario effettuare il calcolo del coefficiente.

Oltre a quantificare l'amplificazione del segnale sismico, l'analisi semplificata con approfondimento di secondo livello, ha consentito di definire i livelli di approfondimento da attuarsi nelle successive fasi degli strumenti urbanistici attuativi (POC e PUA).

In rapporto al modello sismostratigrafico locale, sono stati inoltre individuati gli scenari dei livelli di approfondimento.

Questi ultimi, in riferimento alle tabelle dell'Allegato 2 della DAL 112/2007, per gli ambiti del territorio comunale in oggetto, hanno portato all'individuazione delle classi di analisi da effettuarsi per le successive fasi di valutazione della pericolosità, di vulnerabilità ed esposizione urbanistica, di seguito descritte:

- **Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**

- *Analisi:* è richiesta la valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafico e/o topografico;
- *Microzonazione sismica:* II° livello di approfondimento (realizzato all'interno del presente studio).

- **Zone suscettibili d'instabilità**

- *Analisi:* valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche e pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi) da svolgersi secondo quanto specificato nell'Allegato A3 della Delibera dell'Assemblea Legislativa n° 112 – Oggetto n° 2131 del 02/05/2007;
- *Microzonazione sismica:* III° livello di approfondimento.