



Comune di Vicopisano

PIANO DI RECUPERO DEL COMPLESSO EDILIZIO "LA CARBONAIA"



Oggetto elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITÀ



Il Tecnico:

Geol. Fausto Berti



Il responsabile della Commessa:
Geol. Fausto Berti

Data: **14/11/2018**

Pos. Arch: **1049/18**

Rev	Descrizione	Data

INDICE

1. PREMESSA E QUADRO NORMATIVO	2
2. INQUADRAMENTO URBANISTICO	4
3. INQUADRAMENTO AMBIENTALE	7
3.1 Generalità	7
3.2 Aspetti geomorfologici	7
3.3 Aspetti Geologici.....	9
3.4 Aspetti geo-litotecnici.....	11
3.5 Aspetti idrogeologici	13
3.6 Aspetti idraulici.....	17
3.7 Elementi conoscitivi per la valutazione degli effetti locali e di sito per la riduzione del rischio sismico.	18
4. VALUTAZIONE DI FATTIBILITA'	19
4.1 Generalità	19
4.2 Pericolosità da vincoli sovracomunali	20
4.3 Pericolosità Geologico-Geomorfologica	22
4.4 Pericolosità Idraulica	24
4.5 Pericolosità Sismica	27
4.6 Condizioni di Fattibilità	29
5. CONCLUSIONI	32

Allegati

Tav. 01	Corografia generale (scala 1:10.000)
Tav. 02	Carta geomorfologica (scala 1:10.000)
Tav. 03	Carta geologica (scala 1:10.000)
Tav. 04	Carta Idrogeologica (scala 1:10.000)
Tav. 04bis	Carta della Vulnerabilità degli acquiferi (scala 1:10.000)
Tav. 05	Carta della Pericolosità Geomorfologica (scala 1:10.000)
Tav. 06	Carta della Pericolosità Idraulica (scala 1:10.000)

APPENDICI

Appendice A : Elaborati Campagna Geofisica pregressa

Appendice B : Elaborati Studio Idraulico pregresso

1. PREMESSA E QUADRO NORMATIVO








Su incarico della società Aquaforte S.r.l., quale proprietaria del complesso edilizio denominato "La Carbonaia" posto in Vicopisano (PI), Via Butese Snc, è stata redatta la presente relazione geologica di fattibilità che riporta gli studi e le indagini geologiche a supporto della richiesta di approvazione preliminare di un Piano di Recupero redatto dall'Arch. Filippo Bacci e relativo al suddetto complesso immobiliare, catastalmente censito al Catasto Fabbricati del comune di Vicopisano al Foglio 7, mappali 135, 136, 137, 138, 139.

Il presente studio è stato redatto a seguito delle integrazioni richieste dal Comune di Vicopisano con Prot. n. 9239/006.03 del 10/07/2018, punti 11 e 12, ed integra pertanto la Relazione di Fattibilità Geologica a firma del Geol. Massimiliano Perini e lo Studio Idrologico-Idraulico a firma dell'Ing. Benedetta Palla congiuntamente al Geol. Massimiliano Perini, redatti nel Febbraio 2013 a supporto della documentazione tecnica di corredo alla Variante al Piano Strutturale ed al Regolamento Urbanistico predisposta dall'Amm.ne Com.le di Vicopisano per la modifica alla Scheda Norma "263 Via Butese N. PRD3" su commissione di Aquaforte S.r.l.

Per l'esatta ubicazione del complesso edilizio la Carbonaia si faccia riferimento all'estratto cartografico riportato in allegati, Tav. 01 Corografia Generale in scala 1: 25.000.

Per i dettagli degli obiettivi, finalità e contenuti del Piano Urbanistico di recupero si rimanda agli elaborati di piano redatti dal progettista Arch. Filippo Bacci.

In sintesi l'approccio metodologico adottato per il presente Studio Geologico di Fattibilità può essere sintetizzato nelle seguenti fasi:

-  consultazione degli studi geologici di supporto al RU e al PS vigente e loro varianti relativamente al Comune di Vicopisano;
-  rilevamento di campagna dei caratteri geologici, morfologici e idrogeologici in un intorno significativo dell'area d'interesse;
-  redazione di cartografie tematiche per l'area d'interesse (Carta Geologica, carta Geomorfologica ecc);
-  Consultazione delle cartografie di supporto agli atti di pianificazione di livello sovra comunale soprattutto per quanto concerne il rischio idraulico;
-  riferimento ai pregressi studi di cui sopra sia per una prima caratterizzazione litostratigrafica e litotecnica degli orizzonti fondali sulla base di una pregressa campagna geofisica, sia per la consultazione dei risultati della verifica idraulica;
-  valutazione della pericolosità geologica, idraulica e sismica;
-  valutazione della fattibilità geologica, idraulica e sismica;

Gli Strumenti di Governo del Territorio del Comune di Vicopisano con le relative indagini geologiche di supporto sono costituiti da:

- ✓ Piano strutturale approvato con Del. Cc n° 11 del 23/03/2005;
- ✓ Regolamento Urbanistico, approvato con Del. CC n. 25 del 07/03/2008;
- ✓ Variante al Piano Strutturale approvata con Del. Cc n° 4 del 10/02/2014;
- ✓ Variante Generale al Regolamento Urbanistico approvata con Del. CC n. 14 del 4 marzo 2014;

Per quanto riguarda la redazione delle cartografie tematiche relative ai seguenti aspetti riportati nella normativa:

- *geo-litologici* (punto 2.1 B.1 e B.2 dell'allegato A del DPGR 25/10/2011 53/R);
- *geomorfologici* (punto 2.1 B.3);
- *idraulici e idrogeologici* (punto 2.1 B.4 e B.6);
- *conoscitivi per la valutazione degli effetti locali di sito per la riduzione del rischio sismico* (punto 2.1 B.7);

si sono verificate e confermate, mediante sopralluoghi nelle aree d'interesse, le precedenti indagini redatte nell'ambito degli studi geologici degli Strumenti Urbanistici (PS e RU e relative Varianti).

In definitiva nel presente studio di fattibilità sono definite le varie fattibilità in relazione alle destinazioni d'uso previste dal piano di recupero.

Quadro normativo di riferimento

La presente Relazione geologica è stata redatta ai sensi dell'Art. 104 della LR 65/2014 ed in conformità a quanto stabilito nel DPGR del 25/10/2011 n.53/R e del suo Allegato A (Direttive per le Indagini Geologiche).

Inoltre, al fine di meglio investigare il rischio e la pericolosità idraulica dell'area, nonché la pericolosità da processi geomorfologici di versante e da frana si è consultato il quadro conoscitivo del Piano per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno (P.A.I. DPCM del 06/05/2005) le cui norme continuano a mantenere la loro operatività rispetto alla pericolosità idraulica anche a seguito dell'adozione definitiva del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Bacino del Fiume Arno (P.G.R.A.) del Distretto Idrografico Appennino Settentrionale, con delibere del Comitato istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno n. 231 e 232 del 17/12/2015 e approvato con delibera del Comitato Istituzionale n.235 del 03/03/2016.

Vista infine la recentissima entrata in vigore della Legge Regionale n. 41 del 24 luglio 2018, (Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 - Attuazione della direttiva

2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni - Modifiche alla l.r. 80/2015 e alla l.r.65/2014), la Relazione Geologica tiene inoltre conto di quanto contenuto nella nuova normativa che di fatto abroga la Legge Regionale 21 maggio 2012, n. 21 (Disposizioni urgenti in materia di difesa dal rischio idraulico e tutela dei corsi d'acqua), disciplina le zone soggette a demanio idrico e tutela le aree dei corsi idrici e quelle adiacenti, normando sull'applicazione e l'uso degli attuali strumenti urbanistici comunali (Piani strutturali, regolamenti urbanistici e piani operativi) non ancora aggiornati al D.Lgs 49/2010, in particolare per raccordare i previgenti quattro livelli di pericolosità idraulica con i tre nuovi livelli introdotti dalla Direttiva Alluvioni del 2010.

2. INQUADRAMENTO URBANISTICO

Il progetto previsto nel Piano di Recupero è stato redatto in totale sintonia al vigente strumento urbanistico di governo del territorio ed in totale conformità con le indicazioni di dettaglio per il recupero del complesso immobiliare "La Carbonaia" riportate nella scheda norma dedicata (n. 263) del Regolamento Urbanistico del Comune di Vicopisano (vedi Fig.1). L'area oggetto del Piano di Recupero è inserita nel *Subsistema ambientale del monte*.

Relativamente ai vincoli sovraordinati l'area si colloca all'interno delle aree di tutela paesaggistica previste dal D.Lgs. 42/2004, sia per quanto attinente all'art. 136 - *Immobili ed aree di notevole interesse pubblico* – che all'art. 142, lett. c - *fiumi, torrenti, corsi d'acqua* - e lett. g - *terreni coperti da foreste e da boschi* (Vedi Fig.2). L'area in studio non è invece soggetta a Vincolo Idrogeologico di cui al R.D. 3267/1923, né alle tutele previste dal D.Lgs 152/06 relativamente alla presenza di pozzi per approvvigionamento idropotabile.

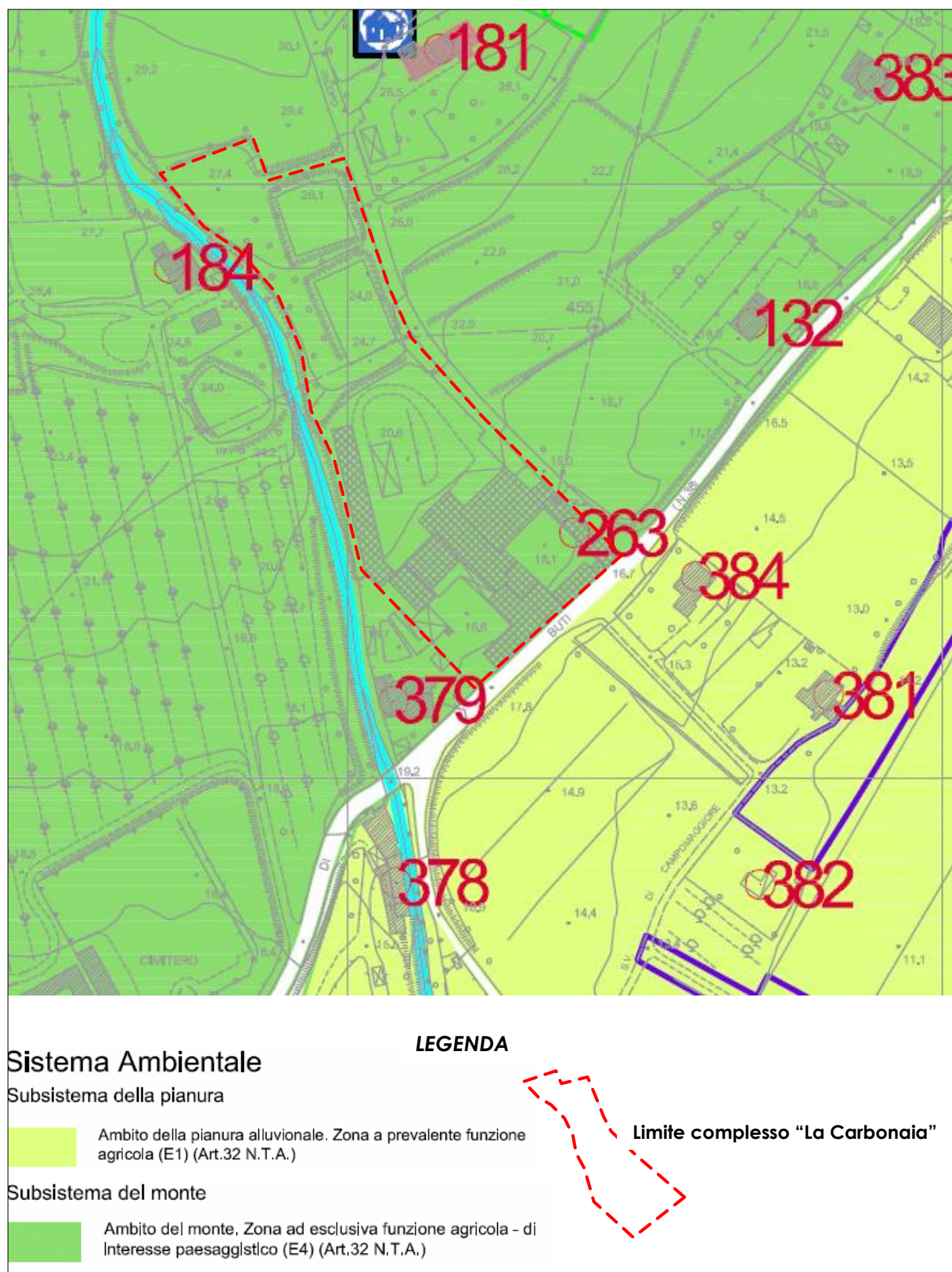


Fig. 1: estratto da R.U. _Tav.1_Variante Generale (scala 1:2.000)

