

Marzo
2012

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA

 Regione Emilia-Romagna



Provincia di Parma



Comune di Felino

**Studio di microzonazione sismica
di cui all'OPCM 3907/2010 e ss.mm.
Deliberazione della Giunta regionale n. 1051 del
18.7.2011**

**Elaborato 0
Relazione Illustrativa**

Direzione Tecnica:

Dr. Geol Carlo Caleffi
Dr. Geol. Francesco Cerutti

Collaboratori:

Dr. Geol. Alessandro Ferrari
Dr. Geol. Matteo Baisi



EN GEO S.r.l.
ENGINEERING GEOLOGY

Sede legale e uffici : via Adorni, 2 - 43121 Parma
Tel 0521 233999 - Fax 0521 200181
Sede locale: via Ferrari 5/G 46045 Marmirolo MN
Tel-Fax 0376 467967
email info@engeo.it - www.engeo.it

INDICE

1. Premesse..... 2

2. Inquadramento geologico geomorfologico e idrogeologico 5

 2.1 Geologia 5

 2.2 Geomorfologia..... 12

3. Inquadramento sismico..... 14

 3.1 Storia sismica del territorio comunale 14

 3.2 Zonizzazione sismogenetica 16

 3.3 Riferimenti normativi 17

4. Raccolta dati e Carte delle indagini 19

5. Modello geologico 20

6. Campagna d’indagini 23

7. Carte delle frequenze naturali dei terreni..... 25

8. Carte delle aree suscettibili di effetti locali 35

9. Carte delle velocità delle onde di taglio S 36

10. Carte dei fattori di amplificazione..... 37

11. Indicazioni per i successivi approfondimenti 39

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI FELINO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

1. PREMESSE

Nel presente documento vengono descritte le attività svolte e i risultati ottenuti nel corso dello *Studio di microzonazione sismica del Comune di Felino*, effettuato su incarico dell'Amministrazione Comunale e finanziato con OPCM 3907/2010.

La microzonazione sismica (MS), cioè la suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni durante un evento sismico e ai possibili effetti indotti dallo scuotimento, è uno strumento di prevenzione e riduzione del rischio sismico particolarmente efficace se realizzato e applicato già in fase di pianificazione urbanistica.

Costituisce, quindi, un supporto fondamentale ai pianificatori per indirizzare le scelte verso quelle aree a minore pericolosità sismica.

Lo studio, partendo dall'acquisizione di molti dati pregressi, ha comportato l'esecuzione di una nuova campagna d'indagini, costituita da 52 prove tomografiche.


Tutte le attività svolte e, in particolare, l'elaborazione e la redazione degli elaborati richiesti, sono state effettuate nel rispetto dei seguenti riferimenti tecnici:

- Allegato B della deliberazione di Giunta regionale n. 1051 del 18.7.2011 (da qui in avanti "delibera regionale")
- "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni (da qui in avanti "ICMS")
- Allegato A della deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n. 112 del 2.5.2007: 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" (da qui in avanti "indirizzi regionali")
- Allegato C "Criteri per la rappresentazione e l'archiviazione dei dati degli studi di microzonazione sismica (secondo livello di approfondimento), di cui all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3907/2010, e s.m.i., e decreto n. 8422 del 10.12.2010 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile"

Nel rispetto dei riferimenti tecnici sopramenzionati, lo studio è stato articolato in due differenti fasi di approfondimento:

PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, avente le seguenti finalità:

- Individuare le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica.
- Definire il tipo di effetti attesi.
- Indicare, per ogni area, il livello di approfondimento necessario.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	2 di 40

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI FELINO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

- Definire il modello geologico, in termini di caratteristiche litologiche e geometriche delle unità geologiche del sottosuolo che costituirà la base per la microzonazione sismica.

SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, avente le seguenti finalità:


- Conferma delle condizioni di pericolosità indicate dal precedente livello di approfondimento ed eventuale nuova perimetrazione delle aree in cui effettuare la microzonazione sismica.
- Suddivisione dettagliata del territorio, in base all'amplificazione attesa, in aree a maggiore e minore pericolosità sismica.
- Conferma o migliore definizione delle aree, indicate dal livello di approfondimento precedente, in cui si ritengono necessari approfondimenti di terzo livello e indicazione delle indagini e analisi da effettuare.

Quali aree oggetto di studio, d'accordo con l'Amministrazione Comunale è stato preso in esame il territorio urbanizzato e urbanizzabile, raffigurato nelle tavole P.2.1 e P.2.2 "Inquadramento e viabilità territoriale" del Vigente P.R.G., in corrispondenza di tutti i centri abitati principali, ovvero:

- Felino,
- Casale
- San Michele Tiorre
- San Michele de Gatti
- Poggio di Sant'Ilario
- Sant'Ilario di Baganza
- Barbiano

Nel corso dello studio sono stati redatti i seguenti elaborati grafici:

Elaborato 0	Relazione illustrativa	
Elaborato 1.a	Carta delle indagini - Felino, S. Michele Tiorre e Casale	scala 1:5.000
Elaborato 1.b	Carta delle indagini- S. Michele de Gatti, Poggio di S. Ilario, S. Ilario di Baganza e Barbiano	scala 1:5.000
Elaborato 2.a	Carta lito-morfologica - Felino, S. Michele Tiorre e Casale	scala 1:5.000
Elaborato 2.b	Carta lito-morfologica - S. Michele de Gatti, Poggio di S. Ilario, S. Ilario di Baganza e Barbiano	scala 1:5.000
Elaborato 3.a	Sezioni geologiche - Felino, S. Michele Tiorre e Casale	scala 1:5.000
Elaborato 3.b	Sezioni geologiche - S. Michele de Gatti, Poggio di S. Ilario, S. Ilario di Baganza e Barbiano	scala 1:5.000
Elaborato 4.a	Carta delle frequenze naturali dei terreni - Felino, S. Michele Tiorre e Casale	scala 1:5.000

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	3 di 40

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI FELINO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

Elaborato 4.b	Carta delle frequenze naturali dei terreni - S. Michele de Gatti, Poggio di S. Ilario, S. Ilario di Baganza e Barbiano	scala 1:5.000
Elaborato 5.a	Carta delle aree suscettibili di effetti locali o MOPS - Felino, S. Michele Tiorre e Casale	scala 1:5.000
Elaborato 5.b	Carta delle aree suscettibili di effetti locali o MOPS - S. Michele de Gatti, Poggio di S. Ilario, S. Ilario di Baganza e Barbiano	scala 1:5.000
Elaborato 6.a	Carta delle velocità delle onde di taglio S - Felino, S. Michele Tiorre e Casale	scala 1:5.000
Elaborato 6.b	Carta delle velocità delle onde di taglio S - S. Michele de Gatti, Poggio di S. Ilario, S. Ilario di Baganza e Barbiano	scala 1:5.000
Elaborato 7.a	Carta dei fattori di amplificazione - Felino, S. Michele Tiorre e Casale	scala 1:5.000
Elaborato 7.b	Carta dei fattori di amplificazione - S. Michele de Gatti, Poggio di S. Ilario, S. Ilario di Baganza e Barbiano	scala 1:5.000


Inoltre, alla presente relazione, è allegato l'*Elaborato 8 - Prove tromografiche*, in cui sono riportati tutti i report delle nuove indagini sismiche effettuate.

Gli elaborati sono stati predisposti, oltre che in versione cartacea, in versione digitale (*pdf*, con risoluzione 300 *dpi*).

I dati vettoriali sono forniti anche in formato *shapefile*, georeferenziato nel sistema regionale *European datum 1950 UTM32Nord** (*false north = -4000000*), mentre quelli geognostici e geofisici sono stati inseriti in un file *Access*, con le scansioni delle prove raccolte in file *pdf* (uno per ogni studio consultato).

Le differenti attività sono state effettuate sfruttando il prezioso supporto tecnico della Provincia, in particolare, del dott. geol. Andrea Ruffini, oltre al confronto periodico con il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli Regionali, nella persona del dott. geol. Luca Martelli.

Particolarmente utili per la definizione del modello geologico del sottosuolo sono state le indicazioni fornite dal dott. Marco Di Dio del Servizio Tecnico Bacini Affluenti del Po della Regione Emilia Romagna.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	4 di 40

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI FELINO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

2.1 Geologia

Nel Comune di Felino si distinguono due settori con caratteristiche molto differenti: la zona collinare, posta più a sud, principalmente destinata all'uso agricolo e in cui ricadono solo due centri abitati di dimensioni significative, S. Ilario di Baganza e Barbiano, e la zona di pianura, densamente urbanizzata, che si estende nella porzione settentrionale e sul confine occidentale, in adiacenza al torrente Baganza.

Sulla fascia collinare risultano affioranti o sub-affioranti le unità liguri ed epiliguri che si affacciano sulla Pianura Padana e che si immergono sotto la successione terrigena quaternaria.

Questa ha un forte carattere regressivo con sabbie e peliti torbiditiche alla base, seguite da un prisma sedimentario fluvio-deltizio, progradante, ricoperto al tetto da depositi continentali.

In conformità con quanto assunto dal Servizio Geologico e cartografico della Regione Emilia-Romagna, le unità stratigrafiche definite ed utilizzate nel presente studio rientrano nella classe delle Sequenze Deposizionali *sensu Mitchum et Al.* (1977).


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

- Supersistema del Quaternario Marino, costituito da terreni paralici e marini depositi tra il Pliocene superiore e il Pleistocene inferiore.
- Supersistema Emiliano-Romagnolo, costituito da depositi di ambiente continentale depositi a partire da 800.000 anni BP, a sua volta suddiviso in 2 sintemi: l'Alloformazione Emiliano-Romagnola Inferiore (LES) databile tra gli 800.000 e i 450.000 anni BP (Pleistocene medio) e quella Emiliano-Romagnola Superiore (UES), di età Pleistocene medio-Olocene.

L'Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore è caratterizzata 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:

- pianura pedemontana ad alimentazione appenninica
- pianura alluvionale ad alimentazione appenninica
- pianura alluvionale di alimentazione assiale (paleo Po)

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	5 di 40

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI FELINO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

Tutta la porzione settentrionale e occidentale del Comune di Felino ricade all'interno del sistema deposizionale di pianura pedemontana ad alimentazione appenninica.

Il sistema deposizionale della Pianura pedemontana è caratterizzato da depositi prevalentemente ghiaiosi nelle aree attigue e contigue dei corsi d'acqua principali e limi e/o argille prevalenti o, comunque, più abbondanti nelle aree perfluviali d'interconoide.

Il rapporto tra materiali grossolani e fini, elevato nella zona di alta pianura, decresce linearmente procedendo verso valle e verso le zone più interne delle aree perfluviali (zone d'interconoide), fino a valori medi, generalmente superiori all'unità.

I sedimenti sono organizzati in grandi sistemi di conoide alluvionale, dove le litologie grossolane (ghiaie e sabbie) costituiscono estesi corpi tabulari, interdigitati da cunei di materiali essenzialmente fini (limi e argille).

In altri termini la "Pianura pedemontana" è il frutto della coalescenza dei sistemi di conoide alluvionale e delle zone d'interconoide.

Nel complesso i depositi superficiali, nella ***fascia di pianura*** del territorio comunale di Felino, sono relativi al SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE della **Successione Neogenico-Quaternaria del Margine Appenninico Padano** e, in particolare, ai seguenti due Subsintemi (dal più recente al più antico):


Subsistema di Ravenna (pleistocene superiore-olocene)

Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi. Lo spessore massimo dell'unità è di circa 20 metri. Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1 m. 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, sugli altri subsintemi e sulle unità più antiche.

Su base morfologica, archeologica e pedostratigrafica, all'interno del Subsistema di Ravenna, viene distinta l'unità di Modena.

Unità di Modena

Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua. L'unità di Modena è sedimentata nell'intervallo temporale costituita da una successione sedimentaria la cui deposizione è inquadrabile nell'ambito degli eventi alluvionali che hanno caratterizzato gli ultimi 1.500 anni di storia evolutiva. Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di centimetri).

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	6 di 40

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI FELINO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

Subsistema di Villa Verucchio (pleistocene superiore)

Vengono distinte 2 unità: l'Unità di Vignola e l'Unità di Niviano. In Comune di Felino affiora solo la seconda.

Unità di Niviano

Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati: depositi di conoide ghiaiosa. Limi e limi sabbiosi con intercalazioni di ghiaie e sabbie: depositi di interconoide. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e può raggiungere i 4÷5 m di profondità. L'unità presenta una copertura fine, composita e discontinua, di spessore fino a 2 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri. Lo spessore massimo è di circa 15 metri.

Passando alla **fascia collinare**, come rappresentato nelle Carte lito-morfologiche di cui agli elaborati 2.a e 2.b, affiorano le seguenti unità:

Successione Neogenico-Quaternaria del Margine Appenninico Padano


SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE

Subsistema di Agazzano (Pleistocene medio)

Ghiaie e ghiaie sabbioso-argillose prevalenti: depositi alluvionali di conoide ghiaiosa; sabbie e limi argillosi, con subordinati livelli di ghiaie, localmente stratificati: depositi di interconoide. Presentano comunemente un livello fine di spessore metrico alla base dell'unità. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e raggiunge i 6÷7 m di profondità. Alla sommità dell'intervallo fine delle aree terrazzate si rinvengono manufatti del Paleolitico medio. Il contatto di base è erosivo e discordante. Lo spessore è variabile da alcuni metri a 55 metri circa.

