

Comune di Buggiano

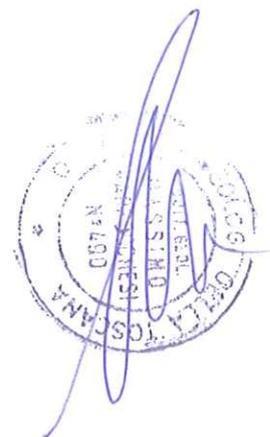
Provincia di Pistoia

SINDACO
Andrea Taddei

ASSESSORE ALL'URBANISTICA
Elena Pellicci

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Adriano Magrini

GARANTE DELL'INFORMAZIONE
E DELLA PARTECIPAZIONE
Veronica Pierini



Piano Operativo

RELAZIONE GEOLOGICA GENERALE

PROGETTO URBANISTICO E VAS
Riccardo Luca Breschi - coordinatore
Andrea Giraldi
con Luca Agostini

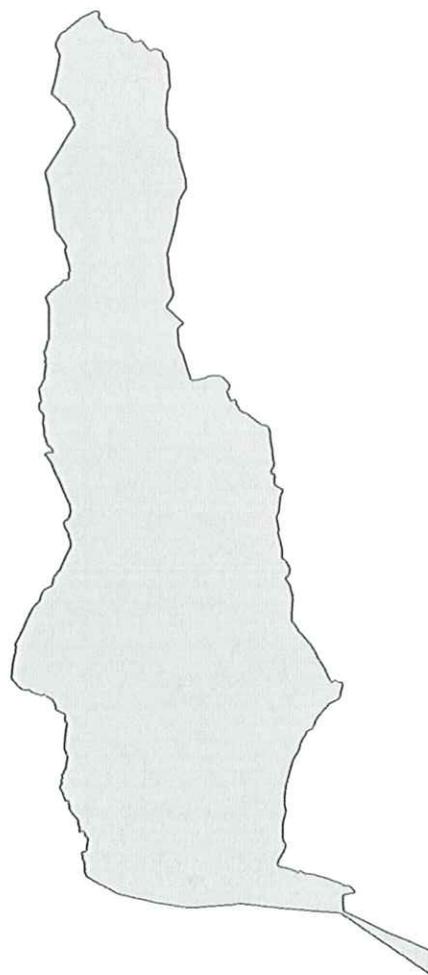
collaborazione per CLE
Gaddo Mannori
Silvia Cipriani

STUDI AGRONOMICI E FORESTALI
Andrea Fedi

STUDI GEOLOGICI
Massimo Marrocchesi

STUDI IDROLOGICO-IDRAULICI
Redatti in forma associata con
i Comuni di Massa e Cozzile e Uzzano

SETTORE TERRITORIO E AMBIENTE
Adriano Magrini - responsabile
Cesare Arinci
Veronica Pierini
Mara Moroni
Stafano Fedi



FEBBRAIO 2019

G.14

INDICE

PREMESSA..... pag. 2

DEFINIZIONE DELLA SISMICITA' COMUNALE pag. 2

CARTOGRAFIA TEMATICA CON ADEGUAMENTO DEL QUADRO CONOSCITIVO

Carta geologica	pag. 4
Carta geomorfologica	pag. 6
Carta litologico-tecnica	pag. 9
Carta delle indagini	pag. 12
Carta idrogeologica	pag. 26
Carta delle frequenze	pag. 29
Carta delle MOPS	pag. 36
Carta della pericolosità geologica	pag. 41
Carta della pericolosità idraulica	pag. 44
Carta della pericolosità sismica	pag. 45
Carta di adeguamento PAI Arno	pag. 46

Condizioni di fattibilità pag. 47

Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti geologici pag. 48

Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti idraulici pag. 49

Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti sismici pag. 50

ALLEGATI FUORI TESTO

TAVV. G-01	Carta geologica (A nord – B sud) : Scala 1:5.000
TAVV. G-02	Carta geomorfologica (A nord – B sud) : Scala 1:5.000
TAVV. G-03	Carta litologico-tecnica (A nord – B sud) : Scala 1:5.000
TAV. G-04	Sezioni geologico-tecniche Scala 1:2.500
TAVV. G-05	Carta delle indagini (A nord – B sud) : Scala 1:5.000
TAVV. G-06	Carta idrogeologica (A nord – B sud) : Scala 1:5.000
TAVV. G-07	Carta delle frequenze (A nord – B sud) Scala 1:5.000
TAVV. G-08	Carta delle Mops (A nord – B sud) Scala 1:5.000
TAVV. G-09	Carta della pericolosità geologica (A nord – B sud) Scala 1:5.000
TAVV. G-10	Carta della pericolosità idraulica (A nord – B sud) Scala 1:5.000
TAVV. G-11	Carta della pericolosità sismica (A nord – B sud) Scala 1:5.000
TAVV. G-12	Carta di adeguamento al PAI Arno (proposta di aggiornamento) (A nord – B sud) Scala 1:5.000
TAV. G-13	Carta della magnitudo idraulica Scala 1:5.000

Elaborato G-15 - Condizioni di fattibilità (Tabelle – Abachi – Schede)

Elaborato G-16 - Indagini geotecniche e sismiche (parte 1 Profili sismici onde P ed S)

Elaborato G-16 - Indagini geotecniche e sismiche (parte 2 Misure HVSR)

Elaborato G-16 - Indagini geotecniche e sismiche (parte 3 Sondaggi- CPT e DPSH- Pozzi)

1 - PREMESSA

La presente relazione geologica generale, unitamente alle tavole ed agli elaborati fuori testo, è stata redatta a supporto del Piano Operativo del Comune di Buggiano (PT), secondo quanto previsto dalle Leggi Regionali in materia di urbanistica

Inoltre, con l'entrata in vigore del DPGR 53/R/2011 si è reso necessario aggiornare il quadro conoscitivo (normativo e cartografico) così come presente nei precedenti S.U.C, con diverse valutazioni sul quadro geologico, geomorfologico, sismico ed idraulico e con la ripermetrazione delle classi di pericolosità presenti nel territorio comunale

La modellizzazione geologica e geomorfologica è stata così ottenuta da una revisione delle cartografie allegate ai vigenti S.U.C, aggiornata da dati bibliografici provenienti da altri database (CARG – IFFI – DB regionale) e da verifiche puntuali di campagna, inoltre è stata eseguita una specifica campagna di indagini sismiche, integrata con precedenti indagini geognostiche, svolte all'interno del territorio comunale, selezionate tra quelle maggiormente rappresentative per gli scopi del presente lavoro

2 - DEFINIZIONE DELLA SISMICITÀ COMUNALE

Nel successivo schema è riportata la **zona sismica** per il territorio di Buggiano, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Del. Giunta Regionale Toscana n. 421 del 26 maggio 2014.

I criteri per l'aggiornamento della mappa di **pericolosità sismica** sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'**accelerazione orizzontale massima (ag)** su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni

L'area del comune di Buggiano è stata classificata in zona 3 dalla recente Classificazione sismica regionale (DPGR 421/2014)

Zona sismica Descrizione

accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ag]
 accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ag]

3 Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari. $0,05 < a_g \leq 0,15 g$ 0,15 g

Provincia	Cod. ISTAT	Comune	CLASSIFICAZIONI PRECEDENTI								ATTUALE
			Regio Decreto 13 marzo 1927 n°431	Regio Decreto 25 marzo 1935 n°640	Regio Decreto 22 novembre 1937 n°2105	Legge 25 novembre 1962 n°1654	Decreto Ministeriale 19 marzo 1982	Ord. P.C.M. n°3274 20 Marzo 2003 Del. G.R.T. n°604 16 giugno 2003	Ord. P.C.M. n°3519 28 aprile 2006 Del. G.R.T. n°431 19 giugno 2006	Del. G.R.T. n°678 9 ottobre 2012	Del. G.R.T. n°421 26 maggio 2014
	09047001	ABETONE	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	3	2	2	2
	09047002	AGLIANA	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	2	2	3 S	3	3
	09047003	BUGGIANO	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	3	3	3	3

STORIA DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI COMUNI DELLA REGIONE TOSCANA DAL 1927 A OGGI

CLASSIFICAZIONE ATTUALE Del. G.R.T. n°421 del 26 maggio 2014 (attuazione Ord. P.C.M. n°3519 del 28 aprile 2006 e D.M. 14 gennaio 2008)

CARTOGRAFIA TEMATICA CON ADEGUAMENTO DEL QUADRO CONOSCITIVO

3 - CARTA GEOLOGICA..... Tavv. G.01 A-B

Per la stesura di questa carta, è stata dapprima controllata la carta geologica del vigente SUC, che è stata aggiornata sia mediante il confronto con quella CARG/DB regionale che con ulteriori rilevamenti di dettaglio in campagna, precisando che tale carta si riferisce solo all'individuazione delle singole formazioni geologiche, omettendo dati geomorfologici di qualunque genere

Come già affermato, la porzione settentrionale del territorio comunale è caratterizzata da rilievi collinari che costituiscono i primi contrafforti appenninici, mentre la parte meridionale è costituita dalla vasta pianura alluvionale originata dal colmamento della vasta depressione lacustre di età villafranchiana di cui il Padule di Fucecchio costituisce l'attuale residuo.

Siamo quindi arrivati ad una distinzione delle formazioni principali affioranti nel territorio comunale, che possono essere così descritte partendo dalle più recenti:

- DEPOSITI QUATERNARI -

– **Detriti misti s.l.:** sono stati cartografati come detriti, quegli accumuli in larga parte costituiti da elementi provenienti dalle formazioni affioranti in adiacenza, il cui assetto non era univocamente interpretabile come roccia in posto.

Localmente questi detriti assumono i caratteri o di frana o in parte di coltri residuali, spesso parzialmente smantellate da fenomeni erosivi.

– **Depositi alluvionali recenti:** affiorano nella pianura posta nel settore meridionale del territorio comunale e consistono perlopiù, in fitte alternanze di termini a granulometria variabile con spesso subordinata la parte più granulare

– **Depositi alluvionali terrazzati:** da un punto di vista litologico, mostrano caratteri del tutto simili alle alluvioni recenti, dalle quali si distinguono solo per la loro posizione morfologica un pò più alta dall'attuale talweg del relativo corso d'acqua.

- GRUPPO NEOGENICO -

– **Ciottolame poligenico - PLIOCENE:** consistono in ciottolame poligenico, ad elementi eterometrici, immerso in una matrice prevalentemente limo-sabbiosa, localmente limo-argillosa

- **Limi ed argille sabbiose - PLIOCENE:** tali depositi consistono in limi-argillosi ± sabbiosi, di colore prevalente grigio e/o nocciola.

Localmente sono presenti livelli fossiliferi, oppure, in maniera subordinata interstrati e/o sottili orizzonti di sabbie ocracee.

- SERIE TOSCANA -

- **Macigno - EOCENE:** è la formazione affiorante nel comparto collinare di cui alla parte settentrionale del territorio comunale

Si presenta in prevalenza come un'arenaria quarzoso-feldspatica a cemento argilloso-marnoso, talora associata ad argilliti siltose specie nella parte sommitale, in una successione di strati a granulometria variabile

Appare prevalentemente stratificata e solo localmente massiva, con potenza che varia da zona a zona fino a diverse decine di metri di spessore; superficialmente risulta praticamente sempre ricoperta o da una coltre detritica o da una coltre sabbiosa derivante dall'alterazione in situ della roccia madre

L'arenaria quando è "fresca" mostra una colorazione grigio-azzurra che può passare a giallastra a seguito di fenomeni di alterazione abbastanza frequenti; la tessitura è clastica con abbondanti cristalli di quarzo, feldspati e lamelle argentine di muscovite.

4 - CARTA GEOMORFOLOGICA Tavv. G.02 A-B

Il territorio comunale di Buggiano è diviso in due parti ben distinte dal punto di vista geomorfologico; la parte settentrionale è occupata dai rilievi collinari prossimi alla catena appenninica, la parte meridionale, compreso il centro urbano del capoluogo, è completamente pianeggiante con leggera pendenza verso l'Autostrada posta all'estremità S.

