

SISMICITA'





1.5 Analisi Territoriale

Sub05 - ASPETTI SISMICI

1.5.1 SISMICITÀ

ULTERIORI FONTI

- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Catalogo parametrico dei terremoti italiani CPTI11
<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11/>
- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia CFTImed4 Catalogue of Strong Earthquakes in Italy 461 B.C. - 1997
<http://storing.ingv.it/cfti4med/>
- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - DISS 3.2 Data Base of Individual Sismogenic Sources
<http://diss.rm.ingv.it/diss/index.php/54-database-access>
- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Mappe interattive di pericolosità sismica
<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>
- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
<http://www.ingv.it/it/>
<http://cnt.rm.ingv.it/>
e altri siti correlati;
- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Shake Map
<http://shakemap.rm.ingv.it/shake/index.html>
- "I terremoti bolognesi del 1929" ;
- "dell'Historia di Bologna" .

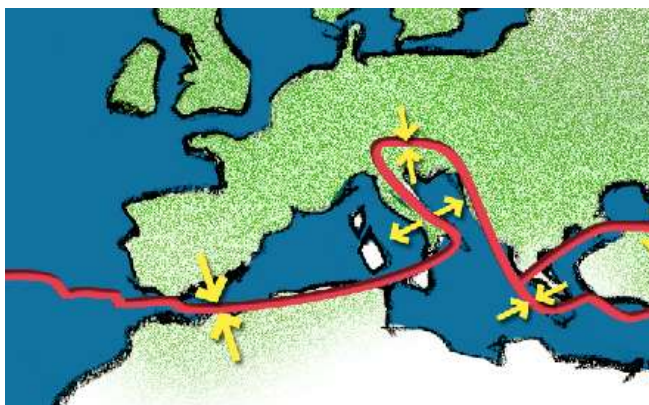


Unione

Valli del Reno, Lavino e Samoggia
Ufficio di Protezione Civile Unificato
Casalecchio di Reno, Monte San Pietro, Sasso
Marconi, Valsamoggia, Zola Predosa



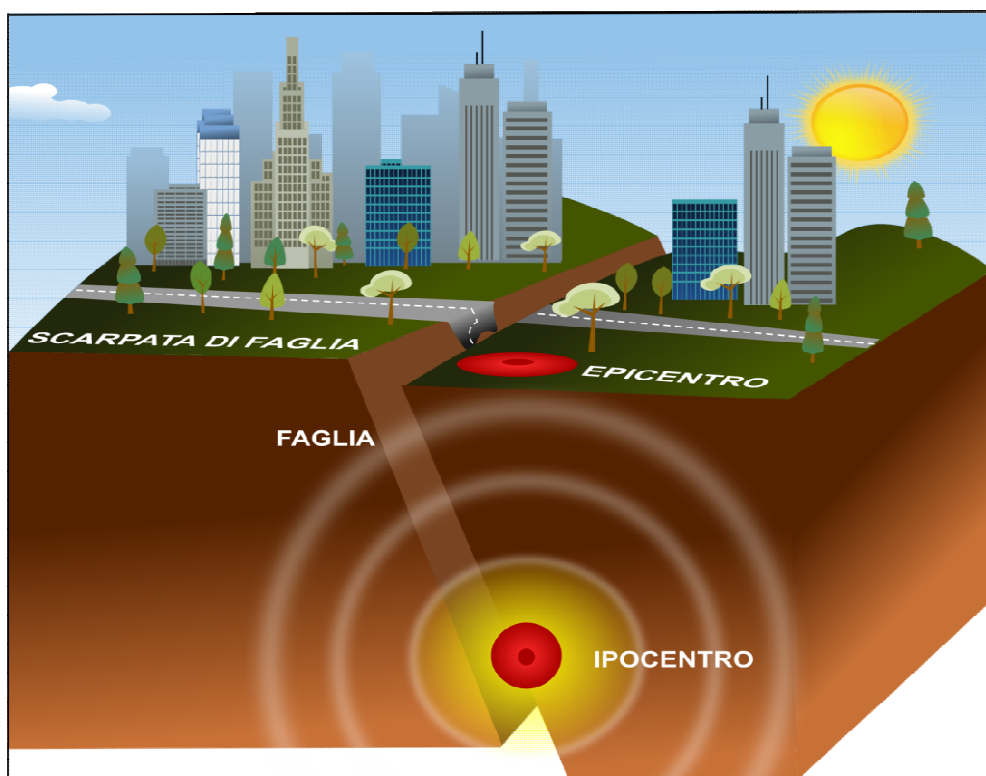
L'Italia è uno dei Paesi a maggiore rischio sismico del Mediterraneo, per la sua particolare posizione geografica, situata nella zona di convergenza tra la zolla africana e quella eurasiatica. La sismicità più elevata si concentra nella parte centro-meridionale della Penisola, lungo la dorsale appenninica (Val di Magra, Mugello, Val Tiberina, Val Nerina, Aquilano, Fucino, Valle del Liri, Beneventano, Irpinia), in Calabria e Sicilia e in alcune aree settentrionali, come il Friuli, parte del Veneto e la Liguria occidentale. (fonte: www.protezionecivile.gov.it)



COS'È IL TERREMOTO?

Le rocce che formano la crosta terrestre subiscono continuamente giganteschi sforzi, che sono il risultato di lenti movimenti tra le grandi placche in cui è suddiviso lo strato più superficiale della Terra.

Quando gli sforzi superano il limite di resistenza delle rocce, queste si rompono all'improvviso liberando energia che si propaga, sotto forma di onde sismiche, dall'ipocentro in tutte le direzioni, generando il terremoto.





Unione

Valli del Reno, Lavino e Samoggia
Ufficio di Protezione Civile Unificato
Casalecchio di Reno, Monte San Pietro, Sasso
Marconi, Valsamoggia, Zola Predosa



Qualche volta la frattura che genera il terremoto, chiamata **fallia**, è visibile in superficie e forma la scarpata di fallia, una deformazione permanente che è l'effetto del processo avvenuto in profondità.

La rottura delle rocce libera una enorme quantità di energia, che a sua volta genera delle potenti oscillazioni che si propagano nella Terra: **le onde sismiche**. Un terremoto ne genera diversi tipi. Le principali sono **le onde P** e **le onde S**. Le onde P (come "Prime") fanno vibrare il suolo nella stessa direzione in cui si propagano; comprimono e dilatano in successione le rocce che attraversano, come una fisarmonica. Invece le onde S (come "Seconde") fanno vibrare le rocce perpendicolarmente rispetto alla loro direzione di marcia, come una corda che viene scossa.

Negli ultimi 1.000 anni ci sono stati circa 260 di magnitudo Mw pari o superiore a 5.5 – in media uno ogni quattro anni (Fonte INGV - CPTI11).

LE SCALE DI MISURAZIONE

I terremoti si misurano con **Magnitudo** e **Intensità**. La magnitudo (di norma misurata attraverso la scala Richter - M_L) e l'intensità macrosismica (di norma misurata tramite la scala Mercalli Cancani Sieberg - MCS) sono le due misure principali della "forza" di un terremoto.

Si tratta di due scale non equivalenti poiché : mentre **la magnitudo misura l'energia sprigionata da un terremoto nel punto in cui esso si è originato (ipocentro)**, **l'intensità misura degli effetti che il terremoto ha prodotto sull'uomo, sugli edifici presenti nell'area colpita dal sisma e sull'ambiente**.

La magnitudo è una misura fisica che dipende soltanto dall'energia sprigionata dal terremoto nel punto in cui si è generato. La magnitudo di un evento sismico viene calcolata in pochi minuti mentre **per fissare il valore preciso dell'intensità è necessario attendere la raccolta dei dati oggettivi sui danni prodotti dal terremoto**. E' possibile in ogni modo, conoscendo la magnitudo, associare ad essa un'intensità teorica presunta. Tale intensità teorica viene tempestivamente comunicata dall'INGV alla Protezione Civile.

La tabella seguente mostra la corrispondenza fra la magnitudo e l'intensità teorica.

Comparazione approssimativa tra le scale di misurazione

Magnitudo	Intensità teorica
1.0-2.3	≈ I
2.4 - 2.7	≈ II
2.8-3.1	≈ III
3.2 - 3.6	≈ IV
3.7 - 4.1	≈ V
4.2 - 4.6	≈ VI
4.7 - 5.1	≈ VII
5.2 - 5.5	≈ VIII

La magnitudo Richter e la scala Mercalli-Cancani-Sieberg sono due misure estremamente diverse: la prima è ottenuta utilizzando i sismometri; la seconda è una classificazione degli effetti del terremoto su persone e cose. Sono misure non sempre correlabili; terremoti forti in zone disabitate o con edifici antisismici non causano danni e hanno quindi gradi bassi di intensità. Viceversa, piccoli terremoti in aree con costruzioni non adeguate possono provocare danni e determinare gradi alti di intensità.



SCALE DI MISURA DELLA MAGNITUDO

Il concetto di Magnitudo è stato introdotto nel 1935 da Richter per rispondere alla necessità di esprimere in forma quantitativa e non soggettiva la "forza" di un terremoto. La Magnitudo Richter, detta anche Magnitudo Locale (M_L), si esprime attraverso il logaritmo decimale del rapporto fra l'ampiezza registrata da un particolare strumento, il pendolo torsionale Wood-Anderson, e una ampiezza di riferimento. La Magnitudo Richter può essere calcolata solo per terremoti che avvengono a distanza minore di 600 km dalla stazione che ha registrato l'evento. La magnitudo Richter resta in uso grazie alla rapidità con la quale viene calcolata, mentre la

magnitudo momento è sicuramente la migliore stima della reale grandezza di un terremoto, essendo direttamente legata alle dimensioni e alla dislocazione della sorgente sismica.

Per supplire alla limitazione sulla distanza posta dalla definizione della Magnitudo Richter,

SCALA RICHTER		
Magnitudo	TNT equivalente	Frequenza
0	1,0 chilogrammo	circa 8.000 al giorno
1	31,6 chilogrammi	
1,5	178,0 chilogrammi	
2	1,0 tonnellata	circa 1.000 al giorno
2,5	5,6 tonnellate	
3	31,6 tonnellate	circa 130 al giorno
3,5	178,0 tonnellate	
4	1.000,0 tonnellate	circa 15 al giorno
4,5	5.600,0 tonnellate	
5	31.600,0 tonnellate	2-3 al giorno
5,5	178.000,0 tonnellate	
6	1,0 milione di tonnellate	120 all'anno
6,5	5,6 milioni di tonnellate	
7	31,6 milioni di tonnellate	18 all'anno
7,5	178,0 milioni di tonnellate	
8	1,0 miliardo di tonnellate	1 all'anno
8,5	5,6 miliardi di tonnellate	
9	31,6 miliardi di tonnellate	1 ogni 20 anni
10	1.000,0 miliardi di tonnellate	Mai registrata

sono state introdotte altre scale di Magnitudo che consentono di esprimere l'energia irradiata da un terremoto. La maggior parte delle Magnitudo si basa sull'ampiezza massima del sismogramma registrato o sul rapporto fra l'ampiezza e il periodo delle onde sismiche utilizzate per il calcolo della Magnitudo. Tra queste scale si possono ricordare le Magnitudo di Volume (m_b) (b sta per "body waves" ovvero onde di volume) usate per misurare terremoti avvenuti a una distanza superiore ai 600 km e basate sull'uso delle onde di volume (generalmente le onde S). Un'altra magnitudo è quella calcolata sulle onde superficiali: la Magnitudo Superficiale (M_s). Al fine di calcolare la Magnitudo di terremoti piccoli o moderati a distanza locale o regionale è stata introdotta nel 1972 la Magnitudo di Durata (M_d). Il suo calcolo è basato sulla misura della durata del sismogramma. Il concetto di base è quello di ritenere a ragione che maggiore è la Magnitudo di un evento, maggiore sarà la durata della registrazione. Essendo molto semplice e immediato misurare la durata del sismogramma, **la Magnitudo di Durata**, dal 1980, è entrata nel novero dei parametri che vengono forniti alla Protezione Civile.

Negli anni '70 Kanamori introdusse la magnitudo momento (M_w) derivata dal parametro sismologico momento sismico che equivale al prodotto tra area di faglia, dislocazione e la resistenza delle rocce. Il momento sismico e la magnitudo momento rappresentano quindi la migliore stima della reale grandezza del terremoto.

Si può dimostrare che la Magnitudo di un evento sismico è strettamente connessa con l'energia irradiata dall'ipocentro. Una relazione lega la magnitudo sviluppata dal terremoto al logaritmo decimale dell'energia. A partire da questa relazione è possibile ricavare che una variazione 1 in Magnitudo equivale a un incremento di energia di circa 30 volte. In altre parole, **l'energia sviluppata da un terremoto di Magnitudo 6 è circa 30 volte maggiore di quella prodotta da uno di Magnitudo 5 e circa 1000 volte maggiore di quella prodotta da un terremoto di Magnitudo 4**.



SCALE DI MISURA DELL'INTENSITÀ

Oltre alla scala

Mercalli-Cancani-

Sieberg (MCS)

l'intensità viene anche

essere espressa come

scala Mercalli

Modificata (MM)

(Woode Neumann

1931) rielaborata da

Richter nel 1959,

oppure come scala

MSK (Medved-Sponheur-Karkin 1964) nota anche come MSK-64 che fu successivamente aggiornata nel 1976 e nel 1981. Elemento innovativo di tale scala (MSK-64) è la suddivisione degli edifici in 3 tipologie costruttive a differente vulnerabilità sismica e l'introduzione di 5 classi di danno.

La Commissione Sismologica Europea nel 1992 propone la scala EMS che è divenuta definitiva, dopo alcune modifiche, nel 1998 ed è oggi nota come **EMS-98** [Grunthal, 1998]. La scala EMS-98, che è di fatto un aggiornamento della precedente MSK, tiene conto di 6 tipologie di fabbricati e 5 classi di danneggiamento. La scala EMS-98 è attualmente lo strumento più diffuso in Europa per la valutazione dell'intensità.

La scala di intensità ESI 2007 [Michetti et al., 2007, Guerrieri, 2012] si differenzia dalle scale macrosismiche tradizionali in quanto è utilizzata per valutare gli effetti geologici e ambientali dei terremoti. La scala ESI 2007 è strutturata in dodici gradi. Il titolo di ciascun grado riflette la severità degli effetti sull'ambiente. Nella descrizione di ciascun grado sono riportate le caratteristiche degli effetti al suolo.

SCALA MERCALLI	
I - Strumentale	Avvertita solo dagli strumenti
II - Debole	Avvertita solo da poche persone sensibili in condizioni particolari
III - Leggera	Avvertita da poche persone
IV - Moderata	Avvertita da molte persone; tremiti di infissi e cristalli; oscillazione di oggetti sospesi
V - Piuttosto forte	Avvertita da molte persone, anche addormentate; caduta di oggetti
VI - Forte	Qualche lesione agli edifici
VII - Molto forte	Caduta di comignoli; lesione agli edifici
VIII - Distruttiva	Rovina parziale di alcuni edifici; vittime isolate
IX - Rovinosa	Rovina totale di alcuni edifici; molte vittime; crepacci nel suolo
X - Disastrosa	Crollo di parecchi edifici; numerose vittime; crepacci evidenti nel terreno
XI - Molto disastrosa	Distruzione di agglomerati urbani; moltissime vittime; crepacci; frane; maremoto
XII - Catastrofica	Danneggiamento totale; distruzione di ogni manufatto; pochi superstiti; sconvolgimento del suolo; maremoto

EMS-98 Intensità	Risentito	Impatto	Magnitudo (Valori indicativi)	Danno agli edifici (Maturità)
I	Non risentito	Non risentito	2	
II-III	Debole	Il terremoto è avvertito all'interno da pochi. I dormienti registrano un ondeggiamento o un lieve tremito.	3	
IV	Leggero	Il terremoto è risentito all'interno da molti e all'esterno soltanto da pochissimi. Qualcuno viene svegliato. Le porcellane, i vetri, le finestre e le ante si scuotono rumorosamente.	4	
V	Moderato	Risentito all'interno da molti, all'esterno da pochi. Alcune persone si spaventano. Molti dormienti si svegliano. Gli osservatori sentono un forte scuotimento e oscillazione dell'intera costruzione. Gli oggetti appesi oscillano considerevolmente. Le porcellane e i vetri tintinnano rumorosamente. I piccoli oggetti possono essere spostati o cadere. Le ante e le finestre si aprono o si chiudono.	5	
VI	Forte	Molta gente si spaventa e fugge all'esterno. Alcuni oggetti possono cadere. Molti edifici soffrono leggeri danni non strutturali, come fessure capillari e caduta di piccole porzioni di intonaco.	6	
VII	Molto forte	La maggior parte delle persone si spaventa e cerca di fuggire all'esterno. I mobili si spostano e molti oggetti cadono dalle mensole. Molti edifici residenziali di buona qualità soffrono danni moderati: fessure nelle pareti, caduta di intonaco, crollo parziale dei camini, altri edifici possono riportare grandi fessure nelle pareti e crollo dei tamponamenti.	7	
VIII	Severo	Molte persone non riescono a stare in piedi. Molte costruzioni riportano grandi crepe nelle pareti. Alcuni edifici di buona qualità soffrono gravi collassi delle pareti. Edifici deboli e vecchi possono crollare.	8	
IX	Violento	Panico generale. Molte costruzioni deboli crollano. Anche gli edifici di buona qualità riportano danni molto pesanti: collasso di pareti e parziale collasso strutturale.	9	
X+	Estremo	Crolla la maggior parte delle costruzioni di buona qualità. Vengono distrutte anche alcune costruzioni con buona progettazione antisismica.	10	

© Servizio Sismico Nazionale

RIASSUMENDO:

SCALE DI MAGNITUDO

M_L : Magnitudo Locale (scale Richter);

M_W : Magnitudo momento;

m_b : Magnitudo volume;

M_d : Magnitudo di durata;



M_s: Magnitudo di superficie.

SCALE DELL'INTENSITÀ

MCS : Scala Mercalli-Cancani-Sieberg .

MMI : Scala Mercalli Modificata;

MSK : Scala Medvedev;

EMS : European Macrosismic Scale;

ESI 2007 : Valutazione effetti geologici e ambientali.