Subsistema di Maiatico (pleistocene medio)

Unità costituita da cicli positivi plurimetrici, stratigraficamente giustapposti, formati da un intervallo basale grossolano a ghiaie clasto-sostenute, con matrice sabbioso-limosa, e da un intervallo superiore prevalentemente fine, massivo, di colore grigiastro, giallognolo all'alterazione, con intercalate localmente sabbie e ghiaie di spessore massimo pari a 2 metri: depositi intravallivi terrazzati. Verso valle i cicli positivi si trasformano gradualmente in cicli negativi che si sovrappongono stratigraficamente e nei quali l'intervallo basale argilloso-limoso e quello sovrastante ghiaioso mostrano una debole o assente alterazione pedogenetica: depositi di conoide alluvionale. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e raggiunge i 7÷8 m di profondità. Il contatto di base è generalmente erosivo e discordante. Lo spessore è variabile da alcuni metri a circa

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	7 di 40

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI FELINO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

70÷80 m nel sottosuolo della pianura. Vengono distinte 2 unità: l'Unità di Miano e l'Unità di Fico Rosso. In Comune di Felino affiora solo la seconda.

Unità di Fico Rosso

Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, con copertura di limi argillosi. Lo spessore massimo dell'unità è di circa 40m.

SINTEMA DI COSTAMEZZANA (Pleistocene inferiore)


E' costituito grossolanamente da 3 associazioni di facies, sovrapposte ciclicamente e giustapposte, che individuano, nel complesso, un prisma sedimentario costiero con tendenza regressiva e progradante verso nord, nord-ovest.

1. Sabbie e ghiaie argillose in strati spessi, frequentemente gradati e amalgamati, con intercalati livelli argillosi sottili, discontinui, biancastri, sterili, alternate a banconi argilloso-limosi con livelli ricchi in resti vegetali lignitizzati: depositi prossimali di delta-conoide.
2. Sabbie medio-fini in strati sottili e medi con laminazione piano-parallela oppure di tipo *hummocky*, intercalate a limi argillosi verdi, debolmente bioturbati, contenenti talora macrofaune oligotipiche: depositi lagunari.
3. Sabbie, sabbie ghiaiose e subordinatamente ghiaie ciottolose in strati massivi o con una gradazione diretta poco sviluppata e comunque sovente mascherata dalle frequenti amalgamazioni tra strati successivi che possono inglobare clasti pelitici di dimensioni anche metriche. Frequenti anche la stratificazione obliqua a grande scala e le laminazioni trattive. La matrice delle ghiaie è costituita sempre da sabbia medio grossolana: depositi di delta-conoide ad alta energia fluviale e marina.

Il contatto di base è erosivo o netto e discordante. Lo spessore complessivo varia da 0 a 400 m circa.

SINTEMA DEL TORRENTE STIRONE (Pliocene superiore-Pleistocene inferiore)

Unità costituita da depositi paralici e marini che si compone di due *litofacies*, una pelitica e una sabbiosa (assente nelle porzioni di territorio raffigurate negli elaborati 2.a e 2.b) in parte eteropiche. Il limite basale è netto e discordante, marcato dalla presenza di un livello calcarenitico di spessore plurimetrico ("crostone fossilifero" nei Profili al mille dei pozzi AGIP). Lo spessore di questa alloformazione varia da poche decine a circa 1200 m.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	8 di 40

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI FELINO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

litofacies pelitica

Litofacies prevalentemente fine, costituita da peliti sovente bioturbate e con presenza di fossili marini. Si intercalano strati sottili di sabbie fini, gradati, talvolta con detrito conchigliare alla base e con laminazione piano-parallela oppure di tipo *hummocky*. Eccezionalmente, intercalati alle peliti, si possono rinvenire livelli con ghiaie e ciottoli in matrice pelitica: depositi di prodelta, piattaforma e scarpata sottomarina.

FORMAZIONE A COLOMBACCI (Messiniano)

Unità di ambiente transizionale tra quello fluviale e quello lagunare prevalentemente arenitica, ad evoluzione trasgressiva, suddivisa in sottounità. Contatto discordante sulla successione epiligure e sulle unità liguri. Potenza massima 90 m circa

Successione Epiligure

FORMAZIONE DI PANTANO (Burdigaliano superiore–Langhiano inferiore)


Alternanze di areniti fini siltose, siltiti e marne siltose di colore grigio chiaro, ocraceo se alterate, in strati da medi a molto spessi, talora gradati. Rapporto A/P da circa 1 a >5. Stratificazione piano-parallela spesso obliterata dalla completa bioturbazione del sedimento, con strutture sedimentarie generalmente non preservate. Possono essere intercalati sporadici pacchi di strati, di spessore medio, di calcareniti da grossolane a fini a marcata componente bioclastica e abbondante contenuto fossile (Echinodermi, Bivalvi, Coralli aermatipici e Gasteropodi) ed alla base livelli di conglomerati minuti a ciottoli di metamorfiti alpine. Depositi di piattaforma ad alimentazione mista terrigeno-carbonatica, con evoluzione trasgressiva da ambienti costieri a piattaforma esterna. Contatto discordante su Formazione di Contignaco e Marne di Antognola. Potenza fino ad alcune centinaia di metri.

MARNE DI ANTOGNOLA (Rupeliano terminale – Aquitaniano)

Marne argillose e marne siltose verdognole o grigie con patine manganesifere. Stratificazione difficilmente percepibile. Sono presenti livelli torbiditici sottili e medi di arenarie vulcanoclastiche, arcosiche e quarzoso-feldspatiche. Il limite inferiore è rapido o discordante sulla Formazione di Ranzano e sul substrato ligure. La potenza totale della formazione varia da pochi metri a oltre 500 m.

FORMAZIONE DI RANZANO (Priaboniano – Rupeliano)

Data da più corpi sedimentari con geometria da lenticolare a tabulare e con *facies* deposizionali molto variabili da arenaceo-conglomeratiche a pelitico-arenacee. Dove la formazione non è suddivisibile in sottounità è costituita da un'alternanza monotona di

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	9 di 40

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI FELINO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

areniti fini grigie, micacee, e peliti grigie e grigioverdi, in strati sottili e medi, talora spessi, $A/P < 1$, localmente $\ll 1$; sono presenti sottili livelli arenitici vulcanoclastici e strati medi di marne calcaree chiare a base arenitica. Limite inferiore netto, talora erosivo, con Marne di Monte Piano, marcato dalla comparsa di livelli arenacei; localmente poggia direttamente sul substrato ligure. Limite superiore netto, talora discordante, con Marne di Antognola, marcato dalla scomparsa dei livelli arenacei. Origine prevalentemente torbidityca; ambiente di scarpata e di bacino, con presenza di frane sottomarine. Potenza variabile da qualche metro ad oltre 250 m.

MARNE DI MONTE PIANO (Luteziano superiore-Priaboniano)

Argille, argille marnose e marnoso-siltose, marne rosse, rosate, grigio chiaro e verdi, con rari e sottilissimi strati di siltiti e feldspatoareniti risedimentate, marne e marne siltose grigie, grigio verdi, talora rosate, nella parte superiore della successione. Stratificazione generalmente poco evidente. Sedimentazione di tipo pelagico, in ambiente confinato e profondo, con rari apporti torbidityci. Il limite inferiore è discordante sulle unità liguri o netto su Breccie Argillose di Baiso, limite superiore netto con le Arenarie di Ranzano. La potenza affiorante è non superiore a 180 m.

Unità Liguri


FLYSCH DI MONTE SPORNO (Paleocene superiore-Eocene medio)

Unità torbidityca calcareo-marnosa e pelitico-marnosa suddivisa in 3 sottounità (nelle porzioni di territorio raffigurate negli elaborati 2.a e 2.b affiora solo il Membro di Calestano). Bacino profondo a sedimentazione torbidityca, prevalente su quella emipelagica.

Membro di Calestano

Marne e marne argillose grigie a frattura da concoide a poliedrica e marne siltose fogliettate, grigio scuro-verdastre, in strati spessi e molto spessi, intercalate a set di strati sottili e medi di areniti medie grigio-nocciola e peliti brune. Alla base degli strati marnosi sono talora presenti calcari e calcari marnosi color crema, in strati medi laminati ben stratificati. Rari livelli marnosi rosati verso il tetto del membro. Contatto graduale sottostante Membro di Armorano. Potenza massima stimata 350 m circa.

All'interno delle Carte geologico-morfologiche di cui agli elaborati 2.a e 2.b, sui pendii sono stati cartografati anche depositi di versante e depositi di frana (in evoluzione o quiescente), connessi a fenomeni gravitativi descritti nel successivo paragrafo 2.2.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	10 di 40

Strutturalmente, il Comune di Felino ricade sul margine meridionale del Bacino Sedimentario Padano, vasta depressione delimitata a cintura dai rilievi appenninici ed alpini e colmata da un potente accumulo di depositi marini ed alluvionali di età pliocenica e quaternaria.

L'attuale assetto trae origine dalle spinte deformative che, a partire dal Miocene superiore, hanno coinvolto l'Appennino Settentrionale e l'antistante substrato padano, provocandone la deformazione secondo un modello generale a falde sovrapposte ed embrici NE vergenti.

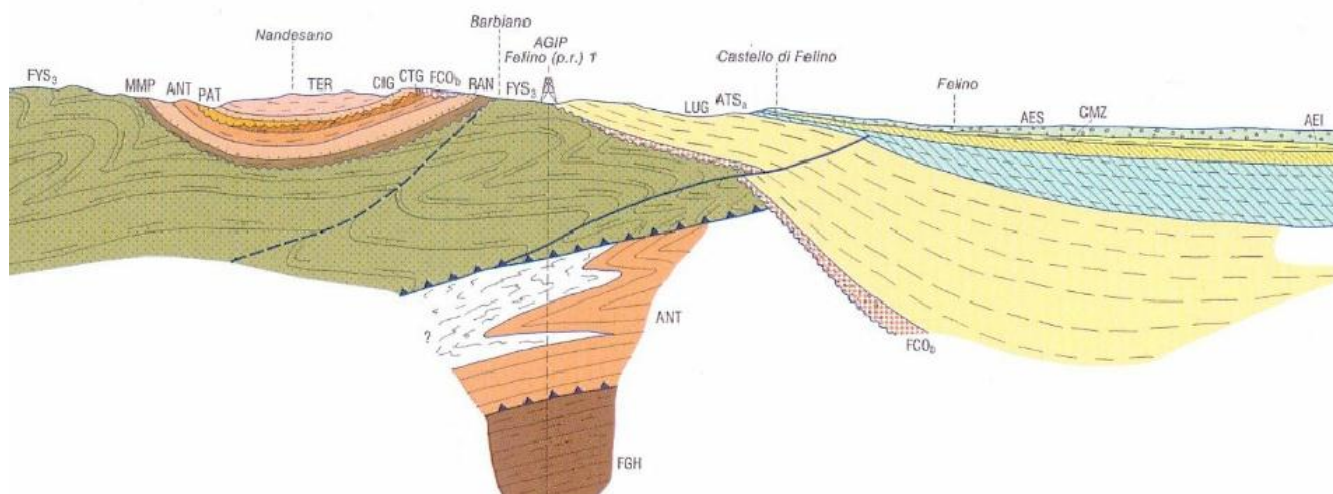



Fig. 1 - Stralcio della Sezione C-C' del Foglio 199 della Carta Geologica d'Italia

Come precedentemente indicato, nella porzione più meridionale della zona di studio si rinvencono le unità tettoniche più recenti che costituiscono l'edificio appenninico emiliano: è, infatti, presente una porzione della complessa struttura a sinclinali rovesciate del Flysch di Monte Sporno, appartenente alle Unità Liguri, sulla quale appoggia in discordanza la Successione Epiligure.

Inoltre, è interessante rilevare l'estensione notevole dei sedimenti neoautoctoni pliocenico-quaternari, in facies marine.

Nelle aree di pianura sono noti, grazie soprattutto ai profili sismici dell'AGIP, due archi di accavallamenti, in gran parte sepolti, sviluppati con orientamento NO-SE. Si tratta di gruppi di strutture anticlinaliche, associate a piani di scollamento ed accavallamento (thrust) immergenti generalmente verso SO con inclinazioni comprese tra 20 e 30, separati da ampie zone sinclinaliche fortemente subsidenti.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	11 di 40

Il primo arco è impostato in corrispondenza dell'attuale margine morfologico dell'Appennino, il secondo, più a settentrione, si estende dall'Appennino vogherese fino a Reggio Emilia sull'allineamento Cremona-Parma.

L'arco di accavallamenti più meridionale è conosciuto nella letteratura geologica con il nome di "Fronte di Sovrascorrimento Pedeappenninico" (*Pedeapenninic Thrust Front*, PTF), il secondo, più settentrionale, è conosciuto con il nome di "Fronte di Sovrascorrimento Esterno" (*External Thrust Front*, ETF) e costituisce l'arco di accavallamenti sepolti attualmente attivi nel Bacino Padano, come dimostrano i recenti terremoti (cfr. Fig. 2).