Da un punto di vista geomorfologico mentre il comparto meridionale mostra di fatto assenza di significative forme geomorfologiche, nel comparto settentrionale sono state individuati numerosi fenomeni franosi

In riferimento quindi alla morfologia del territorio comunale,, gli elementi morfologici maggiormente significativi sono risultati essere i fenomeni franosi

La mappatura di tali fenomeni è avvenuta attraverso l'incrocio dei dati presenti nella carta geomorfologica del vigente S.U.C, confrontata con i dati del database IFFI e del DB regionale, ovviamente con successive verifiche di campagna ed attraverso ulteriori studi fotointerpretativi

Le frane sono state divise in attive e quiescenti, secondo i seguenti criteri

FRANE ATTIVE: aree in cui siano presenti evidenze morfologiche di movimento tuttora in evoluzione e possibile riattivazione nel breve periodo, con frequenza perlopiù stagionale

FRANE QUIESCENTI: aree in cui siano presenti evidenze morfologiche, attualmente stabili, ma con possibilità di riattivazione

Per quanto riguarda il tipo di movimento, in tutte le frane lo stesso è stato considerato complesso, in quanto caratterizzato dalla risultante di 2 o più tipologie franose, con prevalenti meccanismi complessi di rotazione e di scivolamento

Sulla base di questo è stata redatta una carta dove sono stati rappresentati gli elementi morfologici naturali più significativi con i loro caratteri salienti e tali forme sono state così suddivise:

- **FORME GENERATE DA FENOMENI EROSIVI**

Scarpate litologiche: corrispondono a scarpate naturali, perlopiù di dimensioni limitate e di ridotta o nulla pericolosità, vista la loro stabilità

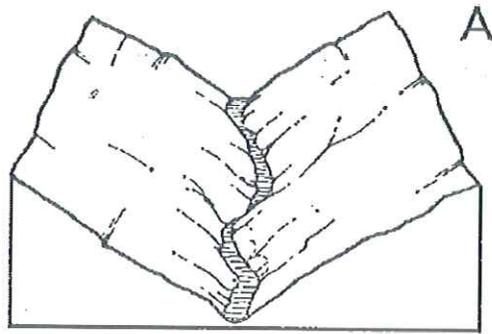
In altri termini le scarpate cartografate sono da collegarsi a locali fenomeni di degradazione e/o erosione differenziata tra litologie a diversa erodibilità.

- **FORME GENERATE DA ACQUE INCANALATE**

Tratti di fondovalle in erosione: in corrispondenza di affioramenti di rocce resistenti e/o ridotte coperture alluvionali su termini litoidi e/o semi-litoidi, le valli fluviali mostrano talora i caratteri di valli molto incise, precisando che, nei quadranti settentrionali, le stesse sembrano derivate da fenomeni erosivi attivi durante il sollevamento della relativa dorsale.

La forma di dette valli risulta essere perlopiù irregolare, dipendendo dal grado di fratturazione e di erodibilità della roccia.

La profondità risulta assai variabile, ma spesso elevata rispetto alla larghezza (vedi figura allegata a stralcio, L.Trevisan 1971).



Fenomeni erosivi di sponda: si tratta di piccoli dissesti spondali, dovuti all'erosione del corso sulle sponde, dove queste risultano costituiti da terreni sciolti a granulometria prevalentemente limo-sabbiosa

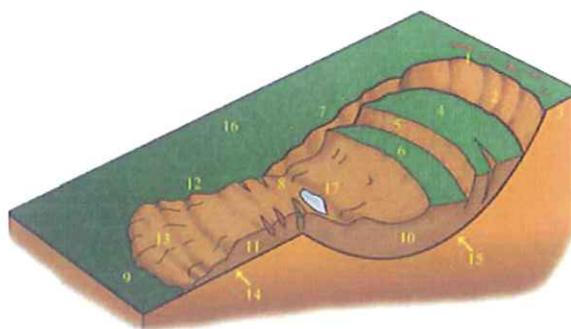
- **FORME E FENOMENI DI INSTABILITA' SU VERSANTE**

Particolare attenzione è stata rivolta alla individuazione dei numerosi fenomeni franosi, in atto o quiescenti, presenti nel territorio rilevato.

Dalla loro visione diretta e da quello che è emerso dai rilievi fotogrammetrici è stato possibile suddividerle tra zona di distacco (corona) e zona di scorrimento ed accumulo, inoltre l'area in frana è stata divisa in Zona 1 (area caratterizzata dai fenomeni attivi) ed in Zona 2 (area di influenza oggetto di potenziale evoluzione del dissesto)

Tendenzialmente in tutte le frane il tipo di movimento è stato considerato complesso, in quanto caratterizzato dalla risultante di 2 o più tipologie franose, con prevalenti meccanismi di scivolamento

Frane di scivolamento: corrispondono alle frane di maggior importanza ed estensione ed avvengono lungo una superficie di discontinuità preesistente, inclinata per lo più a "franapoggio", con presenza di termini argillosi o "argillificati" dalle acque circolanti.



- **FORME ANTROPICHE**

Vecchia discarica: risulta quella posta a SE in Loc. Le Padulette

5- CARTA LITOLOGICO-TECNICA Tavv. G.03 A-B

Con riferimento alle precedenti cartografie, è stata redatta la seguente carta, precisando che da un punto di vista litotecnico è stato possibile accorpate in 6 "Unità Litotecniche" tutte le formazioni affioranti

Per la sua redazione si è inoltre tenuto conto sia della geologia di superficie che dei dati d'indagine pregressi e di nuova realizzazione ed in questo senso sono state scelte le indagini profonde meglio caratterizzanti il quadro geologico-tecnico locale, poi integrate da nuove indagini sismiche

Per quanto riguarda la definizione delle singole formazioni e/o dei fenomeni morfologici, si è proceduto secondo le seguenti classificazioni:

Instabilità di versante



Complessa, attiva



Complessa, quiescente

Terreni di copertura



GP fd - Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia di falda detritica



GC pd - Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla di piana pedemontana



GC tf - Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla di terrazzo fluviale



GM pd - Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di piana pedemontana



ML pd - Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di

Substrato geologico



SFLPS - Lapideo stratificato fratturato/alterato

INSTABILITA' DI VERSANTE

Frane attive

Si tratta di fenomeni gravitativi che presentano indizi di movimento in atto o recenti, interessando anche porzioni delle coperture detritiche della formazione del macigno

Frane inattive

Accumuli gravitativi di materiale a granulometria variabile, che mostrano una sostanziale stabilità, senza evidenze di movimenti in atto, seppur la riattivazione degli stessi è da considerare come non totalmente esclusa.

Anche in questo caso interessando anche porzioni delle coperture detritiche della formazione del macigno

In entrambi i casi si tratta di fenomeni con meccanismi complessi di rotazione e di scivolamento, seppur con prevalenza dei secondi

DEPOSITI DI COPERTURA

Depositi detritici (GP fd)

Si tratta di materiali eterogenei di varia pezzatura (miscela di ghiaia e sabbia poco assortita), derivanti dall'alterazione in situ della roccia costituente il substrato lapideo, accumulati perlopiù in posto.

Depositi alluvionali recenti ed attuali (GC pd)

Si tratta di sedimenti fluviali in facies di depositi miscelati di ghiaia-sabbia ed argilla, di ambiente deposizionale pedemontano

Depositi alluvionali terrazzati (GC tf)

Si tratta di sedimenti fluviali in facies di depositi miscelati di ghiaia-sabbia ed argilla, posti in terrazzi fluviali, morfologicamente più alti dei depositi alluvionali recenti

Ciottolame poligenico (GM pd)

Si tratta di una miscela di ghiaie a prevalenti elementi rotondeggianti, con matrice limo-sabbiosa talora subordinata, deposti in ambiente pedemontano

Limi ed argille sabbiose (ML pd)

Sono sedimenti in prevalenza limo-argillosi, con presenza subordinata della frazione sabbiosa, prevalentemente mostrano buona compattezza e bassa plasticità

SUBSTRATO LAPIDEO

Macigno (SFLPS)

Si tratta di materiali arenacei lapidei, localmente stratificati, con tratti a marcata fratturazione, in larga parte ricoperti o da una coltre detritica a variabile spessore o da materiali sabbiosi, provenienti dall'alterazione in situ della formazione madre

I rapporti tra le varie formazioni sono chiariti nelle 3 sezioni geologico tecniche allegate (Tav. G.04), di cui 2 tracciate nella zona di passaggio tra la porzione collinare e quella marcatamente pianeggiante in quanto quella più interessante per le finalità del presente lavoro cercando di ricostruire l'andamento del substrato sulla base delle indagini pregresse e/o eseguite in questa fase, con la terza ortogonale alle suddette,

6 - CARTA DELLE INDAGINI Tavv. G.05 A-B

Tutte le indagini maggiormente significative e rappresentative (sia geotecniche che sismiche) sono state inserite nella Carta delle Indagini con la simbologia indicata nelle Istruzioni Tecniche e negli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica ufficiali.

Legenda

Indagini precedenti

- Utilazione delle indagini puntuali
- Tipologie di indagini puntuali**
- ◆ Sondaggio a carotaggio continuo
- ◆ SPT Prova penetrometrica in filo (SPT)
- ◆ Pozzo per acque
- ◆ Prova penetrometrica dinamica super pesante
- ◆ Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)

Indagini attuali

- Utilazione delle indagini puntuali
- ◆ Stazione microtremore a stazione singola di nuova realizzazione
- ◆ Array sismico ESAC di nuova realizzazione
- ◆ MW Prova MASW di nuova realizzazione
- ◆ SR Profilo sismico a rifrazione (onde P ed onde S) di nuova realizzazione

INDAGINI GEOFISICHE (VEDI ELABORATO G16 Parte 1 e Parte 2)

Per l'esecuzione delle prospezioni sono state utilizzate le seguenti strumentazioni ed attrezzature:

n°	Strumentazione Sismica per profili sismici tomografici e misure ReMi e MASW
1	Sismografo GEOMETRICS "GEODE" 24 ch - 24 bit
1	Computer portatile HP per registrazione dei dati di campagna
24	Geofoni verticali con frequenza pari a 4,5 Hz
24	Geofoni orizzontali con frequenza pari a 14,5 Hz
1	Cavo di collegamento per geofoni
1	Trigger dispositivo "hammer switch"
1	Massa battente del peso di 6,5 kg

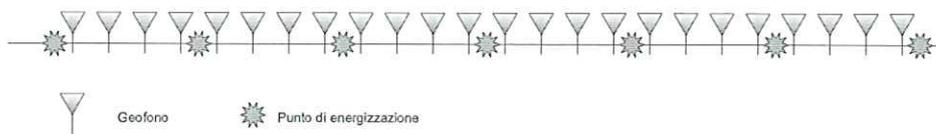
n°	Strumentazione Sismica per misure HVSR
1	Dispositivo di registrazione Dymas SOLGEO
1	Dispositivo di acquisizione sismometro triassiale VELOGET SEISMOMETER

Profili sismici a rifrazione onde "P" (10 prove)

Lo scopo della prova consiste nel determinare il profilo di rigidità del sito attraverso la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di compressione (V_p), secondo fasi d'acquisizione differenti e determinare le geometrie sepolte (spessori e superfici di contatto) dei sismostrati individuati.

La prova consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, delle sollecitazioni dinamiche verticali per la generazione delle onde P e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante sensori a componente verticale (geofoni).

Di seguito si riporta lo schema dell'array sismico realizzato per la base da 24 geofoni utilizzati per lo svolgimento dell'indagine:



Rappresentazione schematica di array sismico a rifrazione

Come sistema energizzante per la generazione delle onde P è stata adottata una massa battente in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza, con forme d'onda ripetibili, ovvero con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione.

Riassumendo il profilo sismico a rifrazione eseguito presenta le seguenti caratteristiche:

- Numero geofoni: 24;
- Spaziatura dei geofoni: 2,5 - 5,0 metri;
- Frequenza geofoni: 4,5 Hz;
- Spaziatura dei tiri: 10 - 20 metri;
- Sorgente: massa battente

Profili sismici a rifrazione onde "S_H" (10 prove)

Lo scopo della prova consiste nel determinare il profilo di rigidità del sito attraverso la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s), secondo fasi d'acquisizione differenti e determinare le geometrie sepolte (spessori e superfici di contatto) dei sismostrati individuati.