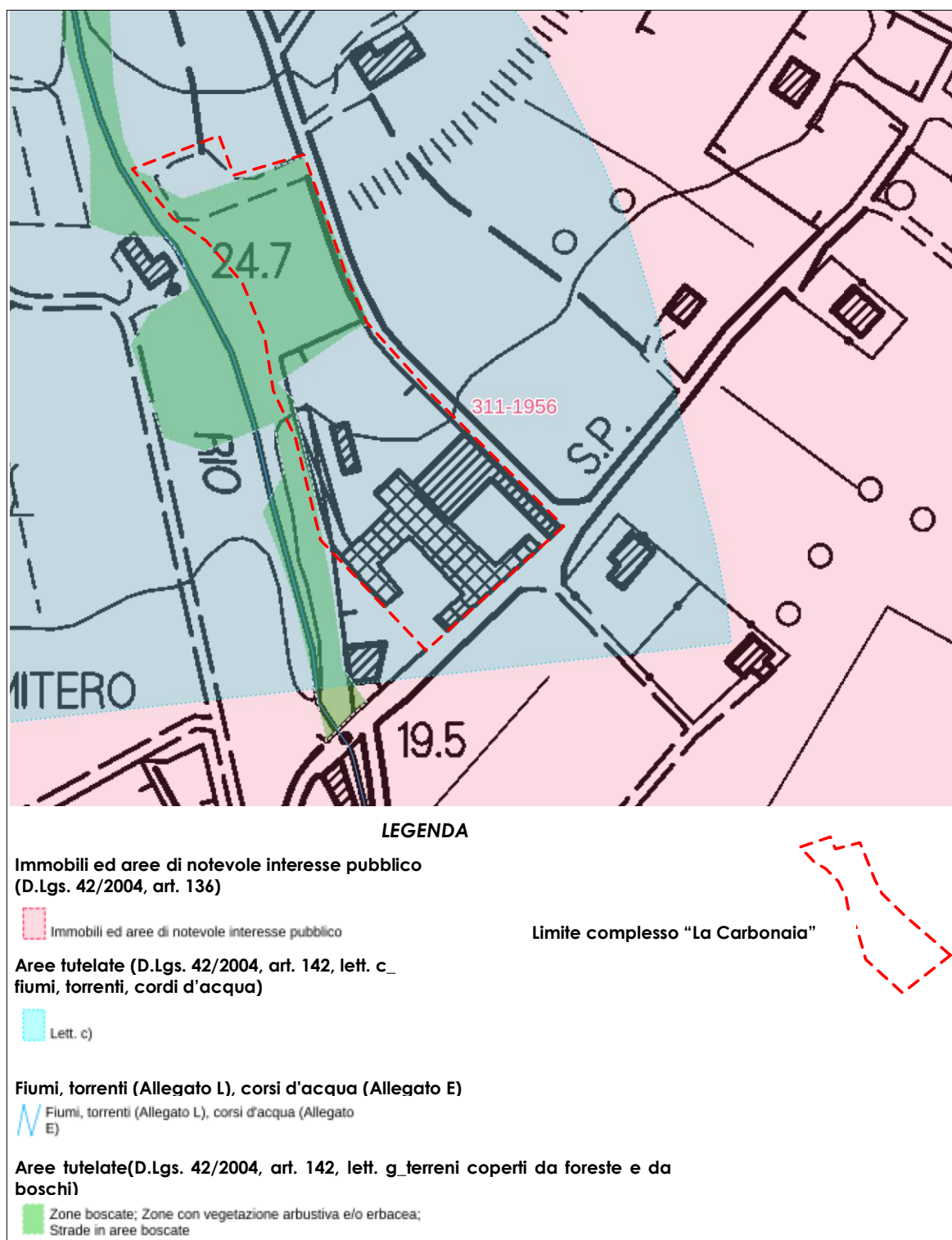


Fig. 2: estratto da PIT_Piano Paesaggistico_Regione Toscana (scala 1:2.000)

3. INQUADRAMENTO AMBIENTALE

3.1 Generalità

L'area in esame si colloca in corrispondenza della fascia pedemontana che borda il versante Sud-Est del Monte Pisano progradante con una pendenza media del 23% verso l'abitato di Vicopisano. Il Monte Pisano costituisce un alto strutturale appartenente alla Dorsale Medio Toscana ed è costituito da litotipi appartenenti all'Unità Toscana Metamorfica con la Formazione delle Quarziti del Monte Serra e la Formazione della Verruca costituite da alternanze di membri quarzitici e membri scistosi come le filladi. Le pendici del Monte Pisano sono delimitate, ad Ovest e a Sud dal bacino della pianura pisana, che ha origine dalla estensione tettonica che ha interessato l'intera Toscana centro-meridionale, con l'apertura del M. Tirreno settentrionale (Tortoniano sup.) e la deriva estensionale verso est della catena appenninica che ha provocato una generale subsidenza del territorio, con faglie distensive che hanno dislocato oltre i 500 m il substrato litoide e favorito il deposito di notevoli spessori di sedimenti neoautoctoni nei bacini delimitati dai rilievi residuali. Il settore orientale del Monte Pisano è invece delimitato dall'ampia piana della Valle di Bientina, che con andamento NE-SO separa i Monti Pisani dai rilievi delle Cerbaie.

L'idrografia locale è rappresentata dai corsi d'acqua del sistema collinare, che presentano un marcato regime torrentizio, quali il Rio Grande ed i suoi tributari Rio Romitorio e Rio Grifone, che nel tratto di riferimento defluisce in adiacenza al Complesso La Carbonaia, così come il Rio della Piastraia ed il Fosso della Piantoneta che confluiscono nei canali di bonifica, Fosso Campomaggio e Fosso Serezza. L'idrografia si completa con i corsi d'acqua del sistema della pianura costituito dal reticolo dei fossi e canali di bonifica, tra i quali appunto il Fosso Campomaggio ed il Fosso della Serezza già citati, oltre al Canale Emissario ed ai numerosi fossi a scolo naturale della pianura alluvionale realizzati a seguito di pratiche agricole accorte che garantiscono un efficiente sistema di smaltimento delle acque meteoriche (vedi Tav.1 Corografia Generale in scala 1: 10.000).

3.2 Aspetti geomorfologici

Per l'area oggetto del Piano di Recupero, ubicata a ca. 500 m a Nord del capoluogo e ad una quota che varia dai 16 ai 28 m s.l.m., si è provveduto, ad una revisione della cartografia geomorfologica redatta nell'ambito delle indagini geologiche di supporto al P.S. ed al R.U. che ha portato alla sostanziale conferma della precedente cartografia. La Carta geomorfologica in scala 1:10.000, estratta dalla Tav. 2 del P.S. del Comune di Vicopisano è direttamente osservabile alla Tavola 2 degli

allegati, mentre in Fig. 3 sono illustrati i risultati del rilievo geomorfologico di dettaglio in linea con i dettami per la valutazione degli aspetti geomorfologici di cui al punto 2.1 B.3 del DPGR 25/10/2011 53/R.

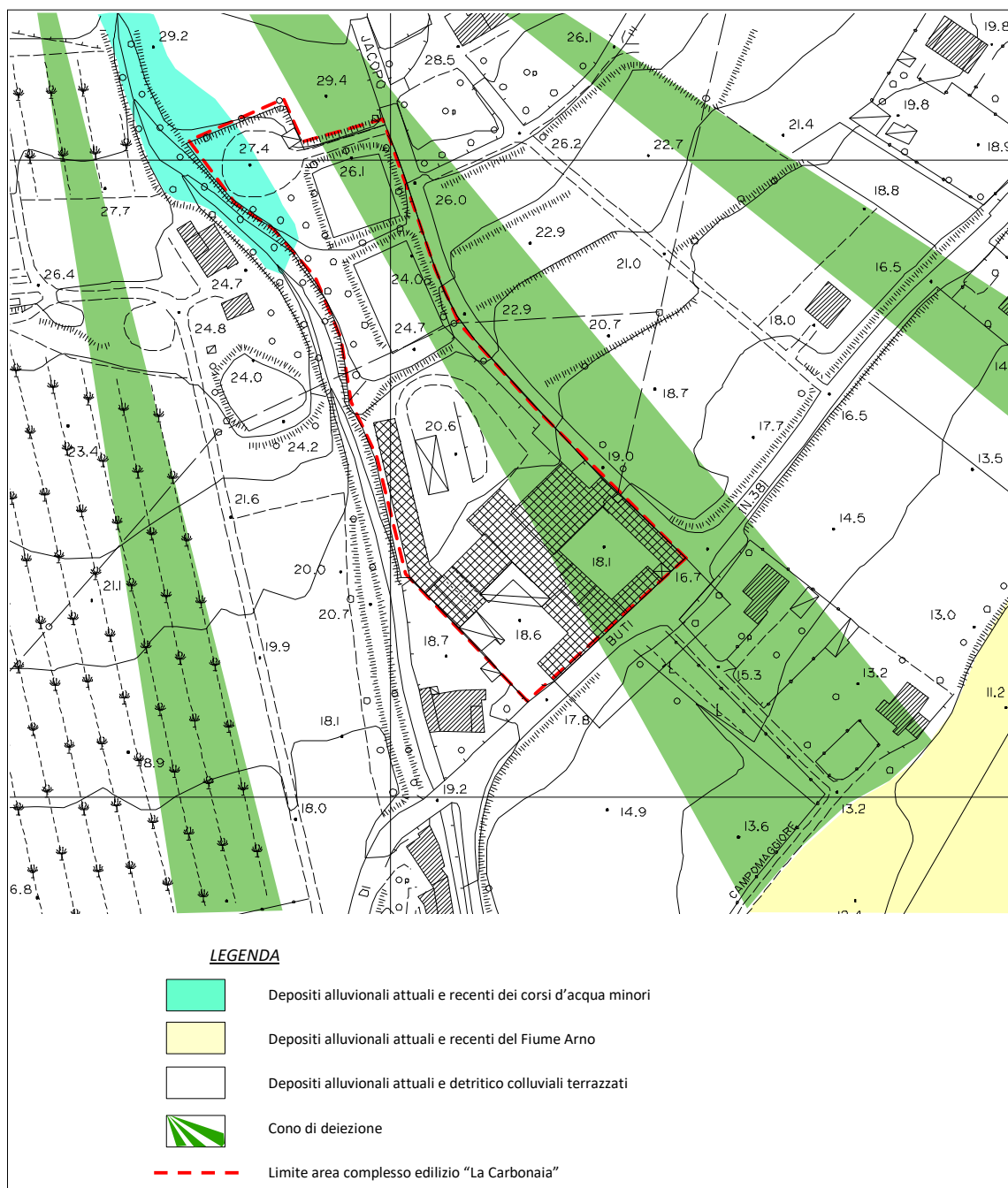


Fig. 3: Cartografia Tematica Aspetti geomorfologici in scala 1:2000(punto 2.1, B.3 dell'allegato A del DPGR 25/10/2011 53/R)

Rilevanti dal punto di vista geomorfologico le conoidi di deiezione di origine mista alluvionale e colluviale a direzione NW-SE, generate dal Rio Grifone, dal Rio Piastraia e dal Rio Piantoneta al loro sbocco nella piana di Bientina con le tipiche forme di

accumulo a ventaglio. Le conoidi sono forme deposizionali attribuite alle fasi pleistoceniche tardo glaciali, quando l'energia dei corsi d'acqua era tale da rimuovere e trasportare materiale detritico grossolano ben oltre lo sbocco nelle pianure alluvionali, che poi, nelle fasi oloceniche di minore energia, veniva ricoperto da depositi prevalentemente ghiaiosi e sabbioso-limosi, quindi granulometria medio fine. Le conoidi sono inoltre soggette ad essere spesso reincise e terrazzate.