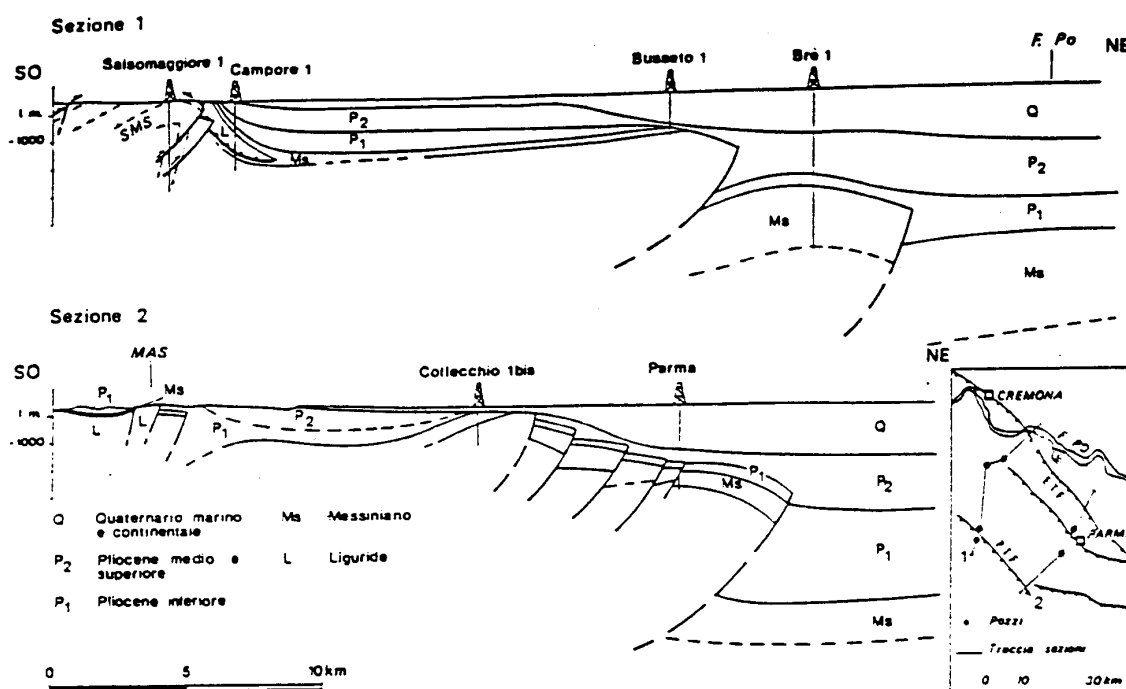



Fig. 2 - Sezioni geologiche dal Fronte di accavallamento pedeappenninico (PTF) al Fronte di accavallamento esterno (ETF) (da Bernini e Papani, 1987)

2.2 Geomorfologia

Sotto l'aspetto geomorfologico sono particolarmente evidenti le differenze tra il settore sud-orientale, collinare, e quello settentrionale e occidentale, di pianura.

Nel primo caso, le dorsali rilevate (generalmente di natura calcareo-marnosa) si alternano a valli o zone depresse (corrispondenti a fasce più marnoso-argillose o di natura cataclastica) entrambe allungate secondo l'andamento delle strutture tettoniche.

Nelle litologie meno coerenti l'incidenza delle frane è notevole, determinando un tipico paesaggio di frana (come ad esempio nel bacino del torrente Cinghio).

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	12 di 40

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI FELINO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

Di solito tali fasce sono più depresse e corrispondono spesso al nucleo di sinclinali.

Nelle Carte lito-morfologiche (cfr. Elaborati 2.a e 2.b) sono state distinte due tipologie di frane:

Frana in evoluzione

Fenomeno gravitativo con evidenze di movimenti in atto o recenti. Sono presenti litotipi eterogenei, raramente monogenici, ed eterometrici, più o meno caotici. La tessitura dei depositi è condizionata dalla litologia del substrato e dal tipo di movimento prevalente. La maggior parte dei depositi di frana del territorio appenninico è comunque di tipo complesso ed è il risultato di più tipi di movimento sovrapposti nello spazio e nel tempo (tipicamente scorrimenti/colamenti). La tessitura prevalente risulta costituita da clasti di dimensioni variabili immersi in una abbondante matrice pelitica e/o sabbiosa.

Frana quiescente


Fenomeno gravitativo senza evidenze di movimenti in atto o recenti le cui cause originali non possono ulteriormente agire (frana naturalmente stabilizzata) o per la quale sono state adottate misure di stabilizzazione (frana artificialmente stabilizzata) o originato in contesto morfologico diverso da quello attuale e pertanto considerato non più riattivabile. La tessitura dei depositi è condizionata dalla litologia del substrato e dal tipo di movimento. L'accumulo è costituito comunque in prevalenza da clasti di dimensioni variabili immersi in una abbondante matrice pelitica e/o sabbiosa, a luoghi pedogenizzata e alterata.

Inoltre, sono stati distinti i:

Depositi di versante

Depositi costituiti da litotipi eterogenei ed eterometrici più o meno caotici. Frequentemente l'accumulo si presenta con una tessitura costituita da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa (che può essere alterata per ossidazione e pedogenesi), a luoghi stratificato e/o cementato. La genesi può essere dubitativamente gravitativa, da ruscellamento superficiale e/o da soliflusso.

Il settore più a nord e a ovest è, invece, ubicato, della pianura pedemontana parmense (alta pianura) che comprende quella fascia di territorio che borda il margine appenninico estendendosi fino alla Via Emilia e poco oltre.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	13 di 40

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI FELINO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

Questo ambiente è formato dalla coalescenza delle conoidi fluviali e dei terrazzi alluvionali intravallivi raccordandosi alla bassa pianura con un passaggio graduale ed eteropico.

Le caratteristiche stratigrafico-sedimentologiche sono tipiche dei corsi d'acqua con canali intrecciati a bassa sinuosità e ad alta energia, dove la sedimentazione all'interno dell'alveo è prevalentemente grossolana (ghiaie), mentre nelle aree perifluviali essenzialmente fine (argille, limi).

Il paesaggio della pianura pedemontana è contraddistinto da corsi d'acqua ad andamento rettilineo che scorrono nelle aree topograficamente inferiori e da zone perifluviali pianeggianti e terrazzate.

Allontanandosi dai corsi d'acqua verso le porzioni più interne delle zone perifluviali si possono infatti individuare vari ordini di terrazzi, impostati a quote progressivamente superiori e caratterizzati da superfici pianeggianti, degradanti verso N-NE, interrotte lateralmente da scarpate di alcuni metri (orli di terrazzi fluviali).

In questo settore, gli eventi morfogenetici, responsabili dell'attuale assetto del territorio, sono riconducibili essenzialmente all'attività tettonica e alla dinamica fluviale manifestatasi nel periodo pleistocenico ed olocenico. Nel periodo storico si è sovrapposta anche l'attività antropica mirata alla stabilizzazione e alla modellazione delle superfici del suolo compatibilmente alle esigenze economiche, produttive ed insediative.

Le interazioni tra i vari fattori dinamici hanno condizionato un paesaggio relativamente omogeneo, contraddistinto da superfici pressoché piane debolmente degradanti verso nord/nord-est con basso gradiente topografico.


I torrenti (Baganza e Cinghio) 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.

Al contrario 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 e insediamento hanno conferito al rilievo un assetto costante ed uniforme, livellando molte asperità del terreno.

3. INQUADRAMENTO SISMICO

3.1 Storia sismica del territorio comunale

La storia sismica del comune di Felino è stata desunta da "*DOM4.1, un database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana sopra la soglia del danno*", database realizzato dal Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti che contiene i dati macrosismici provenienti da studi dello stesso GNDT e di altri enti.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	14 di 40

Essa è riassunta graficamente nel diagramma di



Fig. 3, mentre in Tab. 1 sono elencati gli eventi di maggior intensità al sito ($I_s > VI$ grado della scala MCS).

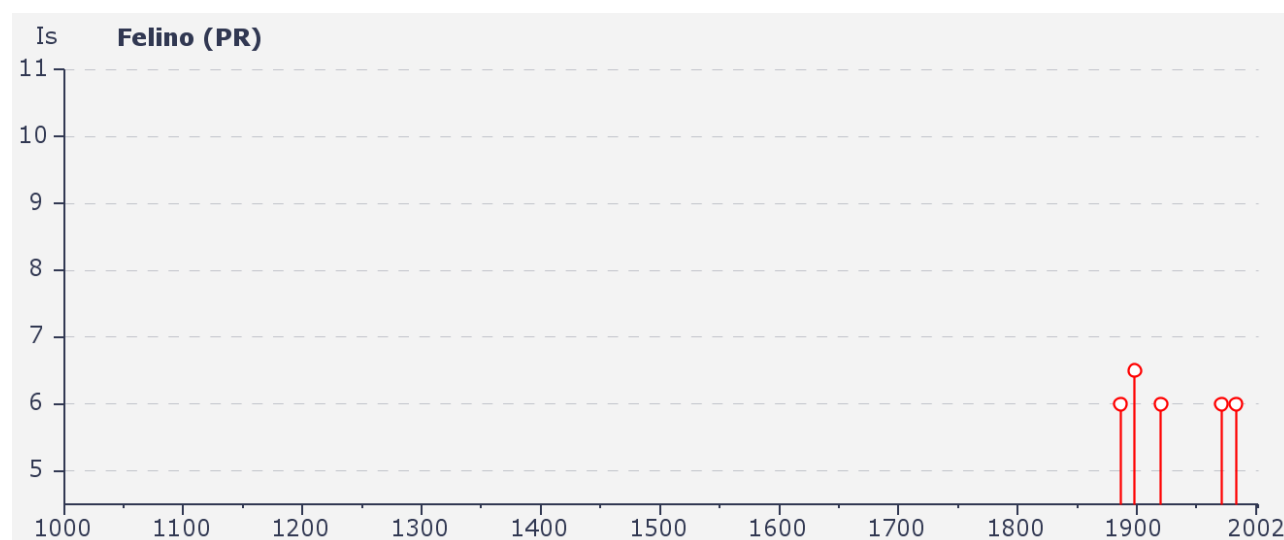


Fig. 3 - Grafico rappresentante la storia sismica del comune di Felino

Anno Me Gi Or	Area epicentrale	Studio	nMDP	Io	Mw
1886 10 15 02 20	COLLECCHIO	DOM	44	6	4.83
1898 03 04	CALESTANO	DOM	260	6-7	5.07
1920 09 07 05 55 40	Garfagnana	CFTI	638	9-10	6.48
1971 07 15 01 33 23	Parmense	CFTI	228	7-8	5.61
1983 11 09 16 29 52	Parmense	CFTI	835	6-7	5.10
1986 12 06 17 07 19	BONDENO	DOM	604	6	4.56

Tab. 1 - Eventi sismici i cui effetti si sono risentiti nel territorio di Felino

Dalla lettura di Tab. 1 si evidenzia che nessuno tra gli eventi censiti si è manifestato con epicentro all'interno del comune di Felino. Sono state però registrate alcune scosse

sismiche sul territorio, delle quali il massimo evento si è verificato il 7 settembre 1920 con un'intensità del IX-X grado della scala MCS.

L'epicentro è indicato in Garfagnana. Il terremoto è stato caratterizzato da una magnitudo calcolata sulle onde di superficie (Ms) pari a 6.48.

3.2 Zonizzazione sismogenetica

Nel Rapporto Conclusivo relativo alla Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003, dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia è contenuta la nuova zonizzazione sismogenetica del territorio nazionale, denominata ZS9.

Detta zonizzazione si è basata sull'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Il particolare, è stato effettuato il confronto tra le informazioni che hanno condotto alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata.

Il territorio nazionale, secondo la zonizzazione ZS9, risulta suddiviso in 36 Macrozone. T

Tra queste il Comune di Felino ricade all'interno della Zona Sismogenetica 913 (cfr. Fig. 4).

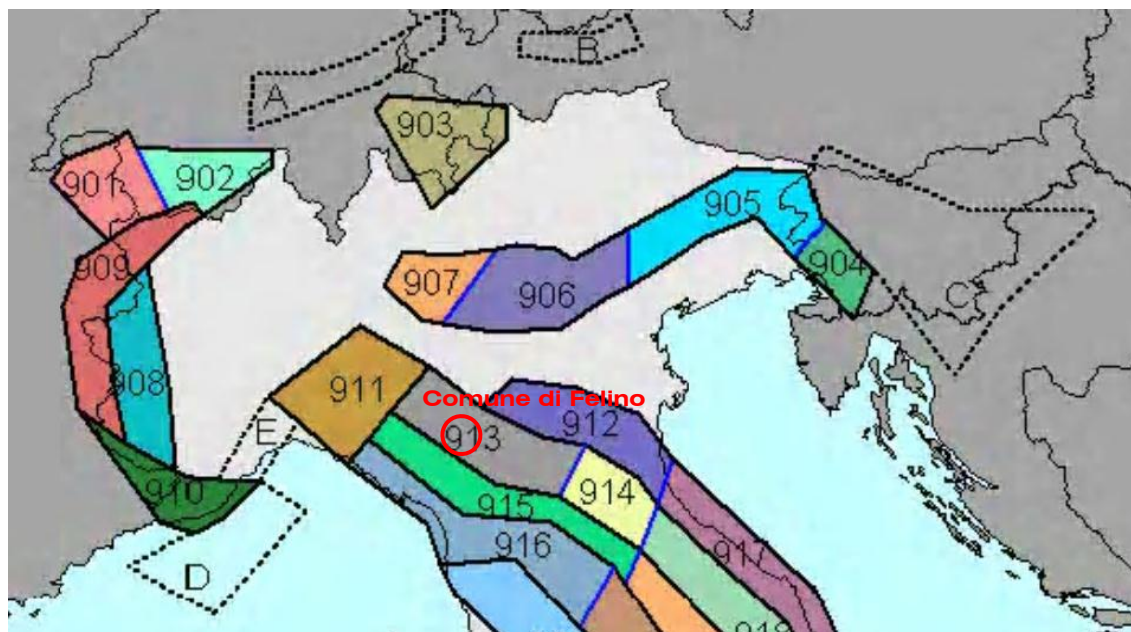



Fig. 4 - Zonizzazione sismogenetica ZS9 per il Nord Italia

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	16 di 40

Nella zona 913 si verificano terremoti originati da movimenti prevalentemente compressivi, a direzione NW, con meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture.