LE MAPPE DI SCUOTIMENTO

L'INGV in seguito ad eventi produce delle ShakeMap (mappe di scuotimento) indirizzato specificamente alla valutazione rapida (entro pochi minuti dall'evento) del moto del suolo dopo un terremoto. Queste mappe traducono lo scuotimento del suolo, registrato dai sismometri a seguito di un terremoto, nella distribuzione del risentimento atteso. In tal modo possono essere di aiuto alla Protezione Civile per il coordinamento e l'organizzazione delle squadre di soccorso in caso di terremoti rilevanti.

Il codice che elabora in maniera automatica le ShakeMap viene utilizzato presso la Sala Sismica dell'INGV che fornisce i dati di partenza (localizzazione ipocentrale e magnitudo). I dati dello scuotimento del suolo sono disponibili in tempo reale tramite le registrazioni alle stazioni della Rete Sismica Nazionale gestita dall'INGV. Nella ShakeMap (mappa di scuotimento) viene espressa l'intensità strumentale (scala di intensità Mercalli Modificata, MMI - Worden 2012) dell'evento principale determinata utilizzando i dati della Rete Sismica Nazionale dell'INGV (triangoli rossi), della Rete Accelerometrica Nazionale (RAN, triangoli blu) e la faglia estesa ricavata da dati sismologici (rettangolo grigio). La stella rossa rappresenta l'epicentro.

E' bene tenere presene che l'INGV dichiara espressamente che le mappe di scuotimento - ShakeMap - pubblicate sul sito web sono calcolate solo a fini di ricerca e danno esclusivamente stime indicative dello scuotimento sofferto. Esse sono calcolate automaticamente dai dati strumentali registrati dalle stazioni sismiche ed aggiornate man mano che nuovi dati diventano disponibili. Le mappe non hanno alcun valore ufficiale e l'INGV declina ogni responsabilità da un uso improprio delle informazioni in esse riprodotte.

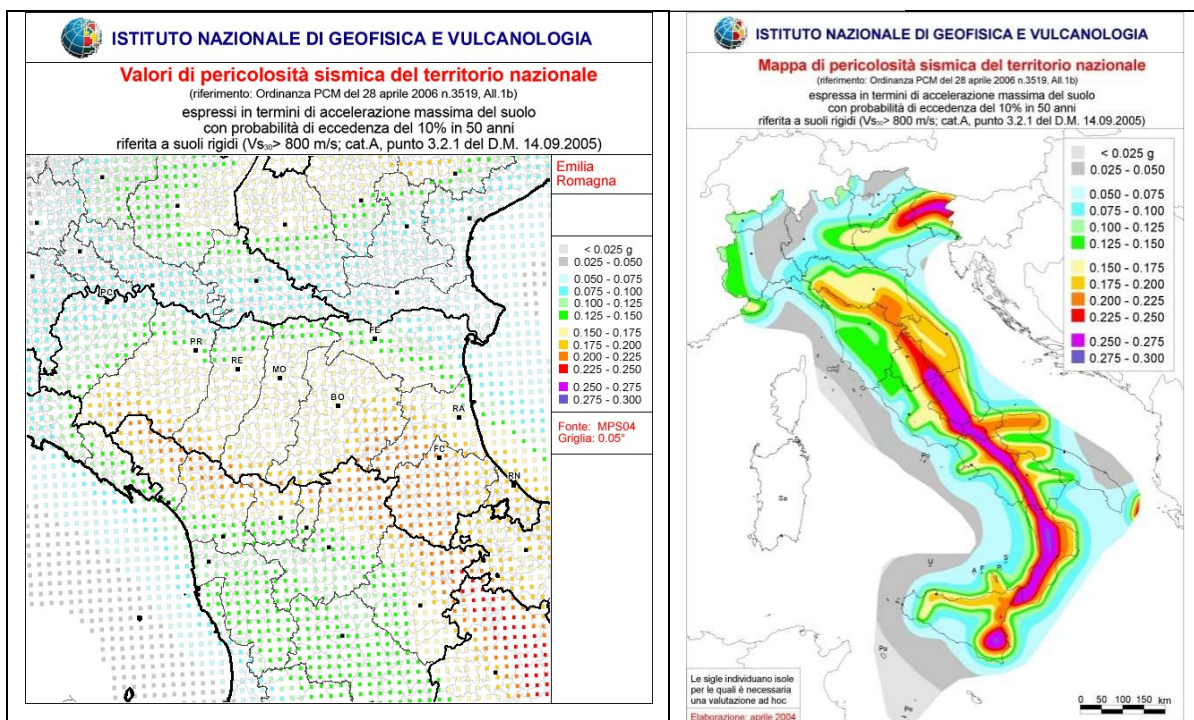
La Scala Mercalli Modificata (indicata con la sigla MM o MMI) si basa sugli effetti risentiti dalle persone, nei gradi bassi, e sui danni agli edifici per i gradi alti. Equazioni di conversione sviluppate dagli studiosi permettono di associare l'intensità locale del terremoto con grandezze fisiche misurabili localmente come la PGA (Accelerazione di picco al suolo) o la PGV (Velocità di picco al suolo).

PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	None	None	None	Very light	Light	Moderate	Mod./Hard	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC. (%g)	<0.05	0.3	2.8	6.2	12	22	40	75	>139
PEAK VEL. (cm/sec)	<0.02	0.1	1.4	4.7	9.6	20	41	86	>178
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+



1.5.2 LA PERICOLOSITÀ SISMICA

La pericolosità sismica di un territorio è rappresentata dalla frequenza e dalla forza dei terremoti che lo hanno interessato e che potrebbero interessarlo, ovvero dalla sua sismicità che viene definita come la probabilità che in una data area ed in un certo intervallo di tempo si verifichi un terremoto che superi una soglia di intensità, magnitudo o accelerazione di picco (PGA) ipotizzata, producendo uno scuotimento del suolo. Partendo da questo concetto ed in base ad una serie di criteri utilizzati dagli scienziati è stata prodotta la Mappa della Pericolosità Sismica (ultima rilasciata nell'anno 2004) che fornisce un quadro a livello nazionale della pericolosità sismica del territorio espressa in termini di accelerazione massima del suolo (g). Con il Decreto Ministeriale del 14 Gennaio 2008 viene previsto che la pericolosità sismica sia evidenziata in maniera puntuale e a tal fine il territorio italiano è stato diviso in una maglia di 5 km che ha generato 10571 punti. Trattandosi di dati probabilistici è disponibile al sito dell'INGV (<http://esse1.mi.ingv.it/>) una mappa interattiva della pericolosità sismica basata sul WebGis dove è possibile fare simulazioni variando alcuni parametri.





1.5.3 LE ZONE SISMICHE

I valori di pericolosità sismica sono stati impiegati nelle analisi territoriali e regionali per la zonizzazione (pericolosità di base) e la microzonizzazione (pericolosità locale), in quest'ultimo caso, valutare la pericolosità significa individuare a livello comunale le aree che, in occasione di un terremoto, possono essere soggette a fenomeni di amplificazione.

Alle Regioni è stata data la facoltà di modificare, secondo indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, le classificazioni del proprio territorio che è suddiviso in **4 zone** :

zona 1 dove forti terremoti sono molto probabili;
zona 2 e zona 3 con eventi forti e mediamente poco frequenti e/o terremoti moderati ma frequenti;
zona 4 con rari eventi di energia moderata. Forti terremoti, seppur molto rari, sono comunque possibili.

La regione Emilia Romagna attraverso la Delibera di Giunta n.1435/2003 ha fatto proprie le assegnazioni nazionali attribuite con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003.

Le novità introdotte con l'Ordinanza del 2003 sono state ulteriormente affinate, grazie anche agli studi svolti dai centri di competenza (INGV, Reulis, Eucentre). Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004) è stato adottato con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006. Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'OPCM n. 3519, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06)

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)
1	$ag > 0.25$
2	$0.15 < ag \leq 0.25$
3	$0.05 < ag \leq 0.15$
4	$ag \leq 0.05$

Gli studi sulla pericolosità sismica, promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), hanno portato inoltre alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio italiano, denominata ZS9, che prevede una **suddivisione in 36 zone i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche o geologico-strutturali e di differenti caratteristiche della sismicità**, quali distribuzione spaziale e frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc.. Le zone sismogenetiche sono porzioni della crosta o del mantello terrestre da cui possono originarsi i terremoti. Strutture s. sono le strutture geologiche attive a livello regionale da cui si originano i sismi più violenti. La maggior parte dei terremoti avviene nella crosta terrestre. La strumentazione sismologica e i metodi di analisi dei dati, sempre più avanzati, consentono di



Unione

Valli del Reno, Lavino e Samoggia

Ufficio di Protezione Civile Unificato

Casalecchio di Reno, Monte San Pietro, Sasso
Marconi, Valsamoggia, Zola Predosa



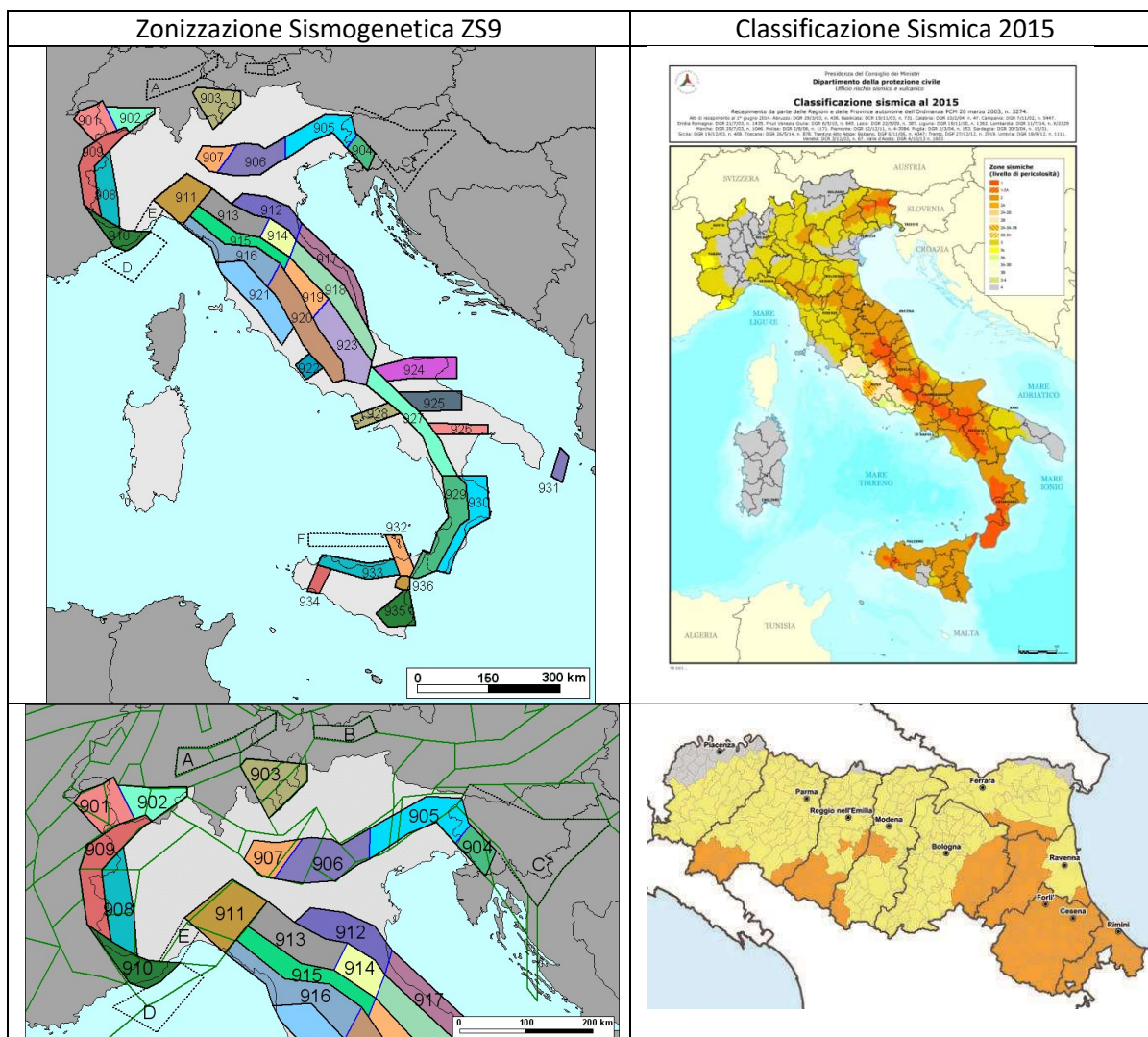
localizzare con precisione gli ipocentri dei terremoti e di osservare che essi, fatta eccezione per le zone di subduzione, raramente sono più profondi di 15-20 km. Questa distribuzione degli ipocentri, osservata per grandi e piccoli terremoti e per la microsismicità (terremoti con magnitudo inferiore a 2,5), permette di identificare uno strato s. definibile come una zona preferenziale, entro la litosfera, per la nucleazione di terremoti. Il livello inferiore di questo strato è definito dalla profondità massima dei terremoti che vi si verificano e corrisponde, dal punto di vista geologico, alla transizione tra un regime deformativo fragile, in cui la roccia si rompe quando è soggetta a sforzi superiori alla sua resistenza, e un regime duttile, in cui il rilascio di deformazione è pressoché continuo e asismico. Per la maggior parte dei materiali che si ritiene costituiscano una porzione significativa della crosta terrestre, considerando profili realistici di temperatura, la resistenza aumenta fino a una profondità di circa 15 km, per poi decrescere rapidamente. Lo spessore dello strato s. ha importanti conseguenze sulla dimensione dei terremoti poiché corrisponde alla larghezza massima della faglia che si rende disponibile per la rottura; infatti, mentre la lunghezza di una faglia può superare i 1000 km, la sua larghezza ha un limite massimo dato dallo spessore litosferico che ha caratteristiche geologiche tali da rompersi in maniera fragile. I terremoti che rompono l'intera zona s. vengono classificati come grandi; quelli che rompono una parte della zona s. come piccoli. Sulla superficie terrestre le principali strutture s. si trovano in corrispondenza dei margini di placca; tuttavia in alcune regioni la sismicità è concentrata lontano da essi ed è per questo definita intraplacca.

A partire dagli anni '90, il Gruppo nazionale per la Difesa dai Terremoti, GNDT, nell'ambito di un progetto di ricerca "Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale", si è posto quale obiettivo quello di ottenere una nuova stima della pericolosità sismica dell'Italia utilizzando metodologia statistiche internazionalmente convalidate: è stato quindi privilegiato un metodo probabilistico consolidato e preso a riferimento anche da numerosi progetti internazionali, il metodo elaborato da C. Cornell nel 1968.



Unione

Valli del Reno, Lavino e Samoggia
Ufficio di Protezione Civile Unificato
 Casalecchio di Reno, Monte San Pietro, Sasso
 Marconi, Valsamoggia, Zola Predosa



I comuni dell'Unione Valli Reno, Lavino e Samoggia, in base a queste classificazioni, sono ricompresi nella zona 3 della Classificazione Sismica e rientrano nella zona sismogenetica 913 e, per una porzione del territorio di Crespellano, nella zona sismogenetica 912.



Unione

Valli del Reno, Lavino e Samoggia
Ufficio di Protezione Civile Unificato
Casalecchio di Reno, Monte San Pietro, Sasso
Marconi, Valsamoggia, Zola Predosa



1.5.4 INQUADRAMENTO DELLA SISMICITA' TERRITORIALE ATTRAVERSO I PSC

AREA BAZZANESE



(Estratto dal Piano Strutturale dei Comuni dell'area Bazzanese del 2014 e successivi aggiornamenti)

L'elevata sismicità che caratterizza la penisola italiana è strettamente connessa al suo contesto tettonico-strutturale e quindi alla presenza di strutture geologicamente “attive”. Alla base di ogni stima della pericolosità sismica di un territorio vi è dunque l'indispensabile conoscenza della sua storia sismica (cioè di tutte le informazioni sui sismi avvenuti nel passato) e della geologia strutturale locale, entrambe strettamente connesse tra loro.

Le evoluzioni scientifiche e tecnologiche susseguite in particolare dal 1800 hanno permesso catalogazioni sempre più dettagliate dei terremoti, analisi più raffinate dei meccanismi di innesco e di propagazione dei sismi e una progressiva migliore conoscenza delle zone o delle strutture responsabili della sismicità (“zone” o “sorgenti sismogenetiche”) presenti nel territorio italiano.

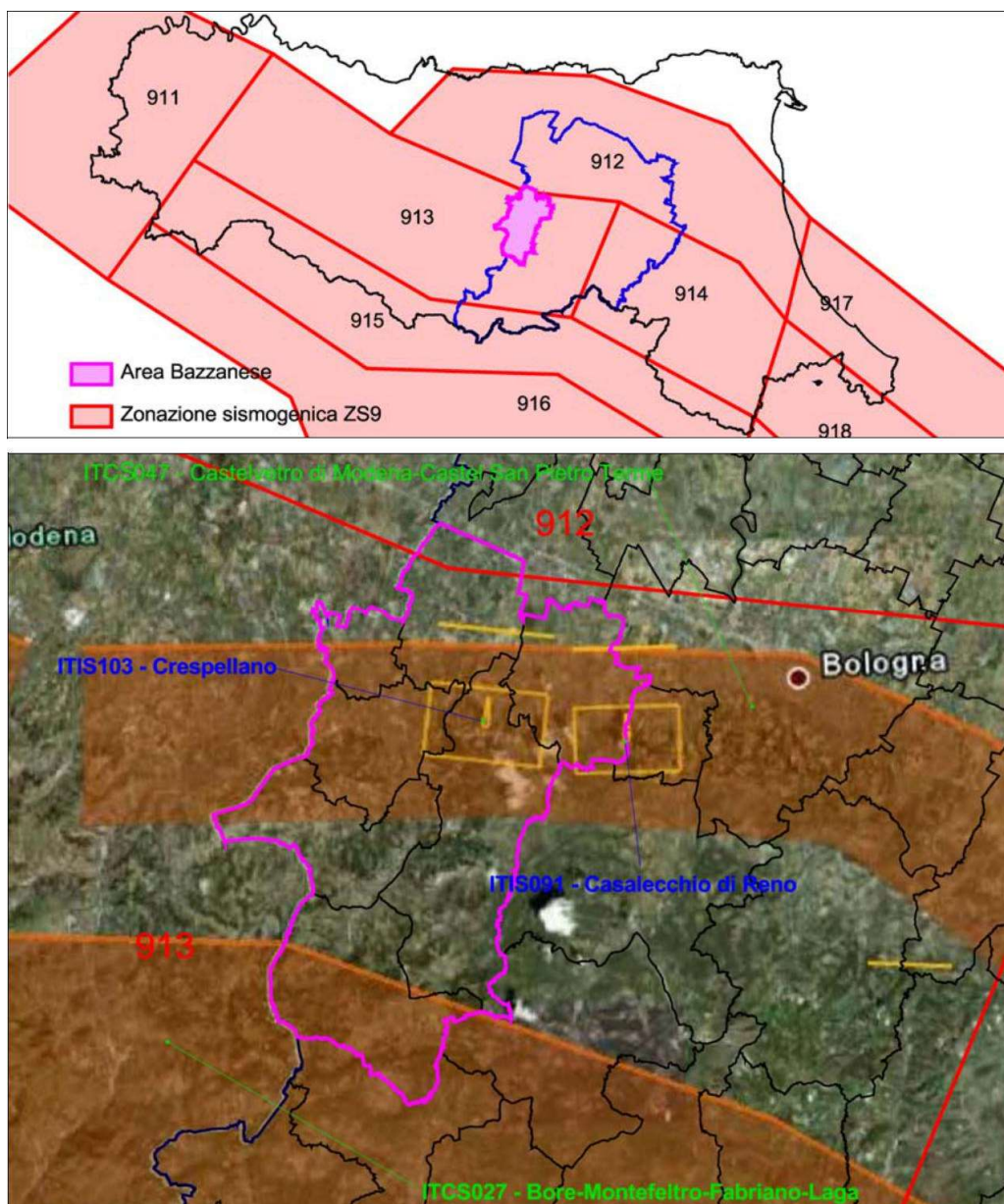
Recentemente la nostra Regione, a conclusione di un lungo lavoro iniziato alla fine degli anni '70 del secolo scorso, ha prodotto la <<Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna>> (edita nel 2004) alla scala 1:250.000 che riporta gli epicentri dei terremoti noti con Magnitudo $M > 4$, le strutture attive e quelle potenzialmente sismogenetiche (della catena appenninica, del suo margine e quelle correlate alle strutture del sottosuolo padano-adriatico) ed i relativi meccanismi focali tettonici.