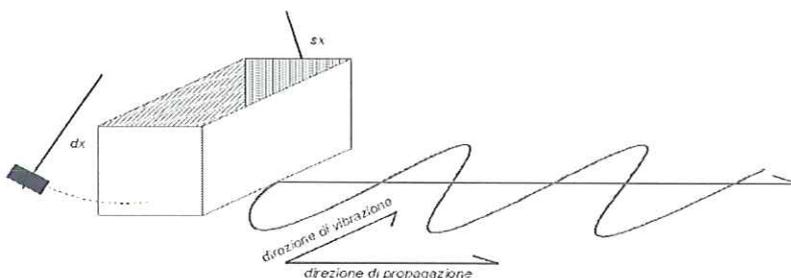
La prova consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, delle sollecitazioni dinamiche orizzontali per la generazione delle onde S_H e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante sensori a componente orizzontale (geofoni).

In riferimento all'indagine geofisica di sismica a rifrazione con onde polarizzate S_H sono state adottate le seguenti caratteristiche:

- Numero geofoni: 24;
- Frequenza geofoni: 14 Hz;
- spaziatura dei geofoni: 2,5 - 5,0 metri;
- spaziatura dei punti di scoppio: 10 - 20 metri;
- Sorgente: massa battente.

Per quanto riguarda la generazione di onde polarizzate S_H si è proceduto, viste le condizioni di accessibilità del sito, ad energizzare con la duplice battuta orizzontale ed è avvenuta secondo la procedura seguente:

- disposizione dei geofoni di tipo orizzontale lungo la linea, con il sensore (geofono) libero di vibrare lungo l'asse orizzontale ortogonale alla linea dello stendimento
- posizionamento del sistema energizzante (piastra metallica e mazza) in modo da energizzare nel senso ortogonale all'allineamento geofonico
- STACK1: energizzazione in un senso, definita convenzionalmente *battuta destra* (dx), acquisita con polarità del sismografo *positiva*
- cambio di polarità sul sismografo, da positiva a negativa
- STACK2: energizzazione nel senso opposto al precedente (*battuta sinistra*)
- acquisizione del file generato dalla somma dello STACK1+STACK2 - onde S_H polarizzate



Schema per la generazione di onde polarizzate S_H e schema di avanzamento del fronte d'onda

Le indagini sismiche in sito hanno permesso di determinare direttamente la velocità di propagazione, all'interno del mezzo in esame, delle onde di compressione (onde "P") e delle onde di taglio (onde "S") ed indirettamente, utilizzando i valori delle velocità acquisite, alcune proprietà meccaniche delle litologie investigate.

Nell'ambito degli studi geognostici delle litologie si è provveduto alla parametrizzazione dinamica dei terreni.

Nello specifico sono state acquisite misure della velocità delle onde sismiche che hanno permesso di determinare la rigidità iniziale (G_0 o G_{max}), ossia la rigidità a livelli di deformazione molto bassi.

Nell'indagine geofisica svolta tale parametrizzazione è stata ottenuta attraverso misure delle onde di compressione (P) e di taglio (S), mediante rilievi sismici di superficie.

Per quanto riguarda le principali proprietà dinamiche dei terreni, è opportuno ricordare che per sottosuoli naturali, a causa della rapidità delle azioni e del fatto che questi si trovano per gran parte sotto falda, ci si trova in condizioni di drenaggio impedito e pertanto il fenomeno sismico produce deformazioni volumetriche trascurabili, rispetto a quelle distorsionali.

Per questo motivo appare giustificato ricondurre la modellazione meccanica di un fenomeno sismico all'analisi degli effetti prodotti da un insieme d'onde "S", che si propagano dal substrato alla superficie, con un campo di spostamenti del terreno in pratica orizzontale.

Tale assunzione è oltretutto giustificata dal fatto che, da un punto di vista ingegneristico, il moto più verosimile ai fini della verifica sismica dei manufatti è quello orizzontale. In tal senso, a livelli di deformazione bassi, è assunta l'ipotesi che il terreno in esame presenti un comportamento tensione-deformazione di tipo elastico lineare (deformazioni inferiori a 10-3 %).

Le velocità delle onde P misurate per terreni perfettamente saturi ($S_r = 100\%$) dipendono talora in maniera decisiva dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale e perciò tali valori possono non essere

rappresentativi delle proprietà meccaniche del materiale in questione secondo le relazioni matematiche espresse in precedenza; invece le velocità delle onde "S" e delle onde di superficie, sono caratteristiche delle vibrazioni trasmesse prevalentemente dal solo scheletro solido e perciò rappresentative delle proprietà meccaniche del terreno. Ne consegue che per alcuni terreni sotto falda, le uniche onde in grado di fornire informazioni precise sulla rigidità del terreno sono quelle di taglio e, subordinatamente, le onde di superficie.

Le onde elastiche si propagano nelle rocce con vari schemi e con diverse velocità.

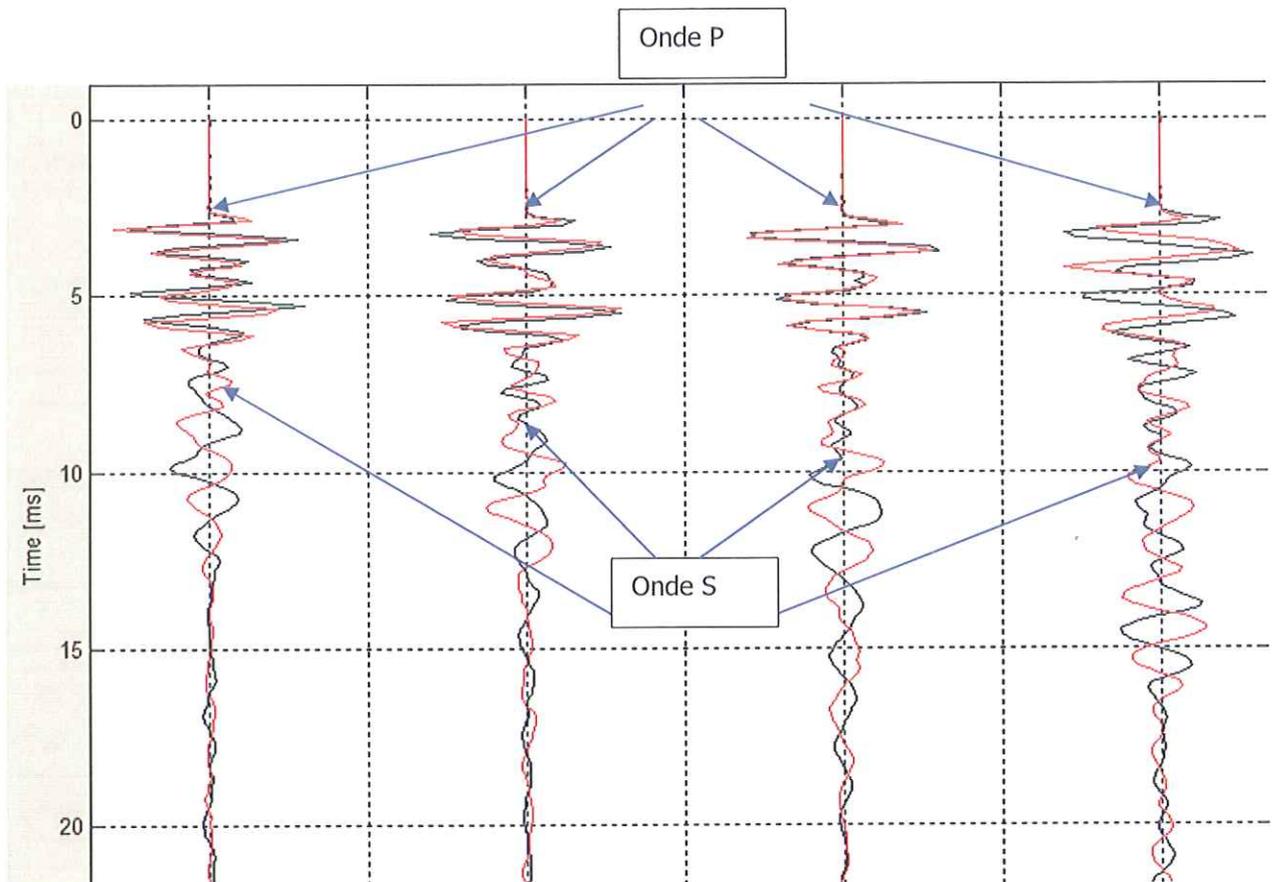
Secondo queste modalità le onde sismiche pertanto sono distinte in longitudinali, trasversali, superficiali (Stoneley, Love, Rayleigh, etc..).

Nelle varie applicazioni della sismica s'impiegano impulsi artificiali d'energizzazione che producono onde elastiche di diversi tipi; tra queste sono prese in esame solo le onde longitudinali o "prime" (P) e quelle trasversali o "seconde" (S).

Occorre ricordare che la componente dell'onda sismica compressionale (P) risulta più veloce dell'altra componente (S) e pertanto l'arrivo di queste onde di taglio deve essere ricercato all'interno del sismogramma registrato.

Le due onde, com'è noto, si differenziano per la diversa modalità di deformazione dei terreni durante la loro diffusione: la propagazione delle onde longitudinali avviene mediante compressioni e decompressioni delle rocce, mentre quella delle onde trasversali si basa sulla trasmissione di sforzi di taglio.

Nella prova sismica effettuata, i tempi di primo arrivo delle onde P ed S (Figura successiva) sono stati letti e tabellati attraverso specifici programmi di picking che permettono di rimontare insieme le tracce relative alle varie profondità, per ciascun trasduttore, con precisione di lettura fino a 0,001 millisecondi



Sismogramma - Identificazione dei tempi onde P e onde S

I tempi di arrivo delle onde P e delle onde S misurate permettono in funzione della distanza, attraverso specifiche elaborazioni, di calcolare le velocità sismiche delle varie litologie incontrate alle diverse profondità.

La fase d'interpretazione dei dati acquisiti in campagna è stata preceduta dalla lettura dei tempi sismici registrati.

Dai sismogrammi registrati con il rilievo sismico eseguito con le caratteristiche sopra citate si ricavano i tempi di "primo arrivo" dell'onda sismica.

Tali tempi sono riportati nel grafico dromocrone presenti per ogni profilo sulle tavole allegate. I tempi d'arrivo delle onde "P" e successivamente delle onde "S_h" sono stati letti attraverso uno specifico programma di picking ed in seguito tabellati.

Dopo, per mezzo dello specifico programma SeisOpt@Prov2.5, è stata eseguita un'interpretazione con metodologia tomografica dei profili sismici.

I tempi sismici delle onde P e delle onde S_H sono stati elaborati con metodologia tomografica che prevede la suddivisione dello spazio bidimensionale in celle quadrate o rettangolari secondo una maglia prefissata, con l'attribuzione ad ognuna di un determinato valore di velocità sismica.

Nell'elaborazione il programma di calcolo determina il tempo di transito ipotizzando dei valori di velocità sismica per ogni cella, tale processo cessa quando si raggiunge la minore discordanza tra i tempi calcolati e i tempi sismici sperimentali misurati sui sismogrammi.

Il modello sismico derivato da tale processo, detto inverso, permette di ottenere una sezione in due dimensioni che ci consente di poter effettuare una interpretazione per definire un assetto stratigrafico in base alla velocità sismica e al gradiente di velocità.

Una dettagliata descrizione dei fondamenti teorici della tomografia sismica è stata pubblicata da Nolet (1987).

L'interpretazione dei dati, che viene sviluppata effettuando un'analisi di modellazione del sottosuolo su base anisotropia attraverso la suddivisione dello spazio in celle regolari, fornisce, previa elaborazione con tecniche di ricostruzione tomografica (ART, SIRT: Gilbert, 1972; Gordon, 1974; Miranda, 1989), il campo delle velocità sismiche del sottosuolo.

Nel caso specifico per le sezioni tomografiche la scelta della dimensione delle celle è stata effettuata sulla base dei modelli interpretativi migliori.

Per la determinazione di questi ultimi è stato utilizzato il metodo di inversione controllato "Monte Carlo" implementato su una modellizzazione avanzata, ove i modelli sono accettati o rifiutati basandosi su un criterio statistico.

L'accuratezza del modello inverso è definita dallo scarto quadratico medio calcolato tra i tempi di primo arrivo sperimentali ed i calcolati. Per ogni cella investigata è stato calcolato un valore di velocità sismica e per renderne più immediata la comprensione, alle stesse celle è stato attribuito un colore secondo una scala con tonalità prefissate.