I terremoti storici raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo; la massima magnitudo rilevata è $M_d = 4,8$. Le zone ipocentrali si hanno generalmente a profondità comprese tra 12 e 20 Km, con profondità efficace di 13 km.

Nella Zona Sismogenetica 913, sulla base dei meccanismi focali, sono previsti valori “cautelativi” di massima magnitudo ($M_{wmax2,}$) pari a = 6,14.

3.3 Riferimenti normativi

L’Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003, suddivide il territorio italiano in 4 zone sismiche con diversi livelli di accelerazione sismica di progetto. Secondo tale ordinanza, come indicato in Fig. 5, il Comune di Felino, che prima risultava “non classificato”, nella sopra citata classificazione è stato identificato in zona 3 (a sismicità medio-bassa), cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, compresi tra $0,05 \cdot g$ e $0,15 \cdot g$ (dove g è l’accelerazione di gravità).

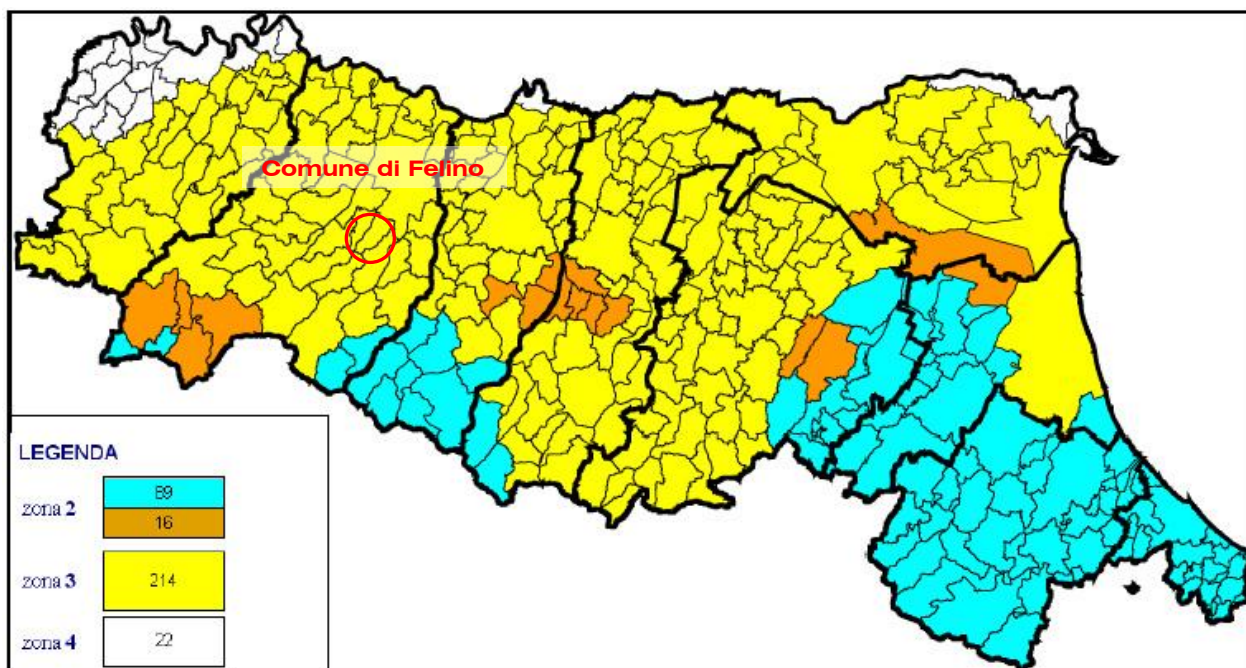



Fig. 5 - Classificazione sismica dei Comuni della Regione Emilia-Romagna

Successivamente, con l’Ordinanza n° 3519 del 28 aprile 2006 sono stati approvati i criteri generali e la mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale, riportata nell’allegato 1b dell’Ordinanza stessa e la normativa tecnica associata alla nuova classificazione sismica, ovvero, il d.m. 14 gennaio 2008 “Approvazione delle nuove

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	17 di 40

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI FELINO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

Norme Tecniche per le costruzioni”, pubblicato sulla G. U. n. 29 del 4 febbraio 2008, che sostituisce il precedente d.m. 14 settembre 2005.

Alle NTC 2008 è allegato un documento sulla pericolosità sismica (Allegato A), in quanto l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base, più semplicemente chiamata pericolosità sismica che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

In base a quanto disposto nel sopraccitato Allegato A, l'accelerazione sismica massima del terreno (a_g) è definita in corrispondenza dei punti di un reticolo, i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 2475 anni).

Se il sito in esame non ricade nei nodi del reticolo di riferimento, il valore del parametro a_g può essere ricavato come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.


Con l'obiettivo di ridurre il rischio sismico in adempimento agli obblighi della normativa nazionale, la Regione Emilia-Romagna, con Deliberazione dell'Assemblea legislativa n. 112 del 2 maggio 2007, ha approvato l'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 a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Scopo di tale documento è quello di fornire i criteri per la per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica.

In esso si afferma che la componente pericolosità del rischio sismico dipende sia dalle caratteristiche sismiche dell'area, cioè dalle sorgenti sismiche, dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti (aspetti comunemente indicati come “pericolosità sismica di base”) sia dalle caratteristiche geologiche e morfologiche del territorio, in quanto alcuni depositi e forme del paesaggio possono modificare le caratteristiche del moto sismico in superficie e costituire aspetti predisponenti al verificarsi di effetti locali quali fenomeni di amplificazione o di instabilità dei terreni (aspetti comunemente indicati come “pericolosità sismica locale”).

Conseguentemente gli studi della pericolosità sismica hanno come obiettivo:

- l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	18 di 40

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI FELINO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

- la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine ("Analisi della Risposta Sismica Locale", RSL);
- la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale ("Microzonazione Sismica", MZS).

Detti studi vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

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. Tale analisi viene svolta - soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

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

4. RACCOLTA DATI E CARTE DELLE INDAGINI

La prima fase del presente studio è stata contraddistinta dall'acquisizione dei dati pregressi.


Allo scopo è stata effettuata, presso l'Ufficio Tecnico Comunale, una scrupolosa ricerca d'archivio, consultando tutti gli studi geologici allegati alle pratiche edilizie istruite tra il 2002 e il 2011.

Complessivamente sono state visionate 52 relazioni e raccolti i risultati delle seguenti indagini geognostiche:

- 20 sondaggi a carotaggio continuo
- 2 pozzi per acqua
- 5 sondaggi a distruzione
- 42 saggi con escavatore
- 228 prove penetrometriche (tra CPT, SCPT, DPC e DPSH)

e delle seguenti indagini sismiche:

- 12 MASW
- 3 ReMi

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	19 di 40

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI FELINO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

- 7 prove sismiche a rifrazione
- 57 prove tomografiche
- 2 sondaggi elettrici verticali

Come anticipato nelle premesse, tutti i nuovi dati raccolti sono stati inseriti in un file mdb *Access*, mentre le scansioni delle prove sono state raccolte in file pdf (uno per ogni studio consultato).

La loro ubicazione, unitamente a quella delle prove già contenute nel *data-base* fornito da Servizio Geologico Regionale e a quella delle prove tomografiche eseguite per il presente studio e descritta nel successivo capitolo 6, è stata rappresentata, alla scala 1:5.000, nelle Carte delle indagini.

In tali elaborati la legenda è stata articolata in modo da distinguere le prove in base alla provenienza, appunto:


- Archivio indagini Comune di Felino
- Archivio indagini Regione Emilia-Romagna
- Nuove prove tomografiche

e alla tipologia:

- affioramento naturale o scavo
- carotaggio continuo
- perforazione AGIP
- pozzo per acqua
- sondaggio a distruzione
- prova penetrometrica statica
- prova penetrometrica dinamica
- sondaggio elettrico verticale
- prova MASW
- prova ReMi
- prova sismica a rifrazione
- prova tomografica

5. MODELLO GEOLOGICO

La base per uno studio di microzonazione sismica è la definizione, quanto più accurata possibile, del modello geologico del sottosuolo, cercando di individuare come varia la successione stratigrafica all'interno delle aree in esame e a che profondità si possa trovare il substrato rigido.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	20 di 40

A tale scopo, sono stati esaminati e confrontati tra loro tutti i dati geognostici descritti nel capitolo precedente oltre ai differenti livelli informativi, forniti come *shapefile* dal Servizio Geologico Regionale.

Sulla base delle informazioni geologiche e morfologiche disponibili sono state predisposte, per le differenti porzioni di territorio comunale prese in esame, delle Carte lito-morfologiche alla scala 1:5.000.

In questa cartografia sono stati rappresentati gli elementi geologici e morfologici che possono modificare il moto sismico in superficie, determinando effetti locali.

In particolare, in accordo con i riferimenti tecnici ai quali si è ispirati, sono state distinte, innanzitutto, le unità geologiche affioranti, già descritte nel paragrafo 2.1, ovvero:

SUCCESSIONE NEOGENICO-QUATERNARIA DEL MARGINE APPENNINICO PADANO

SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE

- Subsintema di Ravenna
 - Unità di Modena
- Subsintema di Villa Verucchio
 - Unità di Niviano
 - Unità di Vignola
- Subsintema di Agazzano
- Subsintema di Maiatico
 - Unità di Fico Rosso

SINTEMA DI COSTAMEZZANA

SINTEMA DEL TORRENTE STIRONE

- litofacies pelitica

FORMAZIONE A COLOMBACCI

SUCCESSIONE EPILIGURE

FORMAZIONE DI PANTANO

MARNE DI ANTOGNOLA

FORMAZIONE DI RANZANO


MARNE DI MONTE PIANO

UNITÀ LIGURI

FLYSCH DI MONTE SPORNO (Paleocene superiore-Eocene medio)

- Membro di Calestano

Quindi, dove esistente, è stata riproposta la zonazione della litologia di superficie, con raffigurazione delle seguenti classi:

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	21 di 40

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI FELINO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

- ghiaia
- limo
- limo sabbioso
- limo argilloso
- sabbia

Infine, sono stati raffigurati i principali elementi geomorfologici, quali gli orli di terrazzo fluviale e le frane (distinguendo tra quelle in evoluzione e quelle quiescenti), oltre ai depositi di versante.

Allo scopo di migliorare la comprensione del modello geologico locale del settore di pianura (quello maggiormente oggetto di urbanizzazione) vengono proposte anche delle sezioni geologiche orientate sia trasversalmente sia longitudinalmente ai principali elementi strutturali.

A riguardo si è ritenuto indispensabile avvalersi della della grande disponibilità di un esperto di stratigrafia della Pianura Emiliana, quale il dott. geol. ing. Gian Marco Di Dio, del Servizio Tecnico Bacini Affluenti del Po della Regione Emilia Romagna, che ha fornito alcune sezioni inedite ricadenti nel territorio oggetto di studio.

Esaminando gli elaborati prodotti, si osserva che quasi tutti gli abitati principali ricadono nella porzione pianeggiante del Comune, dove, il primo sottosuolo è costituito da depositi del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore.


Questi, in zona pedemontana, possono presentare tessiture molto differenti (dalle argille alle ghiaie) e con una grande variabilità sia in senso orizzontale che verticale.

A maggiori profondità, passando al Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore, si riscontra una generale diminuzione delle dimensioni granulometriche dei sedimenti, in quanto dominano i limi e i limi argillosi; tuttavia, sono presenti intercalazioni ghiaiose le quali, in corrispondenza dei paleo-apparati fluviali principali possono diventare predominanti.

Ancora più in basso, si rinviene prima il Sintema di Costamezzana costituito grossolanamente dalle 3 associazioni di *facies*, menzionate nel paragrafo 2.1, quindi, da un potente livello di peliti appartenenti al Sintema del Torrente Stirone.

Alla luce di quanto sopradescritto, si capisce la grande difficoltà che sussiste, in tale contesto territoriale, nel definire delle successioni stratigrafiche tipo e nell'ipotizzare quale orizzonte possa rappresentare il substrato rigido.