A livello nazionale si è giunti, attraverso varie fasi di studi e revisioni, all'ultima zonazione sismogenica del territorio nazionale nota con la semplice sigla “ZS9” (2004) prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), che rappresenta il più recente riferimento per gli studi di pericolosità sismica del territorio italiano. Questa zonazione è stata elaborata riferendosi anche ai più recenti background informativi sui terremoti ed in particolare le ultime banche dati relative alle sorgenti sismogeniche italiane DISS 2.0 ed il già citato catalogo CPTI (ndr : sono attualmente disponibili il DISS 3.2 e il CPTI11) . Il catalogo CPTI costituisce un riferimento fondamentale per le analisi di pericolosità e per le stime di rischio. Il database DISS 3.1 costituisce invece la versione più aggiornata e disponibile di DISS, relativamente alla localizzazione, alla distribuzione e alle informazioni note delle sorgenti sismogeniche nel contesto italiano nazionale.



Unione

Valli del Reno, Lavino e Samoggia
Ufficio di Protezione Civile Unificato
Casalecchio di Reno, Monte San Pietro, Sasso
Marconi, Valsamoggia, Zola Predosa



Zonazione sismogenetica ZS9 e distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute in DISS 3.1 (foto aerea: Google Earth). Le sigle numeriche corrispondono alle "zone" sismogenetiche desunte dalla ZS9; le sigle ITCS corrispondono alle "zone" mentre le sigle ITIS corrispondono a "sorgenti" sismogenetiche della B/D DISS (versione aggiornata 3.1).

La figura sopra riportata propone la sovrapposizione del territorio dell'area Bazzanese con la zonazione ZS9 e con la distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute nel database più aggiornato e disponibile DISS 3.1. Si evince che l'area studiata ricade nella zona 913 (Appennino Emiliano-romagnolo) cioè in una delle zone in cui è stato scomposto longitudinalmente l'arco appenninico settentrionale e centrale da Parma fino all'Abruzzo. In questa zona si verificano terremoti prevalentemente compressivi fino al suo margine, ma anche per meccanismi



Unione

Valli del Reno, Lavino e Samoggia
Ufficio di Protezione Civile Unificato
Casalecchio di Reno, Monte San Pietro, Sasso
Marconi, Valsamoggia, Zola Predosa



trascorrenti nelle zone di svincolo della struttura appenninica e ad essa viene attribuita una magnitudo massima $M_w = 5,91$. Tutta la fascia è caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo (fonte: INGV).

La banca dati DISS 3.1 riporta due fasce sismogenetiche (contenute nella zona 913) che ricadono nell'area di studio:

la ITCS027 e rappresenta una lunga fascia di territorio che comprende anche il territorio appenninico settentrionale di Savigno; la sua magnitudo stimata è pari a $M_w = 6,2$ ed è derivata dalle magnitudo dei terremoti più significativi associati a questa zona e comunque lontani dall'area studiata: Fabriano, 1741, Cagli, 1781, Camerino, 1799, Sarnano, 1873);

la ITCS047 che interessa i territori appenninici e pedeappenninici di Castello di Serravalle, Monteveglio, Monte San Pietro, Zola Predosa, Crespellano e Bazzano (con una magnitudo stimata di $M_w = 5,6$ derivata dalle magnitudo dei terremoti più significativi: bolognesi, 1505 e 1929, modenese, 1399).

In particolare la banca dati DISS 3.1 evidenzia due sorgenti sismogenetiche che interessano l'area Bazzanese:

"ITIS103 – Crespellano" a cui è attribuita una magnitudo $M_w = 5,6$ associata al terremoto del 20 aprile 1929 (fonte: CPTI, 2004); sono documentati danni ad edifici ed infrastrutture con intensità pari al grado VII della scala Mercalli (Zecchi, 1982) ed anche effetti indotti dal sisma: frane, fratture superficiali, emissioni di gas (Boschi et al., 2000);

"ITIS091 – Casalecchio di Reno" a cui è attribuita una $M_w = 5,5$ associata al terremoto bolognese del 3 gennaio 1505 (fonte: CPTI, 2004); la zona epicentrale è stata stimata tra Zola Predosa e Bologna e sono documentati danni più consistenti a Zola Predosa, Bologna e S. Lorenzo in Collina (grado IX della scala Mercalli, cfr. Zecchi, 1882) ed i seguenti effetti indotti dal sisma: frane, fratture superficiali (Boschi et al., 2000), effetti di liquefazione a Zola Predosa (Prestininzi e Romeo, 2000);

La porzione più a nord della pianura di Crespellano è invece compresa nella zona 912 (ZS9) che rappresenta la fascia più esterna dell'arco appenninico settentrionale. In quest'ultima la sismicità è infatti correlabile alla tettonica attiva del fronte compressivo del margine appenninico sepolto più avanzato che giunge fino all'attuale Po (le più lontane fasce sismogenetiche **ITCS050 "Poggio Rusco-Migliarino"** e **ITCS051 "Novi-Poggio Renatico"**, hanno rispettivamente una magnitudo attribuita $M_w = 5,5$ e $M_w = 5,9$).

In conclusione sia gli studi nazionali che quelli regionali attribuiscono al territorio studiato una pericolosità "media" (ma già la carta sismica di Baratta del 1898 cioè di oltre 110 anni fa arrivava allo stesso risultato!). Gli studi di microzonazione sismica locale dovranno tenere conto di questo grado di sismicità e assumere cautelativamente, per la stima degli effetti locali (es. stabilità dei versanti, liquefazione...), terremoti con una magnitudo di riferimento pari a $M_w = 5,9$.

Ulteriori elementi di pericolosità sismica ai fini della pianificazione territoriale: la DAL regionale n.112/2007

La Regione Emilia-Romagna ha elaborato ed approvato (con Delibera dell'Assemblea Legislativa n.112 del maggio 2007) gli <<Indirizzi per gli studi di Microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica>>, in coerenza con la L.R. n.20/2000 <<Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio>>.

Gli Indirizzi, sono stati elaborati sulla scorta degli esiti delle indagini sismiche che la Regione Emilia-Romagna ha effettuato nel territorio regionale a partire dalla fine degli anni '70 del secolo scorso e assumendo come riferimento, per la pianificazione, la pericolosità di base elaborata da INGV (recepita a livello nazionale dall'OPCM 3519/2006). In questo senso, la delibera fornisce



Unione

Valli del Reno, Lavino e Samoggia
Ufficio di Protezione Civile Unificato
Casalecchio di Reno, Monte San Pietro, Sasso
Marconi, Valsamoggia, Zola Predosa

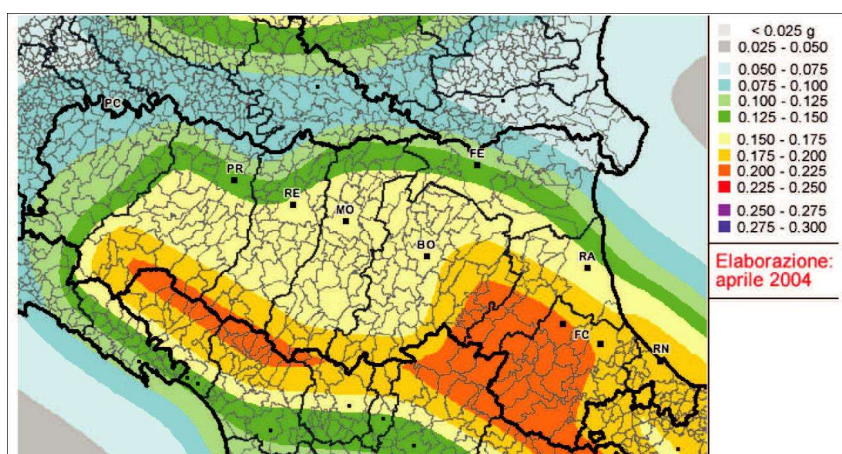
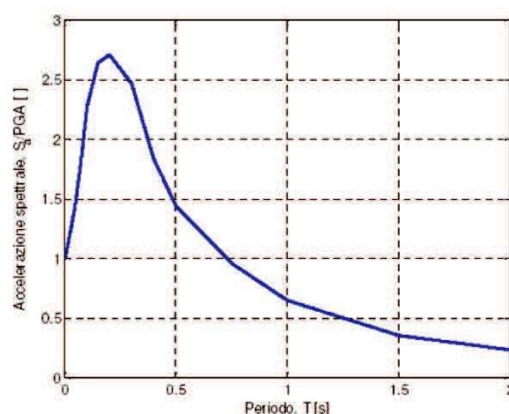


tabelle e formule propedeutiche alla valutazione semplificata (secondo livello) dell'amplificazione locale, dati che tengono conto delle caratteristiche sismiche riscontrate nel contesto regionale.

Il documento fornisce anche i dati fondamentali per valutazioni più accurate della risposta sismica di terzo livello: lo spettro di risposta normalizzato per l'Emilia-Romagna (per $T_r = 475$ anni cioè con il 10% di probabilità di superamento in 50 anni), riportato in figura, e i valori di PGA anch'essi normalizzati (riferiti al suolo rigido) per ogni Comune della Regione ed i tre accelerogrammi di riferimento, selezionati dalla Banca dati ISED attraverso una procedura che valuta la similarità tra la forma spettrale di riferimento e la forma degli spettri di risposta dei segnali.

È così possibile ricavare lo spettro di risposta e gli accelerogrammi di riferimento per ogni Comune riscaldando lo spettro normalizzato di figura 2.5 con la a_{refg} attribuita allo stesso Comune. Per il territorio amministrativo di Bazzano, la a_{refg} attribuita dalla Regione Emilia-Romagna risulta pari a 0,163g (vedi Allegato A4 della DAL 112/2007).

Spettro di risposta normalizzato impiegato per la selezione dei segnali di riferimento dalla banca dati accelerometrica ISED.



Pericolosità sismica di base: valori di PGA al suolo rigido (10% di probabilità di superamento in 50 anni) secondo la OPCM 3519/2006.



Unione

Valli del Reno, Lavino e Samoggia
Ufficio di Protezione Civile Unificato
Casalecchio di Reno, Monte San Pietro, Sasso
Marconi, Valsamoggia, Zola Predosa



CASALECCHIO DI RENO



(estratto da "Studio tecnico finalizzato all'adeguamento della strumentazione territoriale e urbanistica (PSC) in tema sismico, idrogeologico e idraulico (prevenzione del territorio dai rischi naturali) e per la redazione del progetto di rete ecologica di livello comunale." 2012 - Studio REIA S.r.l.)

Il territorio casalecchiese, fortemente antropizzato presenta un'elevata urbanizzazione residenziale, artigianale e infrastrutturale (densità di 2000 ab/km²); si trova situato in un'area a media potenzialità sismica, in cui diventa fondamentale l'impegno per diminuire la vulnerabilità delle opere civili. Dal punto di vista delle ricostruzioni dell'assetto sismotettonico, bisogna dire che esistono in letteratura due differenti versioni, che sottendono a differenti valori di pericolosità. Una prima ricostruzione vede nel primo rilievo collinare, che costituisce il margine appenninico, l'espressione di una struttura tettonica, il cosiddetto *Pedeappenninic Thrust Front* (PTF, Boccaletti et al., 1985; 2004; 2010), cioè un grande sovrascorrimento che solleva le rocce dell'attuale rilievo e taglia tutta la crosta fino alla superficie, in particolare tra Bologna e Casalecchio. Questa ricostruzione è stata fatta propria dalla Regione Emilia-Romagna, nonché da alcuni cataloghi nazionali di strutture attive (come il DISS 3.1.1). E' evidente che la pericolosità sismica in questa ricostruzione sia medio-alta, in quanto si prevede che le faglie sismicamente più attive siano localizzate in superficie, con evidente interessamento dei centri abitati di Bologna e Casalecchio di Reno.

Una seconda ricostruzione è stata proposta recentemente: questa prevede che le strutture sismogenetiche appartenenti al PTF si trovino a profondità maggiori di 15 km e non arrivino ad aver espressione in superficie (Picotti e Pazzaglia, 2008). Questo scenario, documentato da una indagine geofisica di dettaglio condotta sul margine pedeappenninico di Zola Predosa, comporta un approfondimento della sorgente sismogenetica, per cui gli scenari di scuotimento in superficie sono di minore impatto. Tuttavia, gli stessi autori individuano alcune faglie attive in superficie poste nella prima collina, una delle quali condiziona fortemente la morfologia del territorio di Casalecchio. Si tratta della faglia chiamata Reno – San Luca in Picotti et al. (2009), di cui, pur essendo nota la velocità media di movimento, non si conosce l'attività sismogenetica, anche se si ritiene potenzialmente capace di sismi di intensità moderata. In definitiva, nonostante il dibattito ancora acceso nella comunità scientifica sulla reale localizzazione delle strutture attive e sulla loro potenzialità sismica, possiamo dire che il territorio di Casalecchio è esposto a possibili terremoti con magnitudo fra M 5 e M 5.5. In questo quadro sismotettonico, la legge italiana prevede la necessità di una corretta valutazione dello scuotimento al suolo, nonché degli effetti di sito. Le prescrizioni della legge, da alcuni ricercatori ritenute anche troppo blande e poco efficaci, permettono tuttavia una prima zonazione. E' del tutto evidente che questa procedura non dovrebbe essere applicata solo alle costruzioni nuove, ma anche all'edilizia esistente, a partire da quella di uso pubblico.

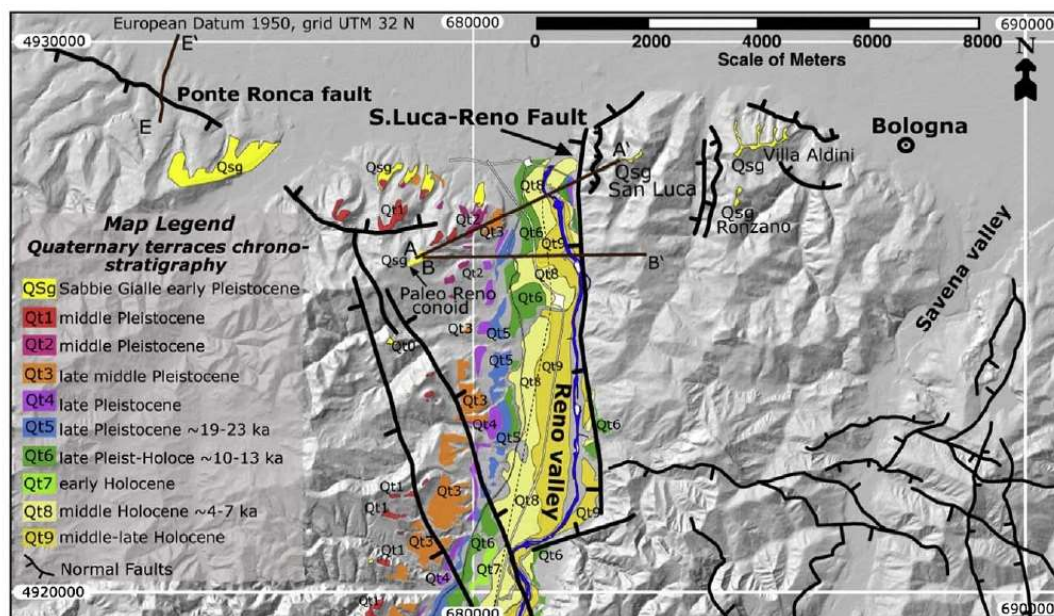


Fig. 3. DEM map of the lower intramontane reach of the Reno valley, showing the position of the active faults and the Pleistocene to Holocene continental deposits (modified after Picotti and Pazzaglia 2008). AA' and BB' are the traces of cross sections in this figure, EE' is the trace of the seismic profile shown in Fig. 6.

L'analisi dei fenomeni macrosismici ha evidenziato la stretta correlazione che sussiste tra le caratteristiche geologiche e geomorfologiche locali e l'entità del danno registrato. Pertanto, per adottare corrette politiche di riduzione del rischio sismico bisogna effettuare studi più approfonditi, la cosiddetta microzonazione sismica. Uno studio con queste finalità, consente di prevedere la distribuzione degli effetti di un terremoto in un'area antropizzata e poter individuare dei criteri di gestione del territorio che abbiano la funzione di mitigare i danni di un evento sismico.