Attualmente le forme sedimentarie di conoide sono ricoperte da depositi alluvionali fini prevalentemente limo-argillosi, nella loro parte distale, mentre depositi sabbiosi caratterizzano la copertura della conoide nella sua parte mediana e apicale; l'alveo di conoide è invece caratterizzato da depositi ciottoloso-ghiaiosi delle alluvioni attuali.

Da un punto di vista geomorfologico occorre in estrema sintesi dire che l'area oggetto del Piano di Recupero si presenta priva di problemi gravitativi. Date le modeste pendenze, mediamente 6%, non si sono rilevate forme o processi morfogenetici di rilievo legati alla gravità, in linea peraltro con la classe di pericolosità assegnata nella Carta della pericolosità geomorfologica del P.S.C. (di cui un estratto alla Tav. 05 in allegati) che per il Complesso La Carbonaia individua una Classe 2 - Pericolosità bassa, ovvero *"Aree in situazioni geologico-tecniche e morfologiche apparentemente stabili sulle quali permangono dubbi che possono essere chiariti a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione delle trasformazioni, ovvero aree di fondovalle o di altipiano con pendenze inferiori al 15% e con terreni di buone caratteristiche geotecniche"*.

Anche per quanto riguarda il PAI, con le proprie cartografie e le proprie norme d'uso relativamente alla pericolosità da processi geomorfologici di versante e da frana nel territorio del bacino dell'Arno, l'area in esame non presenta problematiche di sorta risultando inserito in classe di pericolosità PF1 (§ Par. 4.2, Fig.8).

In conclusione possiamo sinteticamente affermare che l'area risulta geomorfologicamente stabile ed i fabbricati presenti non mostrano la presenza di dissesti strutturali legati a movimenti gravitativi di massa.

3.3 Aspetti Geologici

Per l'area oggetto di Piano di Recupero si è provveduto anche per gli aspetti geologici, ad una revisione della cartografia geologica redatta nell'ambito delle indagini geologiche di supporto al vigente Piano Strutturale. La Carta geologica in scala 1:10.000, estratta dalla Tav. 1 del P.S. del Comune di Vicopisano è direttamente osservabile alla Tavola 3 degli allegati. La revisione è consistita nella verifica della

cartografia tramite un rilevamento di campagna; tale operazione ha portato alla sostanziale conferma della cartografia geologica di supporto agli strumenti urbanistici.

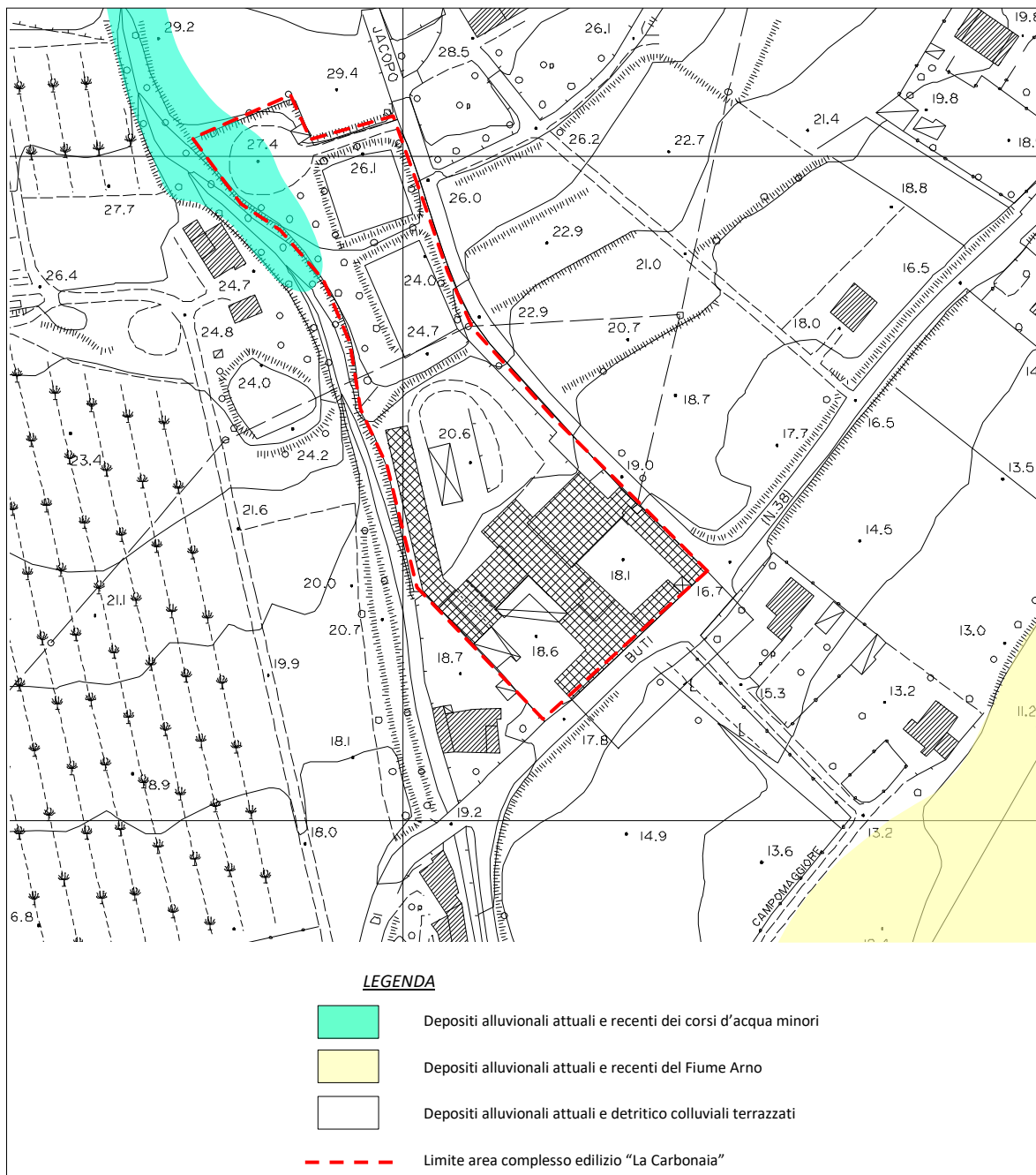


Fig. 4: Cartografia Tematica Aspetti Geo-litologici in scala 1:2000(punto 2.1, B.1 e B.2 dell'allegato A del DPGR 25/10/2011 53/R)

Di seguito una sintetica descrizione delle formazioni quaternarie affioranti riportate in figura 4:

- **Depositi alluvionali attuali e recenti dei corsi d'acqua minori:** sono costituiti in prevalenza da ciottoli eterogenei e molto eterometrici, frammisti a sabbia

limosa. Si ha una classazione della componente ciottolosa e dei clasti le cui dimensioni si riducono progressivamente da monte a valle, con un graduale passaggio ai depositi argillo-limo-sabbiosi della piana alluvionale.

- **Depositi alluvionali attuali e recenti del F. Arno:** sono per lo più costituiti, in superficie, da alternanze di livelli a dominante argillosa, limosa o sabbiosa (con prevalenza delle componenti limose-sabbiose), e corrispondono ai depositi delle antiche esondazioni dell'Arno. Più in profondità, al disotto della copertura argillo-limo-sabbiosa, possono essere altresì presenti strati ghiaioso-ciottolosi sede di falde acquifere di tipo artesiane.
- **Depositi alluvionali e detritico-colluviali terrazzati:** antichi depositi costituiti da ciottoli e frammenti lapidei in matrice limo-sabbiosa che allo sbocco in pianura delle principali valli torrentizie formavano vasti conoidi di deiezione che successivamente sono stati reinciati e terrazzati.

In sintesi l'assetto geologico della fascia pedemontana su cui è impostato buona parte dell'abitato di Vicopisano e nello specifico l'area in studio, è caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali e detritico-colluviali, terrazzati, appartenenti alla conoide di deiezione del Rio Grifone, costituiti in superficie da ciottoli e frammenti lapidei in abbondante matrice limo-sabbiosa.

3.4 Aspetti geo-litotecnici

Nella Carta Litotecnica di tav. 5 all'interno delle indagini geologiche di supporto al PS le formazioni geologiche sono organizzate in Unità Litotecniche definite in funzione delle loro caratteristiche litologiche e fisico-meccaniche. Di seguito una sintetica descrizione delle Unità Litotecniche riconducibili agli affioramenti di Figura 5, accorpate in due classi definite in relazione al loro grado di coesione (da F. Alvares et alii, 2003_Relazione geologica di supporto al PS del Comune di Vicopisano):

Classe 1_Successioni di litotipi da pseudocoerenti a incoerenti delle aree di pianura: in questa classe risulta raggruppata tra le altre Unità Litotecniche la seguente:

- *Depositi alluvionali misti* che comprendono i depositi alluvionali attuali e recenti del F. Arno e si tratta di un'alternanza di litotipi da argilloso-limosi, prevalenti, a sabbioso-limosi.

Classe 2_Rocce incoerenti o debolmente cementate delle aree collinari e pedemontane: questa classe raggruppa le seguenti Unità Litotecniche:

- *Depositi detritici e/o detritico-colluviali* che formano vasti accumuli, anche di notevole spessore, specialmente negli impluvi e a valle delle aree di affioramento delle quarziti. I frammenti litoidi sono caratterizzati da una grande variabilità nelle

dimensioni soprattutto dove gli accumuli sono il risultato di antiche frane o derivano da distacchi successivi di scaglie e di blocchi.

- *Depositi alluvionali recenti dei corsi d'acqua minori* costituiti da ciottoli anche di grosse dimensioni, prevalentemente quarzitici, misti a sabbia a granulometria variabile e da limo.
- *Depositi alluvionali antichi terrazzati* che, procedendo da monte, dove prevalgono frammenti litoidi e ciottoli di grande dimensioni inglobati in una matrice limo-sabbiosa, verso valle vedono ridursi le dimensioni dei clasti con conseguente prevalenza della frazione limo-sabbiosa. I terrazzi di fondovalle risultano perlopiù costituiti da ciottoli grossolani a composizione quarzitica e da clasti a forma di piccole scaglie di fillade, inglobati in una abbondante matrice limo-sabbiosa capace di conferire ai clasti un certo grado di cementazione.

Nello specifico l'area oggetto del Piano di Recupero è caratterizzata dalla presenza di terreni appartenenti all'Unità Litotecnica dei *Depositi alluvionali antichi terrazzati* tipici degli ambienti di conoide, con orizzonti superficiali prevalentemente sabbioso limosi, che, con la profondità stratigrafica vengono via via sostituiti da orizzonti ghiaiosi e con blocchi lapidei di grosse dimensioni, anche 10-15 cm, inglobati in abbondante matrice sabbiosa.

Per una prima caratterizzazione litostratigrafica e litotecnica di sottosuolo, relativamente all'area di intervento, si è fatto riferimento ad una campagna geofisica pregressa, di cui in premessa, condotta su direzione del Geol. Massimiliano Perini a compendio della Relazione di Fattibilità Geologica del Febbraio 2013 e consistita nella realizzazione di due profili sismici a rifrazione, in onde P ed SH, per la caratterizzazione delle geometrie sepolte e da una serie di tre misure di microtremiti per analizzare il rapporto spettrale H/V (Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio - HVSr) per la definizione dei valori di frequenza di risonanza di sito e l'individuazione di contrasti di impedenza di un certo rilievo e per meglio definire il modello VS specie in profondità.

