

COMUNE DI NIBIONNO

Piazza Caduti, 23895 Nibionno (LC)

Aggiornamento Componente Geologica Idrogeologica e Sismica del P.G.T.

L.R. 12/2005

D.G.R. n° IX/2616 del 30/10/2011

Integrata con la D.G.R. X/6738 del 19 giugno 2017

RELAZIONE TECNICA

Redatto da: dott. Geol. Vittorio BUSCAGLIA

in collaborazione con:

dott. Geol Domenico SCINETTI

dott. Geol Sergio LOCCHI



documento firmato digitalmente

Lecco – MAGGIO 2019

C.so Martiri della Liberazione, 28 – 23900 LECCO – Tel/fax 0341.360078

E-mail: ingeo@studioingeo.it www.studioingeo.it

INDICE

1 – PREMESSA	3
2 - AGGIORNAMENTO DEL QUADRO CONOSCITIVO	4
2.1 Censimento sorgenti e pozzi sul territorio comunale	8
2.2 <i>Ambiti Attività estrattive e cave di recupero</i>	9
3 - RACCORDO CON IL PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE (Tav.1)	10
4 – AGGIORNAMENTO CARTA DEI VINCOLI (Tavv. 2)	12
5 – AGGIORNAMENTO CARTA DI SINTESI (Tavv.3)	13
6 - INQUADRAMENTO NORMATIVA SISMICA	13
6.1 <i>Risposta Sismica Locale – Generalità</i>	17
7 - AGGIORNAMENTO CARTA P.S.L.	20
7.1 <i>Analisi di 1° Livello (Tavv. 4)</i>	20
7.2 <i>Analisi di 2° Livello (Tavv. 5)</i>	22
7.2.1 <i>Analisi di 2° livello - Amplificazione litologica</i>	22
7.2.2 <i>Analisi di 2° livello - Amplificazione topografica</i>	28
8 – AGGIORNAMENTO CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA (Tavv. 6)	33
9 – CARTA PAI-PGRA (Tav. 8)	34
10 - AGGIORNAMENTO NORME TECNICHE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA	34
11 - DISPOSIZIONI INTEGRATIVE RISPETTO A QUELLE CONTENUTE NELLA D.G.R. VIII/4732/2007 RELATIVE ALL'ATTUAZIONE DELLA VARIANTE NORMATIVA AL PAI NEL	35
SETTORE DELLA PIANIFICAZIONE DELL'EMERGENZA ALLA SCALA COMUNALE	35
12 - CONGRUITA' TRA COMPONENTE GEOLOGICA, PAI-PGRA E AMBITI DI TRASFORMAZIONE	36

Allegato a fine testo

INDAGINI E RISULTATI ANALISI DI 2° LIVELLO

Allegati cartografici

Tav. 1 – Carta con proposta PTCP

Tavv. 2 – Carta dei vincoli - 1:2000

Tavv. 3 – Carta di sintesi - 1:2000

Tavv. 4 – Carta degli scenari di pericolosità sismica locale - 1:2000

Tavv. 5 – Carta degli scenari di pericolosità sismica locale 2° livello - 1:2000

Tavv. 6 – Carta della fattibilità geologica - 1:2000

Tav. 7 – Carta della sovrapposizione fattibilità geologica e scenari di pericolosità sismica - 1:5000

Tav. 8 – Carta PAI-PGRA - 1:5000

NORME DI FATTIBILITA' GEOLOGICA E VINCOLI

Allegati fuori testo

RACCOLTA CARTOGRAFIA DI BASE redatta da Geoplan (2002-2004) (solo in file .pdf nel CD)

RACCOLTA INDAGINI GEOTECNICHE C/O UTC integrazione alla Tav. 6 di Geoplan (2004) (solo in file .pdf nel CD)

1 – PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Nibionno (LC) si aggiorna la Componente Geologica in occasione della variante generale del P.G.T.

L'aggiornamento dalla precedente versione, redatta ai sensi del DGR 8/1566 del 2005 dallo studio dei geologi Buzzi&Corno nel 2010, è necessario a seguito del passaggio del comune in classe sismica 3 dalla precedente classe 4, per l'emanazione della Direttiva Alluvioni 2015, per il recepimento dell'art. 51 delle norme di piano del P.T.C.P. 2014, per il recepimento dei vincoli del P.T.R. 2018 e per l'adozione del D.B.T. come base topografica da parte del Comune.

La cartografia tematica di base (carte di analisi) e la relazione generale descrittiva del territorio, non essendo intervenute significative modifiche territoriali e/o geomorfologiche, rimangono quelle prodotte dal primo studio di Geoplan, redatto nel 2002-2004 ai sensi della L.R. 41-1997. Le carte tematiche e le conoscenze di base contenute nelle versioni precedenti continuano quindi ad essere parte integrante della componente geologica comunale del P.G.T.

Nel seguito si forniscono comunque alcuni elementi di aggiornamento del quadro conoscitivo geologico e idrogeologico.

Il presente elaborato è redatto ai sensi della D.G.R. n° IX/2616 del 30 novembre 2011 e della D.G.R. n° X/6738 del 19 giugno 2017 e contiene, oltre all'adattamento alla nuova base cartografica e al nuovo sistema di georeferenziazione, l'aggiornamento della Carta di Sintesi, della Carta dei Vincoli, della Carta degli scenari di Pericolosità Sismica con le analisi di 2° livello, della Carta di Fattibilità Geologica e la redazione ex novo della carta PAI-PGRA.

Si aggiorna inoltre la normativa di attuazione della fattibilità geologica.

Ai sensi della DGR IX/2616 del 30 novembre 2011 le fasce di rispetto dei corsi d'acqua identificati nello studio del R.I.M. (2010) sono indicate nella Carta dei Vincoli; tuttavia esse non sono più riportate nella carta della fattibilità geologica in quanto oggetto di un vincolo territoriale a sé stante. Si è ritenuto comunque di mantenere l'indicazione del tracciato degli alvei attivi, in quanto territorio direttamente interessato dalle dinamiche idrauliche-torrentizie, anche nella Carta di Sintesi e conseguentemente nella Carta della Fattibilità Geologica.

2 - AGGIORNAMENTO DEL QUADRO CONOSCITIVO

Con l'eccezione del fondovalle del F. Lambro, non si segnalano da parte dell'U.T.C. aree urbanizzate particolarmente soggette a dissesti morfologici o idrogeologici.



Argine c.na Fornace



Argine depuratore sud



Argine depuratore nord



Argine c.na Mulino Nuovo

Il completamento nell'autunno 2018 delle opere relative alla costruzione della diga in loc. Fornaci di Inverigo per la formazione della vasca di laminazione nel fondovalle del F. Lambro, ha comportato la realizzazione di arginature, a protezione dei nuclei edificati e del depuratore presenti nel fondovalle, secondo quanto previsto dallo scenario B relativamente all'area di allagamento di progetto. Al momento manca solo il collaudo definitivo delle opere, a seguito del quale il Comune potrà chiedere la ripermetrazione d'ufficio delle aree di esondazione PAI-PGRA.

Relativamente ai modesti dissesti gravitativi segnalati a carico della sponda destra della Roggia Bevera il sopralluogo ha confermato lo stato di fatto già evidenziato nella relazione di Geoplan 2004 relativamente alla scarpata a sud dell'area industriale "Mazzacavallo".

Nei punti più acclivi della sponda, spesso coincidenti con l'esterno delle anse della roggia, si riconoscono i segni di modesti franamenti probabilmente innescati dall'erosione al piede operata dal corso d'acqua. Altrove si rileva il crollo di alberature poste su suolo acclive, determinato probabilmente dal vento in occasione di eventi meteorologici intensi.



Erosioni al piede e dissesti gravitativi lungo la sponda destra della Roggia Bevera a q.255 circa
 In prossimità della confluenza della Roggia delle Coste nella Roggia Bevera si rileva l'evidenza dell'accresciuto potere erosivo derivante probabilmente dalla maggior intensità delle piene.
 L'evidenza è data dall'allargamento dell'alveo a carico di entrambe le sponde che sono state erose al punto da rendere inutile ed inutilizzabile il ponticello in cemento esistente.



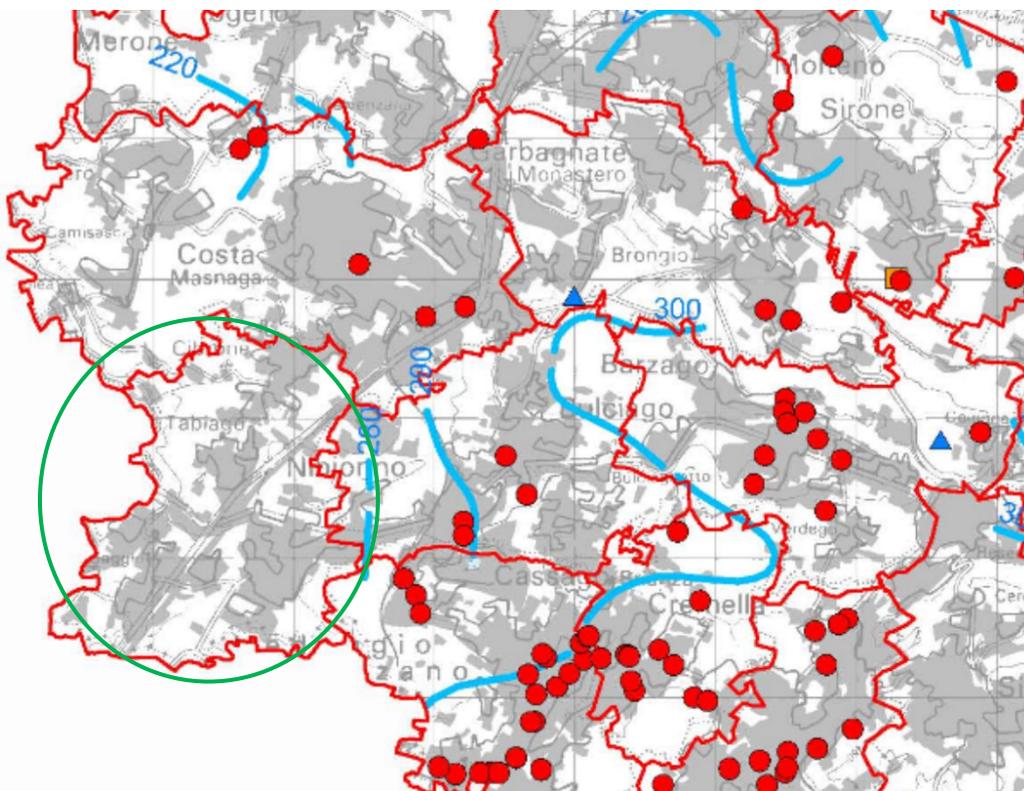
Erosioni laterali hanno isolato e reso inutilizzabile il ponticello sulla Roggia Bevera a q. 261

I modesti fenomeni di esondazione lungo la Roggia Bevera (evento del 2002), già descritti nella relazione precedente (Geoplan 2004) a monte della suddetta confluenza, sono comunque limitati. Più a valle la strozzatura determinata dal ponte di via Verdi al confine con Veduggio può provocare, in caso di occlusione, allagamenti con altezza d'acqua potenzialmente significativa, che allagano la piana a meandri a monte per lo più posta in sponda sinistra e nel comune di Veduggio. A valle del ponte l'allagamento, con tiranti meno significativi, si ritiene possa coinvolgere l'intera area depressa posta a quote inferiori a 251 m s.l.m. e provocare erosioni di fondo e laterali localizzate per il flusso in uscita dal ponte.

Ad est della SS.36 si rileva il riempimento, a scopo di bonifica agricola, dell'area porzione settentrionale della depressione, un tempo attraversata da un fosso, e già segnalata come zona di possibili ristagni nelle versioni dello studio di Geoplan 2002-4.

Per l'inquadramento generale del sistema delle acque sotterranee, non essendo state realizzate nuove perforazioni si rimanda alla precedente relazione di accompagnamento dello Studio Geologico redatta da Geoplan (2002-4).

Come si osserva anche nell'estratto del Piano Cave della provincia di Lecco, l'assenza di pozzi non permette la ricostruzione dell'andamento della superficie piezometrica nel comune di Nibionno.



Provincia di Lecco - Piano cave provinciale - carta idrogeologica: ubicazione pozzi e ricostruzione isopieze

Nella porzione settentrionale del territorio comunale, occupata da depositi glaciali che ricoprono il substrato roccioso, sono localmente testimoniate piccole falde sospese, il cui andamento e la cui continuità laterale non sono cartografabili per mancanza di dati più significativi ed organici. Tra queste si segnala quella che alimenta la sorgente di Tartavalle, un tempo utilizzata anche come fonte potabile, posta sul versante occidentale tra Tabiago e Cibrone, sotto loc. Torre.

Qualità delle acque sotterranee

L'approvvigionamento idrico del comune è assicurato dall'Acquedotto Brianteo, ora gestito da Lario Reti Holding spa, che non è alimentato da sorgenti o pozzi posti sul territorio comunale.

Il monitoraggio e le analisi qualitative sull'acqua distribuita dalla rete pubblica non mostrano negli anni casi di non conformità.

Relativamente invece allo stato qualitativo delle risorse sotterranee proprie di Nibionno si segnala che la citata "Sorgente Tartavalle" è stata oggetto di contaminazione da coliformi nel 2005/2006. A seguito di ciò ne fu dichiarata la non potabilità fino a nuovo avviso.

Nel 2006 l'analisi rilevò anche una contaminazione significativa da atrazina. Da rapporto ARPA su stato delle acque in provincia di Lecco 2012 si legge:

"Comune di Nibionno, Acquifero non di interesse provinciale, che negli anni 2005/2009 ha presentato concentrazioni anomale da fitofarmaci (in particolare atrazina). Piuttosto difficile con i dati a disposizione ipotizzare l'origine della contaminazione, dato che il bacino idrogeologico sembrerebbe chiudersi poco a monte e non vi sono coltivazioni intensive all'intorno"

I campionamenti di monitoraggio sono proseguiti fino al 2010, poi sono stati sospesi. La sorgente della contaminazione non è stata individuata. La misura del settembre 2010 non è comparabile con le precedenti.

I risultati sono riportati nella tabella seguente:

CONCENTRAZIONE ATRAZINA NELLA SORGENTE "TARTAVALLE" - COMUNE DI NIPBIONNO (LC)								
data	10/05/2006	07/06/2006	22/11/2006	15/11/2007	15/11/2008	19/10/2009	15/05/2010	20/09/2010
µg/l	0,30	0,20	0,14	0,19	0,46	0,02*	0,18	<0,01**
Soglia di accettabilità (D.L. 31 del 02-03-2001): <10 µg/l								
analisi svolte da laboratorio ARPA Lecco scondo protocollo APAT IRSA man.29/2003 metodo 5060								
*analisi svolta da Tecnologie d'Impresa - Cabiato, con stessa metodologia di ARPA								
**analisi svolta da CEAR - Merone, con metodologia differente (metodo 5090-5100) e parziale (solo un metabolita)								

Il divieto al consumo potabile dell'acqua della sorgente è tuttora in vigore e segnalato con apposita targa metallica in situ.

La documentazione del monitoraggio e i carteggi con ARPA e ASL sono a disposizione presso l'U.T.C.

Nella pagina a seguire si riporta la scheda della sorgente

2.1 Censimento sorgenti e pozzi sul territorio comunale

Sorgenti

Sul territorio di Nibionno è presente una unica sorgente che non è più utilizzata a scopo potabile dal marzo 2005. Si riporta quanto già contenuto nella relazione di Geoplan del 2002.

“SORGENTE DI TARTAVALLE” - TABIAGO

La sorgente emerge in corrispondenza del contatto fra i depositi morenici ed il sottostante substrato roccioso prequaternario; i motivi che stanno alla causa di questa emergenza, non visibili dalla superficie poiché l'area è completamente ricoperta dalla vegetazione e dal tessuto antropico, sono riconducibili sia ad una circolazione di acqua nell'ambito delle porzioni del substrato permeabili per fratturazione, sia alle differenze di permeabilità dei depositi morenici nell'ambito dei quali avviene la circolazione idrica secondaria.

I dati relativi alla sorgente di Tabiago sono riassunti nella scheda seguente.

COMUNE DI NIBIONNO RELAZIONE GEOLOGICA AI SENSI DELLA L. R. 41/97 Allegato 1: Sorgente di Tabiago Rapp. 16000arpaR04	
--	--

DATI IDENTIFICATIVI		
N° di riferimento e denominazione	1	
Località	Tabiago	
Comune	Nibionno	
Provincia	LC	
Sezione CTR	B5c1	
Coordinate chilometriche Gauss Boaga (da CTR)	Latitudine	5066837
	Longitudine	1520421
Quota (m s.l.m.)	298.00	



DATI CARATTERISTICI DELLA SORGENTE	
Tipo di emergenza	localizzata
Regime	perenne
Stato	captata
Tipologia utilizzo	utilizzo parziale da parte di utenti saltuari
Portata	n.d.

SCHEMA GEOLOGICO
<p>La sorgente emerge in corrispondenza del contatto fra i depositi morenici ed il sottostante substrato roccioso prequaternario; i motivi che stanno alla causa di questa emergenza, non visibili dalla superficie poiché l'area è completamente ricoperta dalla vegetazione e dal tessuto antropico, sono riconducibili sia ad una circolazione di acqua nell'ambito delle porzioni del substrato permeabili per fratturazione, sia alle differenze di permeabilità dei depositi morenici nell'ambito dei quali avviene la circolazione idrica secondaria.</p>

PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA
Criterio geometrico

Pozzi

Sul territorio di Nibionno non sono presenti pozzi ad uso idropotabile, ma solo una perforazione a scopo geotermico.