Certamente, più si va in profondità più si rinvergono depositi addensati con relativo aumento delle Vs; tuttavia, è evidente che i profili di Vs, in ciascuna verticale, risentono

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	22 di 40

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI FELINO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

fortemente anche del tipo di litologie attraversate, con significativi incrementi al passaggio tra un orizzonte fine ad uno prevalentemente ghiaioso, mentre ad una diminuzione di tessitura consegue un'inversione di velocità.

Le indagini, normalmente, consentono di individuare la prima superficie di discontinuità, dove la copertura prevalentemente limoso-argillosa poggia sul livello granulare più superficiale; quanto alle discontinuità più profonde, si hanno informazioni meno attendibili.

Inoltre, trattandosi sempre di terreni sciolti, risulta complicato associare delle velocità delle onde di taglio ai vari orizzonti, soprattutto a quelli posti alle profondità maggiori.

In un tale contesto il *bedrock* potrebbe coincidere con il substrato dei depositi continentali costituito dai sedimenti costieri e lagunari, riferibili al Sintema di Costamezzana, ma potrebbe essere anche costituito da uno dei potenti livelli ghiaiosi, raffigurati nelle sezioni geologiche all'interno del Sintema Emiliano-Romagnolo superiore o inferiore.

Differentemente, nel settore collinare, a profondità variabile ma generalmente ridotta (pochi metri), sotto una copertura costituita da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa, si rinvengono potenti spessori delle formazioni marine descritte nel paragrafo 2.1.


Ai fini del presente studio, si è ritenuto significativo distinguere queste unità a seconda delle loro caratteristiche nella trasmissione delle onde sismiche: solo la Formazione a Colombacci (qui in *litofacies* conglomeratica) e quella di Ranzano sono state considerate dei substrati rocciosi "duri"; tutte le altre possono essere cautelativamente classificate come rocce "tenere".

6. CAMPAGNA D'INDAGINI

Come anticipato nelle premesse il presente studio, oltre ad utilizzare una grande quantità di dati pregressi, ha previsto l'esecuzione di una nuova campagna d'indagini sismiche.

La caratterizzazione dei terreni è stata effettuata tramite la tecnica sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali) o HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*).

Le prove sono state condotte utilizzando di un sismometro a stazione singola (tromografo digitale) in grado di registrare i microtremori lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z), di un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (mediamente 14 minuti).

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	23 di 40

Sono state eseguite complessivamente 52 prove, ubicate tenendo in considerazione sia le aree da indagare che gli altri dati già disponibili.

Il moto indotto nel terreno è stato misurato dallo strumento in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z). Le misure registrate sono state poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza) e spettri delle singole componenti (componente del moto in funzione della frequenza per ognuna delle tre direzioni).

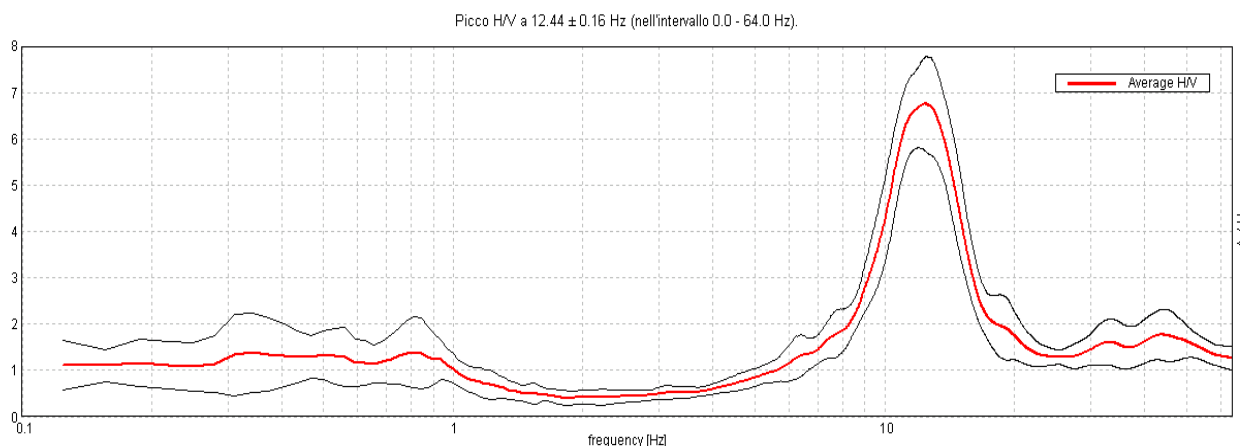


Fig. 6 - Esempio di rapporto spettrale orizzontale su verticale

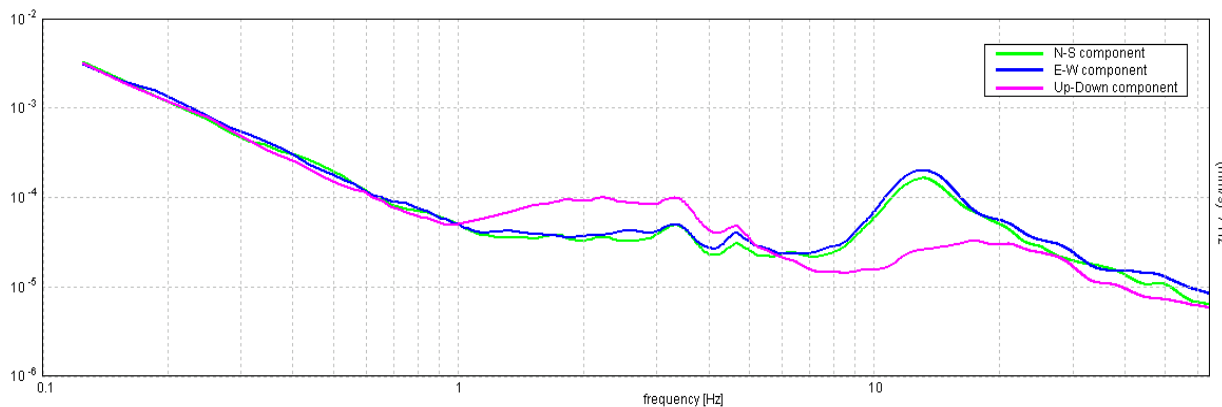



Fig. 7 - Esempio di spettro delle singole componenti

I risultati ottenuti per ciascuna prova, riportati nell'Elaborato 8 - Prove tomografiche, sono:

1. La curva H/V sperimentale vs. la curva H/V sintetica
2. La velocità media delle onde di taglio Vs

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	24 di 40

Per determinare la velocità delle onde di taglio V_s viene utilizzata l'inversione vincolata dello spettro H/V ricavato attraverso il rilievo tomografico.

La relazione seguente lega la frequenza di risonanza del terreno (f) alla velocità delle onde $S(V_s)$ e alla profondità della base dello strato (H):

$$f(\text{Hz}) = \frac{V_s}{4H}$$

Nota la profondità di un singolo livello stratigrafico, è possibile procedere all'inversione dello spettro H/V , modellando la curva sintetica in modo da ottenere la sovrapposizione con quella misurata, per poi ricavare la V_s media per ogni singolo strato.

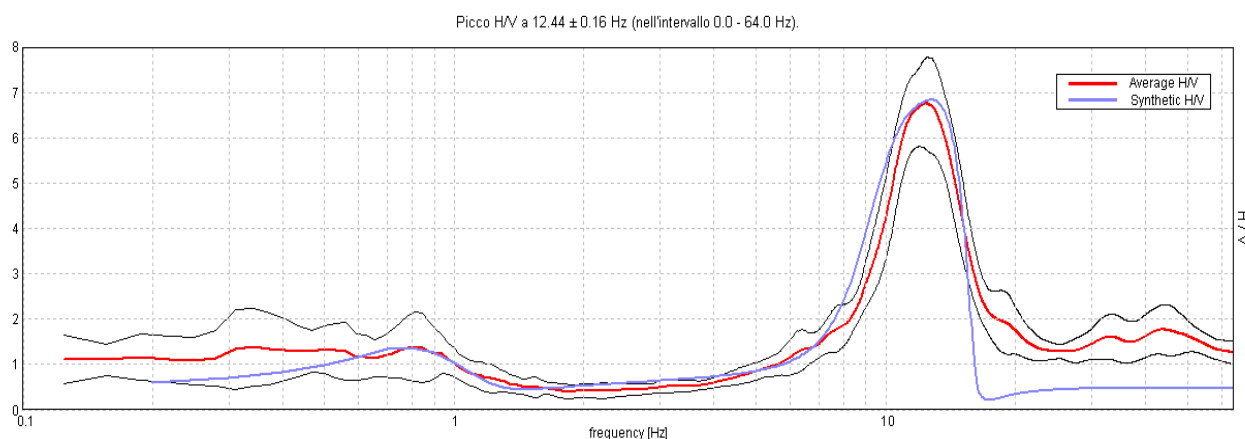


Fig. 8 - Esempio di *curva H/V sperimentale vs. curva H/V sintetica*


Sulla base di tali elaborazioni viene ottenuta la curva della V_s con la profondità.

7. CARTE DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI

Sulla base di tutti i dati tomografici disponibili, sia contenuti nell'Archivio Regionale e in quello Comunale, sia di nuova acquisizione, sono state redatte delle Carte delle frequenze naturali dei terreni, sempre a scala 1:5.000.

In queste carte sono stati riportati tutti i punti di misura, con associati i risultati delle singole prove. In particolare, sono stati indicati il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale) e di un secondo picco significativo (frequenza secondaria), meno evidente del primo.

Gli indirizzi tecnici a cui si è fatto riferimento prescrivono, per rendere graficamente più evidenti le variazioni in relazione alla posizione, di utilizzare colorazioni differenti per

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	25 di 40

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI FELINO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

distinguere le prove a seconda della frequenza principale ottenuta, definendo le seguenti classi:

- $F_0 \leq 0,5$ 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

Inoltre, sono state utilizzate simbologie diverse a seconda che la prova sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, da un alto contrasto di impedenza ($H/V > 3$) o da un basso contrasto di impedenza (ampiezza $H/V \leq 3$).


Con l'obiettivo di fornire un'indicazione immediata circa la qualità della singola misura è stata ad essa associata anche la lettera che indica a quale classe di qualità appartenga, applicando il metodo proposto da *Albarello D. e Castellaro S. (2011)* nell'articolo "*Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola*", ovvero:

- classe A: curva H/V affidabile ed interpretabile, che può essere usata anche da sola;
- classe B: curva H/V sospetta (da interpretare), va usata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze;
- classe C: curva H/V scadente e di difficile interpretazione, che non può essere usata.

Le carte delle frequenze così ottenute (cfr. Elaborati 4.a e 4.b) risentono tuttavia di alcune incertezze, relative alla definizione del picco principale. Si osserva infatti che risulta difficile comprendere la distribuzione spaziale delle frequenze principali e che solo localmente queste trovano giustificazione nelle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo. Ciò è in gran parte dovuto appunto alla identificazione del picco principale.

Nelle prove analizzate, infatti, sono spesso presenti più picchi significativi, con rapporti H/V tra loro confrontabili e solo una modesta prevalenza dell'uno o dell'altro picco determina l'individuazione del picco principale.

Per valutare la problematica le prove sono state analizzate nel dettaglio, individuando 5 classi di frequenza all'interno delle quali far ricadere tutti i diversi picchi H/V significativi presenti in ciascuna prova. Il risultato dell'analisi è riportato in Tab. 2.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	26 di 40

Prova	F>20		20>F>8		8>F>3		3>F>1		F<1		Att.	INV
	f1	l1	f2	l2	f3	i3	f4	i4	f5	i5		
FELI100TR1	40,40	1,89	16,31	2,66	4,47	3,05	2,32	1,48			B	
FELI100TR2	26,97	2,47			3,76	2,20	2,23	1,57	0,95	1,39	B	
FELI100TR3	21,08	2,45			4,46	2,20	1,16	1,32			A	
FELI100TR4			12,00	1,99	4,28	2,52	2,86	2,10			A	
FELI100TR5	48,00	1,70			5,31	2,94	2,18	2,20	0,86	1,63	B	
FELI100TR6	23,80	2,39	14,06	2,78	3,88	2,14					A	
FELI100TR7							1,84	1,61	0,93	1,70	B	
FELI100TR8	33,00	2,20	10,89	2,02	3,05	1,60	1,72	1,50			B	
FELI100TR9	24,03	3,49					2,90	1,95	0,80	1,52	A	
FELI100TR10			19,06	2,79							B	SI
FELI100TR11	36,80	1,30	8,75	3,02			1,04	1,21			A	
FELI100TR12	24,69	4,35					1,10	2,00			A	SI
FELI100TR13	23,50	1,49	14,30	1,66	5,63	4,27					A	
FELI100TR14			13,38	2,20	3,91	2,15			0,85	1,39	B	
FELI100TR15	21,31	2,70									A	SI
FELI100TR16	24,28	2,61							0,80	1,33	A	SI
FELI100TR17	25,56	2,00							0,95	1,20	A	SI
FELI100TR18			15,98	3,03					0,38	1,40	B	SI
FELI100TR19	25,06	2,90					1,02	1,18			B	SI
FELI100TR20			18,41	2,98			1,09	1,17			B	SI
FELI100TR21	34,94	3,67			6,84	1,33	1,09	1,20			A	BR
FELI100TR22	28,44	3,51			5,46	1,30			0,80	1,27	A	BR
FELI100TR23	42,38	2,04					1,18	1,75			C	
FELI100TR24			17,81	3,16					0,60	1,23	B	SI
FELI100TR25	37,34	2,18			4,22	2,52			0,73	1,32	B	
FELI100TR26	40,47	1,26			5,47	1,50	1,09	1,29			B	
FELI100TR27	24,31	4,45	14,19	2,20	3,59	1,40			0,87	1,45	A	
FELI100TR28	29,98	3,20			5,59	4,17	1,72	1,93	0,57	1,50	B	
FELI100TR29	20,00	1,85			7,19	2,47			0,82	1,50	B	
FELI100TR30			8,56	2,32	3,88	3,07			0,95	1,28	A	
FELI100TR31							2,03	2,69	0,54	1,73	A	
FELI100TR32	36,60	1,60	16,16	3,08	5,25	1,47	2,22	1,40	0,79	1,38	B	
FELI100TR33	24,31	2,01					1,93	1,50	0,40	1,69	B	
FELI100TR34			11,87	1,85			2,38	2,29	0,59	1,44	A	
FELI100TR35	32,56	2,42			3,13	2,65	2,40	2,60			B	
FELI100TR36			18,50	1,44	3,72	3,82			0,63	1,72	A	
FELI100TR37			12,15	2,44	4,94	2,56			0,95	1,42	B	
FELI100TR38			18,75	4,65					0,73		A	SI
FELI100TR39	24,06	2,62	13,69	2,79	3,02	1,82			0,86	1,90	B	
FELI100TR40			13,65	1,78	3,13	3,46			0,85	1,33	A	
FELI100TR41	38,04	2,01	11,25	3,27					0,95	1,81	A	
FELI100TR42	29,03	1,95							0,62	1,32	C	