Dall'analisi degli elaborati dell'indagine geofisica, per la cui consultazione si rimanda alla relativa documentazione riportata in Appendice A, sono stati ricostruiti i profili litostratigrafici che individuano tre orizzonti litotecnici principali:

1. Orizzonte superficiale areato/rimaneggiato di natura eterogenea, caratterizzato da valori medi di Vs pari a 300 m/s, con spessori variabili da 0.7 a 1.5 m da p.c.
2. Orizzonte intermedio costituito da terreni a comportamento prevalentemente granulare, mediamente consistenti, caratterizzato da valori di Vs variabili da 400 a 900 m/s per uno spessore variabile dai 3 ai 6 m nella parte a valle e dai 5 ai 9 m nella parte a monte dell'area di intervento.

3. Orizzonte di base costituito da materiali grossolani molto addensati, caratterizzato da valori medi di V_s superiori a 1000 m/s.

L'integrazione dei risultati ottenuti dall'indagine di sismica attiva e passiva ha permesso di determinare il valore della V_{s30} che è risultata essere pari a ca. 910 m/s nel caso di un profilo e pari a ca. 840 m/s nell'altro.

I valori delle V_{s30} sono importanti per la determinazione dell'azione sismica di progetto per la quale è possibile ricorrere ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione della categoria di sottosuolo di riferimento tra quelle individuate dalla nuova normativa nazionale in materia ovvero il D.M. 17/01/2018 - *Norme Tecniche per le Costruzioni* e riportate nella seguente tabella:

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, 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.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti 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.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, 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.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Sulla base quindi dei risultati della suddetta campagna geofisica pregressa, la categoria del sottosuolo di fondazione per gli interventi previsti nel Piano di Recupero del Complesso "La Carbonaia" è la "A". Data la prossimità al range dei valori di V_{s30} che individuano la categoria di sottosuolo B, sarà importante prevedere per la fase attuativa una nuova e specifica campagna geofisica.

3.5 Aspetti idrogeologici

Allo scopo di valutare la presenza di situazioni con possibili problematiche idrogeologiche è stata redatta oltre alla Carta degli aspetti Idrogeologici in scala 1:2.000, anche la Carta degli Aspetti di Vulnerabilità degli acquiferi, stessa scala (vedi Figg. 5 e 6).

Anche in questo caso si sono controllate e validate le cartografie dello stesso tematismo redatte negli studi geologici di supporto al Piano Strutturale del Comune di

Vicopisano; la Carta Idrogeologica e la Carta di Vulnerabilità degli Acquiferi, estratte rispettivamente dalle tavole 7 e 11 del P.S.C. sono direttamente osservabili alle Tavole 4 e 4 bis degli allegati cui si rimanda per una presa visione delle situazioni idrogeologiche riferite anche ai vari gradi di vulnerabilità.

Di fatto l'area relativa al Piano di Recupero è interessata da accumuli detritici, alluvioni terrazzate e depositi di conoide che sono caratterizzati da una permeabilità da media a medio-alta che fa sì che una circolazione idrica sotterranea sia molto probabile, come di fatto viene confermata dalla presenza di pozzi nella zona (vedi Figg. 5 e 7 e la Tavola 4 in allegati). Si notano infatti vari pozzi che attingono a falde freatiche mediamente poco profonde, ubicati in prossimità dell'area del Complesso La Carbonaia; risulta pertanto giustificata la previsione di vulnerabilità degli acquiferi.

Come anticipato al *paragrafo 2_Inquadramento Urbanistico*, l'area in studio non è soggetta alle tutele previste dal D.Lgs 152/06 relativamente alla presenza di pozzi per approvvigionamento idropotabile, che prevede una fascia di rispetto di 200 m all'interno della quale risultano vietati una serie di interventi che possano interferire con la qualità della risorsa captata. Come si vede infatti dalla Fig. 7 il più vicino pozzo ad uso idropotabile/acquedottistico, il n. 28 della figura, dista ca. 900 m dal Complesso La Carbonaia.

Quindi in conclusione il grado di vulnerabilità idrogeologica nell'area in esame risulta **Medio_Sottoclasse 3b**: *Accumuli detritici e alluvioni terrazzate di conoide a permeabilità da media a medio-alta, generalmente interessati da circolazione idrica sotterranea.*

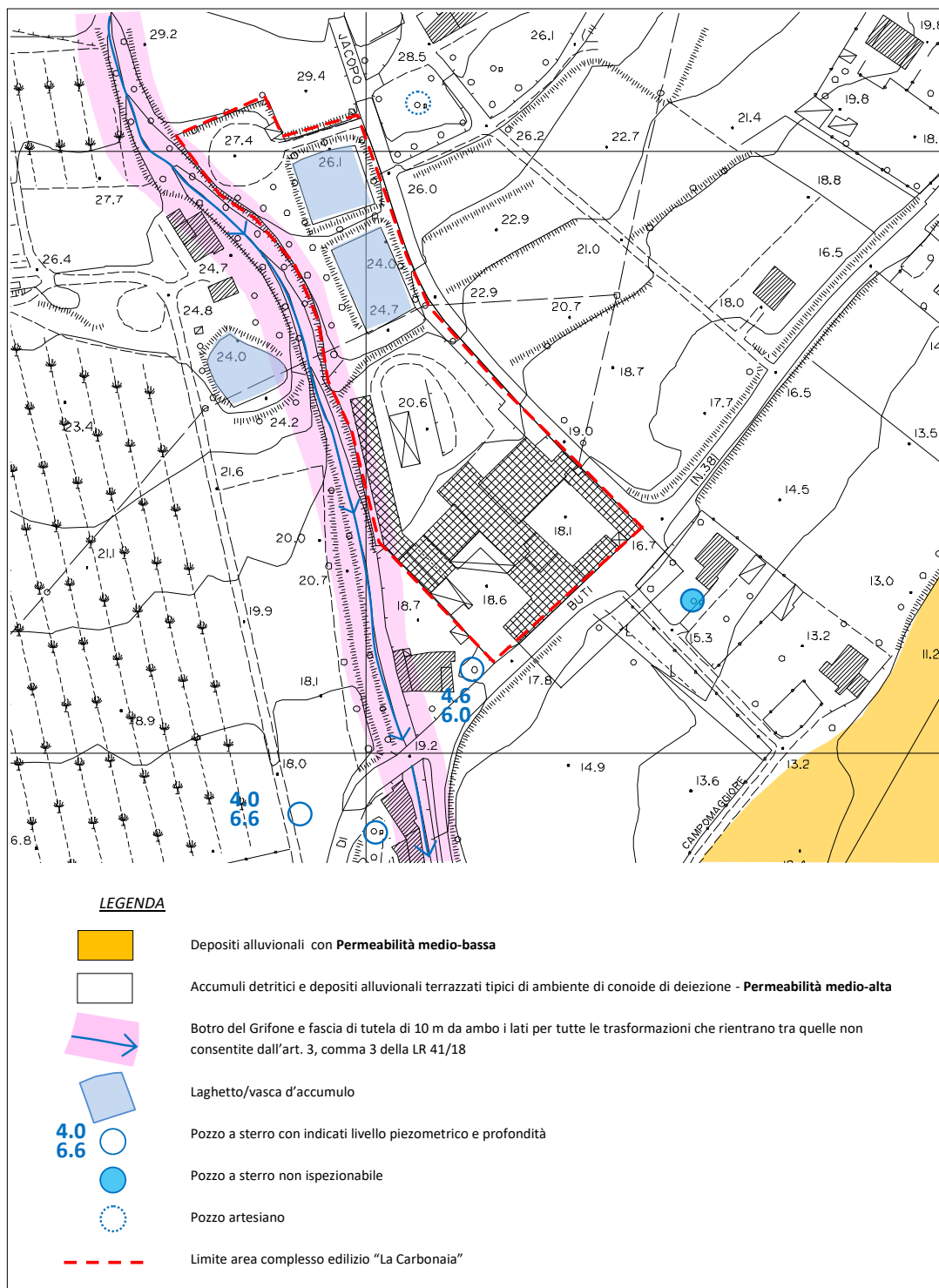


Fig. 5: Cartografia Tematica Aspetti Idrogeologici e Idraulici in scala 1:2000(punto 2.1, B4 e B.6 dell'allegato A del DPGR 25/10/2011 53/R)

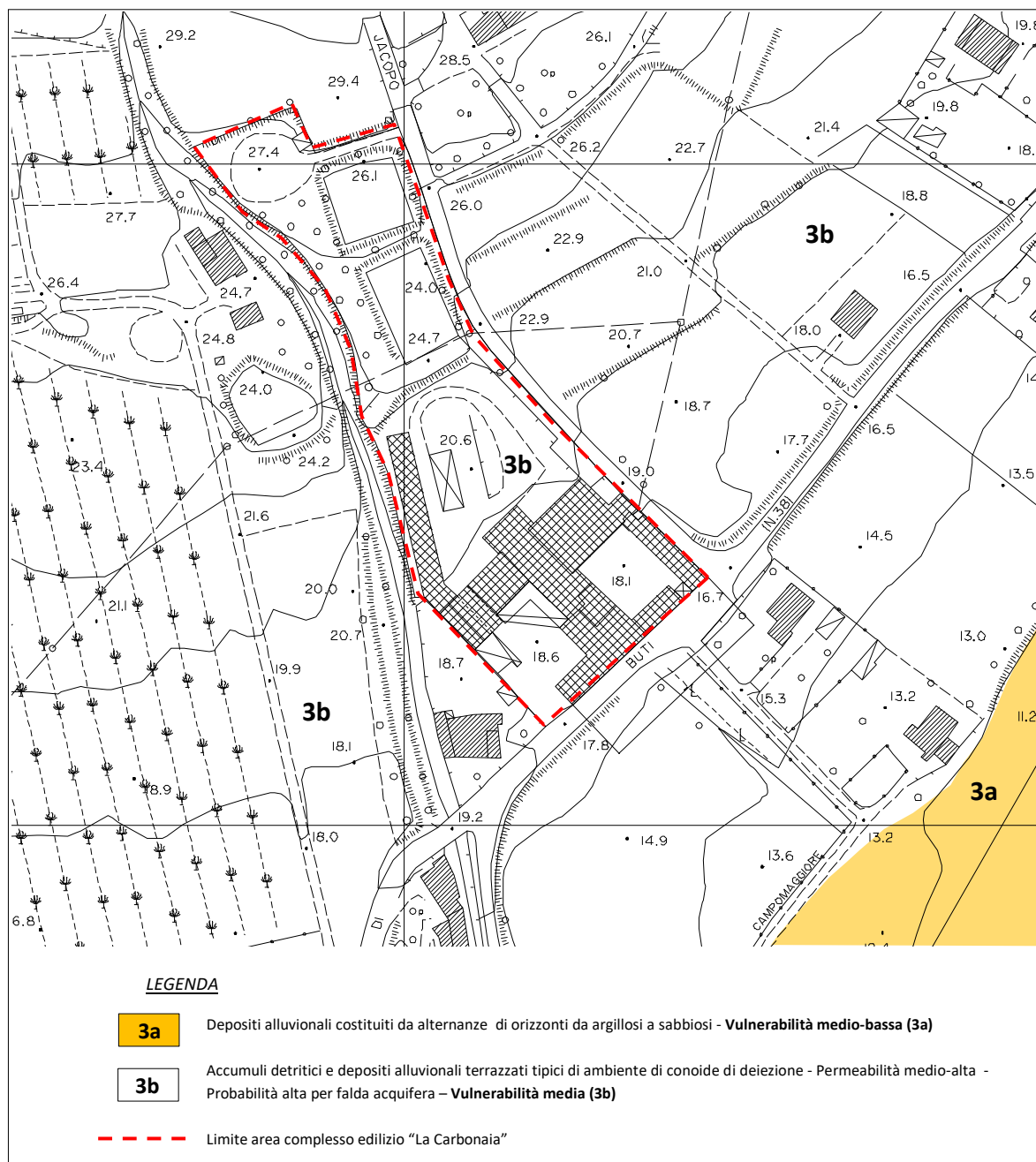


Fig. 6: Cartografia Tematica_Aspetti Idrogeologici e Vulnerabilità degli acquiferi in scala 1:2000(punto 2.1, B.6 dell'allegato A del DPGR 25/10/2011 53/R)