2.2 AMBITI ATTIVITÀ ESTRATTIVE E CAVE DI RECUPERO

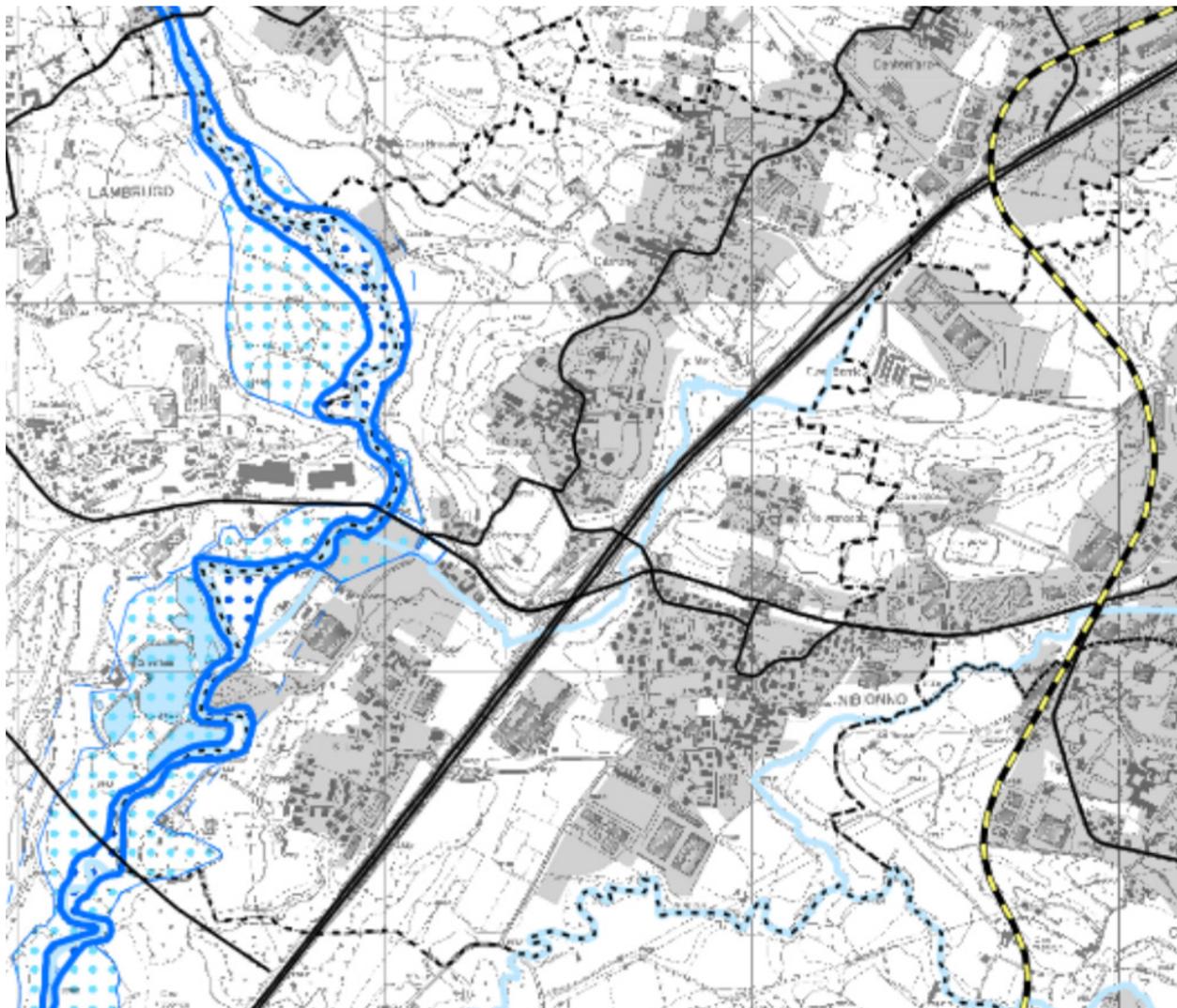
Con delibera del consiglio regionale n. X/903 del 24-11-2015 è vigente il nuovo piano cave della provincia di Lecco. Sul territorio di Nibionno non sono presenti cave o miniere attive.

Lungo il confine sud presso la sponda destra del T. Bevera è segnalato un ex ambito di cava recuperato (<1982) e attualmente interessato dall'insediamento della zona industriale-produttiva "Mazzacavallo".

L'ambito è cartografato nella Carta di Sintesi (ex area di cava) e nella Carta della Fattibilità Geologica in Classe 3b.

3 - RACCORDO CON IL PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE (Tav.1)

Il presente capitolo è redatto per aggiornare lo studio geologico comunale ai contenuti delle norme di piano del P.T.C.P. (2014) in merito al quadro dei dissesti e a quanto indicato dall'art. 51 delle relative N.T.A.



In merito ai fenomeni di dissesto censiti, in base allo Scenario-8A-C-Carta-inventario-dei-dissesti del P.T.C.P., si segnala per il territorio comunale unicamente l'area soggetta al pericolo di esondazione nel fondovalle del F. Lambro (fasce fluviali già delimitate dal P.A.I.) che coinvolge sostanzialmente la piana al confine occidentale con Lambrugo-Inverigo.

In ottemperanza all'art. 51 del P.T.C.P., nella carta dei vincoli sono stati individuati, o meglio precisati sulla base cartografica di dettaglio, gli elementi geomorfologici da valorizzare in chiave

paesaggistica. La Tav. 1 riporta gli elementi attualmente presenti nel PTCP e la proposta di aggiornamento a seguito dell'analisi di maggior dettaglio eseguita sulla base del DBT comunale e da sopralluoghi.

Si sono indicate le principali forme naturali riconoscibili nei tratti non ancora compromessi dall'urbanizzazione o da significative modifiche antropiche, individuando gli assi dei dossi morenici e i principali orli di terrazzo in condizioni ancora naturali.

In due località si può osservare, negli affioramenti del substrato roccioso, oltre alla sezione tipo il contatto tra la Formazione di Brenno e quella di Tabiago (19) e nel sito più a nord tra la Formazione di Tabiago e quella di Cibrone (20), tali aree sono riconosciute come geositi a valenza sovracomunale per l'importanza stratigrafica e l'interesse scientifico. L'estensione dei geositi coincide con l'area di affioramento della roccia.

Per tali ambiti, tutelati dall'art. 51 del PTCP, la classe di fattibilità geologica è stata comunque attribuita in base alla pericolosità geologica del sito e non in base all'elemento morfologico/paesaggistico individuato (lo stesso elemento morfologico potrebbe avere una pericolosità differente in base ad acclività, litologia, attività, ecc.).

4 – AGGIORNAMENTO CARTA DEI VINCOLI (Tavv. 2)

Questa carta deve riportare i vincoli di “interesse geologico” presenti sul territorio comunale, anche con riferimento a quelli derivanti dalla pianificazione sovraordinata quali:

- Fasce di rispetto con vincoli di Polizia Idraulica (vedi studio R.I.M. comunale 2010)
- P.A.I. (elaborato 8: fasce fluviali - d.p.c.m. 24 maggio 2001)
- Piano di gestione del Rischio Alluvioni (PGRA - Direttiva Alluvioni 2015)
- Vincoli derivanti dal P.T.R. (2018) contenuti nella tabella dell’elaborato SO1
- Geositi già identificati ai n 19 e 20 nel repertorio del quadro paesaggistico del PTCP
- Vincoli derivanti dal P.T.C.P. 2014 (art. 51)

Sul territorio comunale di Nibionno insistono vincoli derivanti dalle fasce di rispetto del R.I.M. (territorio soggetto al *Regolamento Comunale di Polizia Idraulica*) e vincoli derivanti da pianificazioni territoriali sovra comunali quali: Fasce fluviali P.A.I. e zone a rischio idraulico delimitate nel PGRA - Direttiva Alluvioni 2015.

Tali tematismi sono stati estratti dal Geoportale di Regione Lombardia rispettandone la georeferenziazione originale senza alcuna modifica.

Lungo la valle del Lambro a valle del ponte della ss342 è stata delimitata l’area destinata alla realizzazione della infrastruttura prioritaria per la difesa del suolo contenuta nell’elaborato SO1 del P.T.R.: area di laminazione della piena del Lambro conseguente alla costruzione della diga in loc. Fornaci di Inverigo (Co). Tale opera, seppur completata, non risulta ancora ufficialmente collaudata.

Quando lo sarà il Comune dovrà richiedere la ripermetrazione d’ufficio degli ambiti PAI-PGRA e quindi procedere alla zonazione del pericolo all’interno delle nuove aree R4 risultanti.

Come richiesto dal P.T.C.P., in questa tavola si riportano inoltre gli elementi geomorfologici ritenuti significativi anche dal punto di vista paesaggistico.

Si tratta di porzioni dei principali orli di terrazzo e dei dossi morenici riconoscibili dalla base cartografica del DBT comunale ove non ancora intaccati dall’urbanizzazione. Sulla base di sopralluoghi si sono inoltre ridisegnati i geositi di rilevanza sovracomunale costituiti da affioramenti rocciosi significativi.

Nella maggior parte dei casi questi ambiti costituiscono una proposta di modifica (Tav. 1) del quadro esistente nel PTCP.

5 – AGGIORNAMENTO CARTA DI SINTESI (Tavv.3)

L'aggiornamento di questo elaborato ha comportato alcune modifiche dei limiti tra i poligoni già definiti nel 2010, soprattutto in conseguenza della diversa topografia localmente rappresentata dalla nuova base topografica (DBT comunale) rispetto all'aerofotogrammetrico utilizzato per la versione precedente o di informazioni derivanti dai sopralluoghi.

In base all'elaborazione tramite programma GIS della carta delle pendenze realizzata sulla base del DTM 5x5m fornito da Regione Lombardia, si sono ridefinite le classi di acclività su tutto il territorio: bassa <15°, moderata 15° – 30° ed elevata >30°.

In generale gli ambiti di pericolosità e vulnerabilità sono individuati in base agli scenari descritti punto 2.2 dell'allegato B della D.G.R. n° IX/2616 del 30 novembre 2011.

Oltre alla pericolosità idraulica riconosciuta nel fondovalle del F. Lambro, già cartografata da PAI e PGRA, si segnala l'area interessata da modeste esondazioni lungo l'alveo della R. Bevera delimitata su base topografico-morfologica a seguito di sopralluogo e l'ambito in riva destra tra q. 260 e q.250 dello stesso torrente dove la sponda presenta una scarpata, anche molto acclive, alta una decina di metri, localmente interessata da dissesti corticali e erosioni al piede ad opera del corso d'acqua che originano modesti franamenti della porzione soprastante.

6 - INQUADRAMENTO NORMATIVA SISMICA

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"*, pubblicata sulla G.U. n. 105 dell'8 maggio 2003 Supplemento ordinario n. 72, vengono individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale e fornite le normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse. Tale Ordinanza è entrata in vigore, per gli aspetti inerenti la classificazione sismica, dal 23 ottobre 2005, data coincidente con l'entrata in vigore del D.M. 14 settembre 2005 *"Norme tecniche per le costruzioni"*, pubblicato sulla G.U. n. 222 del 23 settembre 2005, Supplemento ordinario n. 159 che prevede di tener conto dell'azione degli eventi sismici nell'ambito della progettazione di nuove strutture, essendo stata eliminata la classe dei comuni "non sismici". Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

Per l'applicazione della normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 Marzo 2003) l'intero territorio nazionale è suddiviso in zone sismiche, con grado di pericolosità crescente da 4 a 1 (vedi allegato A della

normativa: classificazione sismica dei comuni italiani); ciascuna zona è contrassegnata da un valore del parametro di accelerazione di picco orizzontale al suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale. La Regione Lombardia, con la D.G.R. 7 novembre 2003 n. 7/14964 ha recepito la classificazione sismica dei singoli comuni proposta dalla OPCM citata. Con la successiva DGR n. 2129 del'11 luglio 2014 Regione Lombardia ha poi provveduto a riclassificare il proprio territorio dal punto di vista sismico. In data 30 marzo 2016 con la D.G.R. n. X/5001, Giunta Regionale ha approvato le linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica, ai sensi degli artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della L.R. 33/2015. La nuova zonazione sismica (D.g.r. 11 luglio 2014 n° 2129) e la L.R. 33/2015 sono entrambe efficaci dal 10 aprile 2016.

La riclassificazione sismica dei comuni operata da Regione Lombardia (D.g.r. 11 luglio 2014 n° 2129) ha attribuito al comune di Nibionno la **Zona Sismica 3.**

Di seguito si riportano gli estratti della mappa di pericolosità sismica nazionale e dei suoi allegati per l'ambito territoriale d'interesse.

Mappe interattive di pericolosità sismica

Strumenti

- Ritorna alla mappa iniziale
- Ridisegna mappa
- Zoom In
- Zoom Out
- Ricentra sul punto
- Grafico sul punto griglia
- Grafico di disaggregazione

Navigazione

Scala: (Valori consentiti: 50.000 - 7.909.000)
 Scala:

Coordinate del centro della mappa
 Latitudine:
 Longitudine:

Ricerca Comune

Il nome
 contiene:

Comune evidenziato
Nibionno

Selezione mappa

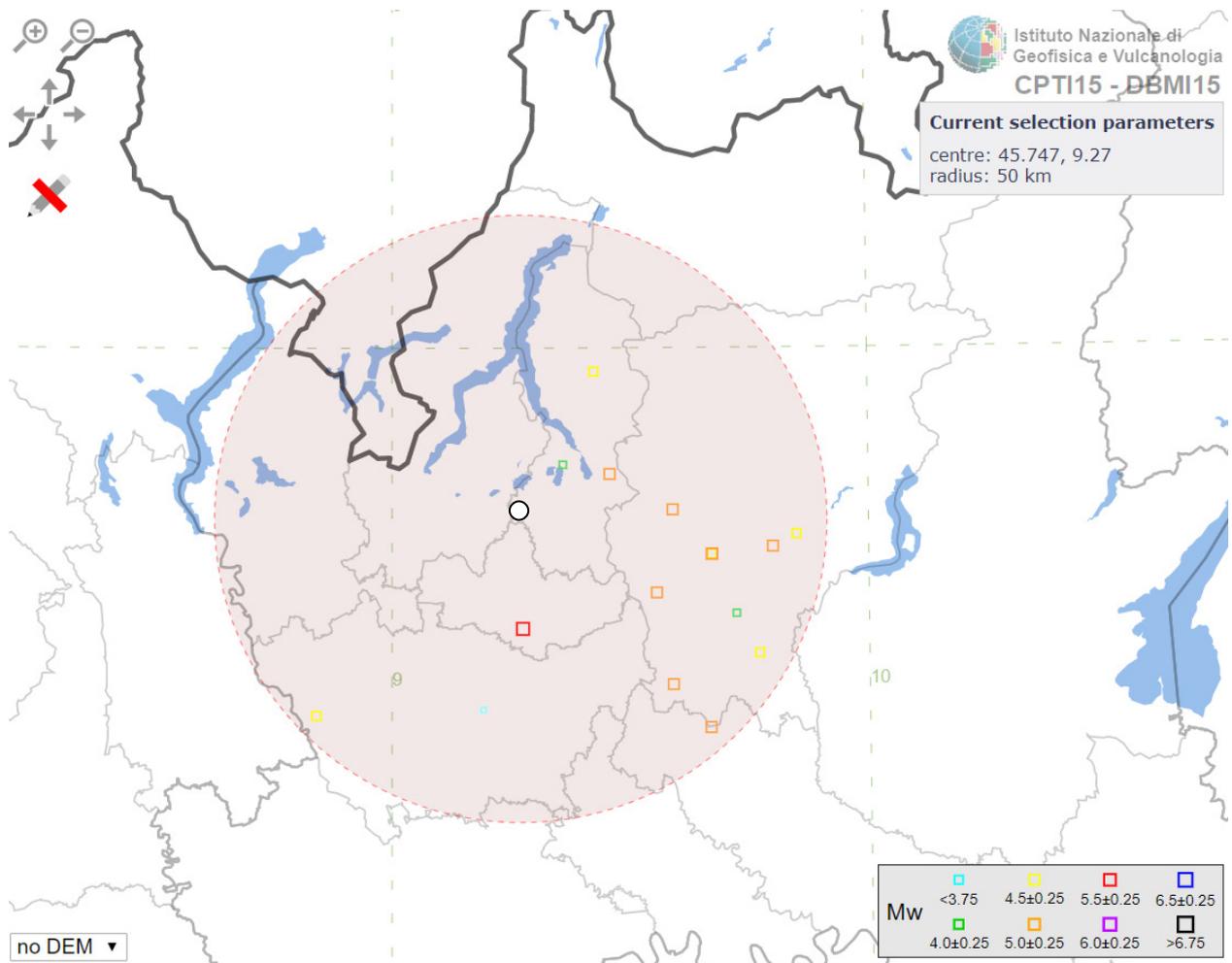
<input checked="" type="checkbox"/>	Visualizza punti della griglia riferiti a:	Parametro dello scuotimento: <input type="text" value="a(g)"/>	Probabilità in 50 anni: <input type="text" value="10%"/>	Percentile: <input type="text" value="50"/>	Periodo spettrale (sec): <input type="text" value=""/>
	Ridisegna mappa				

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
 Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità' di eccedenza del 10% in 50 anni
 (Coordinate del punto lat: 45.7614, lon: 9.2671, ID: 10930)

Contributo percentuale alla pericolosità'

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 45.7614, lon: 9.2671, ID: 10930)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	2.350	3.480	1.340	0.348	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	8.910	14.300	6.240	1.790	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	4.460	8.210	4.280	1.410	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	2.230	4.730	2.900	1.070	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	1.120	3.010	2.330	0.979	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.460	2.000	2.190	1.190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.087	1.050	1.740	1.270	0.290	0.043	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.002	0.462	1.340	1.270	0.486	0.072	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.170	1.130	1.420	0.545	0.073	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.040	0.749	1.200	0.455	0.061	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.005	0.394	0.863	0.362	0.051	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.158	0.535	0.314	0.051	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.059	0.348	0.270	0.048	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.026	0.244	0.207	0.036	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.008	0.137	0.141	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.002	0.079	0.099	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.044	0.070	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.027	0.058	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.990	56.600	1.510



Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	I _o	Mw
1396	11	26				Monza	1	7-8	5.33
1918	04	24	14	21		Lecchese	34	6	4.95
1781	09	10	11	30		Pianura lombarda	11	6-7	4.93
1642	06	13				Pianura lombarda	8	6	4.92
1593	03	08				Bergamo	1	6-7	4.86
1606	08	22				Bergamo	1	6-7	4.86
1661	03	12				Prealpi bergamasche	4	6-7	4.86
1961	11	23	01	12	05	Prealpi bergamasche	119	6-7	4.86
1979	02	09	14	44		Bergamasco	73	6	4.78
1884	09	12	07	23		Pianura lombarda	34	6	4.70
1918	01	13	12			Pianura lombarda	24	4	4.62
1576	09	26	05	10		Bergamo	1	5-6	4.40
1995	10	29	13	00	27	Lago d'Iseo	408	5-6	4.35
1983	01	03	17	03	04	Valsassina			4.27
1771	08	15	08	15		Pianura lombarda	3	5	4.16
1887	05	20	04	12		Lecchese	36	5	3.97
1473	05	07	07	45		Milanese	5	4	3.70

6.1 RISPOSTA SISMICA LOCALE – GENERALITÀ

In occasione di eventi sismici, le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona (condizioni locali) possono influenzare la pericolosità sismica di base, producendo effetti diversi da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area.