SINTESI DEI RISULTATI

In generale la prospezione sismica effettuata con i profili sismici tomografici delle onde P, e delle onde S ha permesso di modellizzare un assetto stratigrafico e di fornire informazioni utili alla definizione della successione stratigrafica con la definizione di geometrie e spessori nella zona di bordo bacino, ovverosia nella zona di passaggio tra la zona di valle pianeggiante e la zona collinare con morfologia più acclive, del territorio del comune di Buggiano.

In particolare le sezioni sismiche (**Rif. Profili 1-2-3-4-5-6-8-10**) hanno permesso di definire le geometrie di assetto strutturale e stratigrafico del substrato roccioso costituito dalla formazione del Macigno (**$V_s > 800$ m/s circa**) e i depositi alluvionali e neogenici che caratterizzano il bacino nella piana alluvionale

Solo i profili sismici sviluppati nell'area più occidentale del territorio (**Rif. Profili 7 e 9**) hanno individuato una successione sismostratigrafica, che non si correla con la presenza di un substrato roccioso immediatamente al di sotto dei depositi di copertura, ma fa presupporre una successione caratterizzata dalla presenza di livelli ciottolosi, probabilmente saturi (**$300 < V_s < 500$ m/s circa**), interposti tra i terreni di copertura ed il substrato lapideo.

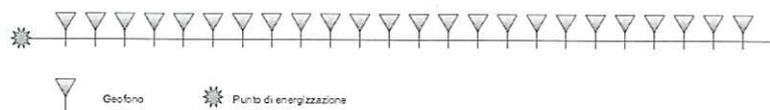
Profili MASW ed ESAC

Sono stati eseguiti n. 5 profili ESAC e MASW con geometria ad incrocio tra le prove, tutti eseguiti nella piana alluvionale evitando misure su aree con substrato affiorante

Il metodo di indagine attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è basato sullo studio spettrale delle onde superficiali presenti in un sismogramma realizzato per mezzo di un'energizzazione sismica artificiale (Nazarian e Stokoe, 1984; Park et al., 1999).

Lo scopo della prova MASW è quello di ricostruire il profilo di rigidità del sito tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di superficie di Rayleigh, con un successivo processo d'inversione, attraverso il quale è fornita una stima indiretta della distribuzione delle onde Vs (velocità di propagazione delle onde di taglio).

La prova consiste nel produrre in un punto sulla superficie del terreno, in corrispondenza del sito da investigare, una sollecitazione dinamica verticale e nel registrare tramite uno stendimento lineare di sensori, le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate.



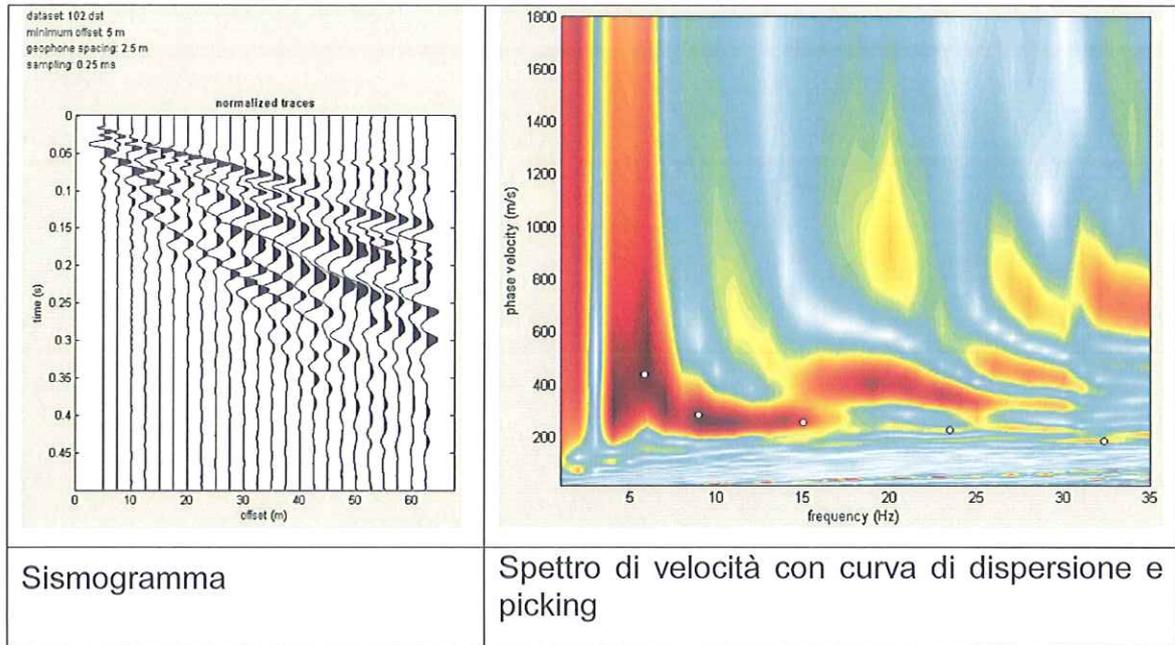
rappresentazione schematica di array per acquisizione di MASW

In riferimento all'indagine geofisica la prova MASW è stata acquisita con le seguenti caratteristiche:

- Numero geofoni: 24;
- Spaziatura dei geofoni: 2,5 metri;
- Frequenza geofoni: 4.5 Hz;
- Tempo di registrazione degli eventi: 2 s;
- Tempo di campionamento: 0.25×10^{-3} s;
- offset minimo 2,5 - 5 -7,5 metri

La metodologia "MASW" consente di eseguire un'analisi dei dati sismici in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della velocità delle onde S; inoltre essa permette di definire il parametro Vs30, utile per la classificazione dei terreni nelle categorie di suolo, funzionale alla descrizione dell'azione sismica in sito.

Il profilo verticale delle velocità sismiche delle onde S (V_s) è ottenuto tramite l'inversione (considerando tanto il modo fondamentale che quelli superiori) delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh. Una volta ottenuto il sismogramma, si procede a determinare lo spettro di velocità sul quale si identifica la curva di dispersione.

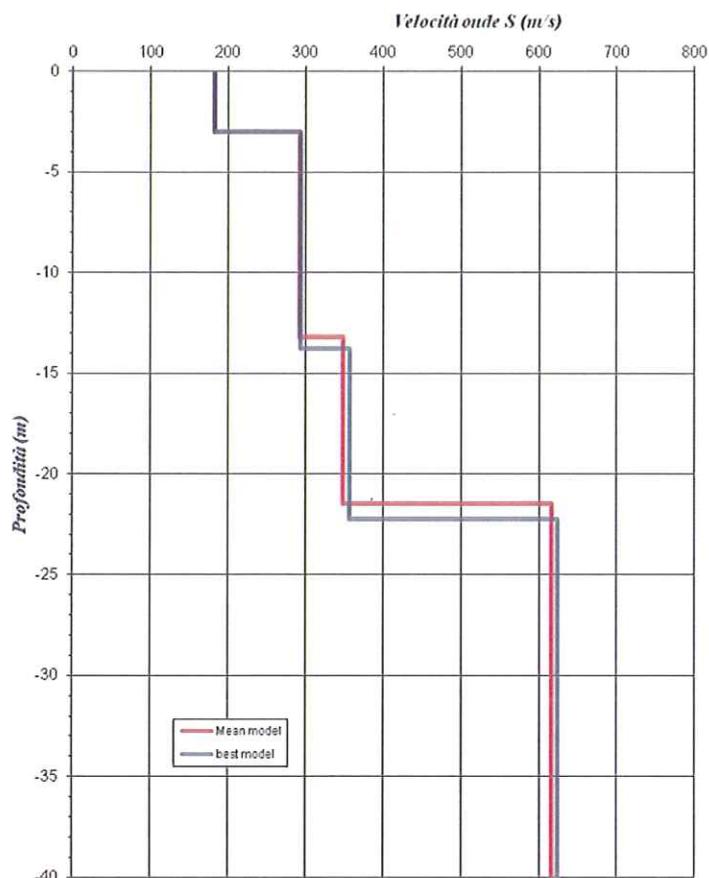


Il profilo verticale di V_s si ottiene con l'inversione della curva di dispersione precedentemente "piccata".

Tale inversione è eseguita tramite l'utilizzo di algoritmi genetici che consentono di ottenere soluzioni affidabili ed una stima dell'attendibilità del modello ricavato in termini di deviazione standard.

L'operazione di inversione è ottimizzata definendo uno spazio di ricerca i cui confini sono definiti da valori di V_s e spessori all'interno dei quali si cerca la soluzione. Tali assunzioni sono fatte sulla base delle conoscenze geologiche del sito e delle informazioni derivate dalla sismica a rifrazione.

Una volta fissati i limiti minimi e massimi dello spazio di ricerca, sono quindi impostati i parametri genetici che definiscono



Il metodo di indagine ESAC (Extended Spatial Auto - Correlation) è basato sullo studio spettrale delle onde superficiali presenti in una registrazione sismica di micro-tremori naturali e/o artificiali a bassa frequenza, che si propagano all'interno del mezzo indagato.

Lo scopo della prova ESAC consiste nel determinare il profilo di rigidità del sito tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di superficie di Rayleigh ed un successivo processo d'inversione, attraverso il quale è fornita una stima indiretta della distribuzione delle Vs (velocità di propagazione delle onde di taglio). L'acquisizione dei dati è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione (a geofono singolo) disposta sul terreno con array lineare da 24 geofoni disposta su direttrici ortogonali tra loro.

In riferimento all'indagine geofisica la prova ESAC è stata acquisita con le seguenti caratteristiche:

- Numero geofoni: 24;
- Spaziatura dei geofoni: 2,5 metri;
- Frequenza geofoni: 4,5 Hz;
- Tempo di registrazione degli eventi: 30 s;
- Tempo di campionamento: 2×10^{-3} s;
- n° 8 registrazioni.

L'elaborazione del segnale consiste nell'operare una trasformata bidimensionale "slowness-frequency" (p-f), che studia l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni (orizzontale e verticale) lungo la linea sismica, nonché nel rappresentarne poi lo spettro di potenza su un grafico p-f

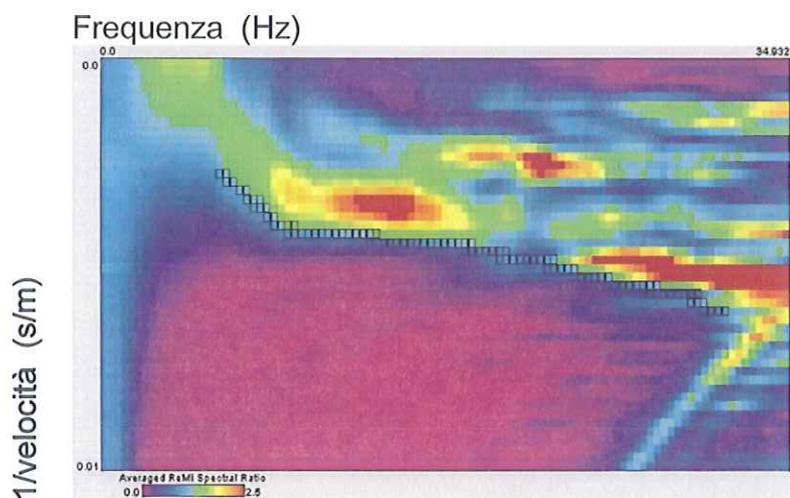


grafico p-f spettro di velocità con picking della curva di dispersione

Nell'immagine sono evidenziati gli andamenti che possiedono una spiccata coerenza di fase con una potenza rilevante: ciò consente un riconoscimento visivo delle onde di Rayleigh in quanto esse presentano un carattere dispersivo diverso rispetto a quelle riconducibili ad altre modalità e tipi d'onda.

Sullo spettro di frequenza si identificano i valori di slowness (inverso della velocità di fase) con i rispettivi valori di frequenza (fig. 5.9). I valori di picking sono riportati su di un diagramma periodo-velocità di fase (fig. 5.10) sui quali è sovrapposta la curva di dispersione al fine di ottimizzare il modello interpretativo.