La microzonazione sismica stima la pericolosità e la vulnerabilità sismica di un'area indagata, nell'ottica di poter quantificare il rischio sismico: per questo motivo è indispensabile sapere come la geologia superficiale influisca sulla propagazione delle onde sismiche. Per studiare localmente gli effetti di un terremoto si può far ricorso a metodi sperimentali che registrano il "rumore sismico ambientale" oppure alla simulazione della propagazione delle onde sismiche in modelli del sottosuolo, grazie al contributo di ulteriori elementi (sondaggi geotecnici, per esempio). Per "Pericolosità Sismica" si indica il probabile livello di scuotimento del terreno, in presenza di un evento sismico: la classificazione del territorio è realizzata dal Servizio Sismico Nazionale. Ogni comune del territorio è stato inserito in quattro categorie, ognuna con diversi valori di PGA (picco di accelerazione del suolo). Tale classificazione, non contemplando i possibili effetti di amplificazione dovuti alla copertura sedimentaria superficiale, può essere inadatta per situazioni locali e non essere in grado di rappresentare i parametri che possono portare a gradi di pericolosità sismica assai diversi.

Di conseguenza, la microzonazione sismica rappresenta l'attività svolta ad un livello di dettaglio superiore, in grado di tener conto maggiormente delle condizioni locali. Oggi, attraverso gli "Indirizzi e criteri per gli studi di microzonazione sismica" adottati anche nelle recenti normative regionali, è possibile uniformare le indagini sismiche per la pianificazione territoriale su più



Unione

Valli del Reno, Lavino e Samoggia

Ufficio di Protezione Civile Unificato

Casalecchio di Reno, Monte San Pietro, Sasso

Marconi, Valsamoggia, Zola Predosa



comuni, in maniera tale da omogeneizzare le informazioni sismiche ottenute e confrontarle in ambito di pianificazione del territorio.

In particolare, questi studi acquisiscono elevata importanza per la stesura dei Piani Strutturali Comunali, permettendo una caratterizzazione di aree dettagliate e definendo i criteri tecnico-normativi per la tutela del territorio.

Infatti, gli studi di microzonazione sismica prevedono una suddivisione in livelli di indagine, il primo dei quali deve essere previsto almeno all'interno della pianificazione provinciale (PTCP), mentre il secondo è previsto all'interno della pianificazione comunale (PSC). Il terzo e ultimo livello di indagine è previsto nelle aree che subiscono questa classificazione all'interno della pianificazione comunale.

INQUADRAMENTO SISMICO

La sismicità della Regione Emilia-Romagna può essere classificata come moderata, in relazione alla sismicità nazionale, tuttavia le caratteristiche di vulnerabilità del patrimonio edilizio determinano un livello di rischio non trascurabile: la magnitudo massima registrata dai sismografi si attesta attorno ai 5,5 – 6 ° della scala Richter e l'intensità massima registrata è pari all'VIII – IX grado della Scala Mercalli.

La classificazione sismica dei comuni dell'Emilia-Romagna, prevista con ordinanza del P.C.M. n° 3274/2003, attribuisce il valore 3, zona a sismicità bassa, al Comune di Casalecchio di Reno, per la quale sono previsti valori di scuotimento (PGA) compresi tra 0.05 e 0.15 g.

Nella figura sottostante viene riportato lo scenario di pericolosità sismica della Regione Emilia-Romagna, ottenuto ricostruendo una distribuzione equipotenziale dell'accelerazione orizzontale massima (PGA) per eventi sismici con un periodo di ritorno di 475 anni (standard Eurocode AC-8, 1993). L'approccio *bayesiano* utilizzato in questo contesto dovrebbe arrivare a proporre una pericolosità sismica più cautelativa. L'esito ottenuto mostra come la sismicità sia abbastanza contenuta nelle aree settentrionali ed occidentali della regione, mentre raggiunge valori più elevati nell'area romagnola. L'area di Casalecchio di Reno si trova a valori di 280 gal (0.28g). Come si vede, questa ricostruzione propone valori più elevati (quasi il doppio del massimo) rispetto al range proposto dalle ricostruzioni dell'INGV (www.ingv.it) ed adottate a livello normativo. La ragione di queste differenze probabilmente riguarda la massima magnitudo attesa. E' importante notare come anche la profondità dello strato sismogenetico sia importante per determinare questi parametri: anche su questo, come accennato nella introduzione, esistono differenti

valutazioni, le cui conseguenze sono ben rappresentate da queste discrepanze nei valori di PGA.

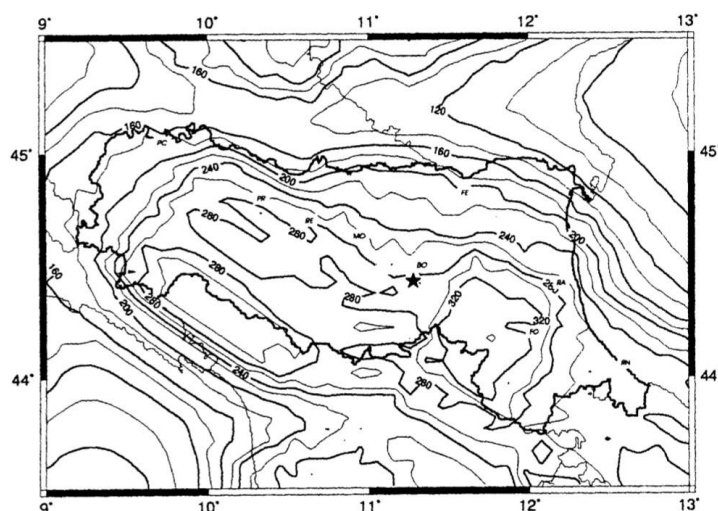


Figura 1 - Scenario di pericolosità sismica ricostruito in termini di PGA (gal) con periodo di ritorno di 475 anni, analisi con approccio bayesiano, tratto da Viel et alii, 2006. La posizione di Casalecchio di Reno è indicata dall'asterisco.



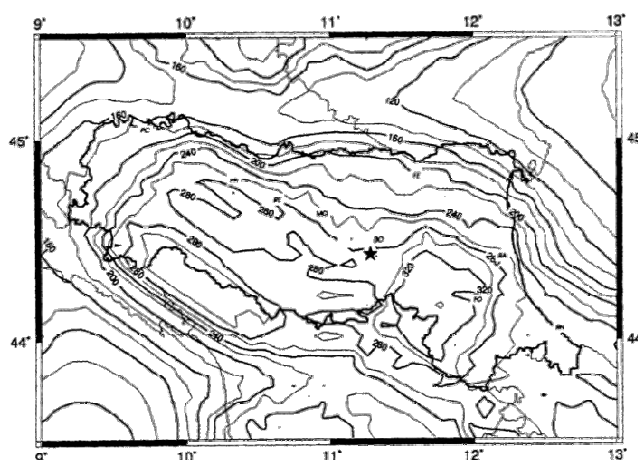
SASSO MARCONI



(Estratto dalla relazione geologica del PSC del Comune di Sasso Marconi approvato in data 21 luglio 2008
http://www.comune.sassomarconi.bologna.it/upload/sassomarconi_ecm8v2/documenti_upload/Psc/2007/01.%20QUADRO%20CONOSCITIVO/01.%20QCGI_GEOLOGIA_IDROMORFOLOGIA/QCGI.00_Relazione.pdf)

La recente Ordinanza n. 3274 pubblicata S.O. della G.U. n. 105 del 8 maggio 2003, che costituisce la base legislativa della nuova disciplina sulla sismicità, non è ancora stata interamente attuata, almeno per la parte riguardante le norme tecniche. Il Comune di Sasso Marconi risulta incluso nella terza zona sismica.

La schematica carta riporta lo scenario di pericolosità sismica della Regione Emilia Romagna ricavato dalla distribuzione equipotenziale dell'accelerazione orizzontale (PGA) ottenuta con approccio bayesiano, per un periodo di ritorno di 475 anni (standard Eurocode AC-8, 1993). Si sottolinea comunque che gli esiti plottati sono assai simili a quelli ottenuti anche dall'analisi dei soli dati di catalogo NT4.1 (approccio classico). Lo scenario regionale non si modifica nella sua distribuzione geografica, ma utilizzando l'approccio bayesiano si ottiene una pericolosità sismica più cautelativa: maggiore di circa 20 gal rispetto a quella ricavata dall'approccio classico.



L'esito ottenuto mostra come la sismicità sia abbastanza contenuta nelle aree settentrionali ed occidentali, mentre raggiunge valori più alti nel settore centrale ed orientale della regione. L'area bolognese e modenese si collocano attorno a valori di 260 – 280 gal, valori simili a quelli di molte zone romagnole inserite in zona due.

Benchè la carta proposta in figura non costituisca, e non possa costituire, di per se, contestazione alla nuova classificazione sismica dei comuni, tuttavia essa mostra come le isolinee di PGA abbiano valori analoghi a quelli dell'area modenese.

In questa fase ancora preliminare si possono fornire indicazioni generali relative alle caratteristiche del territorio di Sasso Marconi in relazione alla pericolosità sismica, fondata sulla nuova classificazione che fornisce un'accelerazione standard per la terza zona, pari a 0,15 g.

Per l'area collinare-montana ed i versanti, certamente l'assetto morfologico influenza pesantemente l'amplificazione sismica, essa dovrà essere valutata in funzione delle situazioni specifiche (crinale, versante, conche morfologiche, ecc.). L'attuale normativa impone un "coefficiente di amplificazione topografica" (ST) per strutture edificate in vicinanza o sopra pendii con inclinazione superiore a 15° e dislivello superiore a 30 metri. ST = 1,4 viene consigliato per costruzioni prossime al crinale per versanti di inclinazione superiore a 30° e larghezza del crinale molto inferiore alla larghezza alla base; mentre si consiglia ST = 1,2 per situazioni assimilabili ma pendenza inferiore, e per siti prossimi al ciglio superiore di pendii scoscesi ed isolati.

Anche la successione dei sedimenti nel sottosuolo ha, naturalmente influenza, una specifica direttiva CEE fornisce i seguenti parametri per il profilo stratigrafico:

S = 1, per formazioni molto rigide e omogenee, Tipo A;



S = 1,25, sedimenti sabbiosi e ghiaiosi addensati, argille consistenti, Tipo B;

S = 1,25, sabbie e ghiaie mediam. addensate, argille media consist., Tipo C;

S = 1,25, alluvioni superficiali, Tipo E;

S = 1,35, sabbie e ghiaie poco addensate, argille poco consistenti, Tipo D

La realizzazione di una cartografia di pericolosità per l'intero territorio montano del Comune avrebbe costi molto elevati, come facilmente intuibile, a meno di produrre documenti generici e poco attendibili.

La questione della stabilità dei versanti dovrà essere curata in particolare per le frane esistenti in cui il sisma può produrre un incremento delle pressioni interstiziali e quindi avviare ed accelerare processi di flusso, in genere dotati di velocità basse nelle rocce argillose e limose dell'Appennino. Infatti la ciclicità dell'impulso che caratterizza i sismi, induce processi non solo di diminuzione della rigidità delle rocce (influenza per le frane di crollo in rocce dure - formazioni oligomioceniche- e tenere -Formazioni plioceniche- , per la formazione di nuove slide traslazionali lungo strato), ma anche di tipo reologico (influenza per colate e slide esistenti).

In conclusione, occorrerebbe realizzare un programma di simulazione della stabilità, nelle condizioni sismiche assegnate al comune, su ogni movimento gravitativo esistente censito che abbia bersagli di interesse umano o economico, e per ogni situazione di potenziale instabilità. Un vero "programma di sicurezza" almeno biennale.

Certamente la pericolosità espressa dai movimenti di gravità in caso di sisma non è limitata alle situazioni di nuovo insediamento (espansioni), ma investe pesantemente l'esistente, come amaramente ci insegnano gli eventi ripetuti di questi ultimi 40 anni. Si pensi solamente all'importanza che avrebbe, per la protezione civile, la consapevolezza di quali sono le vie di comunicazione che potrebbero interrompersi per franamenti e colate di fango e detriti, in caso di sisma di predeterminate caratteristiche.

Le valutazioni da effettuare richiedono però una conoscenza delle geometrie del corpo franoso e delle caratteristiche meccaniche delle rocce coinvolte, che sono molto lontane dalla scala dello studio, e dalle possibilità economiche esprimibili in una relazione geologica al PSC. Non è quindi pensabile l'individuazione delle frane che, in caso di sisma, possono interferire per esempio con la viabilità, e con gli edifici esistenti. Su questi temi occorre una riflessione non solo tecnica, ed una programmazione delle conoscenze da acquisire ed organizzare centralmente, molto complessa. Il censimento delle frane aggiornato con questo PSC, e soprattutto il legame ricercato con i possibili bersagli, lo sforzo di individuare le linee evolutive recenti dei movimenti, possono costituire una discreta base di partenza per una prima individuazione di priorità di studio. In tutti i casi questo PSC non individua nell'ambiente collinare e montano obiettivi di nuovo sviluppo insediativo.

Per il fondovalle del F. Reno, la pericolosità sismica si concentra attorno ad una valutazione dell'amplificazione locale (funzione soprattutto dello spessore e delle caratteristiche meccaniche dei sedimenti alluvionali), e sulla questione della possibile liquefazione dei sedimenti in cui può essere incastrata la fondazione di possibili edifici di progetto. Per la questione della liquefazione occorre precisare che tutte le prove di repertorio censite, indicano l'assenza delle condizioni fondamentali perché si verifichi un tale grave inconveniente. Infatti la tessitura dei sedimenti rinvenuti in condizioni di saturazione è sempre tale da non poter produrre fenomeni di liquefazione (che sono poi processi reologici connessi all'aumento della pressione interstiziale).

Non si hanno a Sasso Marconi registrazioni storiche di questi processi. La presenza di sabbie è sempre accompagnata o da ciottoli e limi, o da un fuso granulometrico (variazione del diametro dei granuli) così disperso da offrire buone garanzie. Inoltre lo stesso esiguo spessore degli strati sabbiosi, per lo più associati a ghiaie, offre margini di sicurezza considerevole.



In sostanza la ricerca delle condizioni di suscettibilità alla liquefazione dei sedimenti, da effettuarsi in fase di POC per i nuovi insediamenti, dovrà essere eseguita solamente dopo aver analizzato con cura la successione alluvionale e verificato che le sabbie sature, eventualmente presenti con potenze significative (maggiori di 60 centimetri), non ricadano nelle condizioni richiamate nelle recentissime “Norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni”.

1.5.5 MICROZONAZIONE SISMICA

www.protezione.civile.gov.it

Dopo un terremoto, l'osservazione dei danni provocati alle costruzioni e alle infrastrutture spesso evidenzia differenze sostanziali in centri abitati anche a piccola distanza tra loro. In alcuni casi si osservano crolli e danni notevoli in località che si trovano a grandi distanze dall'epicentro. In occasione del terremoto aquilano del 6 aprile 2009, situazioni di questo tipo sono state riscontrate sia all'interno del territorio comunale dell'Aquila che in alcuni comuni lontani, come a S. Pio delle Camere, nella frazione di Castelnuovo (circa 30 km a SE dall'epicentro). Sicuramente la qualità delle costruzioni può influire sull'entità del danno, ma spesso le cause vanno ricercate in una differente pericolosità sismica locale, determinata anche dal diverso modo in cui si propaga il terremoto o dall'instabilità del suolo. Tutto ciò è oggetto degli studi di Microzonazione Sismica (MS), attraverso i quali è possibile individuare e caratterizzare le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale e le zone soggette a instabilità, quali frane, rotture della superficie per faglie e liquefazioni dinamiche del terreno. Le problematiche trattate dagli studi di Microzonazione Sismica hanno avuto un forte sviluppo a livello scientifico negli ultimi 40 anni, anche se l'importanza delle caratteristiche di resistenza e stabilità dei suoli in prospettiva sismica era emersa già in epoca passata. A partire dal XVIII secolo, con l'affermarsi della visione illuminista dei fenomeni naturali, era apparso chiaro a molti studiosi che le condizioni locali dei terreni di fondazione condizionavano in modo importante gli effetti del terremoto. Già un secolo fa i criteri informativi delle Norme Tecniche approvate con regio decreto 18 aprile 1909, n. 193, a seguito del disastroso terremoto di Messina e Reggio Calabria del 1908, riportavano il divieto di nuove costruzioni e ricostruzioni “su terreni posti sopra e presso fratture, franosi o atti comunque a scoscendere, od a comunicare ai fabbricati vibrazioni e sollecitazioni tumultuarie per differente costituzione geologica o diversa resistenza delle singole parti di essi”. In ambito internazionale, uno studio del 1969 condotto da alcuni studiosi americani in occasione del terremoto di S. Francisco del 1957, evidenziò come nell'ambito della stessa città, a poche centinaia di metri di distanza, lo stesso terremoto avesse provocato scuotimenti decisamente differenti in relazione agli spessori e alle caratteristiche geomeccaniche dei terreni presenti negli strati più superficiali. Da allora sono stati eseguiti molti studi su forti terremoti (es. Friuli, 1976; Irpinia, 1980; Città del Messico, 1985; Kobe, Giappone 1992; Izmit, Turchia 1999; San Giuliano di Puglia, 2002), raccolti dati e informazioni che hanno dimostrato come le caratteristiche locali del territorio possano alterare in maniera evidente l'azione sismica.

Gli studi di Microzonazione Sismica hanno l'obiettivo di razionalizzare la conoscenza sulle alterazioni che lo scuotimento sismico può subire in superficie, restituendo informazioni utili per il governo del territorio, per la progettazione, per la pianificazione per l'emergenza e per la ricostruzione post sisma. Nella pianificazione territoriale, in funzione delle varie scale e dei vari livelli di intervento, gli studi di Microzonazione Sismica sono condotti su quelle aree per le quali il



Unione

Valli del Reno, Lavino e Samoggia
Ufficio di Protezione Civile Unificato
Casalecchio di Reno, Monte San Pietro, Sasso
Marconi, Valsamoggia, Zola Predosa



quadro normativo consenta o preveda l'uso a scopo edificatorio o per infrastrutture, la loro potenziale trasformazione a tali fini, o ne preveda l'uso ai fini di protezione civile.

Gli studi di MS sono di fondamentale importanza nella pianificazione al fine di:

- orientare la scelta di aree per nuovi insediamenti;
- definire gli interventi ammissibili in una data area;
- programmare le indagini e i livelli di approfondimento;
- stabilire orientamenti e modalità di intervento nelle aree urbanizzate;
- definire priorità di intervento.