Prova	F>20		20>F>8		8>F>3		3>F>1		F<1		Att.	INV
	f1	l1	f2	l2	f3	i3	f4	i4	f5	i5		
FELI100TR43	35,94	3,37			5,59	2,20			0,75	1,44	A	
FELI100TR44	26,20	2,31			4,67	2,12			0,62	1,69	C	
FELI100TR45	21,84	3,83	10,56	2,36							B	SI
FELI100TR46			19,03	2,69							B	SI
FELI100TR47	23,03	5,87							0,83	1,50	A	SI
FELI100TR48			17,63	3,54			1,87	1,31			B	
FELI100TR49			11,56	2,84			2,27	1,80			B	
FELI100TR50			12,50	2,73	3,45	1,57			0,86	1,36	B	
FELI100TR51	26,56	3,77	17,90	2,50	4,43	1,46					B	BR
FELI100TR52			19,38	2,63					0,56	1,24	B	BR

Tab. 2 – Riepilogo dei risultati delle prove tromografiche

Le 5 classi di frequenza utilizzate (individuate esclusivamente sulla base dei dati disponibili) sono:

- $F > 20$ Hz (f1)
- $8 \text{ Hz} < F \leq 20$ Hz (f2)
- $3 \text{ Hz} < F \leq 8$ Hz (f3)
- $1 \text{ Hz} < F \leq 3$ Hz (f4)
- $F \leq 1$ Hz

Per ciascun picco di frequenza viene inoltre valutato il valore del rapporto H/V. La tabella comprende infine la valutazione della qualità della prova, come sopra definita (Att.= attendibilità A, B o C) e la valutazione della presenza di una prolungata inversione, di cui si dirà in seguito (INV).

Dalla tabella risulta evidente quanto già detto e cioè che in molte prove sono presenti più picchi significativi, tra loro confrontabili in termini di ampiezza del rapporto H/V.

Per evidenziare quanto riportato in tabella si sono redatte cartografie dei singoli “campi di frequenza” (riportate nelle figure seguenti) indicando in verde le prove che presentano un picco in quel campo, ed in rosso le prove che non hanno un picco. Alle prove è inoltre associato il valore del rapporto H/V.

L’analisi comparata delle figure seguenti rende maggiormente comprensibile la distribuzione dei picchi di frequenza. Come si può constatare, infatti, contrariamente alle Carte delle frequenze degli Elaborati 4.a e 4.b, esiste una evidente correlazione spaziale nell’ubicazione dei picchi nelle diverse frequenze, che potrebbe trovare spiegazione

nell'assetto geologico delle diverse aree. Questa ipotesi, però, non può essere confermata alla luce dei dati esistenti, troppo distanti tra loro e imprecisi (soprattutto alle maggiori profondità) a fronte della forte variabilità stratigrafica del territorio in esame.

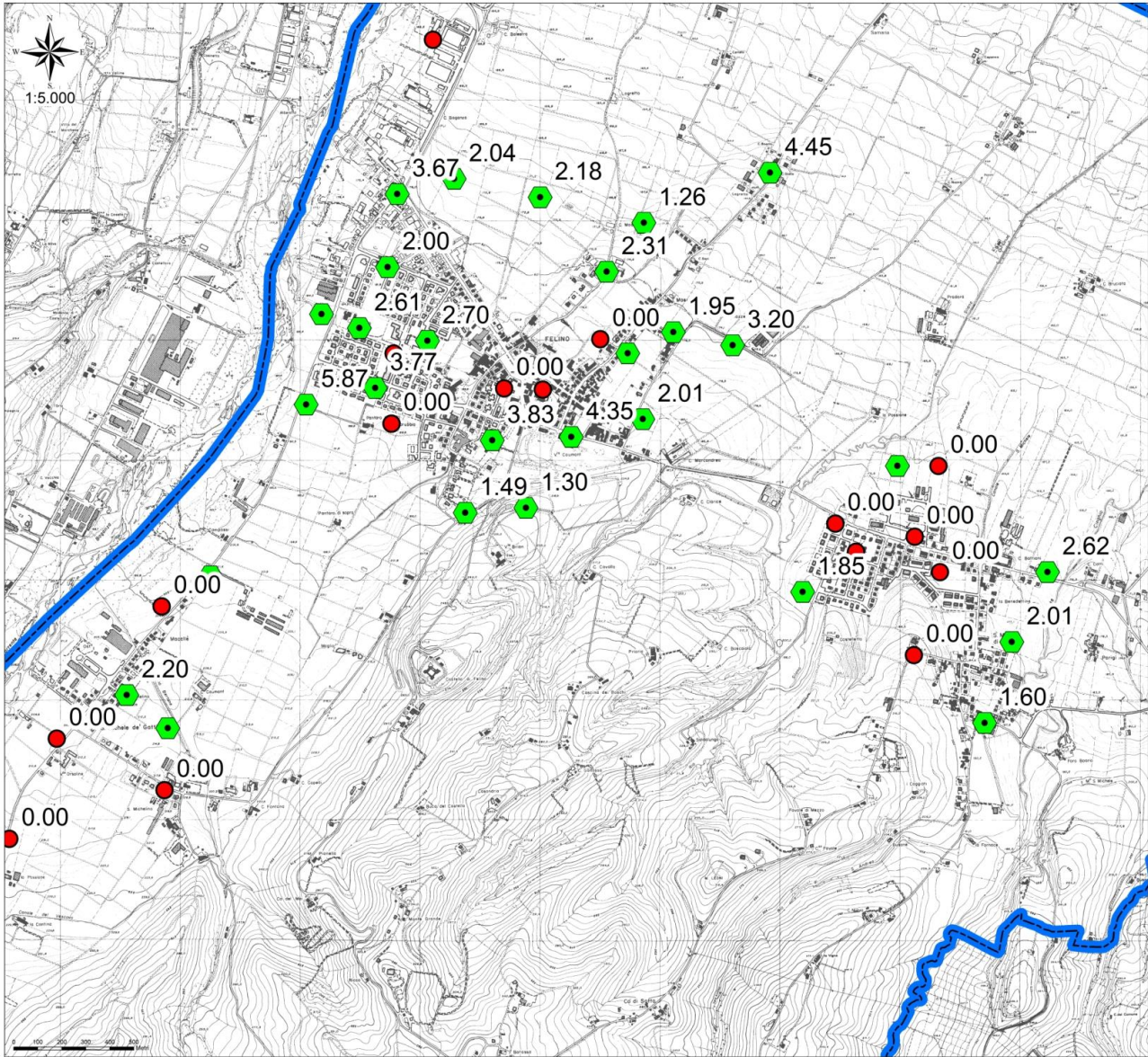


Fig. 9 - Distribuzione delle prove che presentano un picco nella "classe di frequenza" maggiore di 20 Hz

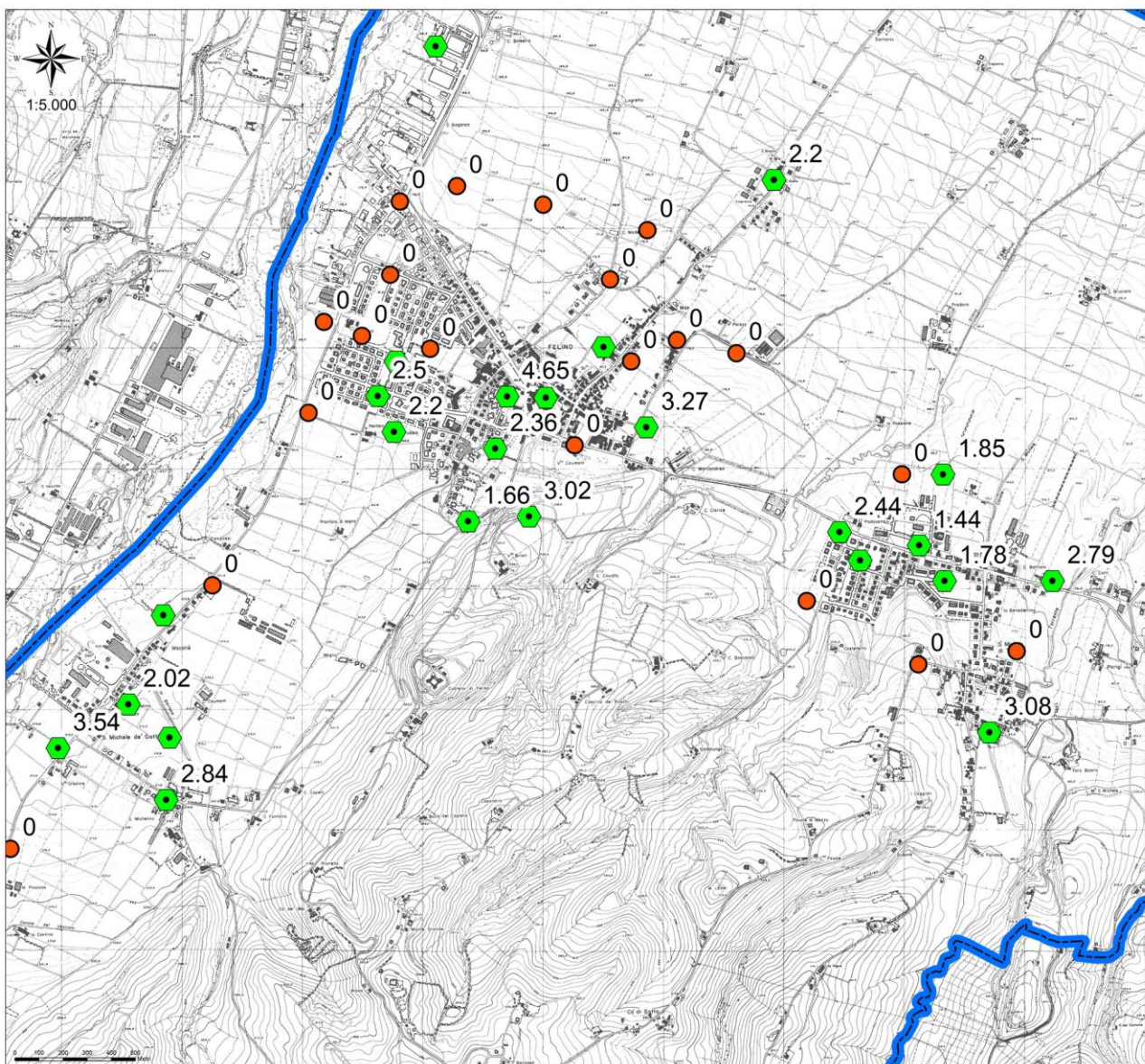



Fig. 10 - Distribuzione delle prove che presentano un picco nella “classe di frequenza” tra 8 e 20 Hz