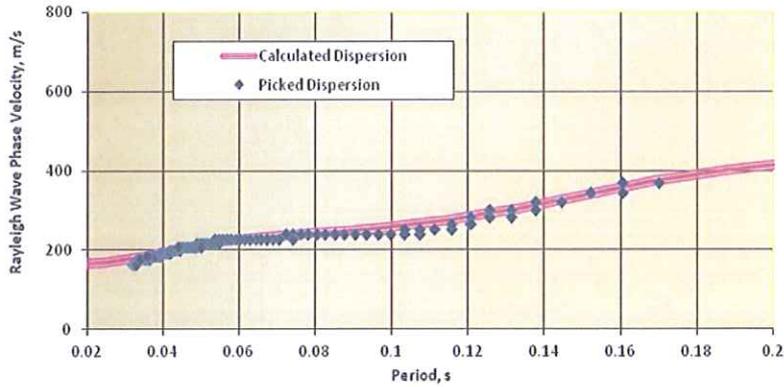
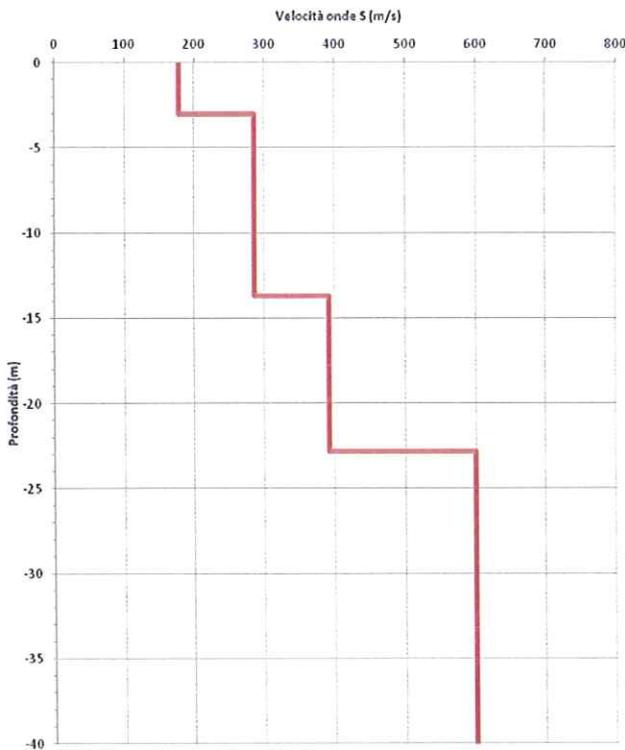


Diagramma periodo – velocità di fase

Variando la geometria del modello interpretativo ed i valori di velocità delle onde “S” si modifica la curva calcolata di dispersione. Raggiunto un buon fitting con i valori sperimentali si ottiene il modello interpretativo finale.



Lo studio delle onde di superficie ha permesso di ricostruire una successione stratigrafica in funzione della velocità delle onde sismiche S e poter calcolare il valore di V_{s30} che permette di definire la categoria di suolo secondo la normativa antisismica.

SINTESI DEI RISULTATI

Per tale studio sono state utilizzate due tipologie : MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) e "ESAC" (Extended Spatial Auto - Correlation), al fine di elevare il grado di attendibilità del risultato e diminuire le incertezze.

Tali misure sono state sviluppate nelle aree pianeggianti di bacino per caratterizzare dal punto di vista dinamico le coperture alluvionali.

Le misure in generale hanno fornito elementi significativi alla definizione delle caratteristiche di sito che permettono la stesura delle carte di piano e delle carte della microzonazione sismica.

In particolare si evidenzia che principalmente i siti studiati sono caratterizzati da litotipi granulari o coesivi che ricadono in classe C, secondo la normativa sismica vigente, o comunque fanno registrare valori prossimi al limite tra suoli di tipo C e B.

INDAGINI GEOGNOSTICHE (VEDI ELABORATO G16 parte 3)

Sono state scelte 30 tra le indagini maggiormente rappresentative, consistenti in 8 sondaggi, 8 penetrometrie e 14 pozzi con relativa stratigrafia

7 - CARTA IDROGEOLOGICA Tavn. G.06 A-B

In questa sede è stato provveduto alla definizione delle condizioni di vulnerabilità intrinseca della falda seguendo il criterio C.I.S. "per complessi e situazioni idrogeologiche" in quanto assenti dati quantitativi che possano consentire lo sviluppo di metodi più sofisticati e deterministici.

Il metodo C.I.S. si basa infatti su valutazioni qualitative che tengono conto della permeabilità dei terreni, quindi per l'attribuzione delle classi di vulnerabilità rappresentate in carta, si è adottato lo schema riportato di seguito

Classi di vulnerabilità	Descrizione
1 - <i>Molto elevata</i>	Acquiferi ad alta permeabilità sciolti – (Coperture detritiche)
2 - <i>Elevata</i>	Acquiferi a permeabilità primaria elevata con coperture a bassa permeabilità ridotte (< 2 m.) o assenti – (Depositi alluvionali recenti e ciottolame poligenico)
3 - <i>Media</i>	Acquiferi a permeabilità primaria media con coperture a bassa permeabilità significative (> 2 m.), Arenarie fratturate– (Depositi alluvionali terrazzati e Macigno)
4 - <i>Bassa</i>	Acquiferi a permeabilità primaria bassa con spessore > 10 metri,– (Limi ed argille sabbiose)

Nella stessa carta sono stati indicati i pozzi e le sorgenti ad uso idropotabile; per tutti questi punti di captazione idrica, è stata delimitata sia la ***zona di rispetto*** che quella ***di tutela assoluta***.

La zona di rispetto, così come definita dalla vigente normativa, risulta quella , in assenza di diversa individuazione regionale, avente un raggio di 200 m rispetto al punto di captazione e derivazione

La ***zona di tutela assoluta*** è costituita dall'area immediatamente circostante il punto di captazione con almeno 10 m di raggio.

Ognuna delle aree di salvaguardia ha una specifica normativa, la quale autorizza o vieta vari tipi di attività o destinazioni d'uso del territorio, come di sotto riportato

La **zona di tutela assoluta** è adibita esclusivamente alle opere di presa, può avere costruzioni di servizio, deve essere recintata e provvista di opere di canalizzazione per le acque superficiali; ad essa può accedere esclusivamente personale autorizzato o addetto alla manutenzione, la delimitazione di tale zona

è di almeno 10 m di raggio estendibili a seconda delle situazioni di rischio dell'area.

E' evidente che in questa zona le restrizioni sono assolute, cioè non possono esservi altre destinazioni d'uso o attività se non inerenti la captazione stessa.

La **zona di rispetto** è anch'essa riferita alle opere di presa ed ha dimensioni di almeno 200 m dal punto di captazione, ampliabili o riducibili in relazione alle condizioni di vulnerabilità e rischio della risorsa; in assenza di altre specifiche da parte degli Enti competenti, la sua estensione è costituita dal cerchio di raggio 200 m coincidente all'opere di presa a cui si riferisce.

Nella zona di rispetto sono vietate le attività di cui, all'art. 21 del D.L. 152/99, ovverosia:

- a) *dispersione di fanghi e acque reflue, anche se depurati;*
- b) *accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;*
- c) *spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;*
- d) *dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali e strade;*
- e) *aree cimiteriali;*
- f) *apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;*
- g) *apertura di pozzi a eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione dell'estrazione e alla protezione delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica;*
- h) *gestioni di rifiuti;*
- i) *stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;*
- l) *centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;*
- m) *pozzi perdenti;*
- n) *pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. È comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta*

8 - CARTA DELLE FREQUENZE Tavn. G.07 A-B

Sulla base delle misure H/V è stata redatta la seguente **carta (per dettagli vedi elaborato G16 parte 2)**, precisando che il tipo di misura rientra nel campo delle indagini a sismica passiva, per la registrazione del rumore sismico ambientale.

La prova consiste nel posizionare la strumentazione composta da una terna sismica secondo le componenti cartesiane allineate con i riferimenti geografici, e in modo da eliminare eventuali disturbi prodotti da sorgenti esterne locali. (vento, radici, vegetazione,...).

Successivamente viene realizzata la registrazione per un tempo relativamente lungo in modo da campionare eventi significativi alla ricostruzione di uno spettro di frequenze indicativo del sito di studio.

Nello specifico per ogni posizione di misura è stata realizzata una registrazione per una lunghezza di 30 minuti in modo continuo.

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) è basata sulla misura dei rapporti medi fra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali e verticale del rumore sismico ambientale.

Le frequenze di risonanza corrispondono ai massimi della funzione che rappresenta rapporti spettrali medi in funzione della frequenza (funzione H/V).

L'ampiezza di questi massimi è proporzionale (anche se non linearmente) all'entità del contrasto di impedenza sismica esistente alla base della copertura.

L'idea di base è quella secondo cui il rapporto H/V consente in media di eliminare il ruolo delle variazioni di intensità delle sorgenti nel corso della registrazione mettendo in evidenza il ruolo della struttura.

Sperimentalmente si vede che, in presenza di un campo d'onde diffuso, la forma della funzione (e in particolare la posizione dei suoi valori massimi) risulta con buona approssimazione stabile nel tempo e fortemente correlata con le caratteristiche del sottosuolo al di sotto del sito di misura.

In particolare, in presenza di forti variazioni nel profilo di velocità delle onde S nel sottosuolo (legate per esempio alla transizione fra sedimenti soffici e basamento rigido), la funzione H/V mostra dei massimi marcati in corrispondenza della frequenza di risonanza f_r relativa a quella configurazione strutturale (con f_r circa uguale al rapporto fra la velocità media delle onde S fino alla profondità del salto di velocità e il quadruplo di questa profondità).

Si osserva anche una certa correlazione (fortemente non lineare) fra l'entità della variazione di velocità responsabile del fenomeno di risonanza e l'ampiezza del massimo della funzione H/V (maggiore è il contrasto di impedenza sismica, maggiore è l'entità del massimo).

La struttura del campo d'onde presente nel terreno (rumore sismico ambientale, micro-tremore, rumore sismico o seismic noise) è condizionata dalle caratteristiche delle sorgenti che lo determinano (siano esse naturali o antropiche) e dalle proprietà meccaniche dei terreni.

Infatti, ciascuna sorgente genera un treno d'onde che raggiunge il punto di misura con caratteristiche che dipendono dall'entità delle sollecitazioni nelle componenti orizzontali e verticali del moto e dalle modalità di propagazione fra la sorgente e il sito in funzione dei fenomeni di riflessione, rifrazione e diffrazione che hanno luogo in corrispondenza di variazioni delle proprietà meccaniche dei terreni nel sottosuolo. In genere, nel campo di rumore ambientale, saranno presenti sia onde di volume (P e S in quantità variabili) che onde superficiali (Love e Rayleigh).

Se si considera un intervallo di tempo opportunamente lungo (dell'ordine delle decine di minuti), le proprietà medie di un campo d'onde sismiche generato da una molteplicità di sorgenti differenti, distribuite casualmente attorno a un punto di misura, tendono ad avere un andamento che non dipende dalle singole sorgenti che hanno generato il campo, ma solo dalle proprietà del mezzo in cui le onde si propagano e dal livello energetico medio dell'attività antropica o naturale.

In particolare, si può immaginare che, in media, le componenti orizzontali e verticali del moto del suolo tendano a essere sollecitate in modo equivalente, con un'ampiezza media pari al livello medio del rumore in quell'intervallo temporale.

In questa ipotesi, i rapporti fra le ampiezze verticali e orizzontali del moto (H/V) saranno statisticamente indipendenti dalle caratteristiche delle sorgenti (dato che le ampiezze delle sollecitazioni sul piano orizzontale e verticale sono mediamente le stesse) e saranno condizionate dai soli effetti di propagazione ovvero dalle caratteristiche del mezzo interessato dal moto sismico.

Queste ultime influenzeranno l'ampiezza relativa delle diverse fasi sismiche (onde P, S, Rayleigh e Love) e le direzioni di emergenza delle onde al punto di misura.

Si può dimostrare che la frequenza di risonanza ν_0 di una copertura sedimentaria di spessore H sovrapposta a un basamento rigido e in condizioni di stratificazione piana è data dal rapporto fra la velocità media delle onde S nel sedimento (V_s) e 4 volte lo spessore H ($\nu_0 = V_s/4H$).