Per definire l'azione sismica di progetto si valuta l'effetto della risposta sismica locale, intesa come insieme delle modifiche che il moto sismico sito subisce, in termini di ampiezza, contenuto in frequenza, durata, dovute alle condizioni locali stratigrafiche e topografiche. L'approccio semplificato si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento, come schematizzato nelle tabelle 3.2 II del D.M. 17-01-2018 T.U. edilizia e sull'individuazione della categoria topografica schematizzata nelle tabelle 3.2 III del D.M. 17-01-2018 (T.U. edilizia).

Categoria SUOLO	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.3 delle NTC 17-01-2018. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale (analisi di III livello) per la definizione delle azioni sismiche.

Categoria TOPOGRAFICA	Descrizione
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilevati isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e incl. media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tali effetti sono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti; pertanto gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione dello scenario presente in una determinata area.

In funzione delle caratteristiche del terreno presente, si distinguono quindi due grandi gruppi di effetti locali: quelli di sito o di amplificazione sismica locale e quelli dovuti ad instabilità.

Effetti di sito o di amplificazione sismica locale: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che il moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base, può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il substrato, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali.

Tali effetti si distinguono in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:

- *gli effetti di amplificazione topografica*: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale; tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto; se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi sostituiti da materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto;

- *effetti di amplificazione litologica*: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

Effetti di instabilità: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono rappresentati in generale da fenomeni di instabilità consistenti in veri e propri collassi e talora movimenti di grandi masse di terreno incompatibili con la stabilità delle strutture; tali instabilità sono rappresentate da fenomeni diversi a seconda delle condizioni presenti nel sito:

- Nel caso di versanti in equilibrio precario (in materiale sciolto o in roccia) si possono avere fenomeni di *riattivazione o neoformazione di movimenti franosi* (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazionali e colamenti), per cui il sisma rappresenta un fattore d'innescò del movimento sia direttamente a causa dell'accelerazione esercitata sul suolo sia indirettamente a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali.
- Nel caso di aree interessate da particolari strutture geologiche sepolte e/o affioranti in superficie tipo contatti stratigrafici o tettonici quali faglie sismogenetiche si possono verificare movimenti relativi verticali ed orizzontali tra diversi settori areali che conducono a scorrimenti e cedimenti differenziali interessanti le sovrastrutture.
- Nel caso di terreni particolarmente scadenti dal punto di vista delle proprietà fisico-meccaniche si possono verificare fenomeni di scivolamento e rottura connessi a deformazioni permanenti del suolo; per terreni granulari sopra falda sono possibili *cedimenti* a causa di fenomeni di densificazione ed addensamento del materiale, mentre per terreni granulari fini (sabbiosi) saturi di acqua sono possibili fluimenti e colamenti parziali o generalizzati a causa dei *fenomeni di liquefazione*.
- Nel caso di siti interessati da carsismo sotterraneo o da particolari strutture vacuolari presenti nel sottosuolo si possono verificare fenomeni di subsidenza più o meno accentuati in relazione al crollo parziale o totale di cavità sotterranee.

La metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale è riportata nell'allegato 5 "*Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei P.G.T.*" del d.g.r. 22/12/2005 n°8/1566 "*Criteri attuativi della L.R. 12/05, - Componente geologica idrogeologica e sismica del PGT*", e successivo aggiornamento d.g.r. 30 novembre n° IX/2616.

Sono previsti tre livelli successivi di approfondimento da applicarsi in funzione della zona sismica di appartenenza del comune. Nel caso di un comune in Zona Sismica 3, come Nibionno, sono previsti come obbligatori il **1° livello** della procedura, che prevede il riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica locale e la redazione della carta della pericolosità sismica locale (P.S.L.), e il **2° livello** che deve essere sviluppato in alcuni degli scenari di pericolosità sismica locale individuati dal 1° livello.

7 - AGGIORNAMENTO CARTA P.S.L.

7.1 ANALISI DI 1° LIVELLO (TAVV. 4)

Il 1° livello consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti.

Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area (quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti) e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte e che saranno oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.).

Nell'ambito del territorio comunale di Nibionno le informazioni stratigrafiche non sono desumibili dalla stratigrafia di pozzi (inesistenti) ma solo da dati relativi ad indagini geognostiche (in particolare prove penetrometriche) molto superficiali eseguite preliminarmente alla realizzazione di nuove edificazioni e riportate nella carta geologico applicativa redatta dal Geoplan nello studio del 2002-2004 integrate da quelle eseguite negli ultimi anni e consultabili presso l'UTC e nell'allegato fuori testo.

Piccoli areali di affioramento di depositi recenti e attuali con limitato spessore (es, colluvi) non sono distinti in quanto situazioni non ritenute significative ai fini della classificazione dello scenario di pericolosità sismica comunale. La carta delle PSL di 1° livello era già stata redatta nello studio effettuato da Buzzi&Corno nel 2010. Tale carta è stata aggiornata in base alla ridefinizione dei limiti derivante dall'adeguamento alla nuova base topografica e dall'analisi della cartografia di analisi e di inquadramento dello studio geologico di più recente pubblicazione (carta geologica CARG - foglio Seregno).

Lo spessore irregolare dei depositi quaternari in ambiti collinari ed il loro grado di cementazione /addensamento variabile non garantiscono a priori un comportamento sismico prevedibile e correlabile in modo lineare anche tra due siti anche a breve distanza.

Nella *Carta della Pericolosità Sismica Locale* aggiornata (a scala 1:5.000) viene riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo in grado di determinare gli effetti sismici locali, specificate nella Tabella 1 proposta dalla normativa vigente:

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (PSL)	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Tabella 1 – Scenari di pericolosità sismica locale

Nell'ambito del territorio comunale di Nibionno si sono individuati effetti di amplificazione sismica locale riconducibili a:

effetti relativi ad amplificazione litologica

- **Z4a** - Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi. Tale scenario occupa gran parte della superficie comunale nelle aree pianeggianti lungo la ss36 e a sud della sp 342.
- **Z4c** – Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi. Tale scenario corrisponde alla porzione collinare di Nibionno presente soprattutto a nord della sp 342 caratterizzata dai dossi collinari di Tabiago, Cibrone, Merla e Mongodio che emergono dai depositi fluvioglaciali s.l. circostanti.

effetti relativi ad amplificazione morfologica

Si sono riconosciute alcune creste o scarpate con roccia subaffiorante che rientrano nello scenario di possibile amplificazione del moto sismico per le caratteristiche geometriche. A tal ambiti è stata attribuita la sigla **Z3a** e **Z3b** sulla base della forma morfologica

La carta della pericolosità sismica locale (Tavv.4) rappresenta quindi il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento.

7.2 ANALISI DI 2° LIVELLO (TAVV. 5)

Il 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4). La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di Fa. Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di Fa sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

La procedura di 2° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di Fa per entrambi gli intervalli di periodo considerati, mentre per gli effetti morfologici solo per l'intervallo 0.1-0.5 s: questa limitazione è causata dall'impiego, per la messa a punto della scheda di valutazione, di codici di calcolo di tipo bidimensionale ad elementi di contorno, che sono risultati più sensibili all'influenza del moto di input nell'intervallo di periodo 0.5-1.5 s.

7.2.1 ANALISI DI 2° LIVELLO - AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA

L'analisi di secondo livello prevede una caratterizzazione semi quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree Z4 perimetrate nella "Carta di Pericolosità Sismica Locale", e fornisce la stima della risposta sismica dei terreni valutando il valore del Fattore di Amplificazione (Fa) come prescritto nell'allegato 5 della DGR n. IX/2616 del 30 novembre 2011 – "Aggiornamento dei 'Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12', approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374".

Lo scopo delle analisi di 2° livello è di individuare le aree in cui le sollecitazioni sismiche previste dalla normativa nazionale risultano insufficienti a salvaguardare le strutture sia esistenti sia future dagli effetti di amplificazione sismica locale; per queste aree si dovrà procedere alle indagini di 3° livello o, in alternativa quando possibile, utilizzare i parametri di progetto previsti dal T.U. edilizia 2018 per la categoria di suolo superiore (da suolo B a suolo C o D / da suolo C a suolo D / da suolo E a suolo D).

Nelle aree di PSL interessate da amplificazione litologica Z4 individuate sul territorio comunale di Nibionno all'interno dell'abitato e/o in corrispondenza di strutture di pubblico interesse, si è proceduto alla caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione attesi, secondo l'approfondimento del 2° livello. I valori di Fa ottenuti da apposite indagini sismiche sono confrontati con i Valori di soglia del Fattore di amplificazione (Fa) attribuiti dalla normativa regionale al comune di Nibionno per le categorie di suolo A-B-C-D-E indicate dal DM 17-01-2018 per due differenti intervalli di periodo T, tra 0.1-0.5 s e tra 0.5-1.5 s.

La procedura richiede i seguenti passaggi:

- ✓ Esecuzione di indagini geofisiche (MASW, REMI e misure H/V) per individuare il tipo di suolo di fondazione a cui appartengono i depositi dell'area d'interesse in base ai valori di Vs, utilizzando la classificazione (A, B, C, D, E) del D.M. 17-01-2018 T.U. Edilizia;
- ✓ individuare la scheda di valutazione di riferimento proposte dalla normativa regionale compatibile con la stratigrafia sismica locale individuata dalle indagini;
- ✓ in funzione della profondità e della velocità Vs dello strato superficiale, all'interno della scheda di valutazione scegliere la curva più appropriata per la valutazione del valore di Fa nell'intervallo 0.1-0.5 s e nell'intervallo 0.5-1.5 s, in base al valore del periodo proprio del sito T;
- ✓ calcolare i due fattori Fa per le due diverse classi di periodo (0,1-0,5 e 0,5-1,5 secondi);
- ✓ confrontare i valori di Fa calcolati con i valori soglia forniti dalla Regione Lombardia per il comune in oggetto, con riferimento alla categoria di suolo precedentemente individuata;
- ✓ valutare l'adeguatezza dello spettro sismico proposto dalla normativa per la progettazione.

Le indagini sismiche appositamente condotte per il presente studio sono consistite in 6 stendimenti con registrazione tipo MASW e in 6 indagini tomografiche per la misura del rapporto H/V nello spettro di frequenza dei microtremiti. Si riportano inoltre i risultati delle tre indagini REMI contenute nello studio di Buzzi&Corno del 2010; per le analisi di 2° livello, le sismostratigrafie individuate nel 2010 sono state reinterpretate con i criteri NTC2018.

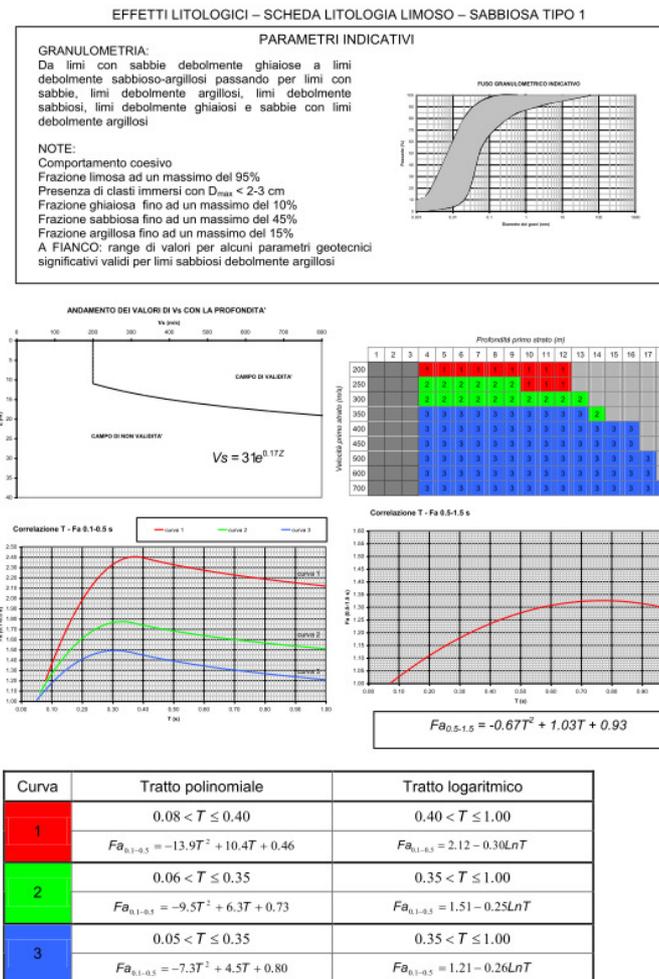
La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento delle Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico - geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

Sulla base di intervalli indicativi di alcuni parametri geotecnici, quali curva granulometrica, parametri indice, numero di colpi della prova SPT, si individua la litologia prevalente presente nel sito e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione di riferimento.

Attualmente sono disponibili:

- una scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose;
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-argillose (tipo 1 e tipo 2);
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose (tipo 1 e tipo 2);
- una scheda per le litologie prevalentemente sabbiose.



esempio di scheda

Una volta individuata la scheda di riferimento è necessario verificarne la validità in base all'andamento dei valori di V_s con la profondità. In presenza di una litologia non contemplata dalle schede di valutazione allegate si potrà utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle V_s con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine.

Nel caso esista la scheda di valutazione per la litologia esaminata ma l'andamento delle V_s con la profondità non ricade nel campo di validità della scheda potrà essere scelta un'altra scheda che presenti l'andamento delle V_s con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine.

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della profondità e della velocità V_s dello strato superficiale, utilizzando la matrice della scheda di valutazione, la curva più

appropriata (indicata con il numero e il colore di riferimento) per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0.1-0.5 s e nell'intervallo 0.5-1.5 s, in base al valore del periodo proprio del sito T_1 . Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità V_s è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

ove h_i e V_{s_i} sono lo spessore e la velocità dello strato i -esimo del modello.

Il valore di F_a determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale e dovrà essere utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di F_a ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e per le diverse categorie di suolo (Norme Tecniche per le Costruzioni) soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s.

L'attribuzione alla categoria di suolo andrà condotta applicando la seguente relazione:

$$V_s = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

con: h_i = spessore dell' i -esimo strato;

V_{s_i} = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s_{eq}}$ è definita dal parametro $V_{s_{30}}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia è riportato nella banca dati in formato .xls (**soglie_lomb.xls**) e rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro

¹ Nel caso il valore di V_s dello strato superficiale risulta pari o superiore ad 800 m/s non si applica la procedura semplificata per la valutazione del F_a in quanto l'amplificazione litologica attesa è nulla ($F_a=1.0$).

proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di F_a con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di + 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di F_a ottenuto.

Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di F_a è inferiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore di F_a è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:
 - anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
 - anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D; ▪ anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

Nell'allegato a fine testo si riportano i risultati delle analisi di 2° livello eseguite su 6 siti oggetto di indagine, interpretati secondo i criteri aggiornati del D.M. 17-01-2018 T.U. Edilizia (per l'attribuzione della categoria di suolo) e la D.G.R. n.2616 del 2011 (per il confronto con le soglie di amplificazione).

Per il comune di Nibionno la normativa individua le seguenti soglie del valore di F_a :

PERIODO T DELLA STRUTTURA COMPRESO TRA 0.1-0.5 s						
rappresentativo del periodo proprio della maggior parte degli edifici presenti nel territorio regionale, ovvero edifici con strutture rigide e sviluppo verticale indicativamente fino a 5 piani						
		Valore di soglia per F_a				
COMUNE	Classificazione	Suolo A	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
NIBIONNO	zona sismica 3	1	1,4	1,8	2,2	2,0
PERIODO T DELLA STRUTTURA COMPRESO TRA 0.5-1.5 s						
rappresentativo del periodo proprio di alcuni edifici presenti nei centri urbani più sviluppati del territorio regionale, ovvero edifici con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani						
		Valore di soglia per F_a				
COMUNE	Classificazione	Suolo A	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
NIBIONNO	zona sismica 3	1	1,7	2,4	4,2	3,1

Dal confronto tra il valore del Fattore di amplificazione (Fa) ottenuto dalle analisi di 2° livello ed il valore di soglia previsto dalla normativa sono stati ottenuti i seguenti risultati:

INDAGINE SISMICA	Categoria suolo	PERIODO COMPRESO TRA 0.1-0.5 s			PERIODO COMPRESO TRA 0.5-1.5 s		
		Fa calcolato	Valore Soglia	Fa<soglia	Fa calcolato	Valore Soglia	Fa<soglia
sito 1	C	1.2	1.8	ok	2.0	2.4	ok
sito 2	E	1.0	2.0	ok	1.0	3.1	ok
sito 3	B	1.6	1.4	NO	1.2	1.7	ok
sito 4	E	1.3	2.0	ok	1.1	3.1	ok
sito 5	B	1.2	1.4	ok	1.1	1.7	ok
sito 6	E	1.3	2.0	ok	1.1	3.1	ok
REMI 1	E	1.6	2.0	ok	1.2	3.1	ok
REMI 2	E	1.7	2.0	ok	1.4	3.1	ok
REMI 3	E	1.3	2.0	ok	1.0	3.1	ok

Sulla base di quanto emerso dall'analisi di 2° livello, in base a quanto previsto dalla normativa, si dovrebbe redigere una carta delle amplificazioni locali, sulla quale indicare aree sismicamente omogenee distinte sulla base di fattori di amplificazione Fa maggiori o minori rispetto ai valori di soglia comunale.