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	30 di 40

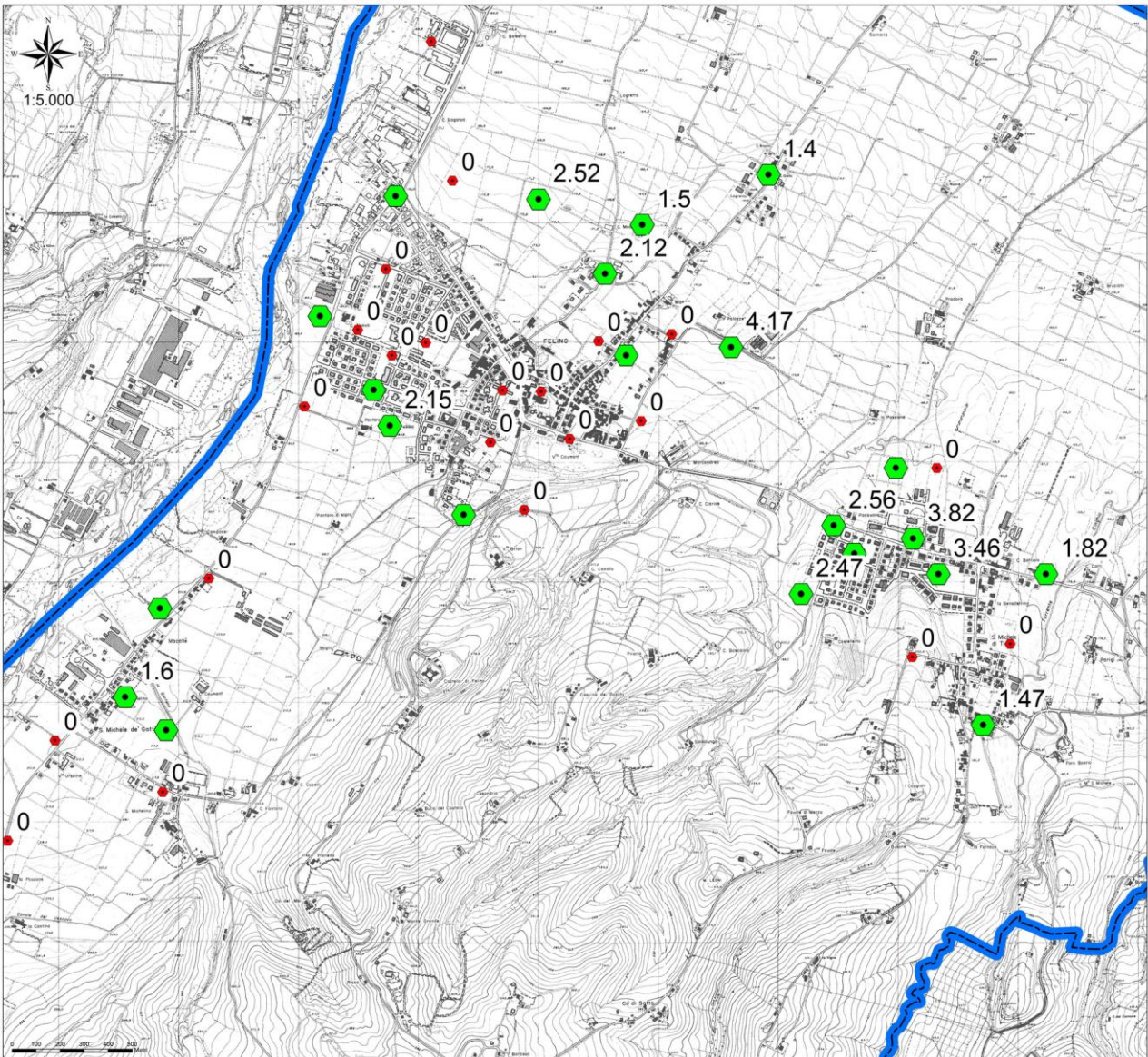



Fig. 11 - Distribuzione delle prove che presentano un picco nella “classe di frequenza” tra 3 e 8 Hz

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	31 di 40

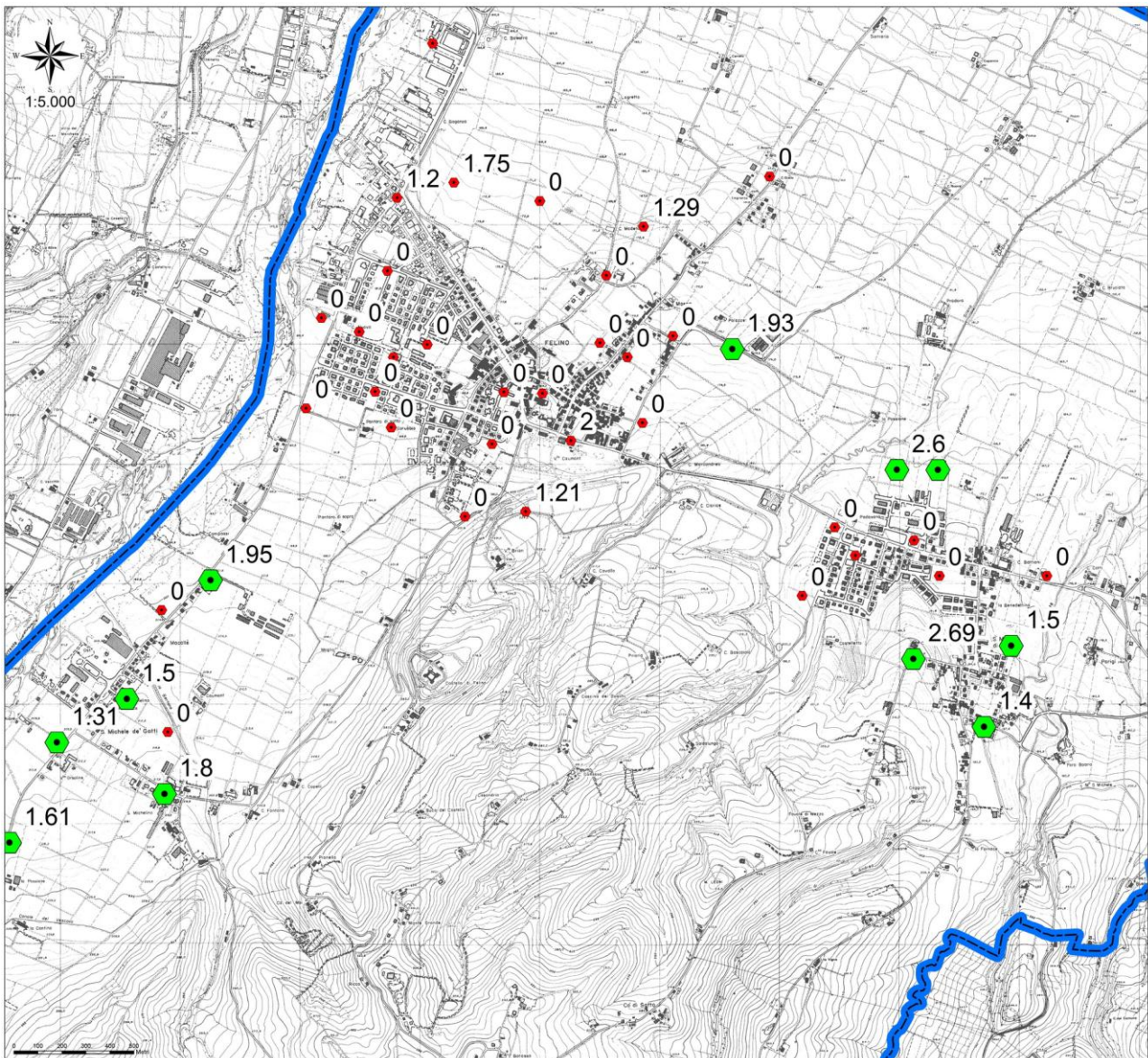



Fig. 12 - Distribuzione delle prove che presentano un picco nella “classe di frequenza” tra 1 e 3 Hz

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	32 di 40

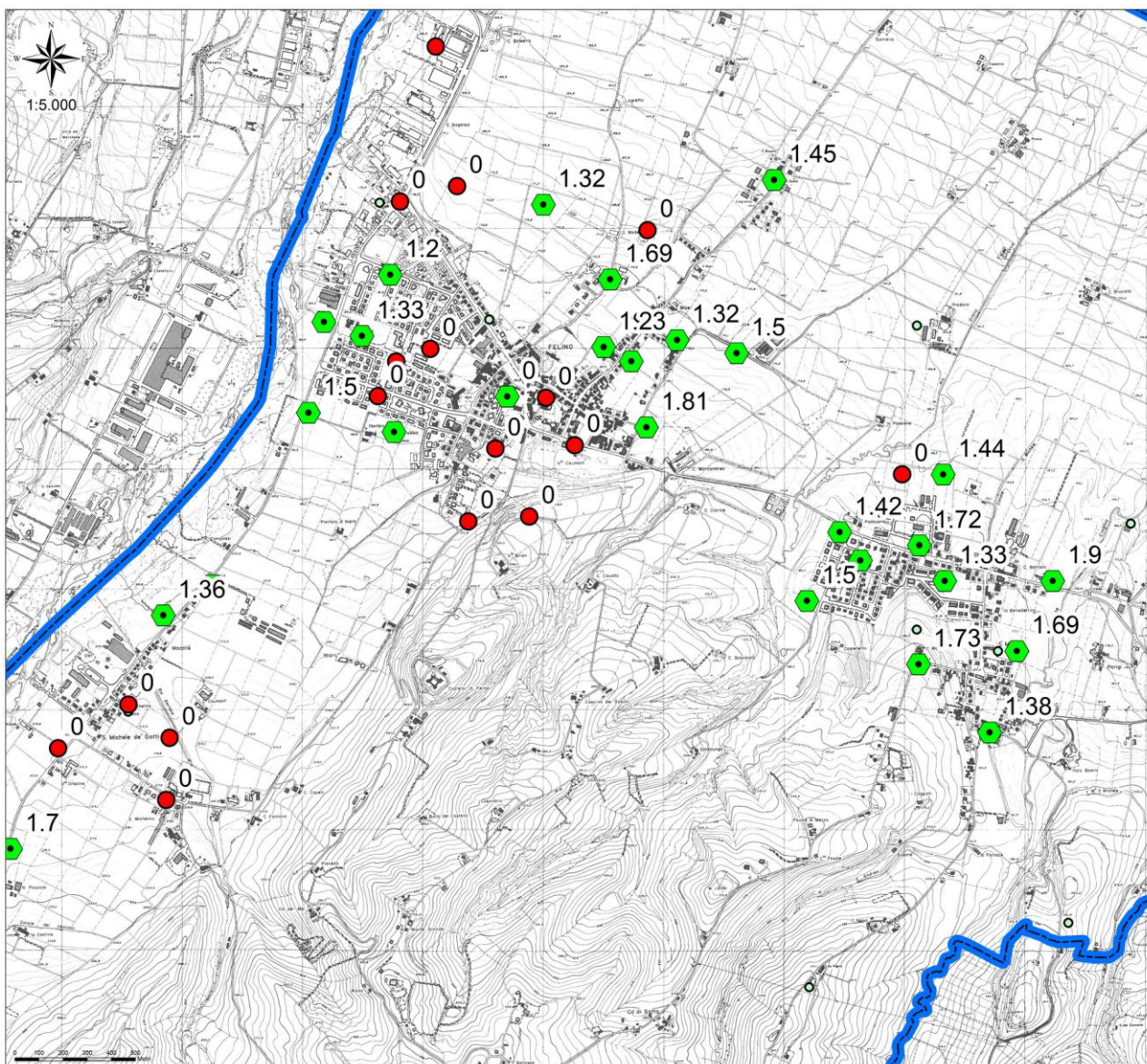



Fig. 13 - Distribuzione delle prove che presentano un picco nella “classe di frequenza” minore di 1 Hz

Infine è stato affrontato il problema della presenza, in alcune prove localizzate a Felino di un' evidente e prolungata inversione del rapporto H/V.

Esaminando tali prove, ubicate in Fig. 14, si evidenzia che è sempre presente un notevole picco sopra i 20 Hz, dovuto a superfici di discontinuità aventi bassa soggiacenza da piano campagna (dove la copertura prevalentemente limoso-argillosa poggia sul primo orizzonte di ghiaie) Nelle frequenze secondarie troviamo, una certa variabilità, anche se frequentemente presentano valori prossimi ad 1 Hz, associabili a fenomeni di risonanza che coinvolgono uno spessore di terreno nell'ordine dei 100 m.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	33 di 40

Ma la caratteristica più spiccata di tali prove è la presenza, nel tratto tra la frequenza principale e quella secondaria di una prolungata inversione del rapporto H/V, che potrebbe mascherare le superfici di discontinuità che si potrebbero rinvenire alle profondità intermedie (vedi alternanze stratigrafiche descritte nel capitolo 5).