Utilizzando questa relazione è possibile risalire dalla frequenza di risonanza misurata allo spessore della copertura una volta nota la velocità delle onde di taglio o, viceversa a questa ultima se lo spessore H è noto. Studi teorici mostrano che se il rumore è effettivamente dominato da onde di volume emergenti da direzioni subverticali, l'andamento e l'ampiezza della funzione H/V riflettono quelle della funzione di risposta del deposito sedimentario analizzato.

In caso contrario si vede che l'ampiezza dei massimi della funzione H/V è correlata (ma non linearmente) all'entità del contrasto di impedenza sismica presente alla base della copertura. L'assenza di massimi della funzione H/V suggerisce l'assenza di fenomeni di amplificazione sismica dovuti a fenomeni di risonanza.

La misura della funzione H/V è stata effettuata tramite l'acquisizione del rumore sismico ambientale per ogni punto per un tempo di trenta minuti.

Questa durata ha lo scopo di garantire la misura del campo di rumore generato da una molteplicità di sorgenti dalle diverse direzioni dello spazio.

La misura è stata effettuata utilizzando un sistema di acquisizione tri-direzionale caratterizzato da sufficiente sensibilità.

I risultati di ogni analisi presentati in questo lavoro sono stati ottenuti con il software NAKAS, che permette di determinare i rapporti medi fra le componenti spettrali del rumore misurate sul piano orizzontale e verticale.

A questo scopo, la serie di rumore ambientale è stata suddivisa in una serie di finestre temporali di uguale durata (finestre di 10 secondi) per ciascuna delle quali è stato determinato lo spettro del moto.

Su ciascuna di queste finestre viene calcolato lo spettro di ampiezza del segnale nelle tre componenti. In questa fase è stato applicato un sistema di lisciamento (smoothing) adottato per la determinazione dello spettro.

Dopo un opportuno lisciamento, le ordinate spettrali del moto sul piano orizzontale, ottenute mediando opportunamente i valori ottenuti nelle due direzioni principali, sono state divise per quelle ottenute nella direzione verticale.

L'andamento dei rapporti spettrali è stato quindi ottenuto mediando i valori ottenuti per le diverse finestre temporali considerate. Per definire la qualità delle misure sono state anche valutate le variazioni temporali e azimutali dei rapporti spettrali nel corso della sessione di misura e fatta una stima del relativo intervallo di confidenza.

Di seguito sarà brevemente descritta la procedura di analisi seguita:

- Ciascuna delle tracce è suddivisa in segmenti o finestre di 10 secondi.
- In ogni finestra e per ciascuna delle tracce viene eseguita:
 - un'analisi preliminare: eliminazione di trend lineari (detrend) e tapering delle estremità.
 - la trasformata di Fourier (FFT)
 - il lisciamento degli spettri con finestra triangolare ampia una frazione della frequenza centrale.
- Le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali vengono mediate in modo geometrico, e vengono calcolati i rapporti HVSR (f), in ciascuna finestra temporale.

- Si calcolano i rapporti HVSR medi ed il relativo intervallo di confidenza al 95%. Alla frequenza di risonanza viene associata una stima dell'incertezza sperimentale.

Lo spettro relativo alla componente orizzontale viene ottenuto effettuando la media (solitamente geometrica) delle due componenti spettrali del rumore sul piano orizzontale.

La combinazione delle stime ottenute nelle diverse finestre temporali viene poi utilizzata per costruire la funzione H/V finale e stimare il relativo intervallo di confidenza. In particolare, la funzione H/V è ottenuta facendo la media dei valori delle funzioni H/V calcolate in ogni finestra temporale.

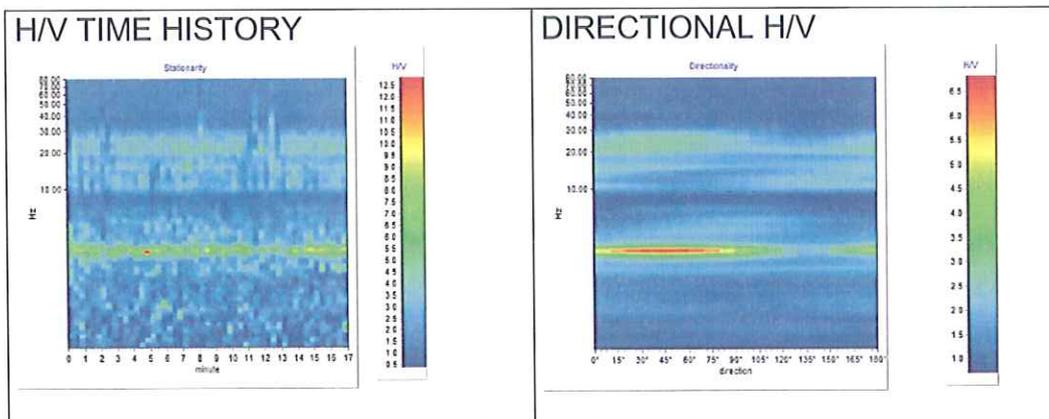
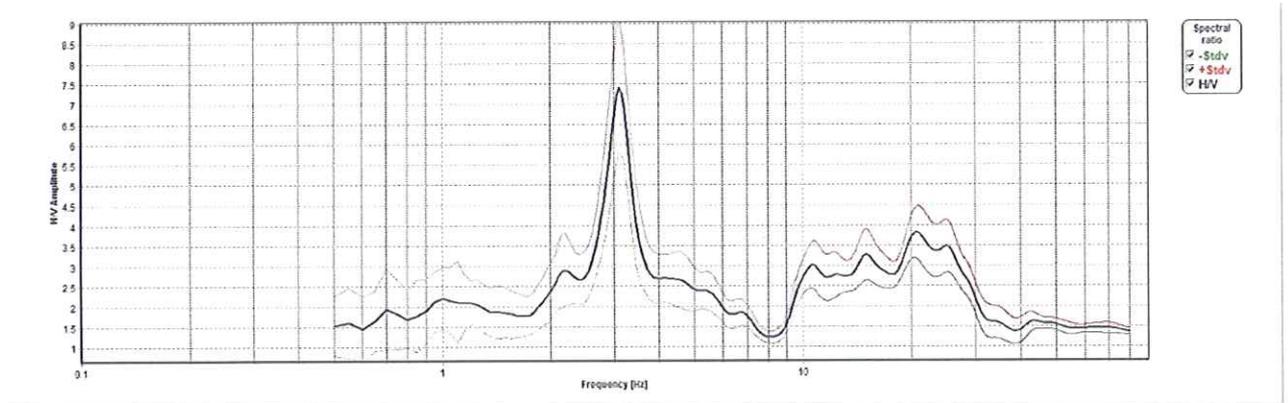
Per verificare se le misure sono state effettuate in condizioni ottimali per i fini geognostici (campo d'onde diffuso), oltre alla stima della curva H/V, risulta quindi utile valutare l'eventuale presenza di fenomeni direzionali (eterogeneità del campo di rumore) e la stabilità nel tempo della funzione H/V durante la misura (stazionarietà).

In presenza di un campo di rumore diffuso il valore della funzione H/V non deve cambiare nel tempo o al variare della direzione.

Al contrario, la presenza di sorgenti dominanti o il cattivo posizionamento dello strumento (basculamento) si manifesta come una variazione direzionale e/o temporale dei rapporti H/V.

Sperimentalmente, l'analisi di qualità della misura può essere effettuata confrontando le ampiezze spettrali medie del rumore misurato lungo le due componenti orizzontali, oppure calcolare diversi valori della funzione H/V di volta in volta proiettando lungo direzioni differenti le ampiezze spettrali ottenute sul piano orizzontale.

La stazionarietà nel tempo, invece, può essere valutata rappresentando in funzione del tempo le funzioni H/V ottenute nelle diverse finestre temporali considerate.



Risultati delle analisi di rumore sismico relative a una corretta misura H/V. In alto sono riportati i valori del rapporto spettrale H/V in funzione della frequenza con il relativo intervallo di confidenza al 95%. Sono anche indicati i valori delle frequenze corrispondenti ai massimi della funzione H/V. In basso a sinistra è riportato l'andamento nel tempo (ascissa) dei valori H/V (colori) in funzione della frequenza (ordinata): il grafico ha lo scopo di valutare la stabilità nel tempo della curva H/V. In basso a destra sono invece riportati i valori della funzione H/V (colore) in funzione della frequenza (in ordinata) al variare della direzione del segnale (ascissa): il grafico serve a valutare la direzionalità del segnale registrato.

Ai fini dell'affidabilità e della chiarezza del massimo della funzione H/V, infine è stata effettuata una analisi secondo i criteri determinati nell'ambito del progetto europeo SESAME per l'eliminazione di massimi spuri della funzione H/V, la cui presenza è frutto delle caratteristiche del campo d'onde sismiche e non della struttura locale del sottosuolo.

Infine, un buon indicatore della qualità del picco H/V può essere ottenuto dall'esame degli spettri singoli. Infatti, massimi fisicamente significativi sono generalmente associati a valori di ampiezza spettrale minima sulla componente verticale.

SINTESI DEI RISULTATI

Le misure HVSR hanno permesso di definire le varie curve H/V caratteristiche di sito e di definire le frequenze di risonanza dei terreni utilizzate per redigere la carta delle frequenze.

Le misure sono state distribuite sul territorio comunale tenendo conto del suo assetto geologico; sono state infatti disposte principalmente nella zona di bacino, limitando le misure nelle aree di affioramento roccioso in cui avrebbero avuto meno rilevanza nella valutazione della risposta sismica.

In particolare sono state individuate nell'area di bacino delle aree caratterizzate da basse frequenze con picchi discretamente ampi ad indicare contrasti di impedenza profondi che possono determinare fenomeni di risonanza importanti nelle rispettive frequenze individuate.

Le sette misure HVSR indicate come "picco non presente nell'intervallo 0,1-10Hz" sono indicative di aree in cui non sia presente in profondità un passaggio litologico con variazione netta delle caratteristiche geotecniche.

L'area meridionale del Comune di Buggiano presenta prevalentemente frequenze di risonanza maggiori rispetto all'area pedemontana, ad evidenza di un minor spessore della coltre alluvionale.

Tutti i suddetti risultati sono stati riportati nell'allegata carta delle frequenze con la legenda sotto indicata

Prove HVSR

Frequenza fondamentale f_0

- <2 (Hz)
- 2-8 (Hz)
- >8 (Hz)
- Non presente nell'intervallo 0,1-10Hz

Ampiezza del picco fondamentale A_0

- $H/V < 3$
- $3 < H/V < 4$
- $H/V > 4$

9 - CARTA DELLE MOPS (MS1) Tavv. G.08 A-B

La classificazione del territorio comunale ha tenuto conto della situazione litologica e della presenza di fenomeni gravitativi, dividendo il territorio in:

- ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITA'
- ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

Nella carta delle MOPS è stata indicata anche l'ubicazione delle misure H/V

Punti di misura di rumore ambientale



Punti di misura di rumore ambientale con indicazione del valore di f_0

Zona di attenzione per instabilità



ZA₁ - Zona di attenzione per instabilità di versante - Substrato fratturato o alterato