Tutto ciò è oggetto degli studi di Microzonazione Sismica (MS), attraverso i quali è possibile individuare e caratterizzare le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale e le zone soggette a instabilità, quali frane, rotture della superficie per faglie e liquefazioni dinamiche del terreno.

Nella pianificazione d'emergenza, sia di livello comunale che provinciale, gli studi di MS consentono una migliore e consapevole individuazione degli elementi strategici di un piano di emergenza ed in generale delle risorse di protezione civile.

La conoscenza dei possibili effetti locali indotti da un evento sismico su un territorio contribuisce a:

- scegliere aree e strutture di emergenza ed edifici strategici in zone stabili;
- individuare, in caso di collasso, i tratti "critici" delle infrastrutture viarie e di servizio e le opere rilevanti per le quali potrebbero essere necessarie specifiche valutazioni di sicurezza.

Nella fase della ricostruzione la Microzonazione Sismica:

- contribuisce a scegliere le aree per le abitazioni temporanee;
- fornisce elementi ai tecnici e amministratori, sull'opportunità di ricostruire gli edifici non agibili;
- contribuisce a scegliere nuove aree edificabili.

Nella progettazione di nuove opere o di interventi su opere esistenti, gli studi di Microzonazione Sismica evidenziano la presenza di fenomeni di possibile amplificazione dello scuotimento legati alle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche dell'area e di fenomeni di instabilità e deformazione permanente attivati dal sisma. Gli studi di Microzonazione Sismica, quindi, possono offrire elementi conoscitivi utili per la progettazione di opere, con differente incisività in funzione del livello di approfondimento e delle caratteristiche delle opere stesse, indirizzando alla scelta delle indagini di dettaglio.

Lo studio di Microzonazione Sismica è uno strumento conoscitivo dalle diverse potenzialità, che ha costi differenti in funzione del livello di approfondimento che si vuole raggiungere:

- **il livello 1** è un livello propedeutico ai veri e propri studi di MS, in quanto consiste in una raccolta di dati preesistenti, elaborati per suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee
- **il livello 2** introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee, utilizzando ulteriori e mirate indagini, ove necessarie, e definisce una vera carta di MS
- **il livello 3** restituisce una carta di MS con approfondimenti su tematiche o aree particolari.

Al momento di decidere l'esecuzione dello studio, per stabilire il livello di approfondimento occorre tener presente l'utilità che da esso può derivare, in modo da compararla con i costi da affrontare. Il miglioramento della conoscenza prodotto dagli studi di MS può contribuire concretamente, insieme a studi di vulnerabilità ed esposizione, all'ottimizzazione delle risorse rese disponibili per interventi mirati alla mitigazione del rischio sismico. Le modalità tecniche di esecuzione e di applicazione della MS sul territorio italiano sono definite dagli "Indirizzi e Criteri



per la Microzonazione Sismica”, approvati recentemente dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome (Gruppo di lavoro MS, 2008).

CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE

DEFINIZIONE DATA DALL'ORDINANZA OPCM 3274 DEL 20/3/2003

Categoria di suolo di fondazione

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni)

Categoria	Descrizione
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di VS30 (velocità media di propagazione entro 30 metri di profondità delle onde di taglio) superiori a 800 m/sec, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
B	Depositi di sabbie e ghiaia molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT >50, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa).
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s ($15 < N_{spt} < 50$, $70 < c_u < 250$ kPa).
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di VS30 < 180 m/s ($N_{spt} < 15$, $c_u < 70$ kPa).
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di VS30 simili a quelli dei tipi C e D e spessore compreso tra 5 e 20 metri, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con VS30 > 800 m/s.

In aggiunta a queste categorie se ne definiscono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare :

S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($IP > 40$) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di VS30 < 100 m/s ($10 < c_u < 20$ kPa).
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.



DEFINIZIONE DATA DAL DECRETO MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE 14 GENNAIO 2008 (NTC2008)

Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tabelle sottostanti).

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo (*Per volume significativo di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso*), ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio (definita successivamente) entro i primi 30 m di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test) $NSPT_{,30}$ (definito successivamente) nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente $u_{,30}$ c (definita successivamente) nei terreni prevalentemente a grana



finà. Per sottosuoli appartenenti alle ulteriori categorie S1 ed S2 di seguito indicate, è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

1.5.6 GLI STUDI DI MICROZONIZZAZIONE NEI COMUNI DELL'UNIONE

(per gli approfondimenti si rimanda ai rispettivi PSC e altri studi di settore)



CASALECCHIO DI RENO

(estratto da "Studio tecnico finalizzato all'adeguamento della strumentazione territoriale e urbanistica (PSC) in tema sismico, idrogeologico e idraulico (prevenzione del territorio dai rischi naturali) e per la redazione del progetto di rete ecologica di livello comunale. Studio REIA 2012)

MICROZONAZIONE SISMICA

Area Di Studio

L'assetto sismotettonico del territorio di Casalecchio è dominato dalla presenza di una struttura d'importanza regionale, nota come PTF (*Pedeapenninic Thrust Front*), responsabile del sollevamento del rilievo collinare e ritenuta capace di generare terremoti di magnitudo medio-alta (circa M 5.5). Le strutture tettoniche attive riconosciute nel settore collinare del territorio sono di dimensione e potenziale sismico minore. Nell'insieme, il Comune di Casalecchio è inserito in zona 3 dall'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20 marzo 2003. Lo scenario di scuotimento previsto, con possibilità di superamento del 10% in 50 anni, è di 0.15 g come accelerazione orizzontale massima su substrati dotati di V_s (Velocità delle onde sismiche secondarie) > 800 m/sec. Scopo della caratterizzazione microsismica, quindi, è di fornire dati che permettano di valutare il comportamento geotecnico dei terreni superficiali, in modo da implementare i valori indicati dalla normativa nazionale con quelli misurati direttamente sul terreno. Un'analisi del territorio attraverso la microzonazione sismica si prefigge il duplice compito di fornire una documentazione cartografica di dettaglio, con un formato immediatamente utilizzabile da parte dei diretti interessati, e di raccogliere i dati geologici, geotecnici e sismici in grado di implementare le informazioni per la microzonazione.

Dati Acquisiti



Unione

Valli del Reno, Lavino e Samoggia
Ufficio di Protezione Civile Unificato
Casalecchio di Reno, Monte San Pietro, Sasso
Marconi, Valsamoggia, Zola Predosa



Il lavoro di caratterizzazione delle aree per cui è stata richiesta microzonazione sismica è consistito in un censimento iniziale di tutte le fonti bibliografiche a disposizione, riguardanti sondaggi e penetrometrie svolte da società di consulenze geologiche per conto di costruttori edili: con queste informazioni, unite alle conoscenze dell'area geologica di Casalecchio di Reno, è stato possibile effettuare un primo inquadramento litologico dei punti di riqualificazione urbana, come da accordi previsti nel disciplinare d'incarico. Individuati i punti sul territorio comunale, si è passati ad un rilievo di maggiore dettaglio utilizzando una prova geotecnica di uso corrente quale la *sismica passiva* adottando l'HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) per la misura del rumore sismico con la valutazione delle frequenze di risonanza dei terreni. Questa metodologia di acquisizione dati è conosciuta anche come "tecnica Nakamura": tale metodologia è stata introdotta da Nogoshi e Igarashi (1971) sulla base degli studi di Kanai e Tanaka del 1961. Le prove sono state compiute all'interno del perimetro delle aree di riqualificazione urbana da indagare (o in prossimità di esse) ed in corrispondenza di prove (sondaggi e penetrometrie) geomeccaniche o di affioramenti significativi tramite i quali la stratigrafia del sottosuolo analizzato si può dire sufficientemente nota.

Schede tecniche

In allegato, suddivise per toponimi, vengono riportate le schede di microzonazione sismica per le aree indagate, sia nel periodo Settembre 2010 – Febbraio 2011 che nel periodo Settembre 2012: per ogni area è presente una cartografia planimetrica del punto in cui è stata effettuata la rilevazione, un'immagine da foto aerea (o satellitare) dell'ubicazione del punto, il certificato di ciascuna prova HVSR effettuata e la stima della velocità delle onde di taglio di ciascuna prova realizzata.

Complessivamente son state effettuate n° 22 prove di sismica passiva.

I punti indagati hanno assunto la seguente denominazione:

- "Bolero Est";
- "Bolero Ovest";
- "Bastia Est";
- "Bastia Ovest";
- "Clementi";
- "Andrea Costa";
- "Hatù";
- "Belvedere";
- "Michelangelo";
- "Norma";
- "Mazzetti – Puccini";
- "Scuole Rubini – Zacconi";
- "Coop Italia";
- "Libertà";



- “Ceretolo”;
- “Carbonari”;
- “Villa Volpe (solo area Villa Volpe)”;
- “Coop (supermercato)”;
- “Cimarosa-Cilea”;
- “Ex-caserma VV.F”;
- “Vivai Betti”;
- “Albergo del Sole”;
- “Tiro a Volo”.¹

Nell’affidamento di incarico per le aree di riqualificazione da indagare durante il periodo Settembre 2012, il toponimo “Tiro a Volo” non era presente in quanto l’area era già stata oggetto di valutazione sismica qualitativa (senza applicazione della tecnica HVSR) nel primo incarico, svolto tra Settembre 2010 e Febbraio 2011. Nel secondo incarico, all’atto dell’acquisizione dati in campo da parte di REIA S.r.l., si è valutato di attribuire all’area “Vivai Betti” un’informazione identica a quella registrata nell’area “Albergo del Sole”, in virtù di medesime caratteristiche geologiche e geomorfologiche; si è scelto tuttavia di mantenere il numero di prove di sismica passiva previste nel secondo incarico, cioè 12, effettuando un’ulteriore prova di indagine nell’area “Tiro a Volo” per meglio caratterizzare il sito e dare conferma del giudizio qualitativo espresso per quell’area nel primo incarico.

CARTOGRAFIE PRODOTTE

Lo studio di Microzonazione Sismica prevede la produzione di cartografia di dettaglio per il primo e secondo livello di indagine.

Per il Comune di Casalecchio di Reno sono state prodotte 7 cartografie complessive allegate allo studio di microzonazione:

- Carta delle indagini;
- Carta lito-morfologica;
- Carta delle frequenze naturali dei terreni;
- Carta degli effetti locali attesi – Rischio Sismico;
- Carta della velocità delle onde di taglio S (Vs);
- Carta dei fattori di amplificazione;
- Carta di sintesi – Livelli approfondimento Microzonazione .

La cartografia è stata prodotta in scala 1:5.000 e in scala 1:10.000, a seconda dei livelli di dettaglio richiesti.

I fogli di riferimento sono: 220111, 220112, 220121, 220122, 220123, 220124.

Carta delle indagini (scala 1:10.000)

È stata predisposta sulla base delle CTR sopra elencate. Per ogni area di indagine si è evidenziato:

- Sito dove si è effettuata prova di Microzonazione Sismica (con tecnica HVSR);
- Area di riqualificazione urbana individuata dall’amministrazione comunale;



- Ubicazione e tipologia delle prove pregresse;
- Confine comunale

Le prove pregresse sono state recuperate dal database della Regione Emilia-Romagna – Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, disponibile attraverso la cartografia on-line: queste prove, hanno fornito un supporto ulteriore per descrivere le aree sottoposte a Microzonazione Sismica permettendo di ricostruire la stratigrafia del substrato.

Le prove geognostiche sono state suddivise in 6 categorie:

- Carotaggio continuo;
- CPT con punta dinamica;
- CPT con punta meccanica;
- Prova dinamica generica;
- Sondaggio a distruzione;
- CPT statica.

Carta lito-morfologica

La carta degli elementi litologici e morfologici è caratterizzata dalle seguenti informazioni:

- Coperture (Ghiaie, Limi e argille, Frane, Depositi);
- Pendenze (o acclività);
- Alvei attivi;
- Informazioni geologiche lineari (Faglie);
- Affioramenti geologici (Vena del Gesso);
- Confine comunale.

Queste informazioni sono state reperite tramite il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna e tramite il Quadro Conoscitivo elaborato dalla Provincia di Bologna per ciò che riguarda la variante al PTCP sul “Rischio Sismico”: le informazioni sono state integrate sulla base delle osservazioni in campo per ciò che concerne le informazioni geologiche lineari e gli affioramenti geologici.

Le pendenze sono state divise in 4 categorie: pendenze < 15°, pendenze comprese tra 15°-30°, pendenze comprese tra 30°-50° e pendenze > 50°.

Le informazioni geologiche lineari sono state arricchite con l’inserimento della faglia “Reno-San Luca” sulla sponda destra del fiume Reno nella porzione di territorio compresa anche all’interno della fascia di vegetazione dei “Boschi di San Luca e Destra Reno”, nonché dalle faglie Meloncello e Sabbiuno, anch’esse presenti in destra Reno.

Gli affioramenti geologici sono stati implementati inserendo l’area carsica presente in prossimità del toponimo “Ca Bianca”, in destra Reno, al confine comunale con Sasso Marconi: tale area appartiene alla formazione “Gessoso-Solfifera” presente anche in sinistra Reno e che prosegue verso Est col nome di “Vena del Gesso”.

Per il comune di Casalecchio di Reno sono state prodotte 4 cartografie in grado di rappresentare tutto il territorio comunale, a scala 1:5.000, suddivise in quadranti.



Carta delle frequenze naturali dei depositi

La carta delle frequenze naturali dei depositi localizza i siti dov'è stata effettuata l'indagine di Microzonazione Sismica, attribuendo delle categorie in funzione del valore di frequenza registrato.

Si è scelto di aggiungere anche l'immagine del picco di frequenza registrato, per offrire sulla cartografia il dato acquisito nella prova sismica.

Sono state prodotte 5 cartografie in scala 1:5.000 in grado di rappresentare tutto il territorio comunale.

Carta degli effetti locali attesi – Rischio Sismico.

La carta degli effetti locali attesi rappresenta l'elemento principale per il 1° livello di Microzonazione Sismica, da cui trarre informazioni per i successivi livelli di approfondimento.

Questa carta è stata redatta tenendo in considerazione le proposte emerse dalla Variante in materia di Rischio Sismico della Provincia di Bologna, che prevede una suddivisione del territorio, sulla base delle informazioni lito-morfologiche, nei differenti livelli di indagine previsti dagli studi di Microzonazione Sismica.

Nello specifico, secondo le indicazioni della Provincia di Bologna, sono stati attribuiti al 3° livello di indagine le seguenti aree:

- Fasce soggette ad amplificazione e potenziali cedimenti differenziali- FAGLIE;
- Aree instabili e soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche – FRANE ATTIVE > 15°;
- Aree instabili e soggette ad amplificazioni per caratteristiche litologiche – FRANE;
- Aree potenzialmente instabili e soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche – FRANE QUIESCENTI > 15°;
- Aree potenzialmente instabili e soggette ad amplificazioni per caratteristiche litologiche – FRANE QUIESCENTI;
- Aree potenzialmente instabili per scarpate con acclività > 50°;
- Aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione – SABBIE;
- Aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti – LIMI e ARGILLE;
- Aree potenzialmente instabili per presenza cavità sotterranee;

Sono stati attribuite al 2° livello di indagine le seguenti aree;

- Aree potenzialmente soggette ad amplificazioni per caratteristiche litologiche e topografiche – DEPOSITI ALLUVIONALI > 30°;
- Aree potenzialmente soggette ad amplificazioni per caratteristiche litologiche;
- Aree potenzialmente soggette ad amplificazioni per caratteristiche litologiche e topografiche;
- Aree potenzialmente instabili per caratteristiche litologiche con pendenze < 15°.

Sono state prodotte 4 cartografie in scala 1:5.000 in grado di descrivere il territorio comunale.

Carta delle velocità delle onde di taglio (Vs)

La carta delle velocità delle onde di taglio è predisposta sulla base della carta degli effetti locali attesi a cui si aggiungono le informazioni relative alla profondità del substrato in prossimità delle aree indagate e la Vs correlata.



È stata prodotta 1 cartografia in scala 1:10.000.

Carta dei fattori di amplificazione delle aree in cui sono richiesti approfondimenti di secondo livello

La carta dei fattori di amplificazione ha il compito di fornire delle informazioni, quantificate attraverso l'uso di metodologie semplificate come abachi e leggi empiriche, per la pianificazione del territorio. Essere a conoscenza dell'amplificazione sismica locale di un territorio può infatti indirizzare il governo di un'amministrazione verso scelte che tengano conto delle criticità sismiche peculiari di un dato comune.

Partendo dalle aree indagate nel 1° livello di approfondimento, si è proceduto ad ampliare la caratterizzazione sismica anche alle frazioni abitate prossime ai siti dove si è effettuata la Microzonazione Sismica: questo è stato possibile incrociando le informazioni stratigrafiche con quelle topografiche.

Per il calcolo dei fattori di amplificazione si è fatto ricorso all'allegato A2 della Delibera dell'Assemblea Legislativa n° 112 sugli "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica", in cui sono definito i valori degli abachi dei fattori di amplificazione, tenendo conto delle particolari condizioni litostratigrafiche e topografiche della Regione Emilia-Romagna.

L'abaco che si è scelto di utilizzare per definire i fattori di amplificazione del territorio di Casalecchio di Reno riguarda l'Appennino e il margine Appennino-Padano: si è assunto che il substrato detensionato individuato sopra lo strato superficiale di lavorazione antropica (tipicamente della profondità massima di 2 metri) equivalga ad una copertura pertanto si è scartato l'abaco del substrato affiorante e si utilizzato l'abaco del substrato marino caratterizzato da $V_s < 800$ m/s, di sotto riportato:

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	1.2	1.2	1.2	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	1.3	1.1	1.0
15	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.0
20	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0
25	2.4	2.4	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0
30	2.8	2.8	2.4	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.0
35	3.0	2.9	2.7	2.1	1.7	1.6	1.5	1.3	1.3	1.0
40	3.1	3.0	2.8	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.0



Per definire i valori di ingresso all'abaco, sia per l'altezza del substrato che per la velocità delle onde S del substrato, si sono arrotondati i valori di H e Vs alle unità più vicine. P.e., con H pari a 17 si è scelto un valore di ingresso corrispondente a 15. Con Vs pari a 380 si è scelto un valore di ingresso corrispondente a 400.