Nel caso di Nibionno, per la presenza di eterogeneità litologiche frequenti associate a variazioni continue dello spessore dei depositi quaternari (glaciali) in ambito collinare e per la presenza a profondità variabile del substrato roccioso anche nell'area di pianura, tale individuazione di aree omogenee risulterebbe affetta da semplificazioni tali da indurre errori non trascurabili.

Dalle indagini svolte risulta che la valutazione dell'amplificazione litologica nel territorio, soprattutto collinare, di Nibionno è fortemente "sito dipendente"; **si dovrà quindi calcolare il fattore di amplificazione locale da confrontare con quello di soglia della normativa per ogni progetto edificatorio ricadente in area Z4 di P.S.L.**

A titolo orientativo è stata comunque redatta una carta (Tavv. 5) con l'ubicazione delle indagini sismiche condotte ed i risultati delle analisi di 2° livello (tipo di suolo, valori di Fa e i valori di frequenza fondamentale del sito).

Tali risultati possono essere considerati validi solo per gli immediati intorni dei siti indagati.

7.2.2 ANALISI DI 2° LIVELLO - AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

La valutazione dell'amplificazione topografica si applica solo agli ambiti con roccia affiorante o subaffiorante con V_s maggiore di 800 m/s.

Zona di scarpata (Scenario Z3a)

Lo scenario di "scarpata rocciosa (Z3a)" è caratterizzato da irregolarità topografiche con fronti di altezza (H) uguale o superiore a 10 m ed inclinazione (α) del fronte principale uguale o superiore ai 10°.

Il materiale costituente il rilievo deve avere una V_s maggiore o uguale ad 800 m/s.

In funzione della tipologia del fronte superiore si distinguono:

- scarpate ideali con fronte superiore orizzontale;
- scarpate in pendenza con fronte superiore inclinato nello stesso senso del fronte principale;
- scarpate in contropendenza con fronte superiore inclinato nel senso opposto a quello del fronte principale.

La misura dell'altezza H è da intendersi come distanza verticale dal piede al ciglio del fronte principale, mentre il fronte superiore è da definire come distanza tra il ciglio del fronte principale e la prima evidente irregolarità morfologica.

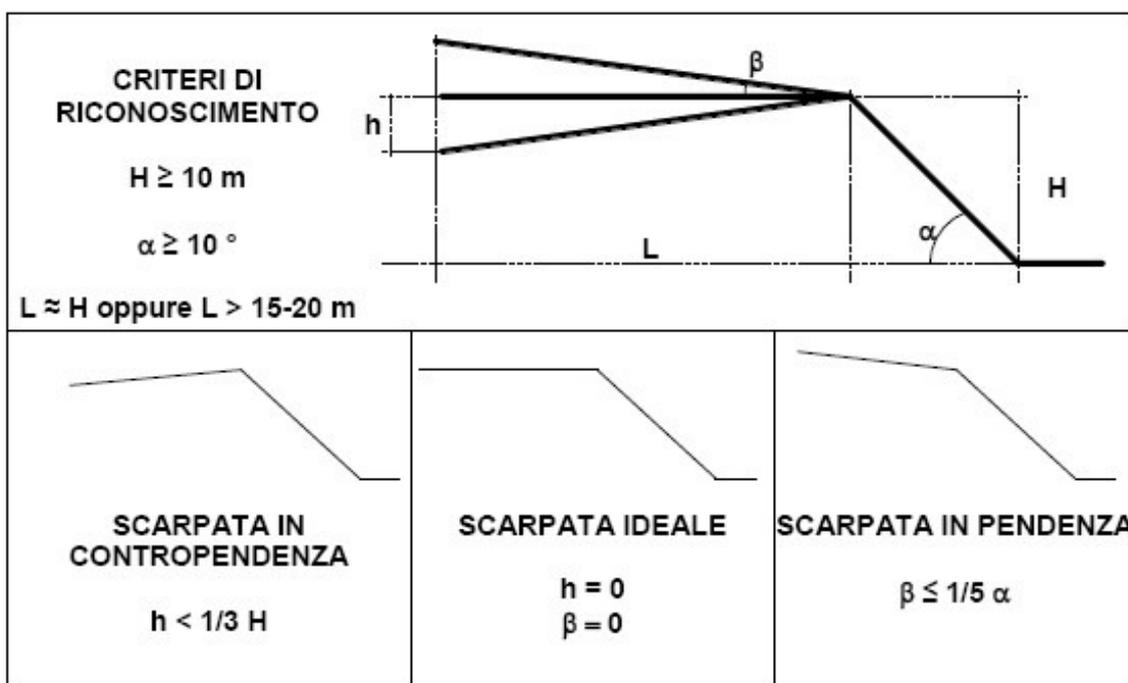
Sono da considerare scarpate solo quelle situazioni che presentano:

- un fronte superiore di estensione paragonabile al dislivello altimetrico massimo (H) o comunque non inferiore ai 15-20 m;
- l'inclinazione (β) del fronte superiore inferiore o uguale ad un quinto dell'inclinazione (α) del fronte principale, nel caso delle scarpate in pendenza (per $\beta > 1/5 \alpha$ la situazione è da considerarsi pendio);
- il dislivello altimetrico minimo (h) minore ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H), nel caso di scarpate in contropendenza (per $h \geq 1/3H$ la situazione è da considerarsi una cresta appuntita).

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione dell'inclinazione α il valore di F_a nell'intervallo 0.1-0.5 s. Il valore di F_a determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale ed assegnato al ciglio del fronte principale, mentre all'interno della relativa area di influenza (fronte superiore) il valore è scalato in modo lineare fino al raggiungimento del valore unitario; lungo il fronte principale tale valore è scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base del fronte stesso. I valori di F_a così ottenuti dovranno essere utilizzati per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

Di seguito si riporta la scheda di riferimento per l'analisi di 2° livello per scarpate in roccia:

EFFETTI MORFOLOGICI – SCARPATA - SCENARIO Z3a



Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $Fa_{0,1-0,5}$	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = 34 H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = 23H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

Zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo (Scenario Z3b)

La procedura semplificata è valida per lo scenario di zona di “cresta rocciosa e/o cocuzzolo (Z3b)”, caratterizzata da pendii con inclinazione maggiore o uguale ai 10°; sono da considerare creste solo quelle situazioni che presentano il dislivello altimetrico minimo (h) maggiore o uguale ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H).

Il materiale costituente il rilievo topografico deve avere una V_s maggiore o uguale ad 800 m/s.

Nell'ambito delle creste si distinguono due situazioni:

- rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta (l) molto inferiore alla larghezza alla base (L) (cresta appuntita);
- rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta paragonabile alla larghezza alla base, ovvero pari ad almeno 1/3 della larghezza alla base; la zona di cresta è pianeggiante o sub pianeggiante con inclinazioni inferiori a 10° (cresta arrotondata).

Per l'utilizzo della scheda di valutazione si richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- larghezza alla base del rilievo L ;
- larghezza in cresta del rilievo l ;
- dislivello altimetrico massimo H e dislivello altimetrico minimo h dei versanti;
- coefficiente di forma H/L .

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della tipologia di cresta (appuntita o arrotondata) e della larghezza alla base del rilievo, solo per le creste appuntite, la curva più appropriata per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0.1-0.5 s, in base al valore del coefficiente di forma H/L .

Il valore di F_a determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale ed assegnato all'area corrispondente alla larghezza in cresta l , mentre lungo i versanti tale valore è scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base di ciascun versante.

I valori di F_a così ottenuti dovranno essere utilizzati per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione, per ambedue gli scenari (zona di scarpata e zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo), viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando i valori di F_a ottenuti dalle Schede di valutazione con il valore di St delle Norme Tecniche per le Costruzioni. Tale valore St rappresenta il valore di soglia, oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito. La procedura prevede, pertanto, di valutare il valore di F_a con la scheda di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di + 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di F_a ottenuto dalla procedura semplificata.

Si possono presentare, quindi, due situazioni:

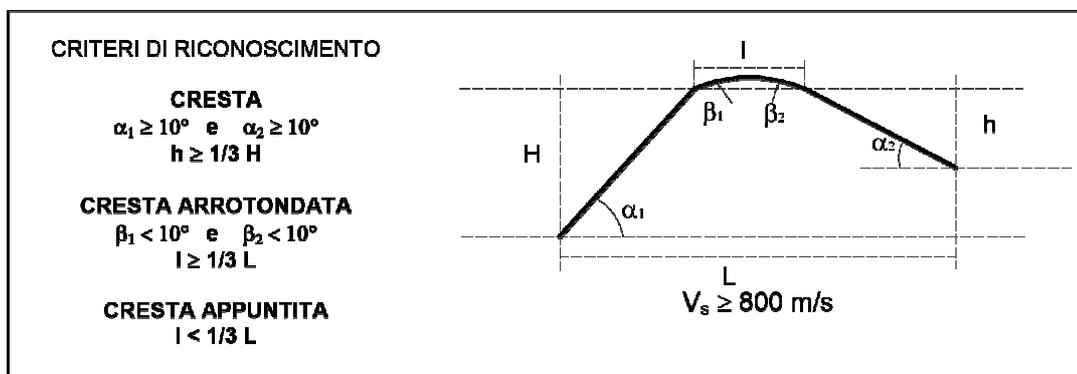
- il valore di F_a è inferiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore di F_a è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione morfologica e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia.

Nel caso di rilievi morfologici asimmetrici che possono essere rappresentati sia dallo scenario Z3a sia dallo scenario Z3b, a seconda dell'orientazione della sezione, si analizzeranno entrambi i casi e si sceglierà quello più sfavorevole.

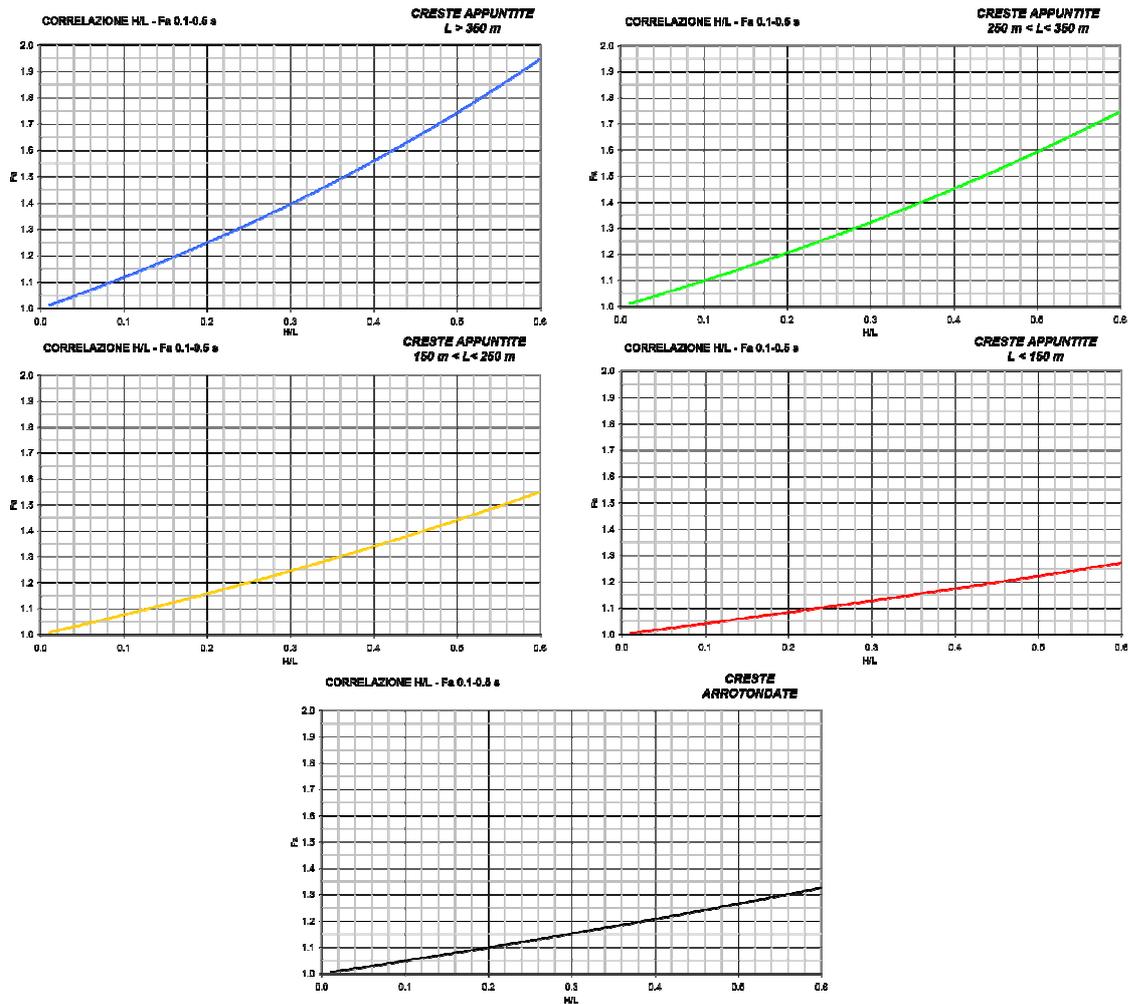
Nel caso si prevedano costruzioni con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani, in presenza di scenari Z3a e Z3b, è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia.

Di seguito si riporta la scheda di riferimento per l'analisi di 2° livello per zona di cresta rocciosa e cucuzzoli:

EFFETTI MORFOLOGICI – CRESTE - SCENARIO Z3b



	L > 350	250 < L < 350	150 < L < 250	L < 150
Creste Appuntite	$F_{a_{0.100.5}} \square e_{1.11H/L}$	$F_{a_{0.100.5}} \square e_{0.93H/L}$	$F_{a_{0.100.5}} \square e_{0.73H/L}$	$F_{a_{0.100.5}} \square e_{0.40H/L}$
Creste Arrotondate	$F_{a_{0.100.5}} \square e_{0.47H/L}$			



In base a quanto esposto sopra, per il presente studio è stata condotta un'analisi di 2° livello delle scarpate e delle creste rocciose già individuate nell'analisi di 1° livello. Tramite applicativo GIS, sono state seguiti i passaggi indicati sopra per ricostruite i valori di Fa in base alla topografia.

Nelle Tavv, 5 si rappresentano i valori ricavati per gli ambiti interessati da amplificazione topografica con colore graduato in base all'andamento di Fa con la distanza.

8 – AGGIORNAMENTO CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA (Tavv. 6)

A conclusione dell'aggiornamento dello Studio Geologico di supporto alla pianificazione territoriale del Comune di Nibionno è stata condotta la revisione della perimetrazione delle classi di fattibilità geologica a seguito dell'adeguamento dei poligoni della Carta di Sintesi alla nuova base cartografica, al recepimento delle aree con pericolo idraulico individuate nel PGRA2015, a un maggior dettaglio nella zonazione del territorio in base all'acclività. Per quanto riguarda i dissesti gravitativi si conferma che l'unico lembo di territorio che manifesta tali problemi, peraltro di modesta entità, è la scarpata, alta circa 10 m, che costituisce la sponda destra della Roggia Bevera in corrispondenza del bordo meridionale dell'area industriale "Mazzacavallo", verso il confine sud del comune.

Qui si conferma la predisposizione al dissesto legata sia all'acclività sia a processi localizzati di erosione al piede ad opera del corso d'acqua.

Le classi di fattibilità sono individuate in base alle classi di ingresso descritte al punto 3.2, Tab. 1, Tab. 1 bis e Tab. 2 dell'allegato B della D.G.R. n° IX/2616 del 30 novembre 2011.

Il territorio comunale di Nibionno è interessato dalle fasce fluviali del P.A.I. e dalle aree individuate dal Piano di Gestione Rischio Alluvioni tra quelle con pericolosità idraulica lungo il fondovalle del F. Lambro (PGRA 2015).

Tali tematismi, estratti dal Geoportale di Regione Lombardia rispettandone la georeferenziazione originale, sono riportati nella Carta dei Vincoli (Tavv. 2) senza alcuna modifica. Per quanto riguarda le aree allagabili nel fondovalle del Lambro a valle del ponte della sp342 nella Carta della Fattibilità Geologica si è tenuto conto di quelle stabilite dallo scenario B relativo al progetto della diga di Fornaci di Inverigo, recentemente realizzato ed inaugurato nell'autunno 2018. Tale progetto ha comportato la costruzione di lunghi argini in terra; uno a protezione di C.na Mulino Nuovo e l'altro a salvaguardia del depuratore e di c.na Fornace, individuando ad ovest degli argini l'area allagabile di progetto (scenario B) che quindi viene qui vincolata a tale scopo. Quando tali opere saranno definitivamente ed ufficialmente collaudate si potrà procedere anche alla richiesta di ripermetrazione delle aree del PGRA e conseguentemente alla zonazione della pericolosità all'interno delle aree R4 risultanti.

In base ad un sopralluogo e alle notizie relative ad eventi di esondazione accaduti lungo il corso della Roggia Bevera si è vincolato con *criterio geomorfologico* una fascia del territorio lungo l'alveo che si ritiene potrà essere nuovamente interessata da fenomeni di esondazione, seppur di portata limitata. In seguito ad eventuali più approfonditi studi idraulici si potrà caratterizzare la pericolosità di tali eventi e conseguentemente valutare se e come inserire tali aree soggette ad allagamento nel quadro dei dissesti P.A.I.