ZA₂ - Zona di attenzione per instabilità di versante - Zona 1



ZA₃ - Zona di attenzione per instabilità di versante - Zona 4



ZA₁₀ - Zona di attenzione per instabilità di versante - Zona 10



ZA₁₁ - Zona di attenzione per instabilità di versante - Zona 11

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



Substrato fratturato o alterato



Zona 1



Zona 2



Zona 3



Zona 4



Zona 5



Zona 6



Zona 7



Zona 8



Zona 9

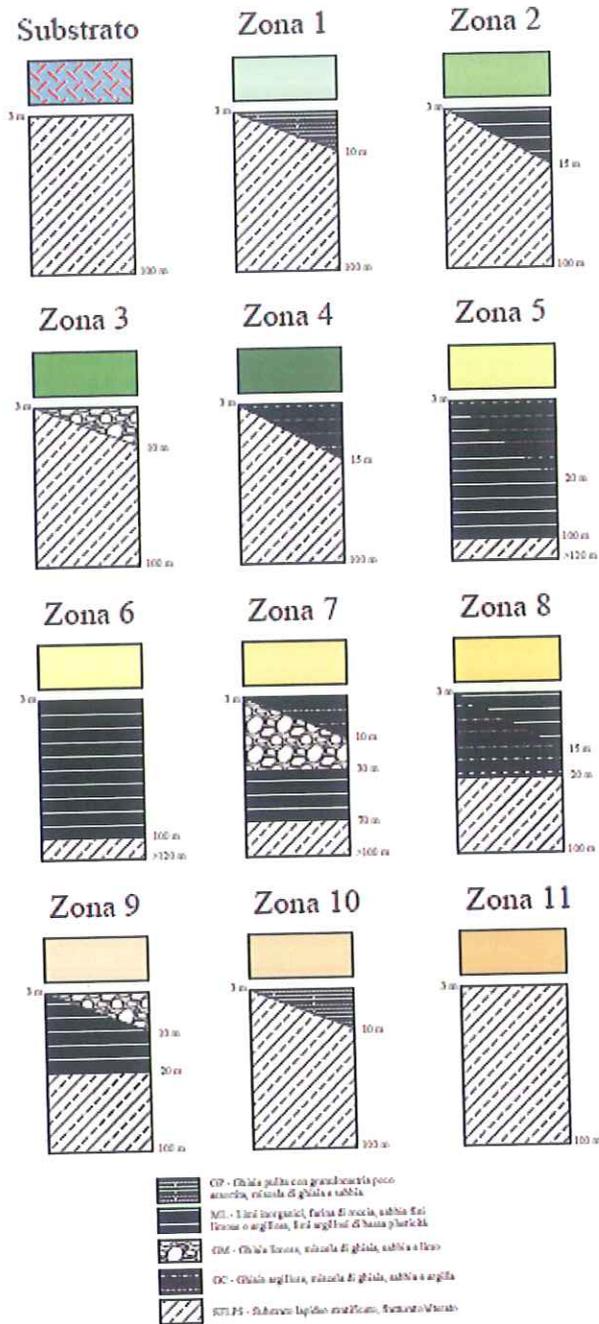


Zona 10 (Stratigrafia analoga a Zona 1 ma con pendenza >15°)



Zona 11 (Stratigrafia analoga a substrato ma con pendenza >15°)

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI



Colonne litostratigrafiche rappresentative della Carta delle MOPS

Zone di attenzione per instabilità

Instabilità di versante: comprende le aree interessate da frane attive e quiescenti, precisando che negli standard di rappresentazione ed archiviazione informatica, non viene separata l'attività o la quiescenza della frana (Rif. Fig. 1.1.3.2 e seguenti del manuale (ottobre 2015))

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Substrato – coincide con le aree di affioramento della Formazione del Macigno (SFLPS - litotipo lapideo alterato fratturato), coincidenti con tratti di versante aventi **pendenza < 15°**

Zona 1 – aree con copertura detritica posta su substrato SFLPS presenti nel territorio collinare. Le coltri detritiche sono state classificate come GP (Miscela di ghiaia e sabbia) in quanto derivanti dall'alterazione in situ del Macigno. Gli spessori della copertura detritica sono stimati entro i m 10.

Zona 2 – aree di affioramento di terreni limo-argillosi (ML – limi argillosi di bassa plasticità), direttamente sovrapposti al substrato SFLPS presente entro 15 metri. Tali aree sono ubicate all'interno della fascia di transizione tra la zona collinare e quella pianeggiante pedemontana

Zona 3 – aree di affioramento dei livelli di ciottolame (GM – miscela di ghiaia-sabbia e limo) fino al substrato costituito da SFLPS presente entro 10 metri. Anche tali aree sono ubicate all'interno della fascia di transizione tra la zona collinare e quella pianeggiante pedemontana

Zona 4 – aree di affioramento dei terreni alluvionali recenti e terrazzati (GC Miscela di ghiaia-sabbia ed argilla) fino a circa 15 metri, sovrapposti al substrato lapideo SFLPS

Tali aree sono ubicate all'interno sia della fascia di transizione tra la zona collinare e quella pianeggiante pedemontana, sia nelle zone di affioramento dei depositi al-

luvionali relativi ai corsi d'acqua che scorrono nella porzione collinare del territorio comunale

Zona 5 – aree di affioramento dei terreni alluvionali recenti e terrazzati (GC Miscela di ghiaia-sabbia ed argilla) fino a circa 20 metri, sovrapposti ai depositi argilloso-limosi (ML – limi argillosi di bassa plasticità) fino a circa 100 metri, poggianti poi su substrato SFLPS

Zona 6 – aree di affioramento dei terreni limo-argillosi (ML – limi argillosi di bassa plasticità) presenti fino a 100 metri di profondità, poggianti poi su substrato SFLPS

Zona 7 – aree di affioramento dei terreni alluvionali recenti e terrazzati (GC Miscela di ghiaia-sabbia ed argilla) fino a circa 10 metri, sovrapposti a livelli di ciottolame poligenico (GM – miscela di ghiaia-sabbia e limo) fino a 30 metri

Tali materiali poggiano su terreni limo-argillosi (ML – limi argillosi di bassa plasticità) presenti fino a 70 metri di profondità, il tutto poggiante su substrato SFLPS

Tale classe deriva dai dati emersi dai profili sismici 7 e 9 ($300 < V_s < 500$ circa), che individuavano un livello a maggior velocità sismica posto sotto ai depositi alluvionali, ma tali velocità non potevano essere attribuiti al substrato lapideo SFLPS

Tali aree sono ubicate all'interno della fascia di transizione tra la zona collinare e quella pianeggiante pedemontana nel settore occidentale prossimo al confine comunale

Zona 8 – aree di affioramento dei terreni limo-argillosi (ML – limi argillosi di bassa plasticità) presenti fino a 15 metri di profondità, poggianti poi su terreni classificati GC (Miscela di ghiaia-sabbia ed argilla) fino a circa 20 metri, sovrapposti poi al substrato SFLPS

Zona 9 – aree di affioramento dei livelli di ciottolame poligenico (GM – miscela di ghiaia-sabbia e limo) fino a 10 metri, sovrapposti a terreni limo-argillosi (ML – limi argillosi di bassa plasticità) presenti fino a 20 metri di profondità, poggianti poi sul substrato SFLPS

Zona 10 – aree con copertura detritica posta su substrato SFLPS presenti nel territorio collinare. Le coltri detritiche sono state classificate come GP (Miscela di ghiaia e sabbia) in quanto derivanti dall'alterazione in situ del Macigno. Gli spessori della copertura detritica sono stimati inferiori a m 10.

Tale zona viene inserita in quanto coincidente con aree a pendenza > 15° e quindi potenzialmente suscettibili di amplificazione topografica

Zona 11 – coincide con le aree di affioramento della Formazione del Macigno (SFLPS - litotipo lapideo alterato fratturato), coincidenti con tratti di versante aventi pendenza > 15°

Tale zona viene inserita in quanto coincidente con aree a pendenza > 15° e quindi potenzialmente suscettibili di amplificazione topografica

10 . CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA - ... Tavv. G.09 A-B

Per la sua stesura sono stati correlati e sovrapposti i vari aspetti derivati dalla precedente cartografia tematica, ottenendo una zonazione in cui vengono rappresentate le aree secondo classi di rischio crescente.

Quindi, ricordando che il Comune di Buggiano è classificato sismico in Classe 3, si è ritenuto preferibile, in via cautelativa, NON INDICARE **Aree a pericolosità geologica BASSA (G.1)**, ritenendo altamente improbabile la presenza di comparti territoriali privi di qualsivoglia fattore predisponente al verificarsi di fenomeni morfoevolutivi di qualunque genere

La classificazione eseguita risulta quindi così descrivibile :

- **Aree a pericolosità geologica MEDIA (G.2)**: trattasi di aree con presenza di elementi geomorfologici, litologici e giacaturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto, compreso corpi detritici su versante con pendenze inferiori al 25% ed aree con fenomeni franosi inattivi e/o stabilizzati (naturalmente o artificialmente)

Nelle situazioni caratterizzate da **pericolosità geologica media (G.2)**, le condizioni di attuazione sono subordinate a specifiche indagini geologiche, eseguite in ottemperanza alla DPGR 36r/2009

- **Aree a pericolosità geologica ELEVATA (G.3)**: trattasi di aree con presenza di fenomeni quiescenti; di aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico e/o ad aree interessate da intensi fenomeni erosivi e/o con terreni aventi scarse caratteristiche geotecniche, compreso corpi detritici su versante con pendenze superiori al 25%

Nelle situazioni caratterizzate da **pericolosità geologica elevata (G.3)**, oltre al rispetto della DPGR 36r/2009 in tema di indagini, è necessario rispettare i seguenti principi generali, richiamati anche dalle NTA del Pai Arno (Art. 11):

Nelle aree G.3 sono consentiti, oltre agli interventi previsti per le aree G.4 di cui al successivo paragrafo, gli ampliamenti volumetrici degli edifici esistenti esclusivamente finalizzati alla realizzazione di servizi igienici, volumi tecnici, autorimesse pertinenziali, rialzamento del sottotetto al fine di renderlo abitabile senza che si costituiscano nuove unità immobiliari, nonché manufatti che non siano qualificabili quali volumi edilizi, purché corredati da un adeguato studio geotecnico da cui risulti la compatibilità con le condizioni di pericolosità che gravano sull'area.

I nuovi interventi, gli interventi di ristrutturazione urbanistica nonché gli interventi di ristrutturazione edilizia, diversi di quelli consentiti per le aree G.4, sono consentiti a condizione che siano preventivamente realizzate le opere di consolidamento e di messa in sicurezza, con superamento delle condizioni di instabilità, relative al sito interessato dal nuovo intervento.

Nel caso di frane quiescenti, qualora le opere di consolidamento e messa in sicurezza siano elemento strutturale sostanziale della nuova edificazione, è ammessa la contestualità.

- **Aree a pericolosità geologica MOLTO ELEVATA (G.4):** trattasi di aree con presenza di fenomeni attivi con relative aree di influenza

Nelle situazioni caratterizzate da **pericolosità geologica molto elevata (G.4)**, oltre al rispetto della DPGR 36r/2009 in tema di indagini, è necessario rispettare i seguenti principi generali, richiamati anche dalle NTA del Pai Arno (Art. 10):

Nelle aree G.4, sono consentiti:

- *interventi di consolidamento, sistemazione e mitigazione dei fenomeni franosi, nonché quelli atti a indagare e monitorare i processi geomorfologici che determinano le condizioni di pericolosità molto elevata, previo parere favorevole dell'Autorità di Bacino sulla conformità degli interventi con gli indirizzi dalla stessa fissati;*
- *interventi necessari per la manutenzione di opere pubbliche o di interesse pubblico;*
- *interventi di ristrutturazione delle opere e infrastrutture pubbliche nonché della viabilità e della rete dei servizi privati esistenti non delocalizzabili, purché siano realizzati senza aggravare le condizioni di instabilità e non compromettano la possibilità di realizzare il consolidamento dell'area e la manutenzione delle opere di consolidamento;*
- *interventi di demolizione senza ricostruzione, di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro, di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 3 del D.P.R. n.380/2001 e successive modifiche e integrazioni e nelle leggi regionali vigenti in materia;*
- *adeguamenti necessari alla messa a norma delle strutture, degli edifici e degli impianti relativamente a quanto previsto dalle norme in materia igienico-sanitaria, sismica, di sicurezza ed igiene sul lavoro, di superamento delle barriere architettoniche;*
- *interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 3 del D.P.R. n.380/2001 e successive modifiche e integrazioni e nelle leggi regionali vigenti in materia, che non comportino aumento di superficie o di volume né aumento del carico urbanistico, purché siano realizzati senza aggravare le condizioni di instabilità e non compromettano la possibilità di realizzare il consolidamento del movimento franoso e la manutenzione delle opere di consolidamento;*

- interventi sugli edifici esistenti, finalizzati a ridurre la vulnerabilità, a migliorare la tutela della pubblica incolumità, che non comportino aumenti di superficie, di volume e di carico urbanistico.
- nuovi interventi relativi a opere pubbliche o di interesse pubblico, non diversamente localizzabili, a condizione che siano preventivamente realizzate le opere funzionali al consolidamento e alla bonifica del movimento franoso

11 - CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA Tavv. G.10 A-B

Tale cartografia si è basata sullo studio idraulico intercomunale redatto dallo studio A4 Ingegneria di Prato – Ing. Cristiano Cappelli e **di fatto rappresenta anche l'adeguamento della vigente cartografia del PGRA** (per una migliore lettura nella legenda della carta sono state riportate in legenda anche le classi di pericolosità idraulica della 53r/2011 e del Pai Arno)