I dati in ingresso sono evidenziati per ogni area indagata: sotto a tali valori, sono stati inseriti i valori di Fattore di Amplificazione riscontrati, sia per P.G.A. che per valori di intensità spettrale compresi tra $0,1s < T_0 < 0,5s$ che tra $0,5s < T_0 < 1,0s$.

È stato indagato anche l'effetto topografico per verificare l'eventuale contributo da moltiplicare ai fattori di amplificazione registrati. Sono state prese in considerazione le aree con acclività $> 15^\circ$, tuttavia si è riscontrato che tali aree non rientrano nelle aree di indagine per cui il contributo topografico risulta nullo.

Sono state prodotte 2 cartografie in scala 1:5.000 in grado di rappresentare tutto il territorio.

Carta di sintesi – Livelli di approfondimento della Microzonazione Sismica

In accordo con il Comune di Casalecchio di Reno, si è scelto di produrre una cartografia di sintesi in grado di evidenziare immediatamente quali aree del territorio comunale richiedessero il 2° livello di approfondimento per le indagini di Microzonazione Sismica e quali il 3° livello di approfondimento.

CONCLUSIONI

Le indagini di sismica passiva eseguite presso le aree di riqualificazione urbana del PSC di Casalecchio di Reno sono state validate tramite informazioni geologiche dirette (affioramenti, sondaggi) o indirette (penetrometrie e sondaggi) e hanno permesso la ricostruzione dei parametri di rigidità locale del substrato, indispensabili per valutare il rischio sismico del territorio oggetto di analisi.

Le informazioni su indagini pregresse, sondaggi e penetrometrie in particolare, sia a livello di strumenti urbanistici e di piano utilizzati a differenti livelli (comunale, provinciale e regionale), che a livello di studi geologici, hanno fornito una mole di dati sufficiente a caratterizzare le aree oggetto di studio: il sondaggio effettuato nell'area "Bolero Est", in corrispondenza del parco "ex-Cave" ha colmato la lacuna sulle conoscenze della litologia dell'area di pianura che si sviluppa a Nord dell'asse attrezzato "Bologna-Vignola S.P. 569". L'esito del sondaggio è riportato nell'allegato delle attività svolte nel 1° incarico (Settembre 2011 – Febbraio 2012). Laddove le informazioni erano scarse, come nell'area "Scuole Rubini – Zacconi" e "Coop Italia", si è provveduto a ricostruire il profilo delle aree da indagare attraverso la cartografia geologica regionale.

Le informazioni sismiche sono state acquisite grazie alla tecnica della *sismica passiva* (HVSr – Horizontal to Vertical Spectral Ratio): per ogni stazione si è ricostruita la stratigrafia del substrato in modo da invertire i dati ottenuti attraverso l'HVSr con un modello geologico validato. In presenza di discordanze con il modello geologico, si è proceduto ad ulteriori affinamenti e verifiche delle informazioni geologiche sino ad ottenere un valore soddisfacente.



Unione

Valli del Reno, Lavino e Samoggia

Ufficio di Protezione Civile Unificato

Casalecchio di Reno, Monte San Pietro, Sasso

Marconi, Valsamoggia, Zola Predosa



I siti in cui si è applicata la tecnica della *sismica passiva* non presentano la stessa omogeneità litologica: l'area "Bolero" è quasi interamente interessata da ghiaie del conoide, come si riscontra dalla ricostruzione litologica del sondaggio in allegato. I terrazzi attorno al fiume Reno presentano, in buona sostanza, una litologia superficiale con i primi 5 metri caratterizzati da una stratigrafia caratterizzata da ghiaie (meno di 1 metro) a cui seguono livelli di eguale spessore di sabbie-limose e limi-sabbiosi. Al di sotto di questi depositi alluvionali, si trova la roccia, sempre più rigida verso il basso, man mano che si passa lo strato alterato e detensionato superficiale. In direzione dei versanti, i depositi alluvionali sono ricoperti da limi sabbiosi o argillosi prodotti dal ruscellamento di suolo del versante (o colluvio), come nell'area "Belvedere". Le informazioni si fanno più complesse nelle aree di conoide dei rii tributari del Reno, dove non è possibile distinguere una stratigrafia ben precisa e prende il sopravvento la presenza di materiale detritico fine (limi e argille). Tali aree, come si riscontra anche nei sondaggi di *sismica passiva*, mostrano una riduzione delle velocità delle onde Vs proprio in questi intervalli, con conseguente riduzione delle caratteristiche tecniche del substrato. Tale caratterizzazione del profilo è evidente nell'area "Michelangelo", "Scuole Rubini-Zacconi", "Puccini-Mazzetti", collocate sopra ad un conoide torrentizio, dove si sono registrate velocità Vs30 più basse rispetto alle altre porzioni di territorio considerate.

Basse velocità sono state registrate anche in prossimità dell'alveo del fiume Reno nelle area "Coop Adriatica": infine, anche le indagini svolte nella porzione di territorio più a Nord (aree "Carbonari", "Ex-Caserma VV.F." e "Tiro a Volo") hanno registrato basse velocità delle Vs30.

Si è scelto al momento dell'acquisizione dati, dopo verifiche approfondite sulla base della letteratura disponibile, di attribuire all'area di indagine "Vivai Betti" le stesse informazioni che si possono ricavare dall'area di indagine "Albergo del Sole": quindi si è scelto di non effettuare una prova di microzonazione sismica all'interno dell'area "Vivai Betti" ma di attribuirle le stesse informazioni di frequenza naturale, Vs30 e frequenza di amplificazione dell'area "Albergo del Sole", viste le analogie litologiche e geomorfologiche, nonché le informazioni stratigrafiche disponibili.

Si è scelto di effettuare un'indagine di microzonazione sismica nell'area "Tiro a Volo" per dare validazione al giudizio qualitativo espresso nel precedente incarico (Settembre 2010 – Febbraio 2011).

Per riassumere, le aree che sono state oggetto d'indagine ed inserite in categoria di sottosuolo B (Vs30 comprese tra 360 m/s e 800 m/s), sono:

per l'indagine svolta tra Settembre 2010 e Febbraio 2011

- "Bastia Est" e "Bolero Ovest";
- "Belvedere";
- "Bolero Est" e "Bolero Ovest";
- "Andrea Costa";



- “Clementi”;
- “Hatù”;
- “Norma”;

per l'indagine svolta a Settembre 2012

- “Ceretolo”;
- “Libertà”;
- “Coop Italia”;
- “Cimarosa-Cilea”;
- “Villa Volpe”;
- “Albergo del Sole”.

Le aree che sono state inserite nella categoria di suolo C (Vs comprese tra 180 m/s e 360 m/s) sono:

per l'indagine svolta tra Settembre 2010 e Febbraio 2011

- “Michelangelo”;

per l'indagine svolta a Settembre 2012

- “Scuole Rubini-Zacconi”;
- “Puccini-Mazzetti”;
- “Coop Adriatica”;
- “Carbonari”;
- “Ex-Caserma VV.F.”;
- “Tiro a Volo”.

Entrando nel merito delle aree che sono indicate con categoria di suolo C, è opportuno precisare quanto segue:

- l'area “Michelangelo” è stata inserita prudenzialmente nella categoria di sottosuolo C per una velocità delle Vs30 non eccessivamente alta (403 m/s) e per la presenza di un deposito di colluvio complice di peggiorare la qualità del substrato. Questo tipo di classificazione risulta in armonia con studi di microzonazione effettuati per altri comuni, dov'è stato mantenuto un approccio cautelativo nelle aree in cui il valore delle Vs30 è *border line*, il che si traduce in una sovrastima dell'informazione acquisita con la *sismica passiva*, con un relativo abbassamento della categoria di suolo, in particolare nelle aree dove la struttura litologica risulta lateralmente molto variabile;
- l'area “Scuole Rubini-Zacconi” presenta una velocità molto bassa ed un contrasto di impedenza tra 3 e 14 metri di profondità dal piano campagna: questa informazione ottenuta



tramite l'HVSR ci permette di comprendere che la qualità del terreno è indubbiamente scarsa e che il substrato è fortemente detensionato. Non sono presenti indagini geognostiche in prossimità dell'area per cui risulterà indispensabile compiere una campagna di indagini sismiche approfondita per ricostruire la stratigrafia del terreno nel momento in cui si dovrà intervenire per la riqualificazione urbana dell'area;

- l'area "Puccini-Mazzetti" presenta la velocità più bassa registrata in tutta la campagna di acquisizione dati svolta nei 2 incarichi, pari a 285 m/s: l'origine di questo risultato, non completamente atteso, è ascrivibile in parte alla presenza del detrito di colluvio che si è accumulato nel tempo, proveniente dalla scarpata in prossimità dell'area "Belvedere". È allo stesso tempo certo che ad una profondità compresa tra i 10-15 metri si debba registrare un'accelerazione della Vs30 per la presenza del terrazzo alluvionale del Reno. In realtà non si è avuta evidenza di questa informazione nella lettura delle velocità acquisite tramite lo strumento di acquisizione dati e il software di elaborazione, pertanto risulterà indispensabile effettuare un'indagine sismica approfondita all'avvio dell'intervento di riqualificazione urbana;
- le aree "Coop Adriatica", "Carbonari" ed "Ex-Caserma VV.F." presentano dei risultati facilmente attendibili, vista la natura litologica del substrato presente;
- l'area "Tiro a Volo", per cui si è voluto effettuare un'indagine di sismica passiva per confermare il giudizio qualitativo espresso nella prima campagna di indagini di Settembre 2010 – Febbraio 2011, presenta un valore di Vs30 basso, ma compatibile con il substrato litologico presente nell'area. Inoltre si evidenzia la presenza di un contrasto di impedenza probabilmente dovuto alla presenza di una falda acquifera. Alla luce dei dati di frequenza naturale ottenuti nelle aree indagate nel 2° incarico (Settembre 2012), è importante fare le seguenti considerazioni relativamente alle informazioni ottenute nel 1° incarico (Settembre 2010 – Febbraio 2011):
- la frequenza naturale registrata con la tecnica HVSR nella stazione "Bastia Est" risulta troppo elevata: pertanto la frequenza registrata nella stazione "Bastia Ovest" può essere rappresentativa di entrambe le aree;
- la frequenza naturale registrata nella stazione "Norma" risulta essere troppo elevata: si ritiene che la frequenza registrata nell'area "Villa Volpe" possa essere rappresentativa anche dell'area "Norma";
- le frequenze naturali registrate nelle aree "Hatù", "Andrea Costa" e "Clementi" risultano anch'esse troppo elevate e possono essere rappresentate dalla frequenza registrata nell'area "Coop Adriatica".



Ampliando il discorso al territorio comunale di Casalecchio di Reno, si può affermare che quasi tutto il territorio urbanizzato o da urbanizzare, prevede un secondo livello di approfondimento per le indagini di microzonazione sismica: le aree soggette ad un terzo livello sono rappresentate esclusivamente dai corpi di frana, dalle aree con acclività $> 50^\circ$ e dalle aree che presentano cavità. Queste ultime 2 aree sono di modeste dimensioni e confinate nella porzione collinare in destra Reno dove non sono previste urbanizzazioni. Per ciò che concerne i corpi di frana, si ritiene importante sottolineare che è buon senso evitare di costruire in aree che presentano forti criticità come le zone in dissesto, indipendentemente dalla classificazione “frane attive” o “frane quiescenti”, per cui riteniamo che non debbano essere previste urbanizzazioni in queste aree.

Elementi Per Valsat

Gli elementi principali da considerare ai fini della tutela dal rischio sismico sono vulnerabilità ed esposizione. La vulnerabilità esprime un fattore di rischio dipendente dalla tipologia di costruzione realizzata nel territorio urbano: per ridurre la vulnerabilità bisogna osservare attentamente i criteri normativi di costruzione e verificare che la frequenza naturale del terreno sia in fase con la frequenza di risposta dell'edificio ad un evento sismico. L'esposizione esprime il fattore relativo al numero di individui che possono subire un danno a seguito di un evento sismico. L'esposizione è quindi strettamente correlata alla categoria di suolo cui si riferisce l'area oggetto di indagine e quindi alla velocità delle onde S nei primi 30 metri di profondità (Vs30).

La prevenzione si ottiene agendo direttamente su Vulnerabilità ed Esposizione.

Assicurare condizioni ottimali per la sicurezza delle persone

Obiettivi generali	Obiettivi specifici	Riferimenti
Ridurre o eliminare la vulnerabilità al rischio sismico	Individuare correttamente la frequenza naturale del terreno e al frequenza di amplificazione sismica attraverso accurate indagini sismiche. Ottemperare al rispetto della normativa sulle costruzioni offrendo riscontro della verifica della conformità dell'edificio ai requisiti sismici	Indagine di microzonazione sismica del Comune di Casalecchio di Reno. Tavola delle frequenze naturali registrate. Tavola delle frequenze di amplificazione calcolate.
Ridurre o eliminare l'esposizione al rischio sismico	Evitare la realizzazione di edifici strategici (ospedale, scuola, palestra, ecc.) in aree individuate con categorie di suolo C e D. Intervenire, laddove le aree Indagate abbiano individuato una propensione ai fenomeni di amplificazione sismica, con tecniche costruttive in grado di migliorare la sicurezza degli edifici.	Indagine di Microzonazione Sismica del Comune di Casalecchio di Reno. Tavola Rischio Sismico. Tavola delle Vs.



PRESCRIZIONI

Si suggerisce di effettuare un numero di indagini sismiche adeguato alle dimensioni delle aree da riqualificare: per fare un esempio, per superfici piccole e corrispondenti al massimo al perimetro di un isolato bisogna effettuare almeno 4 prove geognostiche abbinate ad un'acquisizione dati tramite prove MASW (tipo di prospezioni sismiche diffuse per l'acquisizione dati delle Vs30) o sismica in foro per la definizione dei profili di velocità delle onde. In questi casi è sufficiente almeno un sondaggio a carotaggio continuo che raggiunga i 30 metri e, per le restanti prove, si possono effettuare delle prove penetrometriche (per esempio CPT). Rientrano sicuramente all'interno di queste prescrizioni minime le aree: "Clementi", "Andrea Costa", "Ex-Caserma VV.F.", "Ceretolo", "Libertà", "Coop Italia", "Coop Adriatica", "Cimarosa-Cilea" e "Villa Volpe". Le aree "Scuole Rubini-Zacconi" e "Puccini-Mazzetti" necessitano di indagini più approfondite che siano in grado di descrivere bene la stratigrafia del sottosuolo e che possano spiegare il basso valore di Vs30 registrato nelle indagini eseguite.

Se la superficie dell'area da riqualificare aumenta, si chiede un numero di prove geognostiche maggiore in maniera tale da riuscire a caratterizzare i primi 30 metri di sottosuolo. Tutte le aree non precedentemente elencate rientrano all'interno di queste prescrizioni. In particolare, le aree "Vivai Betti" e "Albergo del Sole" necessitano di un maggior numero di prove vista la maggiore superficie.

I dati geologici e di pericolosità sismica emersi sono propedeutici per valutare gli approfondimenti necessari nelle successive fasi di pianificazione di Piano Operativo Comunale (P.O.C.) e/o di Piano Urbano Attuativo (P.U.A.).

Nelle aree soggette ad intervento di riqualificazione urbana o nuova urbanizzazione, che rientrano nel 2° livello di approfondimento (Vedi Tav. A.7), si dovrà determinare, come descritto dalle indicazioni della Delibera dell'Assemblea Legislativa n° 112 del 2007 della Regione Emilia-Romagna (Allegato A2), quanto segue:

- profondità del "bedrock" sismico locale per un perimetro relativo alle aree di intervento;
- velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 metri dal piano campagna (Vs30), misurate con strumentazione idonea ad ottenere un grado di definizione elevato;
- coefficienti di amplificazione sismica delle aree suscettibili di effetti locali, in termini di accelerazione massima orizzontale (P.G.A./P.G.A0.) e di intensità di "Housner" (S.I./S.I0.).

Nelle aree soggette ad intervento di riqualificazione urbana o nuova urbanizzazione, che rientrano nel 3° livello di approfondimento (Vedi Tav. A.7), in particolare nelle aree di seguito elencate come da normativa:

- aree soggette a liquefazione e densificazione;
- aree instabili (frane attive) e potenzialmente instabili (frane quiescenti);
- aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile;



- aree in cui è prevista la realizzazione di opere a rilevante interesse pubblico (scuole, ospedali, ecc.).

Dovranno essere effettuate analisi ulteriori a quelle previste per il 2° livello di approfondimento precedentemente descritte e che consistono in:

- definizione degli spettri di risposta sismica delle aree critiche, per un periodo di ritorno di 475 anni e smorzamento pari al 5%;
- esecuzione di prove geognostiche in sito ed in laboratorio;
- determinazione dell'indice di potenziale di liquefazione IL in funzione del Fattore di Sicurezza FL, a sua volta in funzione della resistenza ciclica normalizzata (C.R.R.) e della tensione indotta dal terremoto (C.S.R.);
- calcolo dei cedimenti post-sismici in terreni granulari e coesivi.

La definizione dei Fattori di Amplificazione (F.A.) sarà ricavata da apposita modellistica di simulazione sismica secondo le necessità. I criteri di elaborazione ed i dati di ingresso dovranno essere esposti, anche in formato numerico, nella relazione geologica che accompagna l'intervento urbano.

Il numero e la qualità delle prove ed indagini geologiche e geofisiche dovrà essere adeguato all'importanza degli eventi sismici attesi, all'ampiezza delle aree oggetto di intervento ed alla possibilità di liquefazione dei sedimenti saturi.

In fase esecutiva le nuove opere dovranno essere progettate e realizzate in conformità con quanto previsto dal Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni", entrato in vigore il 1 luglio 2009.

AREA BAZZANESE

(Estratto dal Piano Strutturale dei Comuni dell'area Bazzanese del 2014 e successivi aggiornamenti)



PERICOLOSITÀ SISMICA PRELIMINARE

Scenari ed effetti locali potenziali

La pericolosità riferita ai terremoti è il prodotto inscindibile delle sue due componenti: la sismicità di base⁵³ e la pericolosità sismica locale. La scala di studio della pericolosità di base deve essere quella regionale e deve giungere alla definizione del terremoto di riferimento per gli studi di microzonazione sismica, mentre la seconda dipende dalle condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona che possono produrre effetti diversi e deve pertanto essere analizzata alla scala locale. L'individuazione delle zone caratterizzate da comportamento sismico omogeneo è dunque un tassello conoscitivo fondamentale per giungere alla "microzonazione sismica" del territorio.