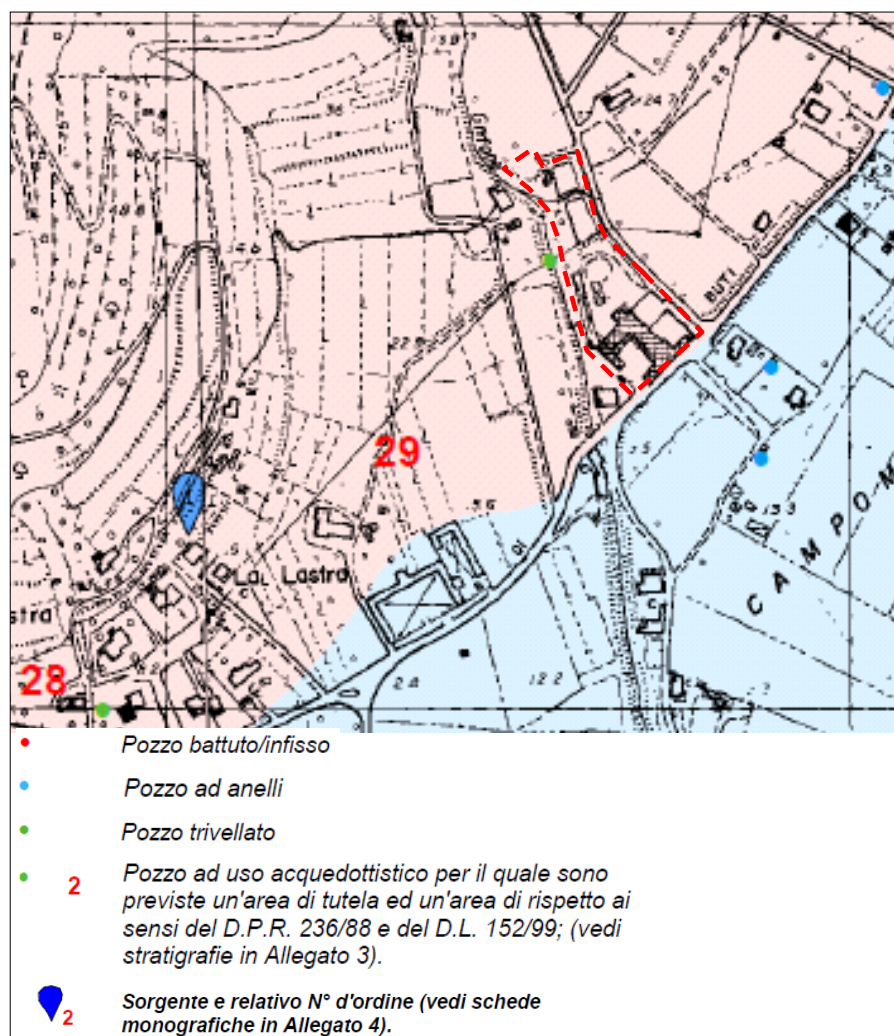


Fig. 7: estratto da Tav.4_Carta dei dati di base idrogeologici del P.S. del Comune di Vicopisano (in colore rosa Area Collinare; in colore celeste Area di Pianura)

3.6 Aspetti idraulici

Per la valutazione di pericolosità relativa alla dinamica idraulica del Rio Grifone, che nel tratto in esame defluisce in prossimità dell'area d'intervento, dalla quale lo separa un muro di difesa spondale in pietra, si è fatto riferimento a pregressi studi idraulici, di cui in premessa, redatti a supporto della variante urbanistica finalizzata all'ammissione del Piano di Recupero in oggetto e basati su una verifica idraulica resasi necessaria per verificare le condizioni di sicurezza idraulica delle trasformazioni ai sensi del DPGR 53/R, punto B4.

Dall'analisi degli elaborati dello studio idraulico, per la cui consultazione si rimanda alla relativa documentazione riportata in Appendice B, si evince che la verifica idraulica, condotta per eventi con tempi di ritorno $TR = 30$ anni, $TR = 200$ anni ed anche $TR = 500$ anni è risultata sempre positiva in quanto l'alveo del torrente riesce nei

tre casi a garantire il deflusso dell'onda di piena sebbene con un franco ridotto nel caso dell'onda di piena cinquecentennale. Importante a tale proposito evidenziare la presenza di opere di regimazione idraulica, quali briglie e difese spondali, nel tratto in esame del Rio Grifone.

3.7 Elementi conoscitivi per la valutazione degli effetti locali e di sito per la riduzione del rischio sismico.

Il Comune di Vicopisano non è dotato di uno studio di microzonazione, ovvero di una Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), che indichi il grado di Pericolosità Sismica di un territorio.

La pericolosità sismica di un'area dipende dal suo grado di sismicità e dalle caratteristiche geologico-geomorfologiche che possono determinare fenomeni di amplificazione locale e/o instabilità dei versanti.

In base alla nuova carta della pericolosità sismica della Regione Toscana, aggiornata con la Deliberazione della Giunta Regionale Toscana n. 421 del 26 maggio 2014 sulla base dei criteri 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 (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni, il territorio di Vicopisano, i cui valori di a_g sono piuttosto modesti e compresi fra 0.125 e 0.150g, ricade in **zona sismica 3** - Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti.

Secondo la zonazione sismogenetica ZS9, istituita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (vedi Fig. 8) per la redazione della mappa di pericolosità sismica ai sensi dell'Ordinanza PCM 20.03.03 n. 3274, l'area ricade nella zona sismogenetica 921, in cui i meccanismi degli eventi sismici sono prevalentemente legati a faglie normali e le profondità ipocentriche sono comprese fra 1 e 7 Km. L'intero settore, che racchiude aree di vulcanismo recente, è caratterizzato da una diffusa sismicità di energia moderata, con solo nove eventi che hanno fatto registrare magnitudo $M_w > 3$ e comunque, data anche la superficialità degli ipocentri, la massima magnitudo attesa nella zona sismogenetica 921 è pari a 4 (da Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo a cura di C. Meletti e G. Valensise marzo 2004).

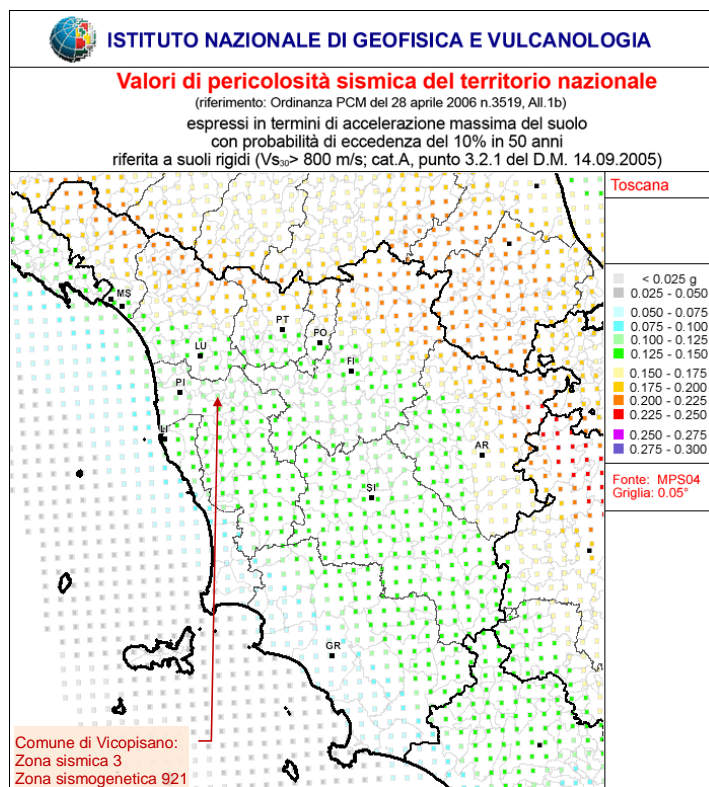


Fig. 8: estratto da Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia_Mappa di pericolosità sismica

4. VALUTAZIONE DI FATTIBILITA'

4.1 Generalità

Sulla base di quanto disposto dal DPGR n. 53/r del 25/10/2011, le classificazioni di pericolosità e fattibilità previste dai vigenti strumenti di pianificazione urbanistica comunale (vedi Tavole 5 e 6 in allegati) devono necessariamente essere verificate in maniera più approfondita conformemente alle nuove indicazioni contenute nel DPGR 53/R. Sono state quindi valutate in un primo momento le condizioni di pericolosità geologica, idraulica e sismica dell'area oggetto del suddetto Piano di Recupero e sulla base di queste valutazioni si sono attribuite le classi di fattibilità geologica, idraulica e sismica in relazione alla destinazione d'uso prevista.

In sintesi si è operato nel seguente modo:

1. verifica della pericolosità dovuta a eventuali vincoli sovracomunali;
2. redazione delle cartografie di pericolosità in scala 1:2.000 in un intorno adeguato dell'area di trasformazione urbanistica;
3. redazione delle cartografie di fattibilità sempre in scala 1:2.000 dell'area di trasformazione urbanistica;

4.2 Pericolosità da vincoli sovracomunali

La pericolosità derivante da vincoli sovracomunali è nel caso in questione, dovuta a:

1. pericolosità da processi geomorfologici e da frana attribuita alla zona di trasformazione nel PAI (Piano Stralcio Assetto Idrogeologico) redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno;
2. pericolosità idraulica attribuita alla zona di trasformazione nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno del Distretto Idrografico Appennino Settentrionale.

Per quanto riguarda il PAI l'area in esame non presenta problematiche di sorta risultando inserito in classe di pericolosità PF1 (Vedi Fig. 9).

Relativamente al P.G.R.A.- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Bacino del Fiume Arno - redatto dal Distretto Idrografico Appennino Settentrionale e approvato con delibera del Comitato Istituzionale n.235 del 03/03/2016, rappresenta un forte elemento di innovazione in quanto la mappa del rischio da alluvioni, redatta ai sensi del D.lgs. 49/2010 (Direttiva Alluvioni) sostituisce a tutti gli effetti il PAI (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico) per ciò che riguarda la pericolosità da alluvione, con particolare riguardo ai disposti del "Capo I – Pericolosità Idraulica". Le classi di pericolosità fluviale sono state portate da quattro a tre seguendo le indicazioni della Direttiva Alluvioni; le seguenti tre classi di pericolosità: P1_Bassa, P2_Media, P3_Elevata, sono in funzione della frequenza di accadimento dell'evento ovvero una pericolosità elevata indica una maggiore frequenza di accadimento.

Come si può verificare osservando le figure n. 10 e n. 11, il complesso edilizio "La Carbonaia", limitato in tratteggiato rosso, è esterno sia alle aree di pericolosità da alluvione, sia alle aree di rischio alluvione, individuate dalle mappe del PGRA.