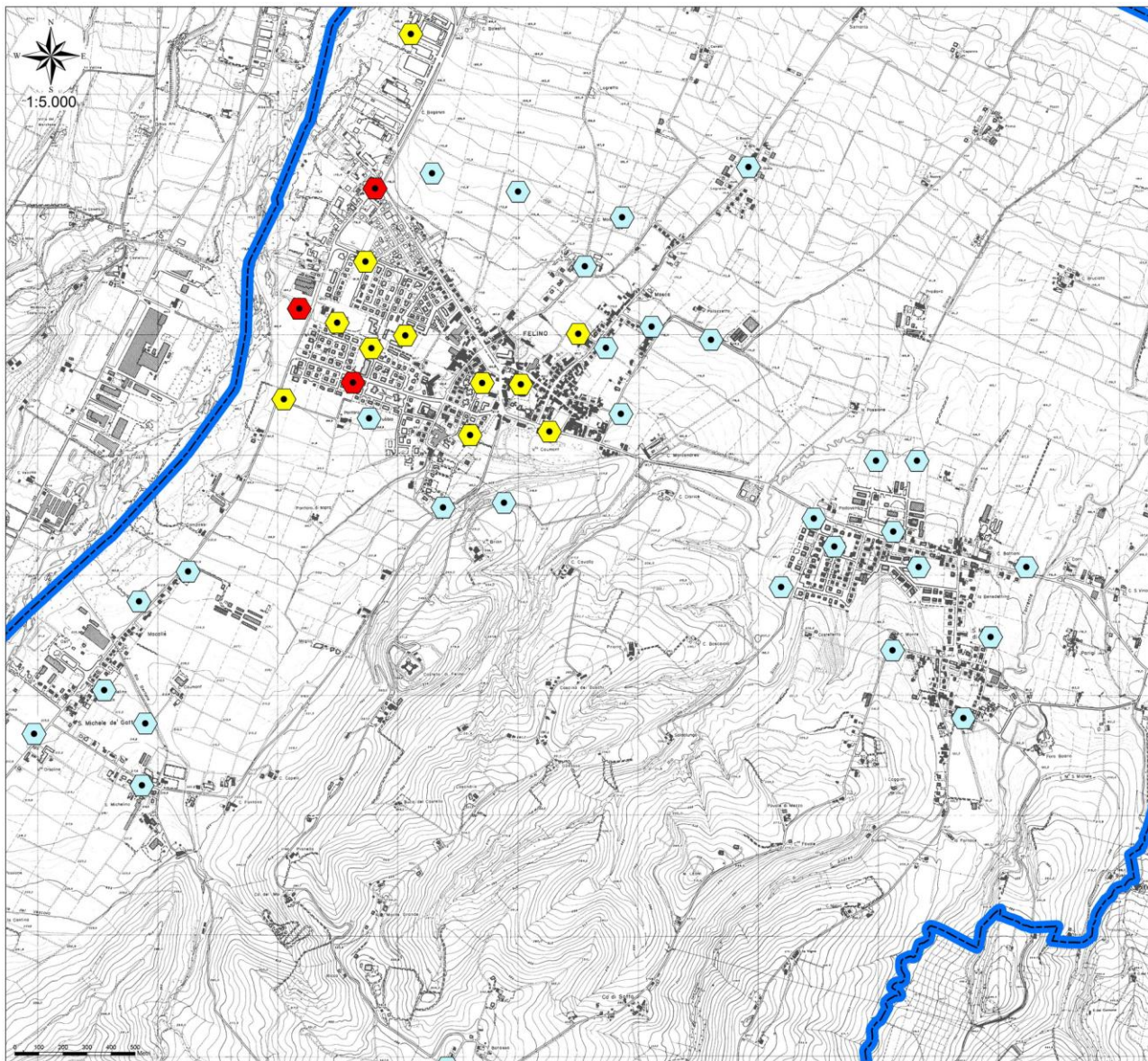



Fig. 14 - Ubicazione delle prove che presentano inversione del rapporto H/V (in rosso e giallo)

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	34 di 40

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI FELINO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

8. CARTE DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI

La Carta delle aree suscettibili di effetti locali o delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS), rappresenta il documento fondamentale del primo livello di approfondimento.

In questa cartografia devono essere chiaramente indicate le aree in cui si ritiene necessario effettuare indagini e analisi di microzonazione sismica e i livelli di approfondimento ritenuti necessari.

Allo scopo sono state esaminate dettagliatamente le numerose informazioni esistenti raccolte e descritte nei capitoli precedenti relative alle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del territorio di Felino.

Gli studi effettuati hanno evidenziato che in tutte le aree esaminate non sono mai presenti zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco acclive) e dove, di conseguenza, non sono richiesti ulteriori approfondimenti.

Nelle Carte delle aree suscettibili di effetti locali o MOPS, di cui agli Elaborati 5.a e 5.b, sono, invece, state distinte le seguenti classi:

ZONE SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE LOCALE

In queste zone sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico locale.

Necessitano, come stabilisce l'Atto di indirizzo regionale, di una seconda fase di approfondimento tramite analisi semplificata (secondo livello di approfondimento).


Sulla base delle successioni stratigrafiche tipo, individuate all'interno del territorio in esame, sono state distinte le seguenti sottoclassi (rappresentate con diverse tonalità di giallo):

Area a rischio di amplificazione da basso a moderato (successione stratigrafica: Tipo1)

E' la classe che contraddistingue tutta la porzione pianeggiante del Comune, in cui il sottosuolo è caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali, a forte variabilità litologica, pur con dominanza di tessiture ghiaiose.

Area a rischio di amplificazione da basso a moderato (successione stratigrafica: Tipo2)

Si tratta di una classe presente sui rilievi collinari, nelle zone dove, sotto una copertura costituita da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa, sono presenti formazioni marine tali da rappresentare un substrato roccioso "tenero".

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	35 di 40

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI FELINO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

Area a basso rischio di amplificazione (successione stratigrafica: Tipo3)

A questa classe appartengono le zone, sempre nel settore collinare dove, sotto i depositi di copertura, si rinvergono formazioni marine tali da rappresentare un substrato roccioso “duro” (formazione a Colombacci in *litofacies* conglomeratica e formazione di Ranzano).

ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ

Area a rischio di deformazione permanente

In queste zone, rappresentate in carta con il colore rosso, gli effetti sismici attesi e predominanti, oltre i fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio.

Il tipo di instabilità atteso è l'instabilità di versante dato dalla presenza di pendii instabili e potenzialmente instabili (frane in evoluzione e quiescenti).

Non si tratta di zone attualmente urbanizzate o, per le quali, si prevede l'urbanizzazione. Nel caso sarebbe necessario effettuare degli approfondimenti di terzo livello.

Nelle Carte delle aree suscettibili di effetti locali vengono riproposti anche alcuni tematismi già rappresentati nelle altre tavole, quali

- le indagini geognostiche e sismiche
- la litologia di superficie


9. CARTE DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO S

In ottemperanza ai riferimenti tecnici citati nelle premesse, sono state redatte per tutte le aree oggetto di studio delle Carte delle velocità delle onde di taglio S (V_s).

In tali elaborati sono ubicati tutti i punti di misura, distinguendoli a seconda della tipologia di prova effettuata (prova tromografica, MASW o ReMi) e indicando i corrispondenti valori di V_{s_H} (in m/s) e della profondità del substrato sismico (H).

A riguardo, va precisato che detta profondità è stata fatta coincidere con il passaggio ad una $V_s > 500$ m/s oppure con un forte incremento, sempre della V_s , tale che il valore registrato risulti almeno 2.5 volte quello strato soprastante.

Alla luce dei risultati ottenuti, nel presente studio, si è deciso di considerare sempre V_{s_H} anziché $V_{s_{30}}$, in quanto, nella grande maggioranza delle misure effettuate, la profondità del substrato sismico (H) è risultata essere inferiore a 30 m.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	36 di 40

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI FELINO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

Dalla lettura delle Carte delle velocità delle onde di taglio S, si osserva che i valori di V_{sH} misurati, presentano una certa variabilità, essendo compresi tra un minimo di 147 m/s e un massimo di 450 m/s, e una distribuzione spaziale abbastanza irregolare.

Analogamente anche le profondità del substrato sismico risultanti dalle prove possono presentare forti differenze anche tra punti ubicati a limitata distanza l'uno dall'altro; fatto che non aiuta a trovare una corrispondenza con il modello geologico, che, come visto nel capitolo 5, soprattutto nel settore di pianura, presenta certamente delle indeterminazioni.


10. CARTE DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE

Gli ultimi elaborati in cui sono riportati i risultati del presente studio sono le Carte dei fattori di amplificazione. In esse viene raffigurata la stima dell'amplificazione effettuata tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule), possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione è stata quantificata in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) dove PGA_0 è l'accelerazione massima orizzontale al suolo di riferimento, e PGA è la corrispondente grandezza di accelerazione massima orizzontale calcolata alla superficie dei siti esaminati.

La scelta dell'abaco per la stima è stata valutata sulla base delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo, in particolare della profondità del substrato rigido che, come visto nel capitolo precedente, risulta molto spesso inferiore a 30 m.

Quindi, i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento sono stati ottenuti impiegando la tabella, ripresa dall'Allegato A2 degli indirizzi regionali, valida per l'ambiente APPENNINO E MARGINE APPENNINICO PADANO, in caso di substrato caratterizzato da $V_s < 800$ m/s.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	37 di 40

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI FELINO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

Vs Media H	200	250	300	350	400	450	500
5	2.0	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2
10	2.3	2	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3
15	2.5	2.2	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4
20	2.3	2.2	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4
25	2.1	2.1	2.1	1.9	1.7	1.6	1.5
30	1.9	2	2	1.9	1.7	1.6	1.5
35	1.8	1.9	2	1.9	1.7	1.6	1.5
40	1.7	1.9	2	1.8	1.7	1.6	1.5

Tab. 3 – Tabella utilizzata per la determinazione dei fattori di amplificazione


Allo scopo di semplificare la rappresentazione grafica e rendere meno frazionata la zonazione del territorio, negli elaborati 7.a e 7.b, sono state individuate 4 classi, comprendenti diversi intervalli dei valori del fattore di amplificazione, come di seguito descritto:

1. F.A. P.G.A. > 1.7
2. F.A. P.G.A. = 1.6÷1.7
3. F.A. P.G.A. = 1.4÷1.5
4. F.A. P.G.A. = 1.2÷1.3

La redazione degli elaborati grafici è stata effettuata attribuendo, innanzitutto, la classe corrispondente al punto d'indagine; quindi, si è passati alla zonazione del territorio, disegnando i limiti esclusivamente con un criterio geometrico, collegando i punti medi tra le prove appartenenti a classi differenti, in quanto non è stato possibile trovare degli elementi o delle caratteristiche geologiche tali da giustificare la variabilità riscontrata.

In conclusione si è visto che:

- Felino è in classe 1, 2 e 3
- Casale è in classe 3 e 4
- San Michele Tiorre è interamente in classe 1
- San Michele de Gatti è in classe 1 e 2
- a Poggio di Sant'Ilario troviamo tutte 4 le classi
- Sant'Ilario di Baganza è interamente in classe 1
- Barbiano è in classe 1 e 2

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	38 di 40

11. INDICAZIONI PER I SUCCESSIVI APPROFONDIMENTI

Il presente studio presenta carattere sperimentale, trattandosi di una delle prime applicazioni, in un contesto territoriale quale quello indagato, di microzonazione sismica mediante l'applicazione dei criteri contenuti negli ICMS e negli indirizzi regionali.

Ne consegue che le indicazioni per i successivi approfondimenti, espressamente previste dalla delibera regionale, non possono che presentare due diversi approcci: uno di carattere scientifico, e uno rivolto alla successiva pianificazione comunale.


Dal punto di vista scientifico si evidenzia quanto segue:

- la considerevole variabilità litologica che riscontra in corrispondenza di quasi tutti i centri abitati (costituita da fitte alternanze sia laterali che verticali di ghiaie e depositi fini) si riflette sulla variabilità dei risultati delle indagini, rendendo complessa la correlazione spaziale dei dati. In particolare, la valutazione dei picchi di frequenza principale appare poco significativa in presenza di prove che indicano numerosi picchi con frequenze diverse con rapporti H/V tra loro confrontabili.
- le analisi tromografiche realizzate presso l'abitato di Felino, presentano talora un picco a frequenza elevata (tipicamente compresa tra 14 e 32 Hz), con rapporto di amplificazione H/V spesso superiore a 3. A frequenze inferiori, tipicamente fino a circa 1.0÷1.5 Hz, è presente una prolungata inversione del rapporto H/V. E' solo a frequenze ancora inferiori che è possibile individuare altri picchi a frequenza minore. Considerazioni stratigrafiche farebbero invece supporre che siano presenti altri picchi in posizioni intermedie.

Alla luce delle considerazioni sopra esposte si ritiene opportuno che successivi approfondimenti possano consentire di valutare l'effettiva presenza di ulteriori superfici a rapporto di impedenza elevato nell'area dell'abitato di Felino e di definirne il ruolo nella RSL.

Tali indagini inoltre potrebbero contribuire, a fare chiarezza sull'effettiva posizione del substrato rigido, per il quale, come detto (cfr. capitolo 5) non è affatto chiaro se, nel settore di pianura, sia geologicamente da attribuire al Sintema di Costamezzana o a uno dei potenti livelli ghiaiosi più superficiali.

Per quanto riguarda gli effetti sulla pianificazione comunale, si evidenzia che, vista la variabilità spaziale riscontrata, nelle fasi successive, gli studi di carattere sismico dovranno integrare le indagini per le aree di competenza, raffittendo la maglia esistente.


	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	39 di 40

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI FELINO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

In ogni caso, considerato l'effettivo grado di pericolosità sismica locale, si è valutato che nessuno degli ambiti di nuovo insediamento debba essere subordinato allo svolgimento di indagini di terzo livello, fatto salvo che non sia prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

Quanto appena affermato, ovviamente, non vuol dire che non debbano essere effettuate le indagini e dagli studi integrativi richiesti dalla normativa vigente, per i successivi livelli pianificatori, oltre che per la progettazione e la realizzazione delle opere.

Inoltre, considerato che i valori riportati nelle singole schede risultano cautelativi e portano, quasi certamente, ad una sovrastima del rischio sismico possono essere sostituiti dai risultati di valutazioni della risposta sismica locale ottenuti con le procedure previste dal terzo livello di approfondimento.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Marzo 2012	0	40 di 40