Unione

Valli del Reno, Lavino e Samoggia

Ufficio di Protezione Civile Unificato

Casalecchio di Reno, Monte San Pietro, Sasso

Marconi, Valsamoggia, Zola Predosa



Per il PSC associato dell'Area Bazzanese si è giunti alla elaborazione di una zonazione sismica preliminare del territorio, come richiesto dalla delibera regionale 112/2007 per questa fase di pianificazione. Il lavoro ha individuato i principali “scenari” di pericolosità locale ed i conseguenti “effetti” potenzialmente attesi; entrambi sono stati evidenziati cartograficamente nella tavola AB.QC.B2.04 in scala 1: 25.000. Si tratta di una prima analisi solamente qualitativa basata sul controllo dei dati pregressi (strutturali, litologici, geomorfologici ed idrogeologici) per individuare le zone che possono produrre instabilità e/o amplificazione senza tuttavia definirne i relativi parametri numerici.

Gli effetti potenziali locali in caso di impulsi ciclici sono stati così distinti:

- effetti di amplificazione (litologica e morfologica) → sono la conseguenza della interazione delle onde sismiche con le caratteristiche litologiche e meccaniche eterogenee dei sedimenti attraversati e con le differenti caratteristiche morfologiche superficiali o sepolte. Si possono così avere modificazioni in forma ed ampiezza dell'impulso dovute a fenomeni di riflessione, rifrazione ed anche alla trasformazione delle onde di volume in onde superficiali orizzontali;
- effetti di instabilità dovuta a fenomeni “cosismici” → sono generalmente causati dal decadimento o superamento delle resistenze meccaniche dei sedimenti coinvolti in caso di impulso ciclico (sisma); in particolare, in condizioni “non drenate” delle coperture sedimentarie attraversate dall'onda sismica, si può avere rottura del terreno per la rapida perdita della resistenza di taglio a seguito dell'annullamento delle pressioni effettive (liquefazione ciclica). Le diverse condizioni litostratigrafiche e morfologiche, la presenza o meno di falda, inducono differenti meccanismi di instabilità: nel caso di versanti si può avere l'innescio o la riattivazione di frane; nel caso di presenza di strutture tettoniche dislocabili (faglie) affioranti si possono verificare scorrimenti e/o cedimenti superficiali; nel caso di sedimenti con caratteristiche meccaniche scadenti si possono avere rotture e/o deformazioni; per terreni granulari insaturi (sopra falda) sono possibili cedimenti per densificazione mentre per sedimenti granulari fini (sabbie) saturi sono invece possibili fenomeni di liquefazione. Infine, nel caso di siti caratterizzati da litologie affioranti interessate da carsismo (nel territorio studiato è possibile soltanto nella Formazione Gessoso Solfifera – GES) si possono verificare effetti di subsidenza locale e di crolli di cavità sotterranee.

La legenda della tavola AB.QC.B2.04 è dunque strutturata per individuare tutti i possibili scenari di pericolosità che possono interessare localmente il territorio studiato e consentire una rapida valutazione dei possibili effetti in caso di sisma.

Per ogni scenario sono stati indicati tutti gli effetti attesi; ad esempio, per aree di frana: sono possibili fenomeni di instabilità di versante (riattivazione del movimento), cedimenti e amplificazione (nel caso di dissesti di grandi dimensioni – con spessori del corpo di frana

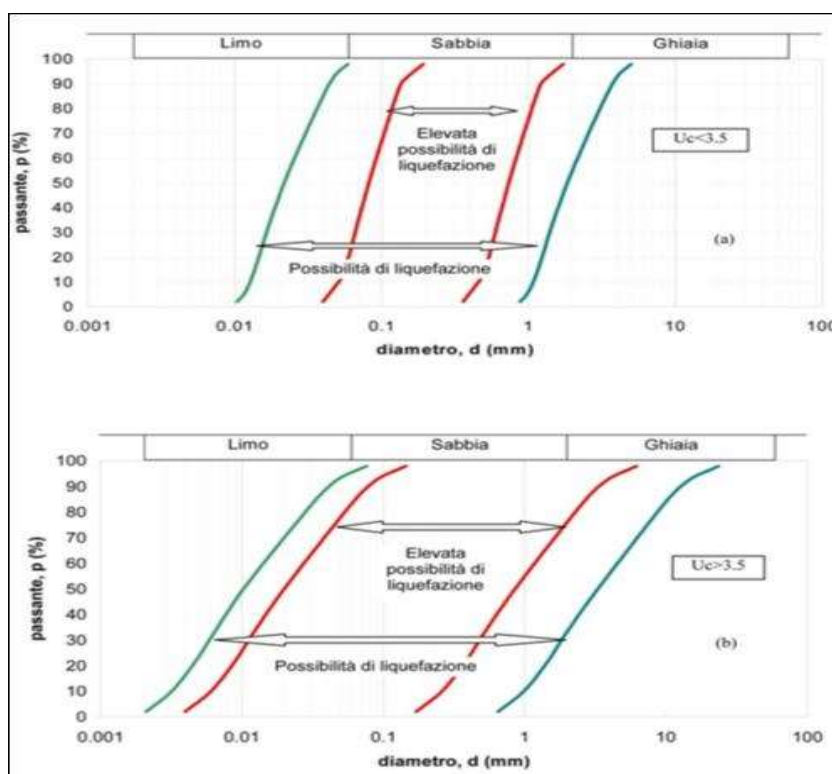


superiori a 5 metri). Si tratta naturalmente di effetti potenziali la cui entità è funzione, come già detto, non solo delle caratteristiche del sisma (durata, frequenza, intensità) ma anche dei molteplici fattori locali di natura geologica, idrogeologica, geomorfologica ed anche geotecnica. Per delimitare le zone di possibile amplificazione morfologica si è utilizzato anche un modello digitale del terreno (DTM), sulla base di un "grid" di punti quotati e georeferenziati forniti dal Servizio Cartografico R.E.R., elaborato con maglia quadrata di 5x5 metri; il DTM ha permesso la scomposizione della superficie topografica in tre classi di acclività ($< 15^\circ$, tra 15° e 30° , $> 30^\circ$) in ossequio a quanto indicato nella delibera regionale 112/2007 (allegato A1) ma anche nelle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008).

Le perimetrazioni delle frane riportate nella tavola AB.QC.B2.04 comprendono anche un "buffer" esterno alle stesse di 30 metri, che rappresenta una fascia imposta a cautela di possibili evoluzioni (in caso di sisma) del dissesto che attualmente può essere anche inattivo. È infatti assai frequente che i sismi possano indurre riattivazioni o incrementi delle velocità di scorrimento nei movimenti gravitativi e modificarne l'evoluzione in termini di distribuzione (retrogressioni delle corone di frana, allargamenti, ecc.) coinvolgendo volumi maggiori di roccia.

PERICOLOSITÀ DI LIQUEFAZIONE

La suscettibilità alla liquefazione dei sedimenti rappresenta un parametro molto importante da



valutare nelle analisi di pericolosità sismica anche a piccola scala, in particolare nella pianura alluvionale dove si ha la maggiore concentrazione dell'urbanizzato sia storico che di previsione.

Per liquefazione si intende l'annullamento di resistenza al taglio di terreni granulari saturi sotto sollecitazioni di taglio cicliche ed in conseguenza delle quali il sedimento raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso. Il meccanismo di



Unione

Valli del Reno, Lavino e Samoggia

Ufficio di Protezione Civile Unificato

Casalecchio di Reno, Monte San Pietro, Sasso

Marconi, Valsamoggia, Zola Predosa



liquefazione è governato da molti fattori e tra questi i principali sono: caratteristiche dell'impulso sismico; (magnitudo $M > 5,0$); densità relativa ($DR < 50 \div 60\%$); pressioni di confinamento (non sono riportati casi in letteratura di liquefazione in strati granulari profondi oltre 15-20 metri); fuso granulometrico (vedi figura); falda superficiale.

Molti Autori hanno evidenziato una correlazione positiva tra età e tipo di deposito alluvionale continentale riguardo la propensione alla liquefazione:

- 1) Youd e Perkins, 1978 – hanno composto una tabella che sintetizza i dati raccolti durante terremoti “strong motion” dell’area di S. Diego (California), da cui risulta che i sedimenti deposti da corsi d’acqua (piana alluvionale di esondazione, canale fluviale, delta fluviali, estuari) dimostrano una probabilità di liquefazione da alta a molto alta se di età minore di 500 anni o Olocenica, gli stessi depositi se di età pleistocenica o pre-pleistocenica hanno invece una “bassa” probabilità di liquefarsi. Cioè l’osservazione dimostra che sono solamente i sedimenti di deposizione recente (olocene) e recentissima (meno di 500 anni) a presentare un’alta pericolosità per la liquefazione;
- 2) Mori et Al, 1978 – dimostrano che la suscettibilità alla liquefazione decresce nei sedimenti di età maggiore di 500 anni, con scarti anche molto alti (maggiori del 50%). Tolno, 1975 dimostra l’incremento di densità secca (stato di addensamento) del sedimento in relazione all’aumento di vetustà (dall’Olocene al terziario);
- 3) Iwasaki et Al, 1982 – dimostra per terremoti giapponesi la correlazione diretta tra probabilità di liquefazione e letti di fiumi recenti e antichi;
- 4) CNR, 1983 – ripropone la correlazione diretta tra sedimenti fluviali e deltizi continentali ed età del deposito (i più recenti sono più suscettibili alla liquefazione).

La letteratura geologica, ormai ben consolidata e verificata, indica dunque che le maggiori probabilità di liquefazione si hanno nei sedimenti granulari saturi recenti e recentissimi. Ciò presuppone che gli alvei abbandonati e sepolti dei principali corsi d’acqua presenti nel territorio studiato (Torrenti Samoggia e Lavino) ma anche i paleoalvei minori (Ghironda, Martignone, ecc.) possono costituire fonte di pericolo di liquefazione anche per sismi di magnitudo modesta come quelli previsti per il territorio bazzanese (§ 2.2.1.1). Tanto più che esiste letteratura scientifica relativa ad effetti storici di liquefazione avvenuti nella pianura emiliana e romagnola in seguito a terremoti, anche nell’area di studio: per il terremoto bolognese del 3 gennaio 1505 di magnitudo stimata 5,5 (fonte: CPTI, 2004) sono documentati danni più consistenti a Zola Predosa, Bologna e S. Lorenzo in Collina con effetti anche di liquefazione a Zola Predosa (Prestininzi e Romeo, 2000).



La liquefazione di sedimenti saturi non sempre produce perdita di funzionalità o collasso delle strutture degli edifici. Riduzioni rilevanti di capacità portante e cedimenti significativi sono funzione:

- dell'ampiezza e tempo del carico ciclico del sisma;
- dello spessore ed estensione dello strato in liquefazione;
- dello spessore dei sedimenti non soggetti a liquefazione interposti tra fondazioni e strato in densificazione/liquefazione;
- delle condizioni morfologiche al contorno (acclività; presenza di scarpate o di variazioni di pendenza; vuoti di cava; incisioni fluviali; maceri). Nella montagna non dovrebbero ricorrere condizioni di saturazione dei sedimenti, se non nei fondovalle; qui però le tessiture teoriche sono tali da non determinare pericoli di questo tipo, almeno non individuabili alla scala di questo lavoro);

Si premette che le modalità di stima della pericolosità di liquefazione/densificazione del sedimento adottate nel presente lavoro sono soltanto di tipo qualitativo, perchè una analisi "quantitativa" richiede la verifica dei parametri tessiturali e meccanici delle sabbie sature ottenuti esclusivamente da prove "in situ" e in laboratorio: costose e pertanto non proponibili per questa fase di pianificazione a grande scala. In prospettiva, nelle aree di nuova espansione, e più in generale per una definizione accurata della distribuzione territoriale del "potenziale di liquefazione" sarà dunque indispensabile procedere con indagini puntuali.

L'analisi preliminare della pericolosità di liquefazione effettuata per il PSC associato si basa sull'elaborazione di una semplice matrice ponderale che permette di incrociare alcuni dei principali fattori condizionanti questo fenomeno reologico: le tessiture medie del sottosuolo e la piezometria locale. La propensione alla liquefazione del sottosuolo dipende decisamente dalla variazione e distribuzione areale di questi fattori: la quota di falda, la presenza o meno di sedimenti granulari e la loro profondità di confinamento relativi alla pianura studiata sono stati tradotti in "layer", elaborati con l'aiuto del software GIS <<Arcview>>.

La distribuzione tessitoriale dei sedimenti nel sottosuolo presuppone un'analisi paleogeografica della pianura studiata ossia la ricostruzione dell'insieme dei paleoalvei; per questa fase di studio si sono considerati:

- i dati tessiturali della Carta Geologica di Pianura dell'Emilia-Romagna che condensa il contesto sedimentario più recente relativo ai primi 6 metri circa di sottosuolo;
- le informazioni geognostiche disponibili ricavate da penetrometrie e sondaggi (Banca Dati della R.E.R.; indagini geognostiche d'archivio forniteci dalla Comunità Montana e dai Comuni; dati dello Studio scrivente). In particolare attraverso gli esiti delle terebrazioni si è controllata la presenza fino a 15 metri di profondità di strati granulari sabbiosi potenti almeno un metro; le prove con intervalli granulari di spessore invece inferiore ad un metro non sono state considerate.



Il controllo delle prove geognostiche ha consentito alcune modifiche locali alla cartografia regionale e la delimitazione di ampie zone che corrispondono ad inviluppi di paleoalvei sepolti. Il contesto idrogeologico è invece basato sulla ricostruzione della geometria della tavola d'acqua sotterranea riprodotta nella tavola AB.QC.B2.03 (si rimanda al paragrafo b2.3.3.1 per gli approfondimenti sulle acque sotterranee). Il territorio di pianura è stato scomposto in tre zone, caratterizzate da una soggiacenza⁵⁷ minima rispettivamente inferiore a 6 metri, tra 6 e 15 metri, e infine maggiore di 15 metri.

Il sottosuolo potenzialmente liquefacibile (fino a 15 metri) è suddiviso nei seguenti due intervalli di profondità:

- 1) dal piano campagna fino a -6 metri → corrisponde all'intervallo dove statisticamente si ha la più alta probabilità di liquefazione/addensamento dei sedimenti granulari saturi. È noto infatti che la propensione alla liquefazione decresce rapidamente con il grado di confinamento dello strato sabbioso e con la profondità della falda; generalmente si concentra soprattutto a profondità comprese tra 1,5 e 4 metri (Obermeier, 1996). La liquefazione dei sedimenti compresi in questo primo strato può comportare maggiori risentimenti alle strutture (cedimenti) dovuti alla propagazione in superficie degli effetti;
- 2) da -6 a -15 metri → come già scritto il maggiore confinamento degli strati granulari saturi e la più elevata soggiacenza della falda limitano la possibilità di liquefazione ed attenuano la propagazione degli effetti in superficie; per la maggior parte dei manufatti, in genere sostenuti da fondazioni superficiali (travi rovesce), ciò si traduce in una maggiore garanzia di sicurezza, mentre per le altre fondazioni le condizioni sono da considerarsi caso per caso.

La tavola AB.QC.B2.04 evidenzia dunque gli "scenari" tessiturali della pianura (e degli sbocchi vallivi) che, in caso di sisma, potrebbero produrre effetti di liquefazione; la carta riporta infine la zonizzazione preliminare della "pericolosità" di liquefazione basata sugli esiti ottenuti dalla matrice ponderale sopra descritta. Lo schema ponderale utilizzato per la valutazione della suscettibilità alla liquefazione è riportato nella seguente tabella

Schema ponderale per la valutazione della suscettibilità alla liquefazione

FATTORE	PROFONDITÀ		
	<6m	6÷15m	>15m
1) Soggiacenza minima	E	M	--
2) Tessiture Carta geologica di Pianura (0-6m):			
Depositi di conoide e di terrazzo (ghiaie e sabbie..)	E	--	--
Depositi di conoide e di terrazzo (sabbie, limi sabbiosi e limi..)	E	--	--

PIANO DI PROTEZIONE CIVILE INTERCOMUNALE

SEZIONE 1

ANALISI TERRITORIALE



Unione

Valli del Reno, Lavino e Samoggia

Ufficio di Protezione Civile Unificato

Casalecchio di Reno, Monte San Pietro, Sasso

Marconi, Valsamoggia, Zola Predosa



Depositi indifferenziati (ghiaie, sabbie, limi..)	E	--	--
Dep. di canale e di argine prossimale (sabbie medie e fini..)	E	--	--
Dep. di argine distale (limi sabbiosi, sabbie fini e finissime..)	E	--	--
Dep. di canale e argine indifferenziati (sabbie medie e fini limi, argille...)	E	--	--
Dep. di conoide e di terrazzo (limi e limi argillosi, subordinate ghiaie e ghiaie sabbiose canalizzate..)	M	--	I
Dep. di canale e argine indifferenziati (limi argillosi e sabbiosi, subordinate sabbie fini e finissime..)	M	--	I
Area interfluviale e dep. di palude (argille e limi..)	B	--	--
3) Tessiture controllate: dati geognostici con intervalli granulari > 1m (0-15m):			
Intervalli sabbiosi accertati (potenza > 1 metro)	E	M	--
Intervalli sabbiosi non accertati ma possibili (potenza > 1 metro)	B	B	--

In conclusione si è giunti ad una scomposizione della pianura dell'Area Bazzanese secondo quattro categorie di propensione alla liquefazione:

- elevata → comprende zone con sottosuolo caratterizzato da involuppi di paleoalvei o da depositi di conoide a tessitura granulare superficiali (< 6 metri), saturi e con strati sabbiosi di potenza > 1 metro verificati anche da prove geognostiche;
- media → il contesto paleogeografico generale in cui ricade la zona presuppone la possibilità di intervalli granulari saturi nei primi 6 metri; gli strati sabbiosi di potenza maggiore di 1 metro sono verificati solo a profondità > di 6 metri; oppure la soggiacenza minima della falda è > 6 metri;
- bassa → il contesto paleogeografico generale in cui ricade la zona presuppone che il sottosuolo sia caratterizzato da sedimenti prevalentemente pelitici; anche le prove geognostiche non hanno verificato la presenza di strati sabbiosi di spessore maggiore di un metro almeno fino a 15 metri;
- non verificabile → l'elevata soggiacenza della falda (> 15 metri) esclude la possibilità di liquefazione; si tratta di una condizione probabilmente reversibile solo nel caso in cui si esauriscano gli emungimenti d'acqua dai pozzi che attualmente causano la forte anomalia piezometria rilevata nella carta AB.QC.B2.04.