Nella seguente tabella sono in conclusione riportati i valori di queste pericolosità per la zona nostra di trasformazione:

Zone di trasformazione	Pericolosità da processi geomorfologici e da frana (PAI)	Pericolosità Idraulica (PGRA)
Complesso edilizio "La Carbonaia"	P.F.1 pericolosità moderata	P1Bassa

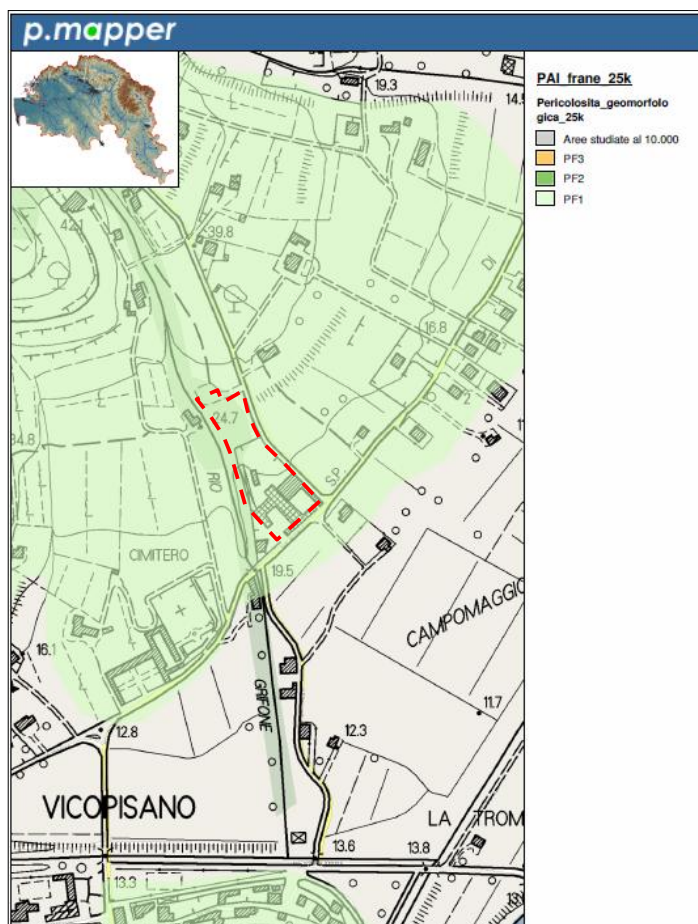


Fig. 9: estratto da PAI_Piano per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno_Carta della Pericolosità geomorfologica



Fig. 10: estratto da PGRA_Autorità di Bacino Arno_Pericolosità Alluvioni



Fig. 11: estratto da PGRA_Autorità di Bacino Arno_Rischio alluvioni

4.3 Pericolosità Geologico-Geomorfologica

Per la nostra area di trasformazione urbanistica è stata redatta la Carta di Pericolosità Geologico-Geomorfologica in scala 1:2.000 (Vedi Fig. 12). La carta è stata redatta seguendo le classi di pericolosità individuate nell'Allegato A del DPGR del 25/10/2011 n.53/R, e che, in ordine di pericolosità decrescente, sono definite nel seguente modo:

Pericolosità geologico-geomorfologica molto elevata (G.4): aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza, aree interessate da soliflussi.

Pericolosità geologico-geomorfologica elevata (G.3): aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; 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; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25%.

Pericolosità geologico-geomorfologica media (G.2): aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giacaturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%.

Pericolosità geologico-geomorfologica bassa (G.1): aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giacaturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.

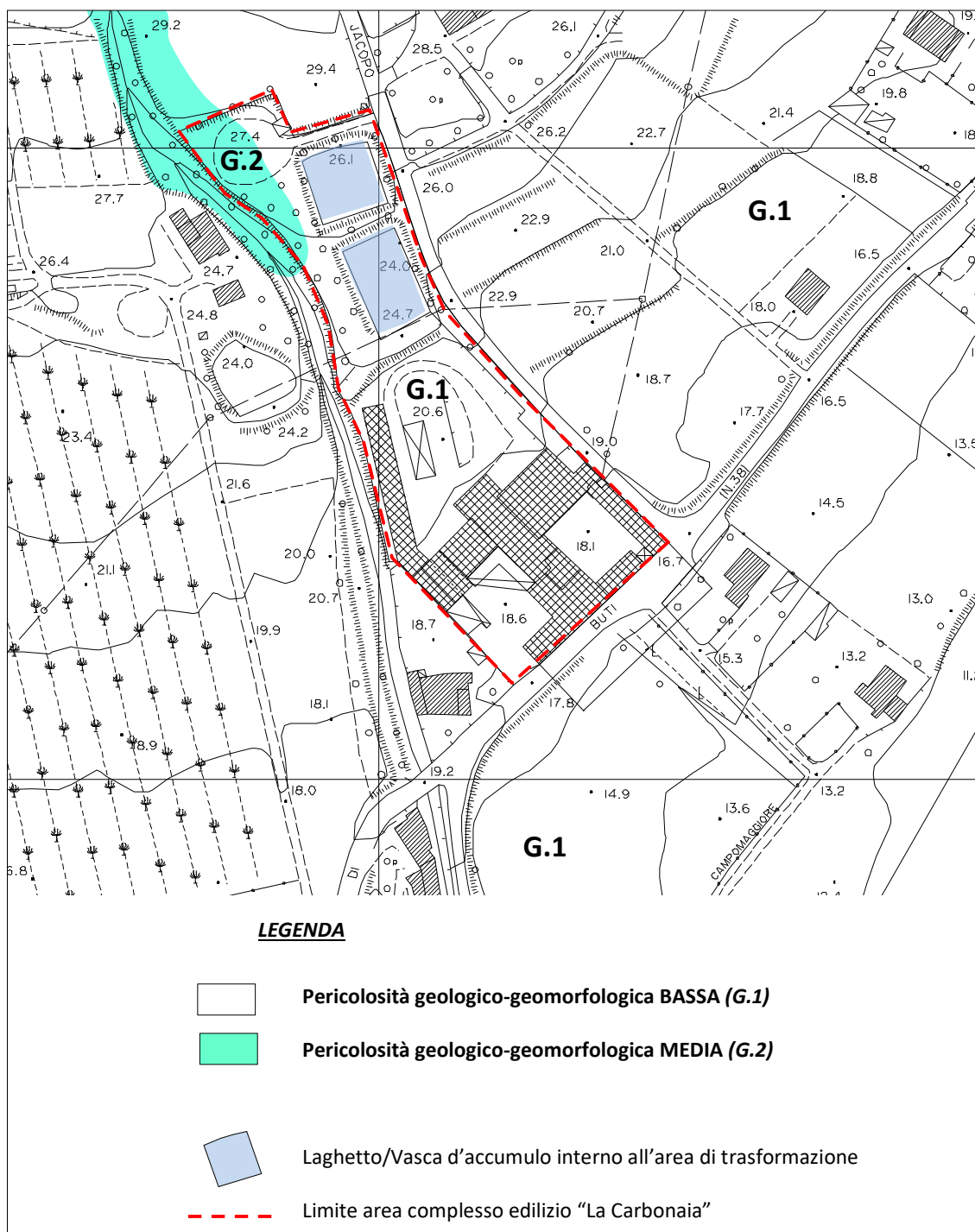


Fig. 12: Pericolosità geologico-geomorfologica ai sensi del DPGR n. 53/R, del 25/10/2011

La classificazione di pericolosità geologico-geomorfologica, per quanto sopra riportato, considerato che l'area d'intervento è interessata da due classi di pericolosità distinte, risulta in sintesi dalla seguente tabella:

Zona di trasformazione	Pericolosità Geologico-Geomorfologica
Complesso edilizio "La Carbonaia"	Bassa G.1/Media G.2

4.4 Pericolosità Idraulica

E' stata redatta una Carta di Pericolosità Idraulica relativamente alla zona di trasformazione del Complesso edilizio La Carbonaia (vedi Fig. 12), seguendo le classi di pericolosità individuate nell'Allegato A del DPGR del 25/10/2011 n.53/R, che, in ordine di pericolosità decrescente, sono definite nel seguente modo:

Pericolosità idraulica molto elevata (I.4): aree interessate da allagamenti per eventi con $T_r \leq 30$ anni. Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità molto elevata le aree di fondovalle non protette da opere idrauliche per le quali ricorrano contestualmente le seguenti condizioni:

- a) vi sono notizie storiche di inondazioni;
- b) sono morfologicamente in situazione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

Pericolosità idraulica elevata (I.3): aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $30 < T_r < 200$ anni. Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità elevata le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni:

- a) vi sono notizie storiche di inondazioni;
- b) sono morfologicamente in condizione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

Pericolosità idraulica media (I.2): aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 < T_r < 500$ anni. Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrano le seguenti condizioni:

- a) non vi sono notizie storiche di inondazioni;
- b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

Pericolosità idraulica bassa (I.1): aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- a) non vi sono notizie storiche di inondazioni;
- b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

Per la stesura della suddetta carta si è inoltre tenuto conto di quanto riportato nella nuova Legge Regionale n. 41/2018 (*Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua*), che, come già anticipato al paragrafo 1-Premessa e Quadro Normativo - disciplina le zone soggette a demanio idrico e tutela le aree dei corsi idrici e quelle adiacenti, normando sull'applicazione e l'uso degli attuali strumenti urbanistici comunali. In particolare secondo quanto riportato all'Art. 3, comma 3 “...Non sono consentiti nuove costruzioni, nuovi manufatti di qualsiasi natura o trasformazioni morfologiche negli alvei, nelle golene, sugli argini e nelle aree comprendenti le due fasce di larghezza di dieci metri dal piede esterno dell'argine o, in mancanza, dal ciglio di sponda dei corsi d'acqua del reticolo idrografico di cui all'articolo 22, comma 2, lettera e), della legge regionale 27 dicembre 2012, n. 79.....Non sono comunque consentiti i frazionamenti ed i mutamenti di destinazione d'uso comportanti la creazione di unità immobiliari con funzione residenziale o turistico-ricettiva....”

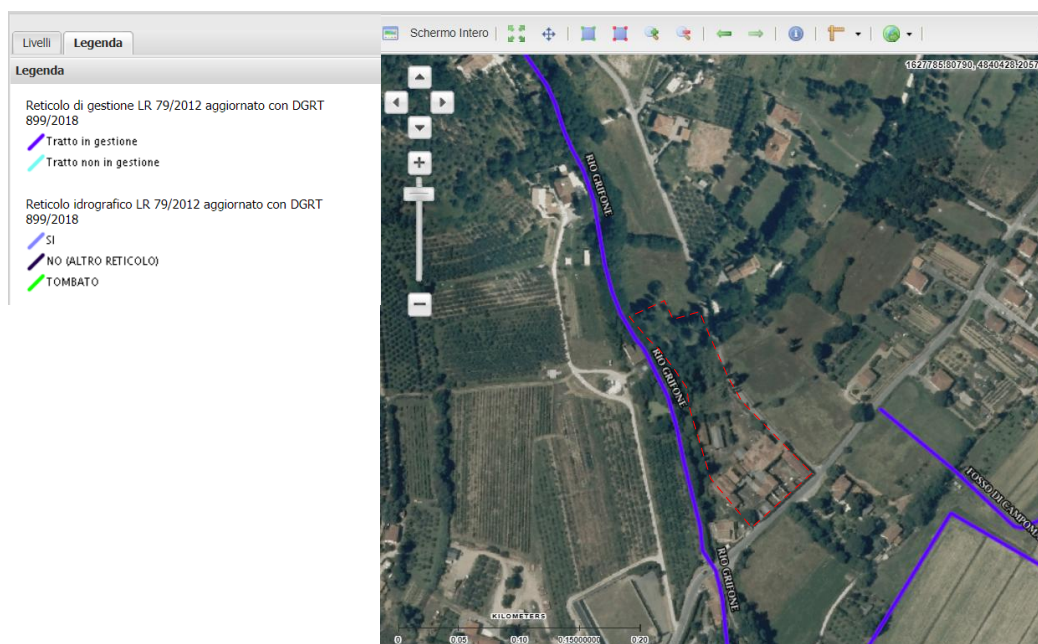


Fig. 13: estratto da seguente link: geoportale.lamma.rete.toscana.it

Premesso che, come si rileva dalla Figura 11, il Rio Grifone costituisce reticolo idrografico di gestione ai sensi della LR 79/12, per cui tutte le trasformazioni previste dal Piano di Recupero “La Carbonaia” che rientrano tra quelle non consentite dal citato art. 3, comma 3, della LR 41/18, dovranno essere progettate esternamente alla fascia di tutela di 10 m di sx idrografica del Rio Grifone (§ Paragrafo 3.5 – Aspetti Idrogeologici e Fig. 6).