Sulla base del grid di tale studio, si è proceduto con tecnica gis nota come smooting all'arrotondamento dei singoli grid e, per quanto possibile, all'eliminazione dei punti anomali e/o non rappresentativi mediante il plugin GIS "Cartographic Line Generalisation"

La classificazione derivata e conforme alle NTA del PGRA risulta quindi così descrivibile, **precisando che le aree collinari/montane NON sono state ovviamente oggetto di classificazione, risultando assimilabili alle vecchie aree I1 di cui alla DPGR 53r/2011 ed alle aree P.I1 del Pai Arno :**

- Aree a pericolosità da alluvione bassa (P.1): corrispondono ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale.**Risultando assimilabili alle vecchie aree I2 di cui alla DPGR 53r/2011 ed alle aree P.I2 del Pai Arno :**

- **Aree a pericolosità da alluvione media (P.2)**: corrispondono ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore a 30 anni e minore/uguale a 200 anni. Ad esse si applicano le norme di cui all'Art. 9 delle NTA del PGRA. **Risultano assimilabili alle vecchie aree I3 di cui alla DPGR 53r/2011 ed alle aree P.I3 del Pai Arno :**

- **Aree a pericolosità da alluvione elevata (P.3)**: corrispondono ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno minore/uguale a 30 anni Ad esse si applicano le norme di cui all'Art. 7 delle NTA del PGRA. **Risultano assimilabili alle vecchie aree I4 di cui alla DPGR 53r/2011 ed alle aree P.I4 del Pai Arno:**

12 – CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICATavv. G.11 A-B

Sulla base delle indagini sismiche eseguite e sulla base delle considerazioni di cui alla Carta delle MOPS, in questa cartografia si riassumono i criteri di classificazione utilizzati per la perimetrazione delle varie classi di pericolosità sismica:

- **Aree a pericolosità sismica locale bassa (S.1)**: zone stabili caratterizzate dalla presenza di litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata e dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica
- **Aree a pericolosità sismica locale media (S.2)**: zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di sisma; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (non rientranti tra i casi S.3)
- **Aree a pericolosità sismica locale elevata (S.3)**: zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in caso di sisma; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che potrebbero dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica; zone di contatto tra litotipi aventi caratteri

fisico-meccanici assai diversi; aree interessate dalla presenza di faglie; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri

- **Aree a pericolosità sismica locale molto elevata (S.4):** zone suscettibili di instabilità di versante attiva e che pertanto potrebbero subire un'accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di sisma

12 – CARTA DI ADEGUAMENTO AL PAI ARNO.....Tavv. G.12 A-B

In queste tavole vengono proposte delle nuove aree a pericolosità geologica, elevata e molto elevata, previa **riconferma INTEGRALE** di quelle attualmente vigenti nel territorio comunale, così come derivata dalla consultazione delle carte del PAI Arno 1:25.000, di cui al sito **adbarno – pianificazione bacini regionali**, che sono le stesse a cui il Comune fa riferimento nello svolgimento delle pratiche urbanistiche

In altri termini, vengono riconfermate le vigenti area PF3 e si propone un loro ampliamento con nuove aree PF3 e PF4 e quindi, in merito alle future previsioni edificatorie si propongono nuove aree secondo quanto segue :

PROPOSTA NUOVE ZONE PF3 – corrispondono ad aree ricadenti nella classe di PERICOLOSITA' GEOLOGICA ELEVATA (G3) di cui ai precedenti paragrafi, per le quali si applica quanto previsto all'Art 11 delle NTA del PAI Arno

PROPOSTA NUOVE ZONE PF4– corrispondono ad aree ricadenti nella classe di PERICOLOSITA' GEOLOGICA MOLTO ELEVATA (G4) di cui ai precedenti paragrafi, quanto previsto all'Art 10 delle NTA del PAI Arno

13 –CONDIZIONI DI FATTIBILITA' (Vedi elaborato G-15 fuori testo)

La fattibilità degli interventi ammessi dal Piano Operativo si definisce in relazione alla pericolosità del territorio così come individuata nelle specifiche cartografie di sintesi di cui alle Tavv. da G-09 a G-11 (Carta della Pericolosità geologica – idraulica – sismica)

La fattibilità delle previsioni del Piano Operativo che si attuano mediante interventi edilizi diretti, si definisce mettendo in relazione la classe di pericolosità geologica, idraulica e sismica, con la tipologia degli interventi ammessi, secondo gli schemi di cui all'elaborato G15 fuori testo (Tabella 1)

Per gli interventi unitari la cui realizzazione si attua mediante Piani Attuativi, la classificazione di fattibilità geologica, idraulica e sismica sono specificate caso per caso secondo le schede e la Tabella 2 di cui all'elaborato G15 fuori testo

Nello stesso elaborato G15 (Tabella 3), è riportata invece l'attribuzione della classe di fattibilità per interventi a vulnerabilità minore all'interno del sistema insediativo e/o per quelli possibili nelle aree del territorio agricolo.

Le condizioni per l'attuazione delle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali sono quindi articolate secondo le seguenti categorie di fattibilità:

- *Fattibilità senza particolari limitazioni (F1)*: si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali non sono necessarie prescrizioni specifiche ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

- *Fattibilità con normali vincoli (F2)*: si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

- *Fattibilità Condizionata (F3)*: si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi.

- *Fattibilità Limitata (F4)*: si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali la cui attuazione è subordinata alla realizzazione di interventi di messa in sicurezza che vanno individuati e definiti in sede di redazione dello stesso Piano Operativo, sulla base di studi e verifiche atti a determinare gli elementi di base utili per la predisposizione della relativa progettazione.

CRITERI DI FATTIBILITA' IN RELAZIONE AGLI ASPETTI GEOLOGICI

Ogni intervento previsto nelle varie zone urbanistiche e ricadente nelle classi di fattibilità evidenziate nelle tabelle e nelle schede di cui all'elaborato G15 fuori testo, è soggetto alle seguenti prescrizioni per la mitigazione del rischio geomorfologico.

Classe F1g: Fattibilità senza particolari limitazioni

Per gli interventi compresi in questa classe le indagini dovranno essere svolte nella fase di progetto esecutivo per ogni singolo intervento ed avranno come obiettivo la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo. Nel dimensionamento e nella scelta dei tipi di indagine si dovrà fare riferimento a quanto riportato nel Regolamento regionale 36R/2009 e nelle Norme Tecniche di Costruzione (NTC) 2018.

Classe F2.g: Fattibilità con normali vincoli

I progetti di intervento compresi in questa classe devono essere corredati da indagini geologiche e geotecniche estese ad un'area sufficientemente ampia, a monte e a valle della zona di intervento, da rendere possibile una valutazione della stabilità generale anche in termini qualitativi della zona di intervento.

Risulta comunque obbligatorio quanto previsto per la Classe F1g in termini di rispetto normativo

Classe F 3.g: Fattibilità condizionata

Per gli interventi ricadenti in questa classe, la loro fattibilità sarà condizionata ad adeguate verifiche della stabilità del versante in cui si trova l'area di intervento prima e dopo la realizzazione delle opere tenendo conto anche delle condizioni sismiche.

A questo scopo le indagini geognostiche, estese ad un'area sufficientemente ampia, dovranno definire lo spessore e le caratteristiche geotecniche dei depositi di copertura presenti ed i caratteri geomeccanici di eventuali affioramenti lapidei.

Risulta comunque obbligatorio quanto previsto per la Classe F1g in termini di rispetto normativo

Classe F4g: Fattibilità limitata

Sono comprese in questa classe di fattibilità, le aree inserite in pericolosità geomorfologica G4, in cui sono presenti previsioni con una teorica capacità edificatoria di qualunque natura .

In ogni caso eventuali interventi previsti in tali aree, non risultano compatibili con la situazione di rischio geomorfologico e pertanto non risultano fattibili.

In altre parole le zone ricadenti in Classe di pericolosità G4, anche se all'interno di aree con potenzialità edificatoria, dovranno essere escluse da qualunque attività edilizia, anche se potranno concorrere a determinare le capacità edificatorie nelle zone contermini.

CRITERI DI FATTIBILITA' IN RELAZIONE AGLI ASPETTI IDRAULICI

Ogni intervento previsto nelle varie zone urbanistiche e ricadente nelle classi di fattibilità evidenziate nelle tabelle di cui all'elaborato G-15 fuori testo, è soggetto alle seguenti prescrizioni per la mitigazione del rischio relative a ciascuna classe di fattibilità come di seguito elencate:

Classe F1i/F2i: Fattibilità senza particolari limitazioni/con normali vincoli

Le condizioni di realizzabilità degli interventi riguardano la conservazione del reticolo idraulico esistente, compresi i fossi poderali e quelli intubati; nel caso di interventi che modifichino l'organizzazione del drenaggio dovrà essere assicurata uguale capacità di invaso e di funzionalità della rete.

Classe F4.1i – Fattibilità limitata

L'attuazione degli interventi viene disciplinata dalle prescrizioni di cui all'art. 11 della Legge Regionale 24 luglio 2018 n.41.

Classe F4.2i – Fattibilità limitata

L'attuazione degli interventi viene disciplinata dalle prescrizioni di cui all'art. 12 della Legge Regionale 24 luglio 2018 n.41.

Classe F4.3i – Fattibilità limitata

L'attuazione degli interventi viene disciplinata dalle prescrizioni di cui all'art. 13 della Legge Regionale 24 luglio 2018 n.41.

Classe F4.4i – Fattibilità limitata

L'attuazione degli interventi viene disciplinata dalle prescrizioni di cui all'art. 16 della Legge Regionale 24 luglio 2018 n.41.

<u>CRITERI DI FATTIBILITA' IN RELAZIONE AGLI ASPETTI SISMICI</u>

Ogni intervento previsto nelle varie zone urbanistiche e ricadente nelle classi di fattibilità evidenziate nell'elaborato G15 fuori testo, è soggetto alle seguenti prescrizioni per la mitigazione del rischio sismico.

Classe F1s e F2s: Fattibilità senza particolari limitazioni e con normali vincoli

La realizzabilità degli interventi relativi a queste due classi di fattibilità deve tener conto dei seguenti punti:

- a) non sono necessarie condizioni di fattibilità specifiche per la valida formazione del titolo abilitativo alla attività edilizia.
- b) il rispetto delle norme indicate nelle NTC 2018 e nel Regolamento regionale 36R/2009, garantisce l'opportuna riduzione del rischio sismico e soprattutto il rispetto di quanto prescritto al punto 3.5 del Regolamento regionale 53R/2011.

Classe F 3s: Fattibilità condizionata

In questa classe sono compresi gli interventi che ricadono anche solo in parte in classe S3 di pericolosità sismica ed in sede di predisposizione di Piani Attuativi e/o interventi diretti, si devono rispettare le seguenti prescrizioni:

- Nel caso di aree con frane quiescenti, dovranno essere eseguite specifiche indagini geologiche dirette (Sondaggi con analisi su campioni) e geofisiche con verifica della stabilità del versante ante e post opera
- Nel caso di terreni di fondazioni scadenti le indagini dovranno essere svolte con particolare riguardo ai cedimenti e/o liquefazione
- In presenza di contatti tettonici e/o tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche diverse, dovranno essere svolte specifiche indagini geologiche e geofisiche

In sintesi, per gli interventi ricadenti in questa classe di fattibilità, le condizioni che derivano dal Regolamento regionale 53R/2011 vanno rispettate ricostruendo il modello geofisico e geotecnico del sottosuolo.

Le indagini sismiche dovranno essere eseguite con la tecnica della rifrazione in P/SH ed avranno lunghezza adeguata per definire le caratteristiche del substrato roccioso presente al di sotto dei terreni di copertura; tali indagini verranno tarate mediante l'esecuzione di un numero adeguato di sondaggi a carotaggio continuo.

Classe F 4s: Fattibilità limitata

Questa classe comprende gli interventi ricadenti in aree in frana attiva. Non sono ammessi interventi edilizi né trasformazioni morfologiche. Gli interventi classificati in F4s non risultano compatibili con la situazione di rischio geomorfologico e pertanto di fatto non risultano fattibili.

Siena 28-2-2019

IL GEOLOGO INCARICATO