In sintesi le zone ad elevata suscettibilità si concentrano:

- allo sbocco vallivo del Samoggia tra Monteveglio e Bazzano → viene ad includere una buona parte dell'insediato di Bazzano; comprende i depositi recenti di conoide

Per i Comuni dell'Area Bazzanese, all'atto della stesura del Piano di Protezione Civile Sovracomunale, sono in corso di ultimazione gli studi di microzonizzazione sismica di terzo livello e studio CLE



prossimale del Samoggia la cui componente ghiaiosa, se quantificata, potrà comunque e localmente escluderne la liquefazione;

- negli sbocchi vallivi minori del Martignone, del Podice e del Ghironda → questi corsi d'acqua sono caratterizzati da bacini idrografici impostati nelle formazioni arenacee delle Sabbie Gialle (IMO) e di M. Adone (ADO) ed hanno prodotto conoidi a tessiture abbondantemente sabbiose; su questi depositi si insediano le frazioni di Pragatto, Chiesa Nuova e Ponte Ronca;
- nella pianura di Crespellano (per la presenza di involuppi di paleoalvei sabbiosi recenti del Samoggia, in falda) e nella pianura di Zola Predosa (paleoalvei recenti del Lavino ma anche del Ghironda);

Si evidenzia ancora una volta che per ampie porzioni di pianura (zona produttiva di Zola Predosa; territorio a nord di Bazzano) la possibilità di liquefazione dei sedimenti, a prescindere dalle tessiture che caratterizzano il sottosuolo, è fortemente condizionata dalle anomalie piezometriche (forti abbassamenti delle falde meno profonde) indotte dall'attuale ed elevato prelievo d'acqua sotterranea.

In conclusione, si tratta di una zonizzazione preliminare della pericolosità di liquefazione: allo stato delle modeste conoscenze che possediamo, rispetto all'ampiezza del territorio studiato, è possibile solamente ipotizzare la distribuzione (involuppi) dei principali corpi granulari potenzialmente pericolosi, estrapolandola all'intera pianura dell'Area Bazzanese. Il successivo studio di micro zonazione dovrà comprendere la ricostruzione paleogeografica di dettaglio delle sole aree da analizzare ed un approfondimento più sistematico ed accurato potrà condurre a considerazioni diverse da quelle riportate nella tavola AB.QC.B2.04.

DATI PREGRESSI

Lo studio di Microzonazione ha consentito di riordinare e selezionare le conoscenze di sottosuolo pregresse (Banca dati delle indagini geognostiche della Regione Emilia-Romagna; archivio Ufficio Tecnico comunale; ecc.), fondate sugli esiti delle indagini geognostiche e geofisiche di repertorio. In tal senso, le figure 4.1 e 4.2 localizzano i siti puntuali e lineari ove sono state svolte le prove di riferimento per lo studio di Microzonazione sismica, utile per l'individuazione delle stesse indagini. I report e i diagrammi degli esiti delle indagini puntuali e lineari sono riportati in allegato.

La selezione delle prove di repertorio ha considerato che molte prove risultano eseguite con attrezzature fuori standard (fornendo quindi esiti inutilizzabili o non interpretabili), oppure altre sono risultate troppo superficiali per poter essere pienamente usate per gli scopi del presente lavoro. In conclusione, i dati utilizzati sono quelli delle stratigrafie dei pozzi e dei sondaggi che hanno anche raggiunto o meno il substrato marino, le CPT di profondità (generalmente spinte



fino a profondità maggiori di 10 metri oppure giunte a “rifiuto” strumentale), le penetrometrie dinamiche standard (pesanti; leggere).

BAZZANO

In sintesi, il totale delle prove pregresse, considerate per lo studio di Microzonazione (e implementate nel database che costituisce l'archivio delle indagini per questo lavoro), risulta pari a 119 prove, così distinte per tipologia:

- n. 17 sondaggi a carotaggio continuo (S e SS) di cui 15 hanno intercettato il substrato
- n. 13 sondaggi a distruzione di nucleo (SD e SDS) di cui 4 hanno intercettato il substrato
- n. 49 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)
- n. 1 prova penetrometrica con punta elettrica (CPTE)
- n. 1 “Down-Hole” (DH)
- n. 15 prove penetrometriche dinamiche pesanti (DP)
- n. 5 prove penetrometriche dinamiche leggere (DL)
- n. 1 pozzo per acqua (PA)
- n. 8 misure di microtremori a stazione singola (HVSr)
- n. 4 stendimenti MASW
- n. 4 profili di resistività (PR)
- n. 1 stendimento a rifrazione (SR)

DATI EX NOVO

Per espletare questo ulteriore approfondimento della pericolosità sismica e di Microzonazione, si è reso indispensabile effettuare ulteriori indagini in sito, sia di tipo geofisico, sia di tipo geognostico. Sulla base degli obiettivi dell'incarico avuto dall'Unione di Comuni Valle del Samoggia, si sono concentrate le indagini geognostiche nelle aree di studio (urbanizzato e urbanizzabili) forniteci dall'Ente committente. Per il Comune di Bazzano si è pertanto deciso di eseguire stendimenti geofisici tipo Re.Mi. (per la stima della distribuzione delle Vs nel sottosuolo), registrazioni del rumore sismico passivo con tecnica HVSr e penetrometrie dinamiche superpesanti (tipo DPSH).

Più in dettaglio, per questo lavoro sono stati effettuate le seguenti prove in sito:

- n. 24 registrazioni del rumore sismico con tecnica HVSr.
- n. 8 stendimenti geofisici tipo Re.Mi., disponendo 24 geofoni a 4.5 Hz con spaziatura regolare di 3 m.



CASTELLO DI SERRAVALLE

In sintesi, il totale delle prove pregresse, considerate per lo studio di Microzonazione (e implementate nel database che costituisce l'archivio delle indagini per questo lavoro), risulta pari a 87 prove, così distinte per tipologia:

- n. 5 sondaggi a distruzione di nucleo SDS (tutti hanno intercettato il substrato)
- n. 32 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)
- n. 13 prove penetrometriche dinamiche pesanti (DP)
- n. 26 prove penetrometriche dinamiche leggere (DL)
- n. 3 stendimenti sismici attivi MASW
- n. 9 misure di microtremori a stazione singola (HVSr)
- n. 3 trincee/pozzi esplorativi (T)
- n. 2 sondaggi a trivella (S)

DATI EX NOVO

Per espletare questo ulteriore approfondimento della pericolosità Sismica e di microzonazione, e in particolare per definire i depositi di copertura superficiali e la parametrizzazione geofisica di tali coltri e del bedrock sottostante, si è reso indispensabile effettuare ulteriori indagini in sito, sia di tipo geofisico, sia di tipo geognostico. Sulla base degli obiettivi dell'incarico avuto dall'Unione di Comuni Valle del Samoggia, le indagini si sono concentrate nelle aree di studio (urbanizzate e urbanizzabili) forniteci dall'Ente committente. Per il Comune di Castello di Serravalle si è pertanto deciso di eseguire stendimenti geofisici tipo Re.Mi. (per la stima della distribuzione delle Vs nel sottosuolo), registrazioni del rumore sismico passivo con tecnica HVSr e penetrometrie dinamiche superpesanti (tipo DPSH).

Più in dettaglio, per questo lavoro sono stati effettuate le seguenti prove in sito:

- n.1 prova penetrometrica dinamica superpesante DPSH realizzata con strumento penetrometrico di max contrasto pari a 200 kN, montato su semovente cingolato "Pagani". Le penetrometrie sono state spinte fino a "rifiuto" strumentale.
- n. 31 registrazioni del rumore sismico con tecnica HVSr.
- n. 2 stendimenti geofisici tipo Re.Mi., disponendo 24 geofoni a 4.5 Hz con spaziatura regolare di 3 m.



CREPELLANO

In sintesi, il totale delle prove pregresse, considerate per lo studio di Microzonazione (e implementate nel database che costituisce l'archivio delle indagini per questo lavoro), risulta pari a 150 prove, così distinte per tipologia:

- n. 6 sondaggi a carotaggio continuo (S)
- n. 4 sondaggi a distruzione di nucleo (SD)
- n. 87 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)
- n. 8 prove penetrometriche con punta elettrica (CPTE)
- n. 13 prove penetrometriche con punta elettrica e piezocono (CPTU)
- n. 2 prove penetrometriche dinamiche pesanti (DP)
- n. 14 pozzi per acqua (PA)
- n. 6 misure di microtremori a stazione singola (HVSr)
- n. 5 stendimenti MASW
- n. 1 stendimenti Re.Mi.

DATI EX NOVO

Per espletare questo ulteriore approfondimento della pericolosità sismica e di Microzonazione, si è reso indispensabile effettuare ulteriori indagini in sito, sia di tipo geofisico, sia di tipo geognostico. Sulla base degli obiettivi dell'incarico avuto dall'Unione di Comuni Valle del Samoggia, si sono concentrate le indagini geognostiche nelle aree di studio (urbanizzato e urbanizzabili) forniteci dall'Ente committente. Per il Comune di Crespellano si è pertanto deciso di eseguire stendimenti geofisici tipo Re.Mi. (per la stima della distribuzione delle Vs nel sottosuolo) e registrazioni del rumore sismico passivo con tecnica HVSr.

Più in dettaglio, per questo lavoro sono stati effettuate le seguenti prove in sito:

- n. 69 registrazioni del rumore sismico con tecnica HVSr.
- n. 11 stendimenti geofisici tipo Re.Mi., disponendo 24 geofoni a 4.5 Hz con spaziatura regolare di 3 m.

MONTE SAN PIETRO

In sintesi, il totale delle prove pregresse, considerate per lo studio di Microzonazione (e implementate nel database che costituisce l'archivio delle indagini per questo lavoro), risulta pari a 87 prove, così distinte per tipologia:

- n. 4 sondaggi a carotaggio continuo che hanno intercettato il substrato
- n. 6 sondaggi a distruzione di nucleo (di cui 2 hanno intercettato il substrato)
- n. 14 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)



- n. 11 prove penetrometriche dinamiche pesanti (DP)
- n. 1 prova penetrometrica dinamica leggera (DL)
- n. 5 misure di microtremori a stazione singola (HVSR)

DATI EX NOVO

Per espletare questo ulteriore approfondimento della pericolosità sismica e di microzonazione, e in particolare per definire i depositi di copertura superficiali e la parametrizzazione geofisica di tali coltri e del bedrock sottostante, si è reso indispensabile effettuare ulteriori indagini in sito, sia di tipo geofisico, sia di tipo geognostico. Sulla base degli obiettivi dell'incarico avuto dall'Unione di Comuni Valle del Samoggia, le indagini si sono concentrate nelle aree di studio (urbanizzate e urbanizzabili) forniteci dall'Ente committente. Per il Comune di Monte San Pietro si è pertanto deciso di eseguire stendimenti geofisici tipo Re.Mi. (per la stima della distribuzione delle Vs nel sottosuolo), registrazioni del rumore sismico passivo con tecnica HVSR e penetrometrie dinamiche superpesanti (tipo DPSH).

Più in dettaglio, per questo lavoro sono stati effettuate le seguenti prove in sito:

- n. 4 prove penetrometriche dinamica superpesante DPSH realizzata con strumento penetrometrico di max contrasto pari a 200 kN, montato su semovente cingolato "Pagani". Le penetrometrie sono state spinte fino a "rifiuto" strumentale.
- n. 54 registrazioni del rumore sismico con tecnica HVSR.
- n. 10 stendimenti geofisici tipo Re.Mi., disponendo 24 geofoni a 4.5 Hz con spaziatura regolare di 3 m.

MONTEVEGLIO

In sintesi, il totale delle prove pregresse, considerate per lo studio di Microzonazione (e implementate nel database che costituisce l'archivio delle indagini per questo lavoro), risulta pari a 50 prove, così distinte per tipologia:

- n. 4 sondaggi a distruzione di nucleo (SD)
- n. 9 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)
- n. 14 prove penetrometriche dinamiche pesanti (DP)
- n. 4 prove penetrometriche dinamiche leggere (DL)
- n. 11 misure di microtremori a stazione singola (HVSR)
- n. 4 trincee o pozzi esplorativi (T)
- n. 4 stendimenti MASW



DATI EX NOVO

Per espletare questo ulteriore approfondimento della pericolosità sismica e di Microzonazione, si è reso indispensabile effettuare ulteriori indagini in sito, sia di tipo geofisico, sia di tipo geognostico. Sulla base degli obiettivi dell'incarico avuto dall'Unione di Comuni Valle del Samoggia, si sono concentrate le indagini geognostiche nelle aree di studio (urbanizzato e urbanizzabili) forniteci dall'Ente committente. Per il Comune di Montevoglio si è pertanto deciso di eseguire stendimenti geofisici tipo Re.Mi. (per la stima della distribuzione delle Vs nel sottosuolo), registrazioni del rumore sismico passivo con tecnica HVSR e penetrometrie dinamiche superpesanti (tipo DPSH).

Più in dettaglio, per questo lavoro sono stati effettuate le seguenti prove in sito:

- n. 6 prove penetrometriche dinamica superpesante DPSH realizzata con strumento penetrometrico di max contrasto pari a 200 kN, montato su semovente cingolato "Pagani". Le penetrometrie sono state spinte fino a "rifiuto" strumentale.
- n. 38 registrazioni del rumore sismico con tecnica HVSR.
- n. 6 stendimenti geofisici tipo Re.Mi., disponendo 24 geofoni a 4.5 Hz con spaziatura regolare di 3 m.

SAVIGNO

In sintesi, il totale delle prove pregresse, considerate per lo studio di Microzonazione (e implementate nel database che costituisce l'archivio delle indagini per questo lavoro), risulta pari a 41 prove, così distinte per tipologia:

- n. 4 sondaggi a carotaggio continuo che hanno intercettato il substrato
- n. 6 sondaggi a distruzione di nucleo (di cui 2 hanno intercettato il substrato)
- n. 14 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)
- n. 11 prove penetrometriche dinamiche pesanti (DP)
- n. 1 prova penetrometrica dinamica leggera (DL)
- n. 5 misure di microtremori a stazione singola (HVSR)

DATI EX NOVO

Per espletare questo ulteriore approfondimento della pericolosità sismica e di microzonazione, e in particolare per definire i depositi di copertura superficiali (detrito di versante; depositi alluvionali; ecc.) e la parametrizzazione geofisica di tali coltri e del bedrock sottostante, si è reso indispensabile effettuare ulteriori indagini in sito, sia di tipo geofisico, sia di tipo geognostico. Sulla base degli obiettivi dell'incarico avuto dall'Unione di Comuni Valle del Samoggia, le indagini si sono concentrate nelle aree di studio (urbanizzate e urbanizzabili) forniteci dall'Ente committente. Per il Comune di Savigno si è pertanto deciso di eseguire stendimenti geofisici tipo



Unione

Valli del Reno, Lavino e Samoggia

Ufficio di Protezione Civile Unificato

Casalecchio di Reno, Monte San Pietro, Sasso

Marconi, Valsamoggia, Zola Predosa



Re.Mi. (per la stima della distribuzione delle Vs nel sottosuolo), registrazioni del rumore sismico passivo con tecnica HVSR e penetrometrie dinamiche superpesanti (tipo DPSH).

Più in dettaglio, per questo lavoro sono stati effettuate le seguenti prove in sito:

- n. 2 prove penetrometriche dinamica superpesante DPSH realizzata con strumento penetrometrico di max contrasto pari a 200 kN, montato su semovente cingolato "Pagani". Le penetrometrie sono state spinte fino a "rifiuto" strumentale.
- n. 27 registrazioni del rumore sismico con tecnica HVSR.
- n. 6 stendimenti geofisici tipo Re.Mi., disponendo 24 geofoni a 4.5 Hz con spaziatura regolare di 3 m.

ZOLA PREDOSA

In sintesi, il totale delle prove pregresse, considerate per lo studio di Microzonazione (e implementate nel database che costituisce l'archivio delle indagini per questo lavoro), risulta pari a 119 prove, così distinte per tipologia:

- n. 11 sondaggi a carotaggio continuo (S)
- n. 4 sondaggi a distruzione di nucleo (SD e SDS) di cui 2 hanno intercettato il substrato
- n. 72 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)
- n. 1 prova penetrometrica con punta elettrica (CPTE)
- n. 1 prova penetrometrica con punta elettrica e piezocono (CPTU)
- n. 2 prove penetrometriche dinamiche leggere (DL)
- n. 15 pozzi per acqua (PA)
- n. 8 misure di microtremori a stazione singola (HVSR)
- n. 4 stendimenti MASWn. 1 stazione accelerometrica (ACC)

DATI EX NOVO

Per espletare questo ulteriore approfondimento della pericolosità sismica e di microzonazione, e in particolare per definire i depositi di copertura superficiali e la parametrizzazione geofisica di tali coltri e del bedrock sottostante, si è reso indispensabile effettuare ulteriori indagini in sito, sia di tipo geofisico, sia di tipo geognostico. Sulla base degli obiettivi dell'incarico avuto dall'Unione di Comuni Valle del Samoggia, le indagini si sono concentrate nelle aree di studio (urbanizzate e urbanizzabili) forniteci dall'Ente committente. Per il Comune di Zola Predosa si è pertanto deciso di eseguire stendimenti geofisici tipo Re.Mi. (per la stima della distribuzione delle Vs nel sottosuolo), registrazioni del rumore sismico passivo con tecnica HVSR e penetrometrie dinamiche superpesanti (tipo DPSH).



Più in dettaglio, per questo lavoro sono state effettuate le seguenti prove in sito:

- n. 96 registrazioni del rumore sismico con tecnica HVSR.
- n. 18 stendimenti geofisici tipo Re.Mi., disponendo 24 geofoni a 4.5 Hz con spaziatura regolare di 3 m.

Normativa sismica di riferimento ed approfondimenti sugli studi di microzonazione

Il panorama legislativo in materia di pericolosità sismica (propedeutica alla programmazione territoriale ed alla progettazione ed alla verifica delle costruzioni) è stato profondamente trasformato dalle recenti normative nazionali e regionali alle quali si rimanda. Si rimanda inoltre per approfondimenti anche cartografici ai singoli PSC, agli studi correlati ed alle altre fonti istituzionali aggiornate in materia.