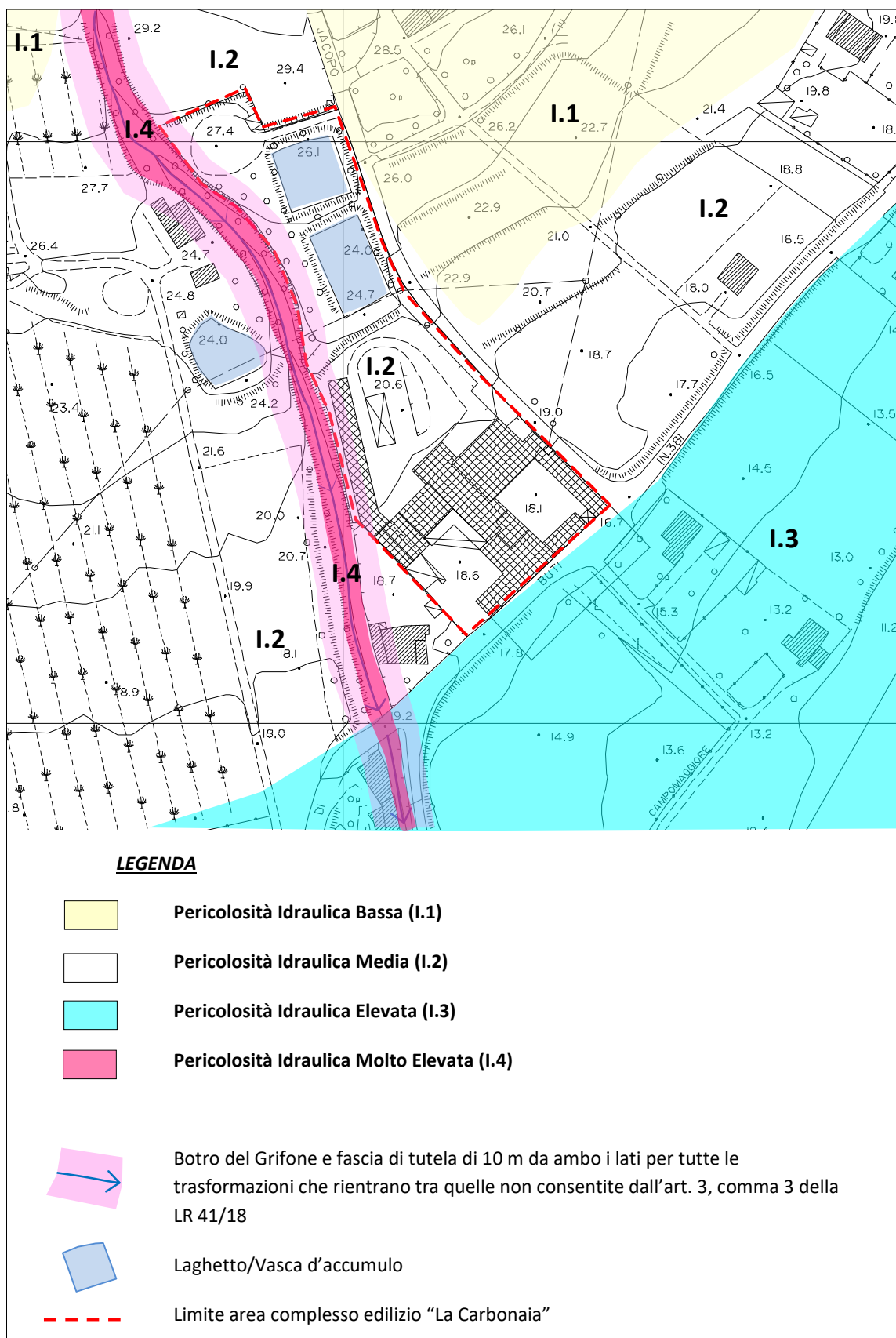


Fig. 14: Pericolosità Idraulica ai sensi del DPGR n. 53/R, del 25/10/2011

Tutto ciò premesso e considerato e per quanto riportato al paragrafo 3.6 *Aspetti Idraulici*, rimandando alla consultazione degli elaborati relativi allo studio idraulico pregresso riportati in Appendice B, si ritiene a ragion veduta di poter collocare l'area in trasformazione in Classe di Pericolosità idraulica Media I.2, specificando appunto che non saranno consentite trasformazioni all'interno della suddetta fascia di tutela di 10 m dalla sponda in sinistra idrografica del Rio Grifone.

In conclusione ed in sintesi la carta di pericolosità idraulica in scala 1:2.000 di Fig.12 individua per l'area di trasformazione prevista nel Piano di recupero del Complesso Edilizio "La Carbonaia" la seguente classificazione di pericolosità:

<i>Zone di trasformazione</i>	<i>Pericolosità idraulica</i>
Complesso edilizio La Carbonaia	Media-I.2

4.5 Pericolosità Sismica

Per l'area relativa al Piano di Recupero del complesso edilizio "La Carbonaia" è stata redatta la carta di pericolosità sismica seguendo le classi di pericolosità individuate nell'Allegato A del DPGR del 25/10/2011 n.53/R.

Le classi in ordine di pericolosità decrescente sono definite nel seguente modo.

Pericolosità sismica locale molto elevata (S.4): zone suscettibili di instabilità di versante attiva che pertanto potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; terreni suscettibili di liquefazione dinamica in comuni classificati in zona sismica 2.

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 occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica (per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona sismica 2); zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri.

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 eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3).

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.

L'area in oggetto, è, in base, all'Allegato 1 (Legenda per la carta delle Zone a Maggiore Pericolosità Sismica Locale (ZMPSL)) delle Direttive per le indagini geologico-tecniche, facenti parte del Regolamento 26/R, assimilabile a "Aree costituite da conoidi alluvionali e da depositi alluvionali terrazzati", identificata in detto allegato col numero "11" e per la quale i possibili effetti sono: *amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta a fenomeni di amplificazione stratigrafica*.

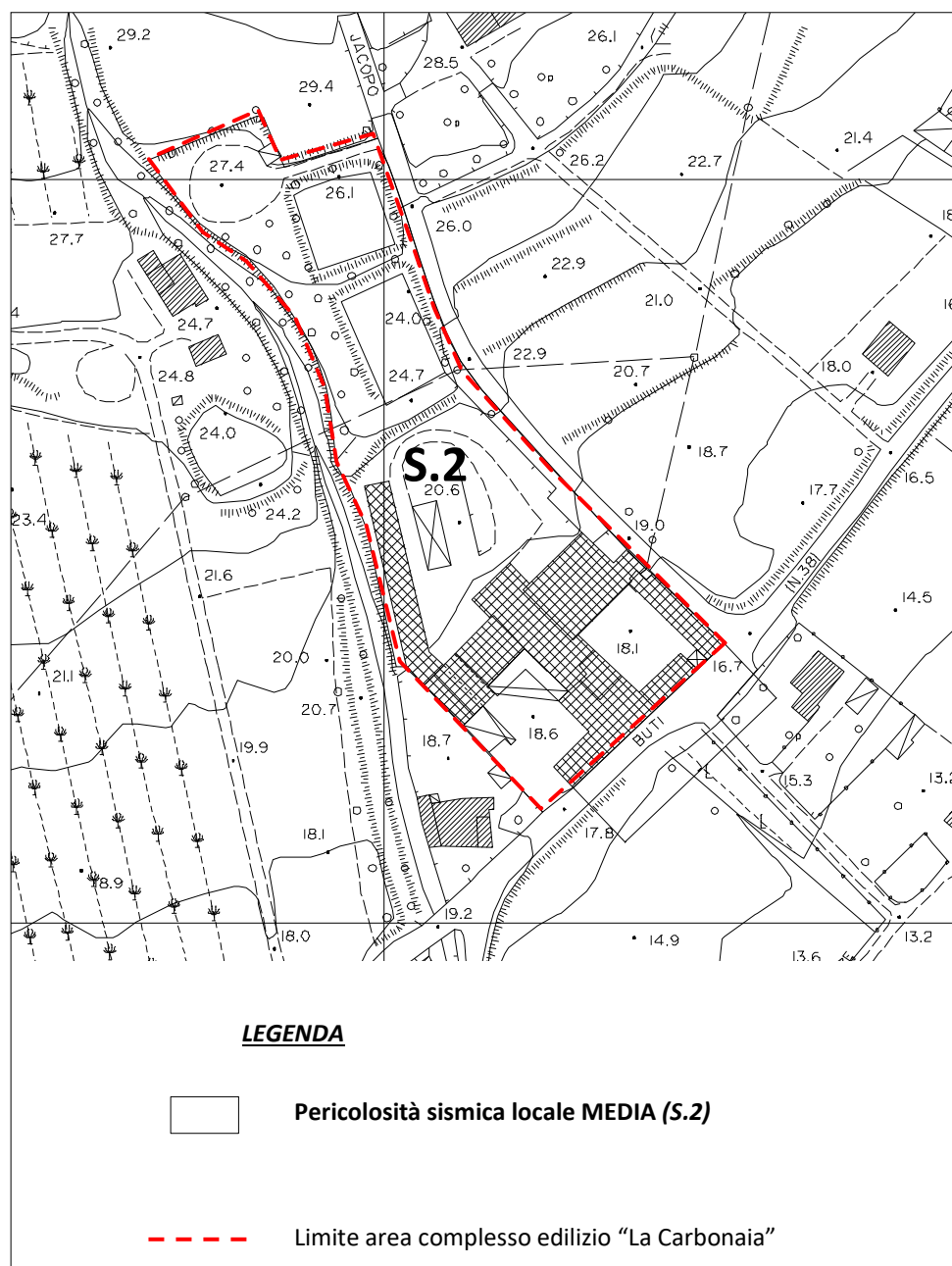


Fig. 15: Pericolosità Sismica ai sensi del DPGR n. 53/R, del 25/10/2011

Pertanto sulla base dei dati ricavati e in ottemperanza al DPGR 53/R/2011, punto 5, l'area oggetto dell'intervento è classificabile come a "Pericolosità sismica locale media (S.2)" in quanto assimilabile a" ...zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3)".

La Carta di Pericolosità Sismica in scala 1:2.000 è osservabile in Figura 13 e la classificazione di pericolosità risulta dalla seguente tabella:

Zona di trasformazione	Pericolosità Sismica Locale
Complesso edilizio "La Carbonaia"	Media -S.2

Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità sismica S2 non è necessario in questa fase indicare condizioni di fattibilità specifiche.

4.6 Condizioni di Fattibilità

Per la zona di interesse è stata redatta la Carta della Fattibilità in scala 1:2.000 (vedi Fig. 14), all'interno della quale, limitatamente all'areale di trasformazione, si è attribuita una classe di fattibilità per gli aspetti geologici, idraulici e sismici tenuto conto delle pericolosità e della destinazione d'uso prevista.

Le classi di fattibilità ai sensi del DPGR 53/R/2011 sono definite nel seguente modo:

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 del medesimo regolamento urbanistico, sulla base di studi, dati da attività di monitoraggio e verifiche atte a determinare gli elementi di base utili per la predisposizione della relativa progettazione.