9 – CARTA PAI-PGRA (Tav. 8)

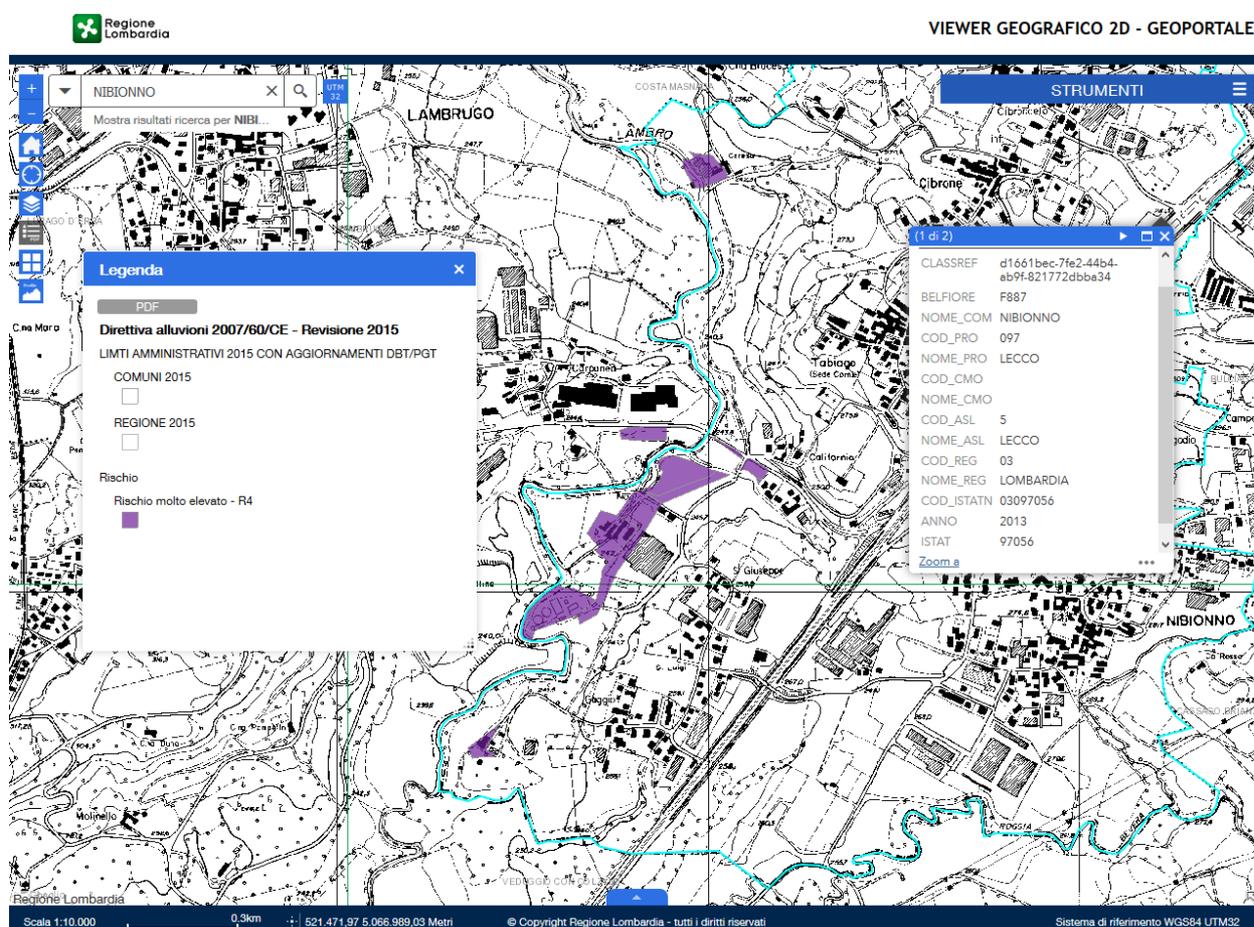
Nel presente studio è stata prodotta la prima carta PAI-PGRA riportando così le aree allagabili o caratterizzati da vari gradi di pericolosità idraulica lungo il F. Lambro sulla cartografia del DBT comunale.

10 - AGGIORNAMENTO NORME TECNICHE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA

L'aggiornamento delle Norme Tecniche e la normativa sui vincoli sono contenuti nel fascicolo: "NORME DI FATTIBILITA' GEOLOGICA E VINCOLI" allegato fuori testo che, insieme alla Carta della Fattibilità Geologica (Tavv.6) cui fa riferimento, è parte integrante del Piano delle Regole.

11 - DISPOSIZIONI INTEGRATIVE RISPETTO A QUELLE CONTENUTE NELLA D.G.R. VIII/4732/2007 RELATIVE ALL'ATTUAZIONE DELLA VARIANTE NORMATIVA AL PAI NEL SETTORE DELLA PIANIFICAZIONE DELL'EMERGENZA ALLA SCALA COMUNALE

Come richiesto dalla DGR X/6738 del 19-06-2017 il Piano di Emergenza Comunale dovrà essere aggiornato alle nuove perimetrazioni individuate dalla direttiva PAI e PGRA su tutto il territorio comunale. Particolare attenzione andrà posta alle aree R4 evidenziate dal PGRA che individuano zone già urbanizzate soggette ad alta pericolosità idraulica, individuate nella Carta dei Vincoli (Tavv.3).



Adeguamento Piano di Emergenza Comunale:

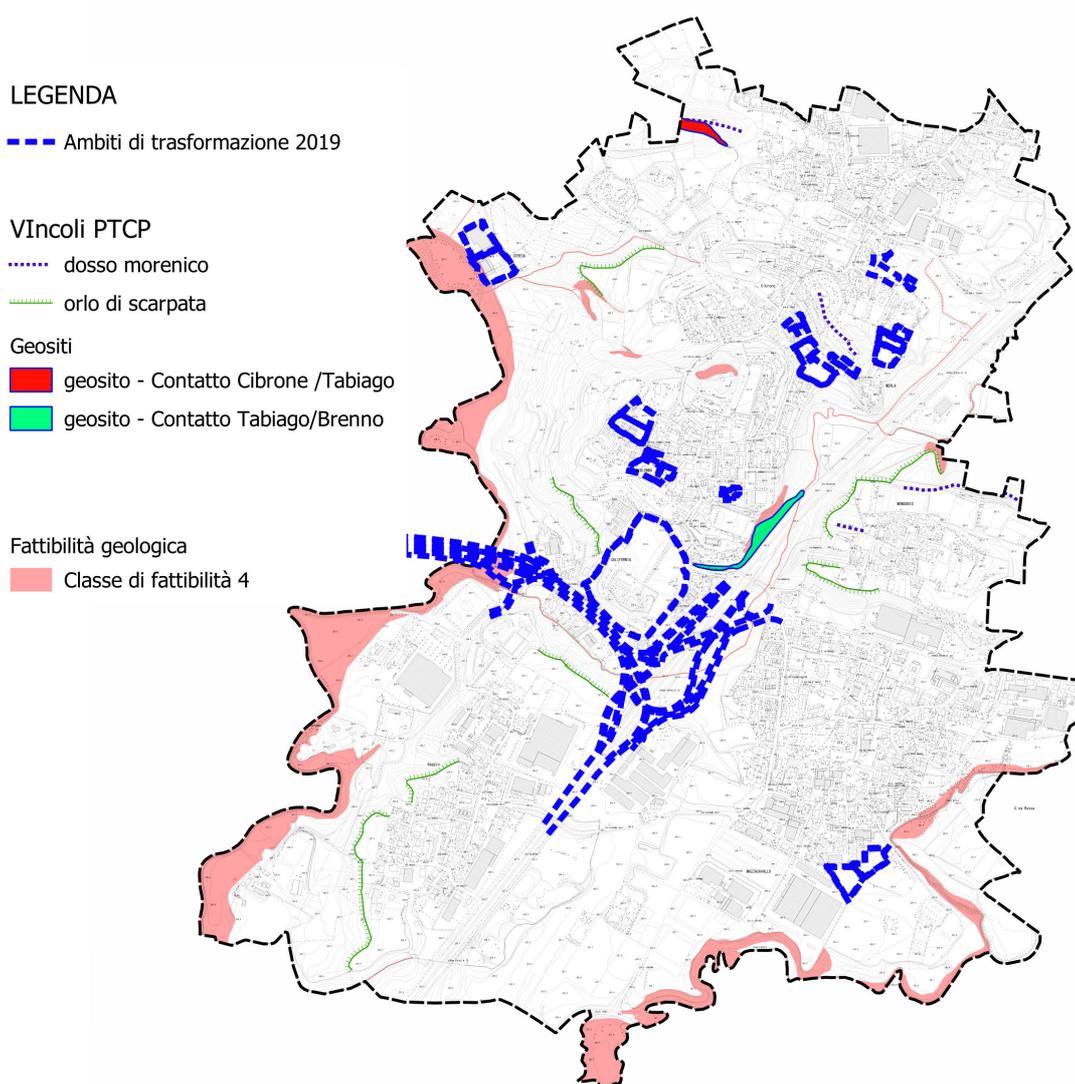
Per gli ambiti R4 identificati negli elaborati del PGRA2015 si dovrà verificare l'esistenza di adeguati scenari di rischio che andranno aggiornati alla luce delle nuove conoscenze o, in mancanza, redatti ex novo.

Di fondamentale importanza è l'informazione ai cittadini dell'esistenza degli ambiti a rischio idraulico. La popolazione potenzialmente coinvolta dallo scenario andrà resa consapevole dell'esistenza di un pericolo per esondazione e andrà addestrata ad un corretto comportamento in occasione di eventi calamitosi.

Lungo il F. Lambro per le aree esterne alle R4, ma classificate come H4-H3, sebbene non vi sia un rischio rilevante (per assenza di elementi antropici vulnerabili), sussiste un comunque un reale grave pericolo. Tali aree dovranno essere interdette e monitorate in occasione di esondazioni del fiume.

12 - CONGRUITA' TRA COMPONENTE GEOLOGICA, PAI-PGRA E AMBITI DI TRASFORMAZIONE

Di seguito si riporta il confronto tra gli Ambiti di Trasformazione (piani di completamento, piani di recupero, ecc.) contenuti della variante 2019 al PGT forniti dal Progettista e gli ambiti con vincolo di inedificabilità derivante dallo studio geologico e dai regolamenti sovracomunali.



La sovrapposizione evidenzia che gli A.T. sono ubicati generalmente in ambiti non interessati da vincoli di inedificabilità, ad eccezione della ristretta fascia occidentale del PDR2 che ricade nella fascia ad alta pericolosità idraulica (inedificabile).

Lecco, maggio 2019

Dott. geol. Vittorio Buscaglia



documento firmato digitalmente

ALLEGATO

INDAGINI SISMICHE: RISULTATI ED ANALISI DI 2° LIVELLO (amplificazione litologica)

INDAGINE SISMICA

RAPPORTO TECNICO

1. PREMESSA

Data indagine: marzo 2019

Luogo di indagine: Nibionno (Lc)

Metodo di indagine: Indagine Congiunta MASW-HVSR

Indagini MASW: n°6

Indagini HVSR: n°6



MASW

Equidistanza: 2 m
Battute: -4 m / -10 m / 56 m



HVSR

tempo di registrazione: 20 min

La ricostruzione del modello stratigrafico sismico è stata condotta elaborando congiuntamente l'indagine MASW con l'indagine HVSR. Tale approccio permette di contenere possibili errori dovuti al processo di inversione.

2. INDAGINE MASW

La tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) si propone come obiettivo l'individuazione dei profili di variazione con la profondità delle velocità delle onde di volume (V_p e V_s). Il metodo è basato sui legami noti tra queste velocità e la dispersione delle onde di superficie (o di Rayleigh) che si osserva nella propagazione della perturbazione attraverso un mezzo elastico stratificato. L'analisi può essere basata su segnali prodotti con una energizzazione in loco da parte dell'esecutore della acquisizione (es. con una massa battente), oppure sulla registrazione di vibrazioni prodotte da sorgenti lontane ed eterogenee (oceano, vento, fiumi, microsismi, attività antropiche, ecc.).

Nel primo caso si parla di MASW attiva, con cui è possibile indagare alcune decine di metri di sottosuolo, e nel secondo di MASW passiva, che consente di arrivare a profondità maggiori, laddove ci siano particolari condizioni.

Si realizza disponendo una catena geofonica a bassa frequenza di risonanza in linea o in "array" bidimensionale (geometrie circolari e irregolari) e misurando il rumore generato dalla sorgente o quello ambientale (masw passiva). Dall'analisi F-K (frequenza-spazio) dei treni d'onda è possibile ricavare una curva di dispersione delle onde superficiali che conduce al calcolo del profilo di velocità delle onde di taglio e stimare lo spessore di una copertura rispetto al semispazio.

Allo scopo ridurre il rumore di fondo e migliorare la qualità complessiva del segnale sono stati eseguiti più energizzazioni in ogni stazione e, ove ritenuto utile, essi sono stati sommati (stacking).

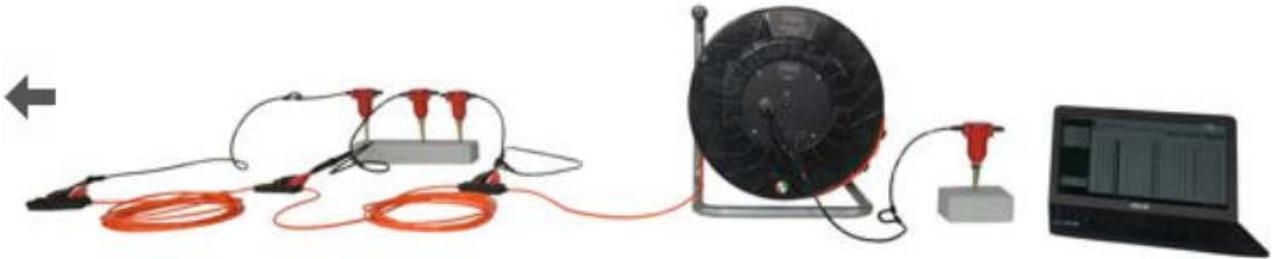
2.1 Strumentazione

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo multicanale "S485" della MAE srl le cui caratteristiche tecniche vengono di seguito riportate:

- Numero canali massimo: 24
- Acquisizione: ADC Delta-Sigma @ 24 bit
- Range dinamico: 144 dB (teorico)
- Reiezione: modo comune 110 dB @ 60Hz.
- Preamplificatore: 0, 6, 12, 18, 24, 30, 36 dB.
- Massimo segnale di ingresso: ± 5 V.
- Filtri: anti-alias -3 dB @ 80% della frequenza di Nyquist.
- Impedenza di ingresso: 20 Mohm
- Frequenze di campionamento: 2,5, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 60, 100, 500, 1000, **2000**, 3750, 7500, 15000, 30000 SPS
- Intervallo di campionamento: 400, 200, 100, 66,6, 50, 40, 33,3, 20, 16, 10, 2, 1, 0,5, 0,26, 0,13, 0,066, 0,033 ms
- Campioni memorizzabili: Fino a 40000 campioni (960 Kb) per canale
- Acquisizione passiva: su 12 canali $F_c = 2000$ Hz, su 24 canali $F_c < 2000$ Hz
- Trigger: Esterno o su uno dei canali, positivo, negativo, con soglia di attivazione impostabile tramite software.
- Pre-trigger: Fino a 10000 campioni
- Cross-talk: nessuna, il convertitore è direttamente collegato al geofono, la trasmissione dei dati è digitale.
- Auto-calibrazione: convertitori
- Test di linea: Sì, rilevamento geofoni, rilevamento corto circuito e circuito aperto.

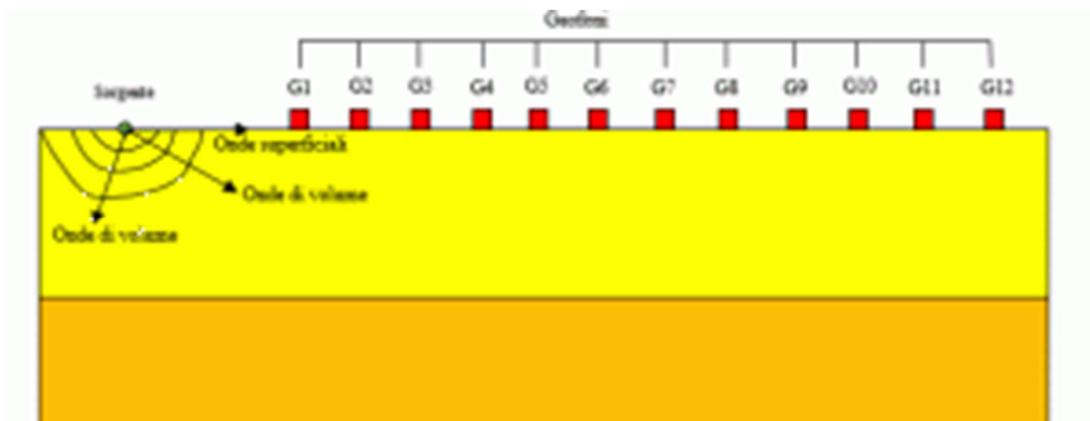
La gestione del sismografo avviene tramite software proprietario installato su laptop.

Per l'energizzazione si è utilizzata una mazza del peso di 8 kg strumentata con starter ed una piastra di battuta di alluminio.



2.2 Acquisizione

L'acquisizione MASW comporta la stesa di 24 geofoni 4.5 hz allineati con equidistanza regolare.



La registrazione del segnale avviene a seguito di battute con mazza da 8 kg. Lo starter piezoelettrico è incorporato nella mazza di battuta collegata al canale trigger esterno. Le battute vengono fatte ai due stremi della stesa e a distanze differenti. Almeno una battuta viene eseguita sommando più energizzazioni.

L'elaborazione verrà condotta sulla registrazione con il rapporto segnale/rumore migliore.

2.3 Elaborazione

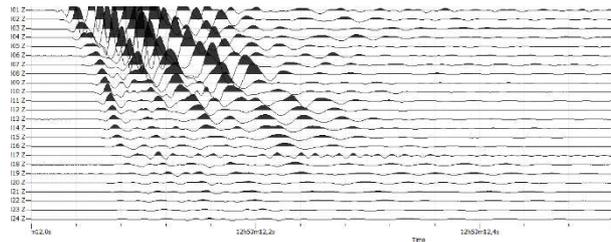
Nella prova MASW viene individuata, nel dominio v-f (velocità-frequenza), la curva di dispersione legata al modo fondamentale delle onde di Rayleigh. Successivamente si effettua un'inversione lineare o non lineare mediante un algoritmo. Dall'inversione si ottiene il profilo dettagliato delle velocità delle onde trasversali (V_s) che più si accorda con i dati sperimentali.

L'elaborazione del file seg2 in uscita dal sismometro è effettuata con il software "Geopsy" per gestire la fase di analisi e filtraggio dei dati e con "Dinver" per generare il modello stratigrafico tramite un processo di inversione che deve essere possibilmente tarato sulla base delle conoscenze stratigrafiche note dell'intorno.

Il risultato ottenuto mostra una suddivisione sismostratigrafica ricostruita sul differente comportamento elastico (in campo lineare) dei materiali investigati. Variazioni di velocità Vs non sempre corrispondano a passaggi litologici netti.

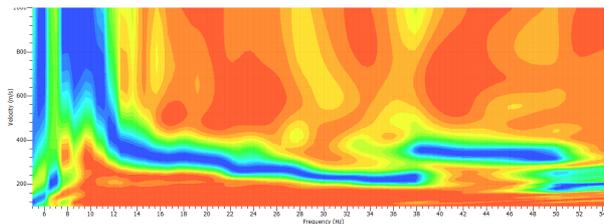
In sintesi, di seguito si sintetizzano gli step dell'indagine MASW:

1- acquisizione dei dati di campo;



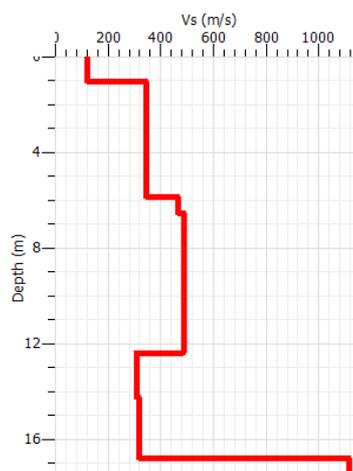
Esempio di sismogramma

2- estrazione della curva di dispersione;



Esempio di curva di dispersione Frequenza/velocità

3- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità secondo il modello ritenuto più attendibile e che più approssima i dati sperimentali;



Esempio modello stratigrafico Vs

3. Indagine HVSR

Le conoscenze e le informazioni che si possono ottenere dall'analisi ed interpretazione di una indagine di questo tipo sono:

- ove esistente, la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale ai fini dell'individuazione di adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- ove determinabile, la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso, a seguito di analisi correlate sarà possibile confrontare le frequenze di sito e dell'edificio, e valutare se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la velocità media delle onde di taglio V_s calcolata tramite uno specifico software di calcolo, per cui è possibile determinare la V_{s30} e la relativa categoria del suolo di fondazione come richiesto dalle N.T.C. 2008.
- la sismostratigrafia del sottosuolo con un ampio intervallo di profondità di indagine, uno strato è inteso come unità distinguibile dalle adiacenti in termini di contrasto d'impedenza sismica.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale e in parte alla teoria dei microtremori che rappresentano il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre ed è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il segnale da acquisire non è appositamente generato.

Nel tragitto dalla sorgente s al sito x le onde elastiche (sia di origine sismica che dovute al microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, canalizzazioni per fenomeni di guida d'onda ed attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato.

Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte di informazioni correlata al contenuto frequenziale del segnale che può essere estratta e che permette di ottenere informazioni relative alla struttura locale vicino al sensore. Questa informazione è però correlata alle caratteristiche frequenziale e spettrali del cosiddetto "rumore casuale" o microtremore, e può essere estratta attraverso tecniche opportune.

Una di queste tecniche è la tecnica di analisi dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili sul comportamento frequenziale dei sottosuoli, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

3.1 Analisi microtremori e del rapporto HVSR – tecnica Nakamura

L'ottenimento di una stratigrafia sismica da indagini a stazione singola, deriva dai primi studi di Kanai (1957) in poi, per cui diversi metodi sono stati proposti. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970).

La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo nel sito di misura.

Recentemente si è dimostrato che ulteriori picchi a frequenza maggiori di quelle del "bedrock" sono riconducibili a contrasti di impedenza interni alla copertura sedimentaria (es. Baumbach et al., 2002) e picchi a frequenze minori di quella del "bedrock" sono invece riconducibili a contrasti di impedenza interni al "bedrock" stesso (es. Guillier et al., 2005).

Riconosciuta questa capacità, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche o si conosce la profondità di un significativo cambio di impedenza sismica, le frequenze di risonanza possono essere in linea di principio convertite in stratigrafia.

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + "bedrock" in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D).

Consideriamo il sistema seguente in cui 2 strati si distinguono rispettivamente per le diverse densità e le diverse velocità delle onde sismiche. Un'onda che viaggia nel primo mezzo viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati. L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (l) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde S (o P) è pari a:

$$(f_r) = V_{s1}/4H \text{ o } (f_r) = V_{p1}/4H \quad [1]$$

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh. Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1. La curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1]. L'inversione

richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per:

- il contenuto in frequenza,
- la risposta strumentale,
- l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La situazione, nel caso del sottosuolo reale, è spesso più complessa, l'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta quindi la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici' calcolati relativamente al campo d'onde completo di un modello 3D. L'interpretazione è tanto più soddisfacente e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini.

Operativamente si costruisce un modello teorico HVSR avente tante discontinuità sismiche quante sono le discontinuità (picchi) evidenziate dalla registrazione eseguita. Successivamente, tramite uno specifico algoritmo, si cercherà di adattare la curva teorica a quella sperimentale; in questo modo si otterranno gli spessori dei sismostrati con la relativa velocità delle onde Vs.

Nei casi particolarmente semplici (copertura + bedrock o bedrock like) le profondità h delle discontinuità sismiche sono state ricavate tramite la formula seguente:

$$H = \{[V_0 \times (1-a)/4n+1]^{1/(1-a)} - 1\}$$

in cui V_0 è la velocità al tetto dello strato, a un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e n la frequenza fondamentale di risonanza.

Nei casi più complessi si invertono le curve HVSR creando una serie di modelli teorici da confrontare con quello sperimentale, fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali. Nel presente lavoro si utilizza la teoria di Nakamura che pone in relazione lo spettro di risposta del substrato roccioso (rapporto spettrale H/V = 1) con quello effettivamente misurato in superficie.

3.2 Strumentazione ed elaborazione

Per l'acquisizione dei microtremori è stato utilizzato un tromografo digitale. Lo strumento racchiude al suo interno tre sensori (geofoni – velocimetri digitali) ortogonali tra loro ad alta definizione. I dati vengono memorizzati in una scheda di memoria, evitando così la presenza di qualsiasi cavo che possa introdurre rumore meccanico ed elettronico.

Frequenza di campionamento = 500 Hz

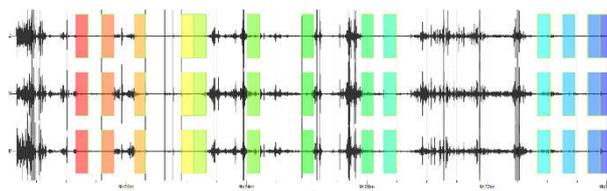
Sensori = geofoni 4.5 Hz

Acquisitore = EADC 24 bit

Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto. I dati sono stati elaborati mediante il software "geopsy-dinver", per ottenere spettri di velocità in funzione della frequenza.

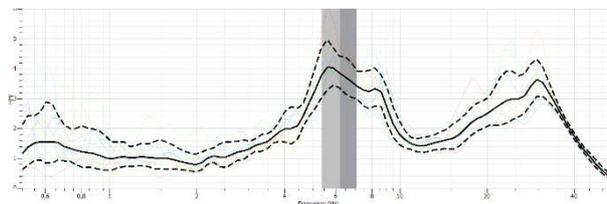
In sintesi, di seguito si sintetizzano gli step dell'indagine HVSR:

1- acquisizione dei dati di campo;



Esempio registrazione del dato

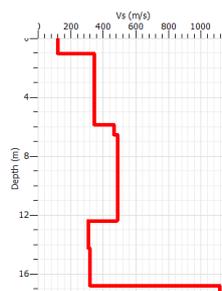
2- estrazione della curva H/V;



Esempio grafico frequenze / (H/V)

N.B. L'indagine HVSR registra la frequenza di risonanza del sito

3- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità



Esempio modello stratigrafico Vs

Committente = Amministrazione Comunale
 Luogo: Via Gaggio NIBIONNO (Lc)
 Data: 08-03-2019



n° 1

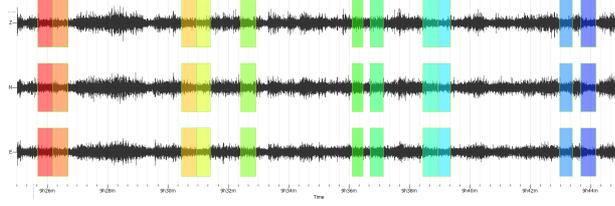
INDAGINE HVSR

Frequenza di campionamento = 500 Hz
 Sensori = geofoni 4.5 Hz
 Acquisitore = geofono triassiale EADC 24 bit

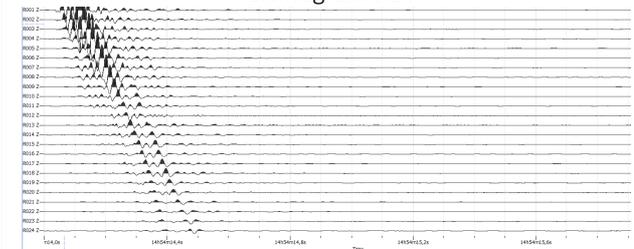
INDAGINE MASW

Frequenza di campionamento = 2000 Hz
 Sensori = 24 geofoni geofoni verticali 4.5 Hz
 Acquisitore = MAE S485

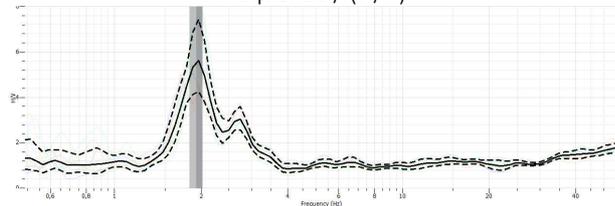
Reg 20 min Finestre temporali
 nelle direzioni Z, N, E (20-30 sec)



Sismogramma

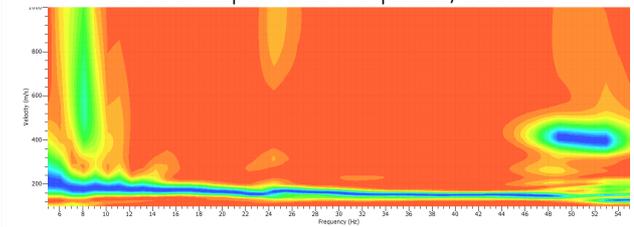


frequenze / (H/V)

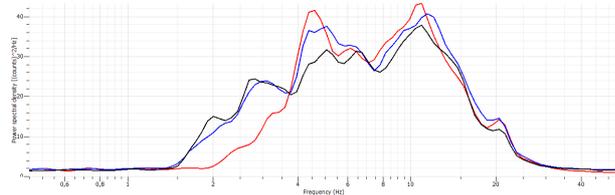


Smoothing tipe: Konno & Ohmachi Smoothing: 40%
 Direzionalità selezionata: media su 360°

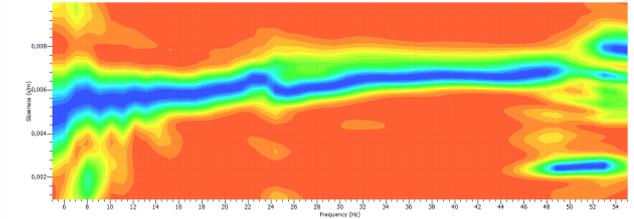
Curva di dispersione Frequenza/velocità



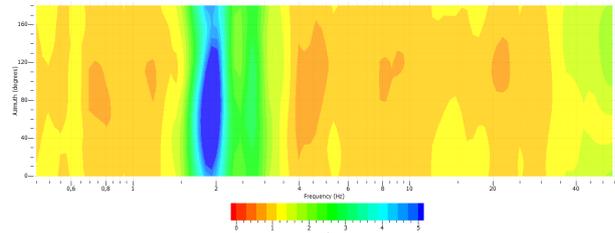
Spettri medi delle singole componenti
 (Z __, N __, E __)



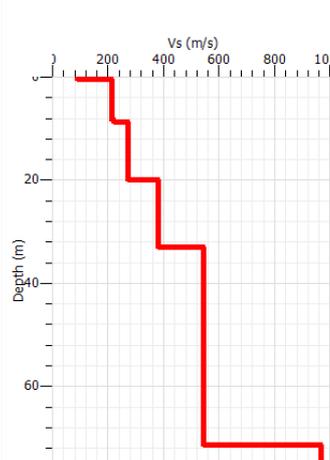
Curva di dispersione Frequenza/slowness



Direzionalità del rapporto H/V

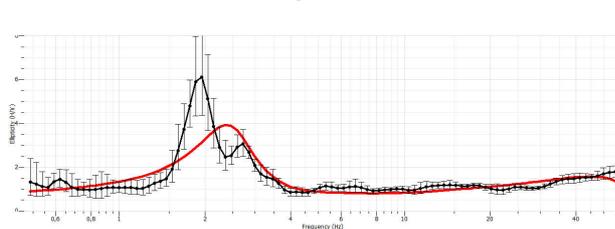


Modello Vs
 da inversione congiunta MASW-HVSR



da (m)	a (m)	Vs (m/s)
0	8,0	215
8,0	19,9	265
19,9	33,2	385
33,2	71,5	545
71,5		965
Quota Rif.	0,0 da p.c.	
Vs (0.0-30)	277	
Categoria	C	
Frequenza sito	1.8 Hz	

Confronto curva registrata / curva teorica

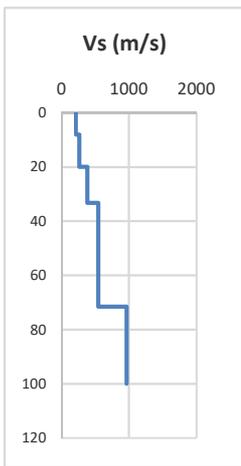


AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA: ANALISI SISMICA 2° LIVELLO

Sito: **Nibionno 1**

Data: **2019**

Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0	8	215
8	19,9	265
19,9	30	385
30	33,2	385
33,2	71,5	545
71,5	100	965



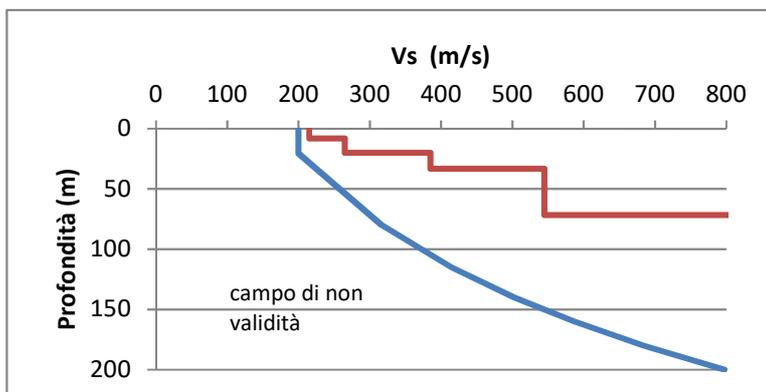
Vs 30
277

Categoria C

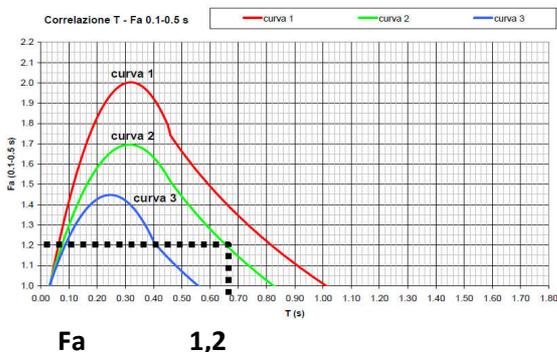
T (s)	Freq. (Hz)
0,66	1,51

soglia comunale per categoria di terreno	
1,8	soglia 0,1-0,5 s
2,4	soglia 0,5-1,5 s

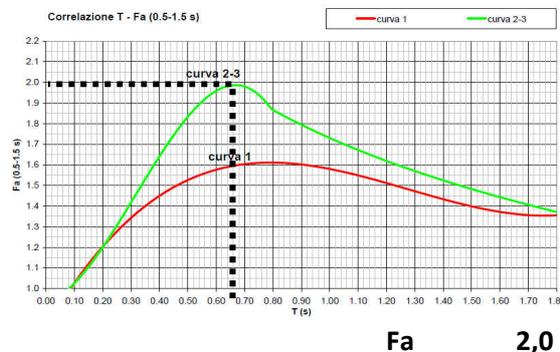
scheda litologia sabbiosa



		Profondità primo strato (m)																						
		1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180	
Velocità primo strato (m/s)	200		2	1-2	2	3	3	3	3	3	3													
	250		2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA								
	300		2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA							
	350		2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	NA	NA	NA					
	400		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA				
	450		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA			
	500		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA		
600		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	
700		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	



Fa **1,2**



Fa **2,0**

Confronto Fattori d'amplificazione calcolati con Valori soglia

	Fa calcolato	Fa	F soglia	Suolo tipo
PERIODO COMPRESO TRA 0,1 - 0,5 s (strutture basse e rigide)	1,2	<	1,8	lo spettro sismico da normativa E' adeguato
PERIODO COMPRESO TRA 0,5 - 1,5 s (strutture alte e flessibili)	2	<	2,4	lo spettro sismico da normativa E' adeguato

Committente = Amministrazione Comunale
 Luogo: Via Manara NIBIONNO (Lc)
 Data: 15-03-2019



n° 2

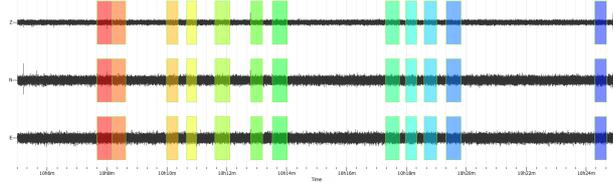
INDAGINE HVSR

Frequenza di campionamento = 500 Hz
 Sensori = geofoni 4.5 Hz
 Acquisitore = geofono triassiale EADC 24 bit

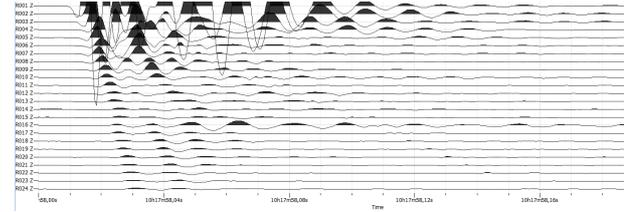
INDAGINE MASW

Frequenza di campionamento = 2000 Hz
 Sensori = 24 geofoni geofoni 4.5 Hz
 Acquisitore = MAE S485

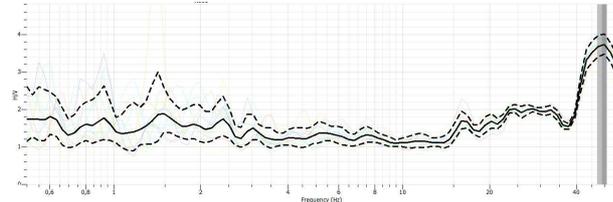
Reg 20 min Finestre temporali
 nelle direzioni Z, N, E (20-30 sec)



Simogramma

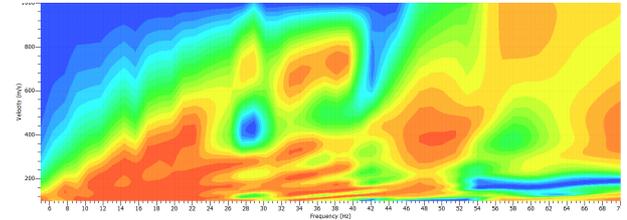


frequenze / (H/V)

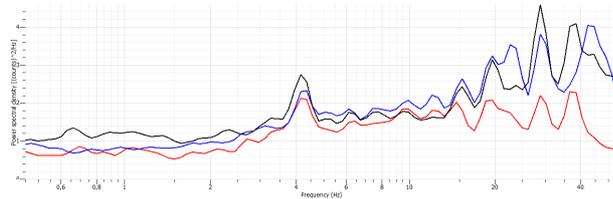


Smoothing tipe: Konno & Ohmachi Smoothing: 40%
 Direzionalità selezionata: media su 360°

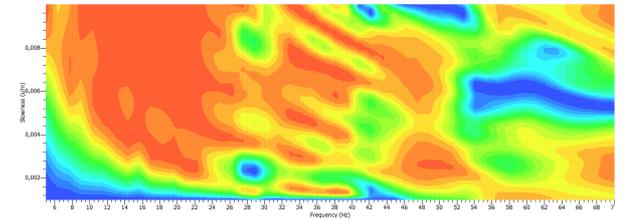
Curva di dispersione Frequenza/velocità



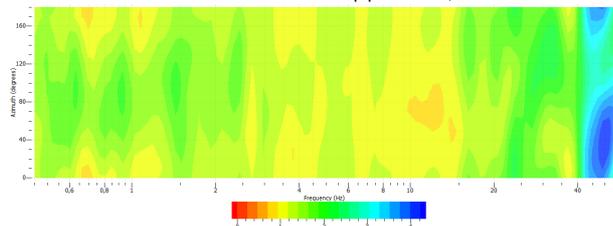
Spettri medi delle singole componenti
 (Z __, N __, E __)



Curva di dispersione Frequenza/slowness

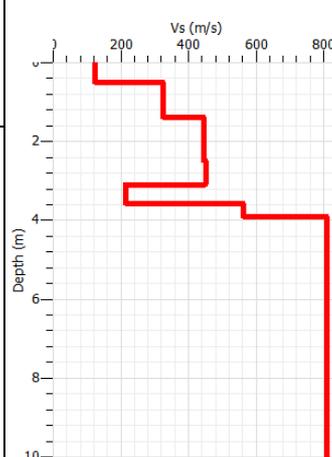


Direzionalità del rapporto H/V



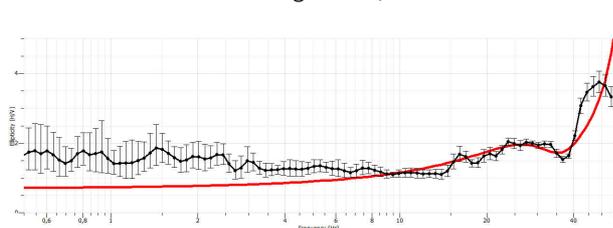
Modello Vs

da inversione congiunta MASW-HVSR



da (m)	a (m)	Vs (m/s)
0	0,5	125
0,5	1,4	325
1,4	3,0	460
3,0	3,6	215
3,6	4,0	560
4,0		800
Quota Rif.		0,0 da p.c.
Vs (0.0-30)		291
Categoria		E
Frequenza sito		42 Hz

Confronto curva registrata / curva teorica



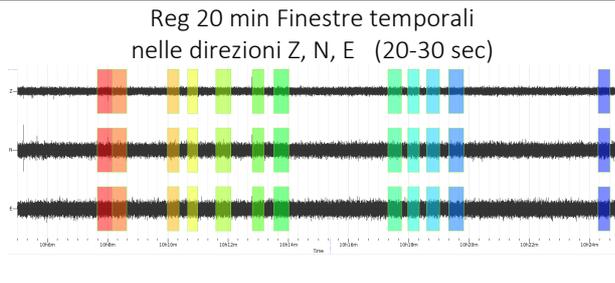
Committente = Amministrazione Comunale
 Luogo: Via Diaz NIBIONNO (Lc)
 Data: 15-03-2019

n° 3



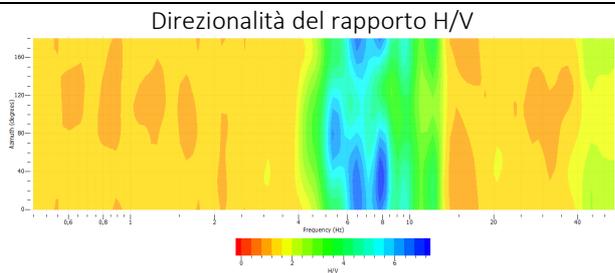
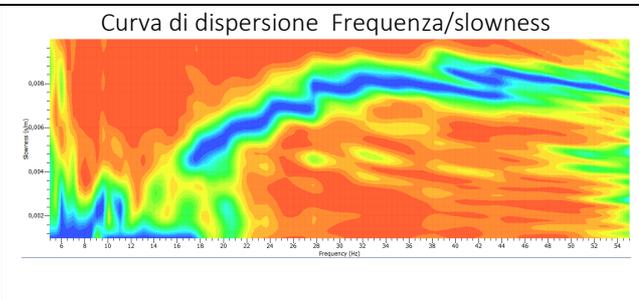
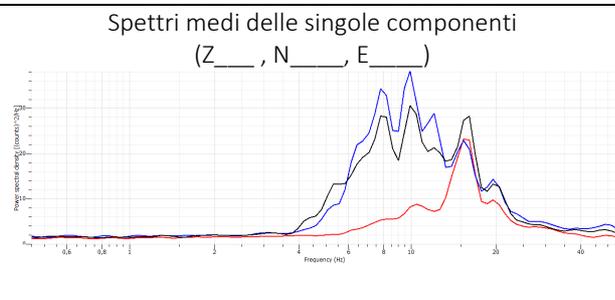
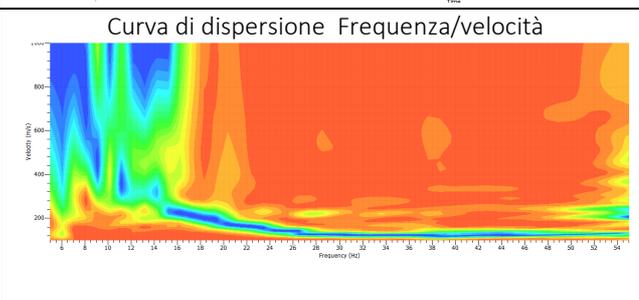
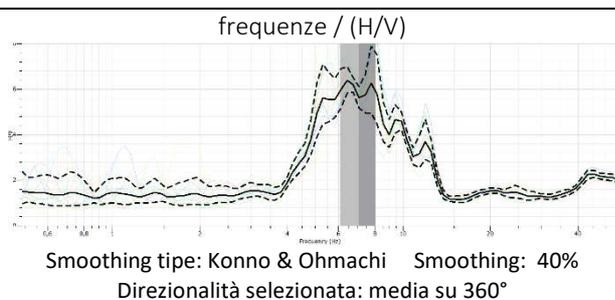
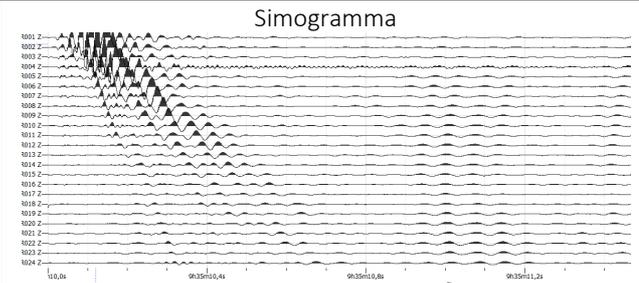
INDAGINE HVSR

Frequenza di campionamento = 500 Hz
 Sensori = geofoni 4.5 Hz
 Acquisitore = geofono triassiale EADC 24 bit

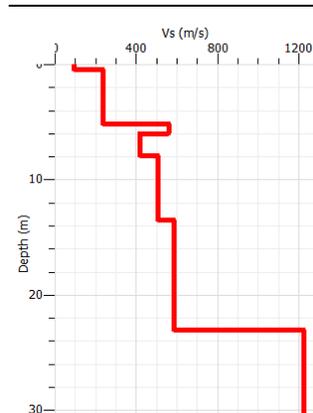


INDAGINE MASW

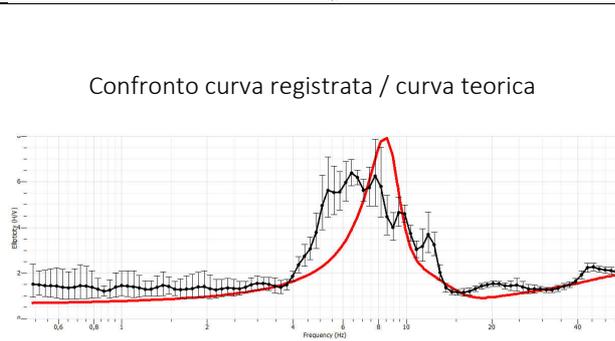
Frequenza di campionamento = 2000 Hz
 Sensori = 24 geofoni geofoni 4.5 Hz
 Acquisitore = MAE S485



Modello Vs da inversione congiunta MASW-HVSR



da (m)	a (m)	Vs (m/s)
0	5,0	240
5,0	6,1	565
6,1	7,7	425
7,7	13,5	510
13,5	23,1	580
23,1		1200
Quota Rif.		0,0 da p.c.
Vs (0.0-30)		424
Categoria		B
Frequenza sito		7 Hz

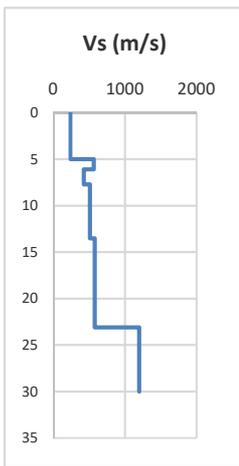


AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA: ANALISI SISMICA 2° LIVELLO

Sito: **Nibionno 3**

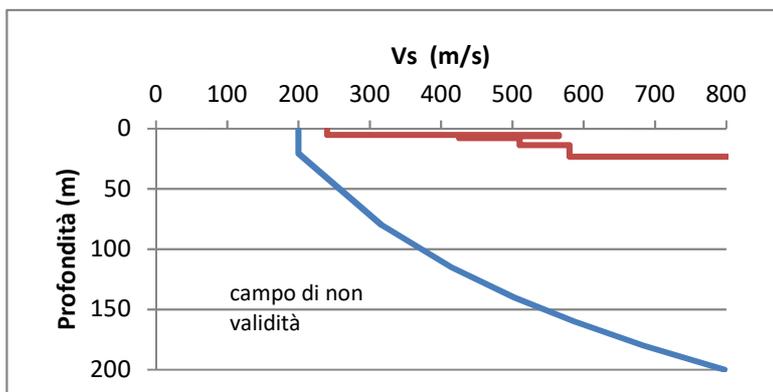
Data: **2019**

Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0	5	240
5	6,1	565
6,1	7,7	425
7,7	13,5	510
13,5	23,1	580
23,1	30	1200

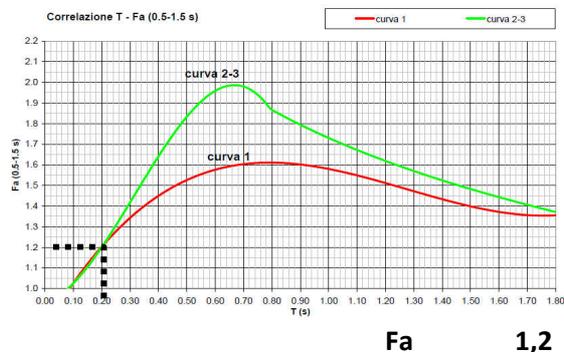
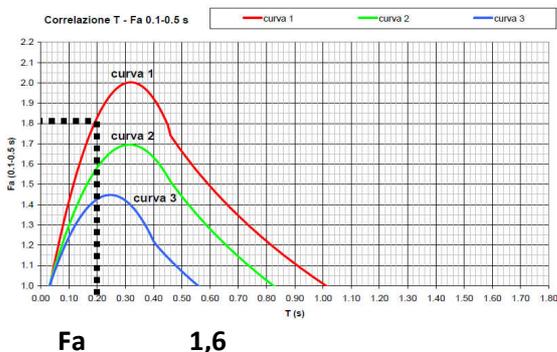


Vs 30	Categoria B
424	
T (s)	Freq. (Hz)
0,19	5,17
soglia comunale per categoria di terreno	
1,4	soglia 0,1-0,5 s
1,7	soglia 0,5-1,5 s

scheda litologia sabbiosa



		Profondità primo strato (m)																						
		1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180	
Velocità primo strato (m/s)	200		2	1-2	2	3	3	3	3	3	3													
	250		2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA								
	300		2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA							
	350		2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	NA	NA	NA					
	400		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA			
	450		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA		
	500		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	
600		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	
700		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	



Confronto Fattori d'amplificazione calcolati con Valori soglia

	Fa calcolato		F soglia	
PERIODO COMPRESO TRA 0,1 - 0,5 s (strutture basse e rigide)	1,6	>	1,4	<i>lo spettro sismico da normativa NON E' adeguato</i>
PERIODO COMPRESO TRA 0,5 - 1,5 s (strutture alte e flessibili)	1,2	<	1,7	lo spettro sismico da normativa E' adeguato

Committente = Amministrazione Comunale
 Luogo: Via Mongodio NIBIONNO (Lc)
 Data: 15-03-2019



n° 4

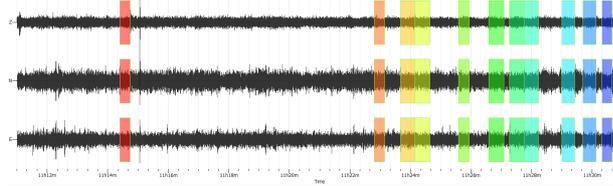
INDAGINE HVSR

Frequenza di campionamento = 500 Hz
 Sensori = geofoni 4.5 Hz
 Acquisitore = geofono triassiale EADC 24 bit

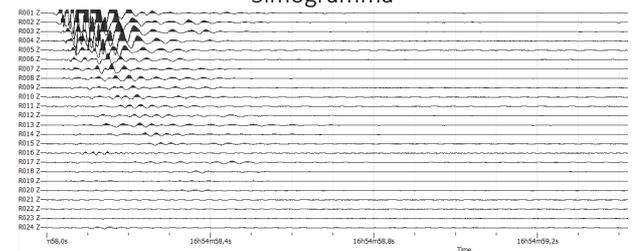
INDAGINE MASW

Frequenza di campionamento = 2000 Hz
 Sensori = 24 geofoni geofoni 4.5 Hz
 Acquisitore = MAE S485

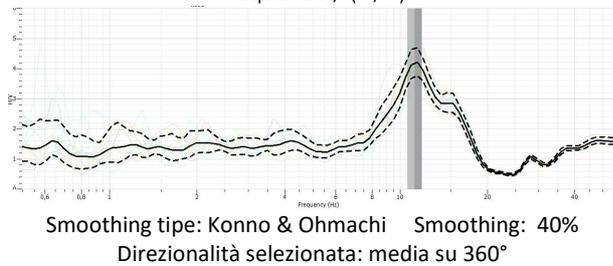
Reg 20 min Finestre temporali
 nelle direzioni Z, N, E (20-30 sec)



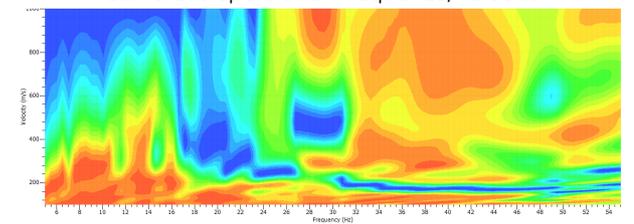
Simogramma



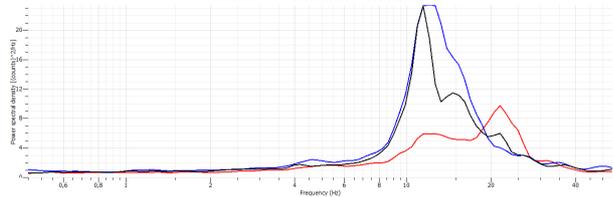
frequenze / (H/V)



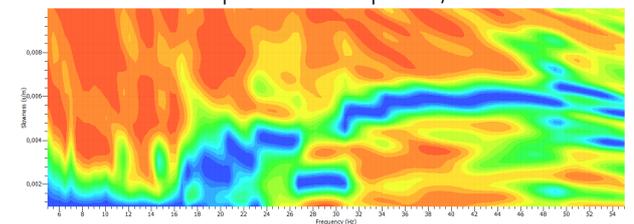
Curva di dispersione Frequenza/velocità



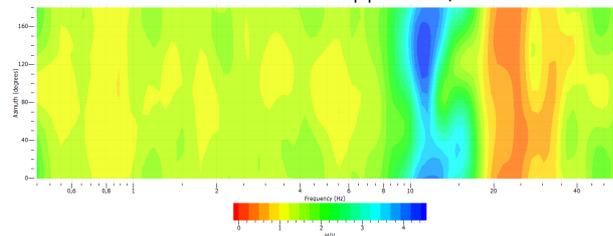
Spettri medi delle singole componenti
 (Z __, N __, E __)



Curva di dispersione Frequenza/slowness

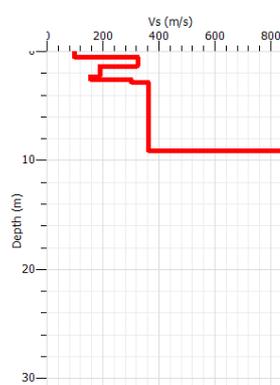


Direzionalità del rapporto H/V



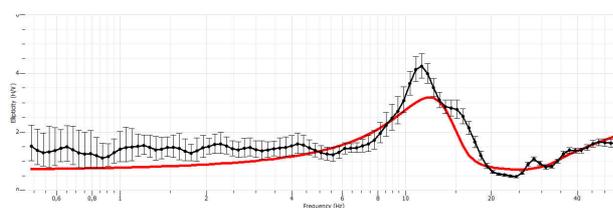
Modello Vs

da inversione congiunta MASW-HVSR



da (m)	a (m)	Vs (m/s)
0	0,6	100
0,6	1,4	325
1,4	2,4	190
2,4	2,6	155
2,6	2,9	300
2,9	9,1	365
9,1		840
Quota Rif.		0,0 da p.c.
Vs (0.0-30)		276
Categoria		E
Frequenza sito		11 Hz

Confronto curva registrata / curva teorica

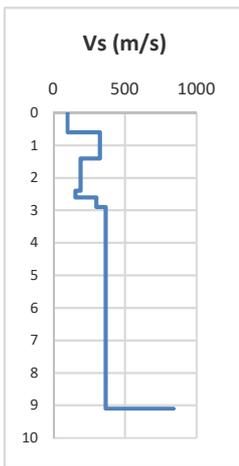


AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA: ANALISI SISMICA 2° LIVELLO

Sito: **Nibionno 4**

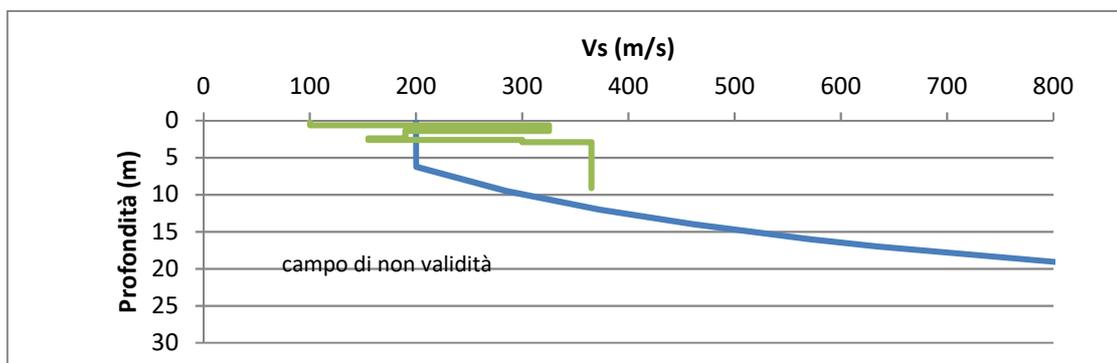
Data: **2019**

Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0	0,6	100
0,6	1,4	325
1,4	2,4	190
2,4	2,6	155
2,6	2,9	300
2,9	9,1	365
9,1		840



Vs 30	Categoria E
276	
T (s)	Freq. (Hz)
0,11	8,74
soglia comunale per categoria di terreno	
2,0	soglia 0,1-0,5 s
3,1	soglia 0,5-1,5 s

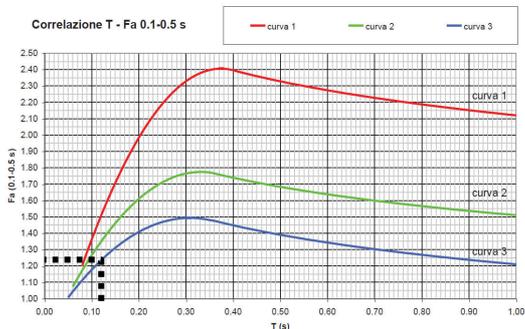
scheda litologia limoso-sabbiosa tipo 1



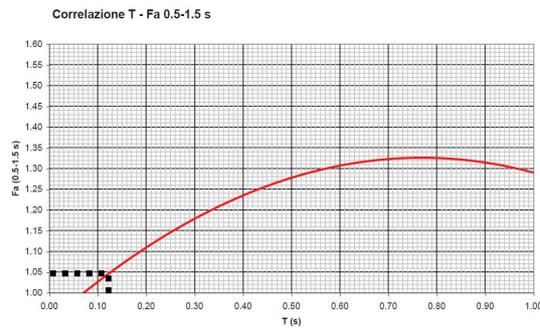
Profondità primo strato (m)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
200				1	1	1	1	1	1	1	1	1						
250				2	2	2	2	2	2	2	1	1	1					
300				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2					
350				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2				
400				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
450				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
500				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Velocità primo strato (m/s)



Fa 1,3



Fa 1,1

Confronto Fattori d'amplificazione calcolati con Valori soglia

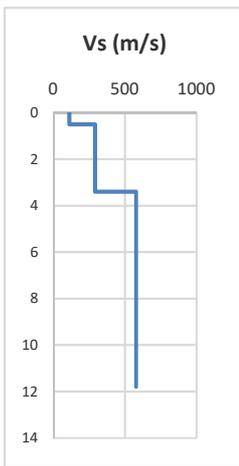
	Fa calcolato	F soglia	Suolo tipo
PERIODO COMPRESO TRA 0,1 - 0,5 s (strutture basse e rigide)	1,3	< 2	lo spettro sismico da normativa E' adeguato
PERIODO COMPRESO TRA 0,5 - 1,5 s (strutture alte e flessibili)	1,1	< 3,1	lo spettro sismico da normativa E' adeguato

AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA: ANALISI SISMICA 2° LIVELLO

Sito: **Nibionno 5**

Data: **2019**

Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0	0,5	112
0,5	3,4	292
3,4	11,8	578
11,8		1005

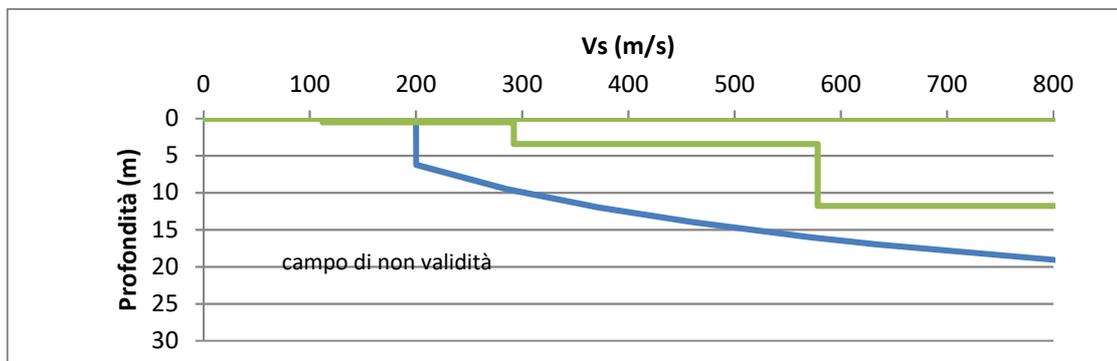


Vs 30	Categoria B
408	

T (s)	Freq. (Hz)
0,10	10,34

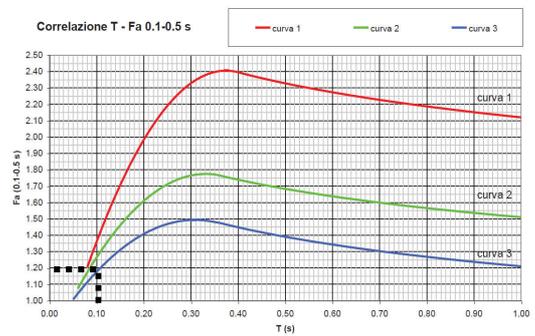
soglia comunale per categoria di terreno	
1,4	soglia 0,1-0,5 s
1,7	soglia 0,5-1,5 s

scheda litologia limoso-sabbiosa tipo 1

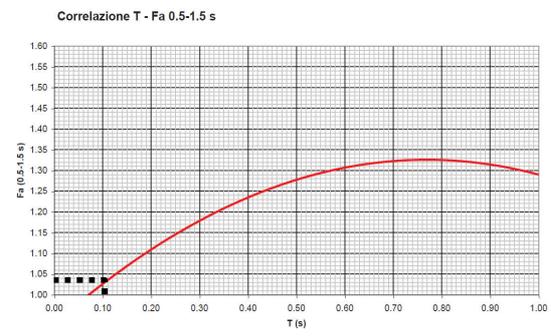


Profondità primo strato (m)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
200				1	1	1	1	1	1	1	1	1						
250				2	2	2	2	2	2	2	1	1	1					
300				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2					
350				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2				
400				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
450				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
500				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3



Fa **1,2**



Fa **1,1**

Confronto Fattori d'amplificazione calcolati con Valori soglia

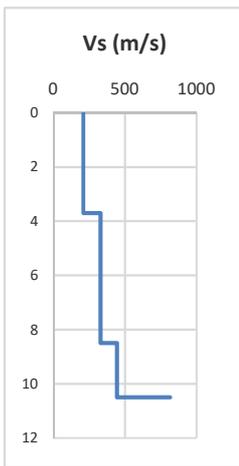
	Fa calcolato	F soglia	Suolo tipo
PERIODO COMPRESO TRA 0,1 - 0,5 s (strutture basse e rigide)	1,2	< 1,4	lo spettro sismico da normativa E' adeguato
PERIODO COMPRESO TRA 0,5 - 1,5 s (strutture alte e flessibili)	1,1	< 1,7	lo spettro sismico da normativa E' adeguato

AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA: ANALISI SISMICA 2° LIVELLO

Sito: **Nibionno 6**

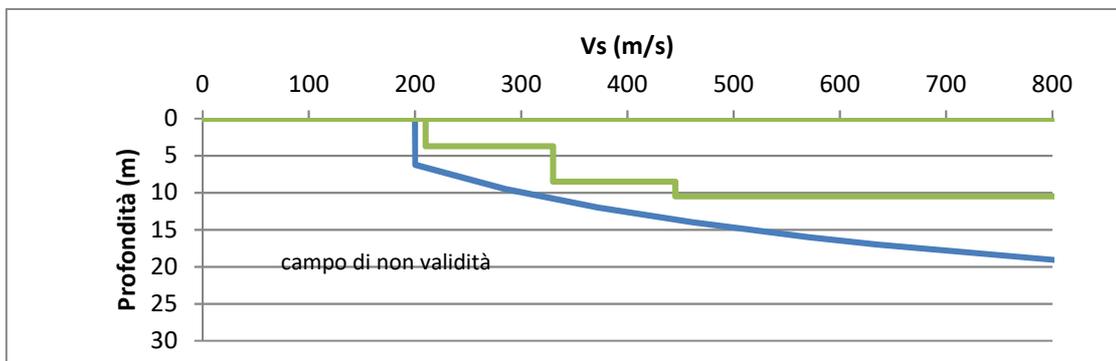
Data: **2019**

Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0	3,7	210
3,7	8,5	330
8,5	10,5	445
10,5		815



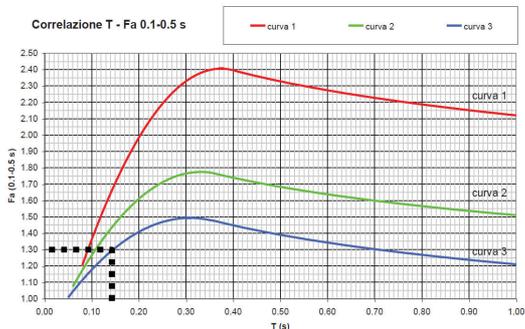
Vs 30	286	Categoria E
T (s)	0,14	
Freq. (Hz)	7,37	
soglia comunale per categoria di terreno		
	2,0	soglia 0,1-0,5 s
	3,1	soglia 0,5-1,5 s

scheda litologica limoso-sabbiosa tipo 1

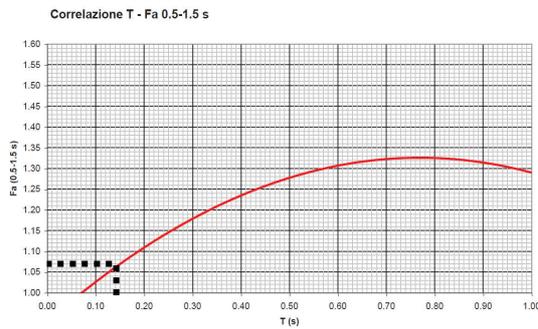


Profondità primo strato (m)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
200				1	1	1	1	1	1	1	1	1						
250				2	2	2	2	2	2	2	1	1	1					
300				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
350				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2			
400				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
450				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
500				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3



Fa **1,3**



Fa **1,1**

Confronto Fattori d'amplificazione calcolati con Valori soglia

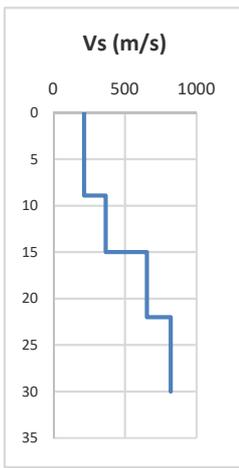
	Fa calcolato	F soglia	Suolo tipo
PERIODO COMPRESO TRA 0,1 - 0,5 s (strutture basse e rigide)	1,3	< 2	lo spettro sismico da normativa E' adeguato
PERIODO COMPRESO TRA 0,5 - 1,5 s (strutture alte e flessibili)	1,1	< 3,1	lo spettro sismico da normativa E' adeguato

AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA: ANALISI SISMICA 2° LIVELLO

Sito: **Nibionno REMI 1**

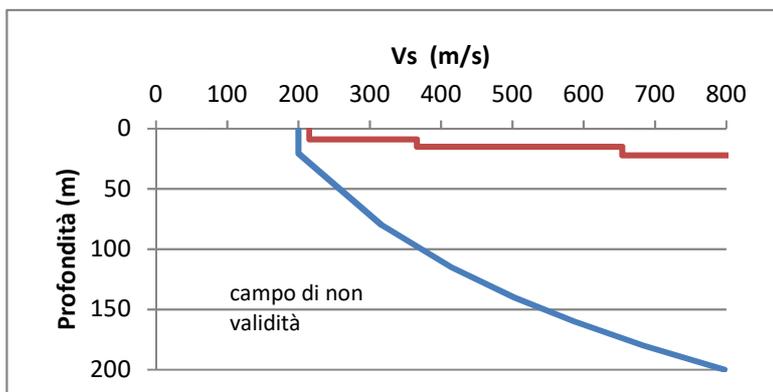
Data: **2010**

Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0	8,9	215
8,9	15	366
15	22	654
22	30	820
30		

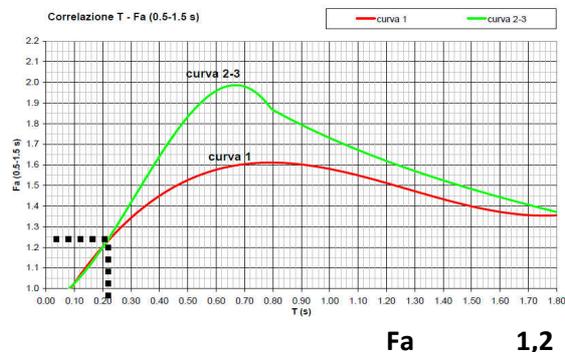
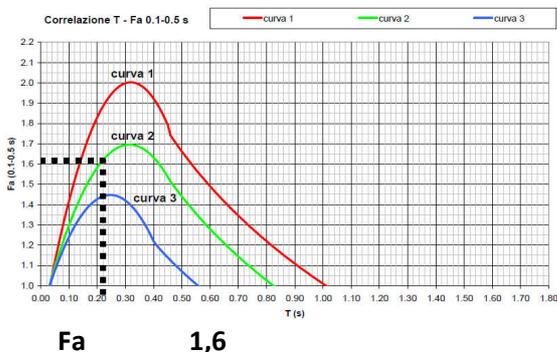


Vs 30	Categoria E
320	
T (s)	Freq. (Hz)
0,22	4,51
soglia comunale per categoria di terreno	
2,0	soglia 0,1-0,5 s
3,1	soglia 0,5-1,5 s

scheda litologia sabbiosa



		Profondità primo strato (m)																						
		1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180	
Velocità primo strato (m/s)	200		2	1-2	2	3	3	3	3	3	3													
	250		2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA								
	300		2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA							
	350		2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	NA	NA	NA					
	400		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA				
	450		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA			
	500		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA		
600		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	
700		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	



Confronto Fattori d'amplificazione calcolati con Valori soglia

	Fa calcolato	F soglia	Suolo tipo
PERIODO COMPRESO TRA 0,1 - 0,5 s (strutture basse e rigide)	1,6	< 2	lo spettro sismico da normativa E' adeguato
PERIODO COMPRESO TRA 0,5 - 1,5 s (strutture alte e flessibili)	1,2	< 3,1	lo spettro sismico da normativa E' adeguato