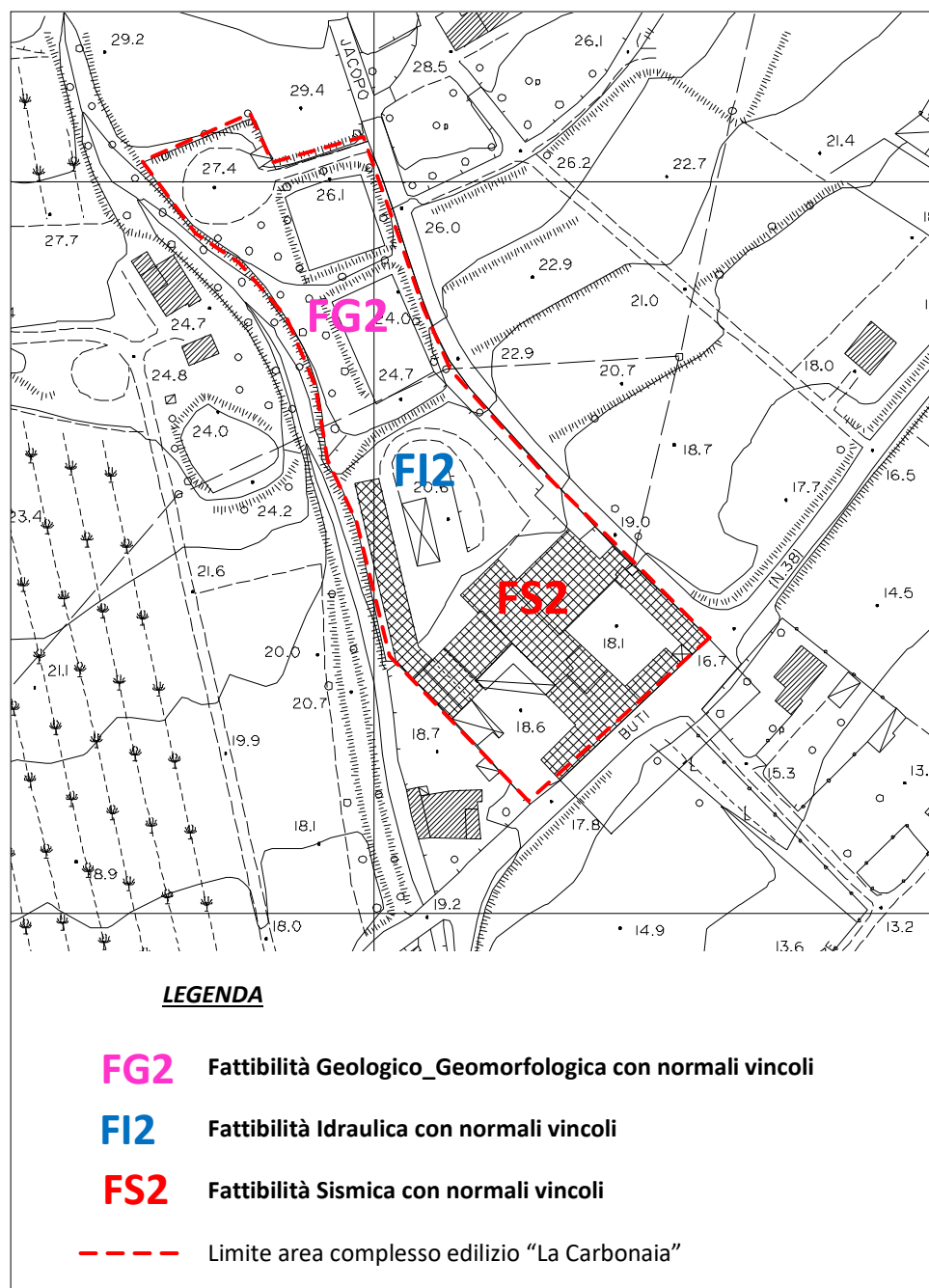


Fig. 16: Condizioni di Fattibilità ai sensi del DPGR n. 53/R del 25/10/2011

Considerato che l'area d'intervento è interessata da due classi distinte di pericolosità geologica, la G.1 e la G.2, si deve ovviamente optare per quella più cautelativa, quindi La classificazione di fattibilità geologico-geomorfologica, idraulica e sismica risulta dalla seguente tabella:

Zone di trasformazione	FATTIBILITA'
Complesso edilizio "La Carbonaia"	FG2 - FI2 - FS2

Quindi dai dati emersi nel presente lavoro e sulla base delle indicazioni presenti nel DPGR n. 53/R, l'area del Complesso Edilizio La Carbonaia è classificabile come a:

- ✚ **Fattibilità con normali vincoli (F.2)** che 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.

E nello specifico:

- ✚ **Fattibilità Geologica 2:** In relazione agli aspetti geologici a supporto del progetto esecutivo andranno eseguite specifiche indagini geognostiche corredate da verifiche di stabilità del versante e dovrà essere redatta la relazione geologica e la relazione geotecnica in conformità alla normativa sismica e tecnica vigente (D.M. 17/01/2018 - *Norme Tecniche per le Costruzioni* e D.P.G.R. 36/R del 09/07/2009).
- ✚ **Fattibilità Sismica 2 :** In relazione agli aspetti sismici non sono indicate condizioni di fattibilità specifiche di carattere sismico per la valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia. Si dovranno comunque realizzare a supporto della progettazione esecutiva dell'intervento edificatorio indagini geofisiche che rispettino le classi d'indagini definite nel D.P.G.R. 36/R del 09/07/2009.
- ✚ **Fattibilità Idraulica2:** In relazione agli aspetti idraulici dalle cartografie di pericolosità si evince che dovranno essere verificati eventi di piena con tempo di ritorno di 500 anni, ed inoltre dovrà essere verificato il piano di imposta dell'intervento sulla base di quanto disposto al p. 3.2.2.3 del DPTG 53/R/2011 al fine di assicurarne la sicurezza idraulica.

5. CONCLUSIONI

Sulla base dell'indagine svolta in ottemperanza al Decreto del Presidente della Giunta Regionale del 25 ottobre 2011, n. 53/R, l'area oggetto dell'intervento di trasformazione urbanistica denominata "La Carbonaia" è classificabile come a

- ✚ Fattibilità Geologico-Geomorfologica con normali vincoli – **FG2**
- ✚ Fattibilità idraulica con normali vincoli – **FI2**
- ✚ Fattibilità per gli aspetti sismici con normali vincoli – **FS2**

Dal punto di vista geologico-tecnico non si rilevano particolari problematiche, pur confermando la necessità, in sede di progettazione esecutiva degli interventi edilizi, di verificare puntualmente, attraverso apposite indagini secondo quanto stabilito dalla normativa vigente, le caratteristiche locali dei terreni di fondazione in funzione delle tipologie edilizie previste, quindi prevedere una campagna geognostica mirata e puntuale al fine di determinare dettagliatamente la parametrizzazione geomeccanica dei terreni di fondazione, quindi i carichi ammissibili del terreno e gli eventuali cedimenti dovuti ai manufatti in progetto, oltre a confermare o meno la categoria di sottosuolo per determinare la relativa parametrizzazione sismica.

Tutto questo con la finalità di mettere il progettista e lo strutturista nelle condizioni di individuare tutti quegli accorgimenti tecnico-costruttivi tali da ottimizzare le soluzioni progettuali ottemperando a tutte le prescrizioni di legge.

Certaldo, 14/11/2018

Geol. Fausto Berti



ALLEGATI



Comune di Vicopisano

**Piano di Recupero del complesso edilizio
"La Carbonaia"**

COROGRAFIA GENERALE

Estratto da SITA_Regione Toscana

Scala 1: 10.000



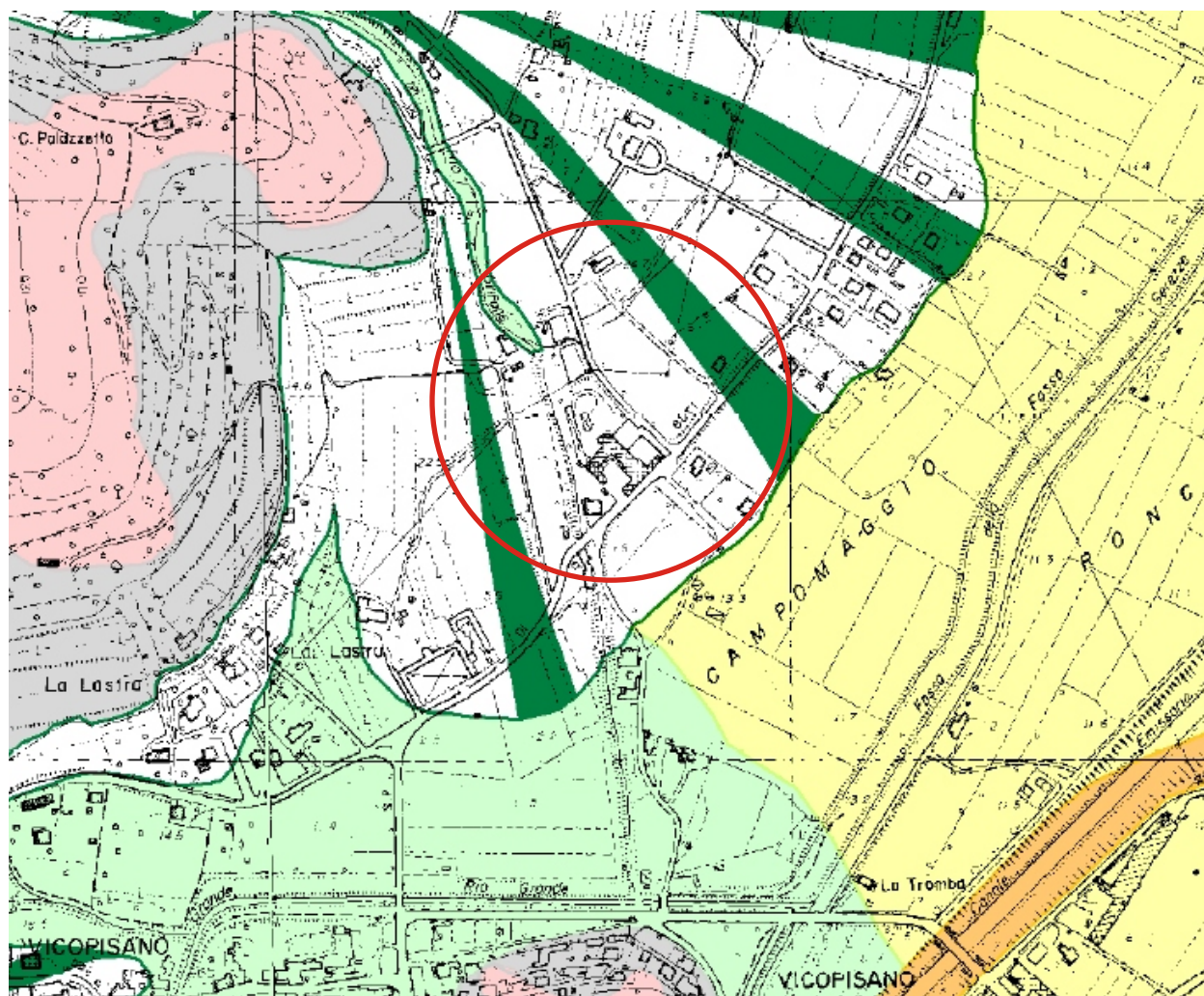
Area d'interesse



Società di Geologia e Ingegneria
Via De Amicis, 14 - 50052 Certaldo (FI)
TEL: 0571 632640 - FAX: 0571 636089
Email: info@indagosnc.it

Pos. Arch.: 1049/18

Tavola n. 01



LEGENDA

FORME, PROCESSI E DEPOSITI PER ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI

- Alveo in erosione
- Area interessata da ruscellamento diffuso
- Depositi alluvionali e detritico-colluviali terrazzati
- Depositi alluvionali attuali e recenti dei corsi d'acqua minori
- Depositi alluvionali del Fiume Arno
- Terreni argillosi, torbe, depositi palustri e depositi di colmata
- Paleoalveo certo, incerto
- Cono di deiezione

FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI DI VERSANTE

- Orlo di scarpata di degradazione e/o di frana
- Accumulo di frana quiescente
- Accumulo di frana attiva
- Accumulo detritico

FORME E DEPOSITI CARSICI

- Grotta
- Dolina

FORME, PROCESSI E DEPOSITI ANTROPICI

- Orlo di scarpata artificiale
- Cassa di espansione
- Accumulo detritico da attività di cava dismessa
- Laghetto da attività estrattiva dismessa

AFFIORAMENTI LITOIDI

- Litotipi coerenti
- Litotipi semicoerenti
- Area d'interesse

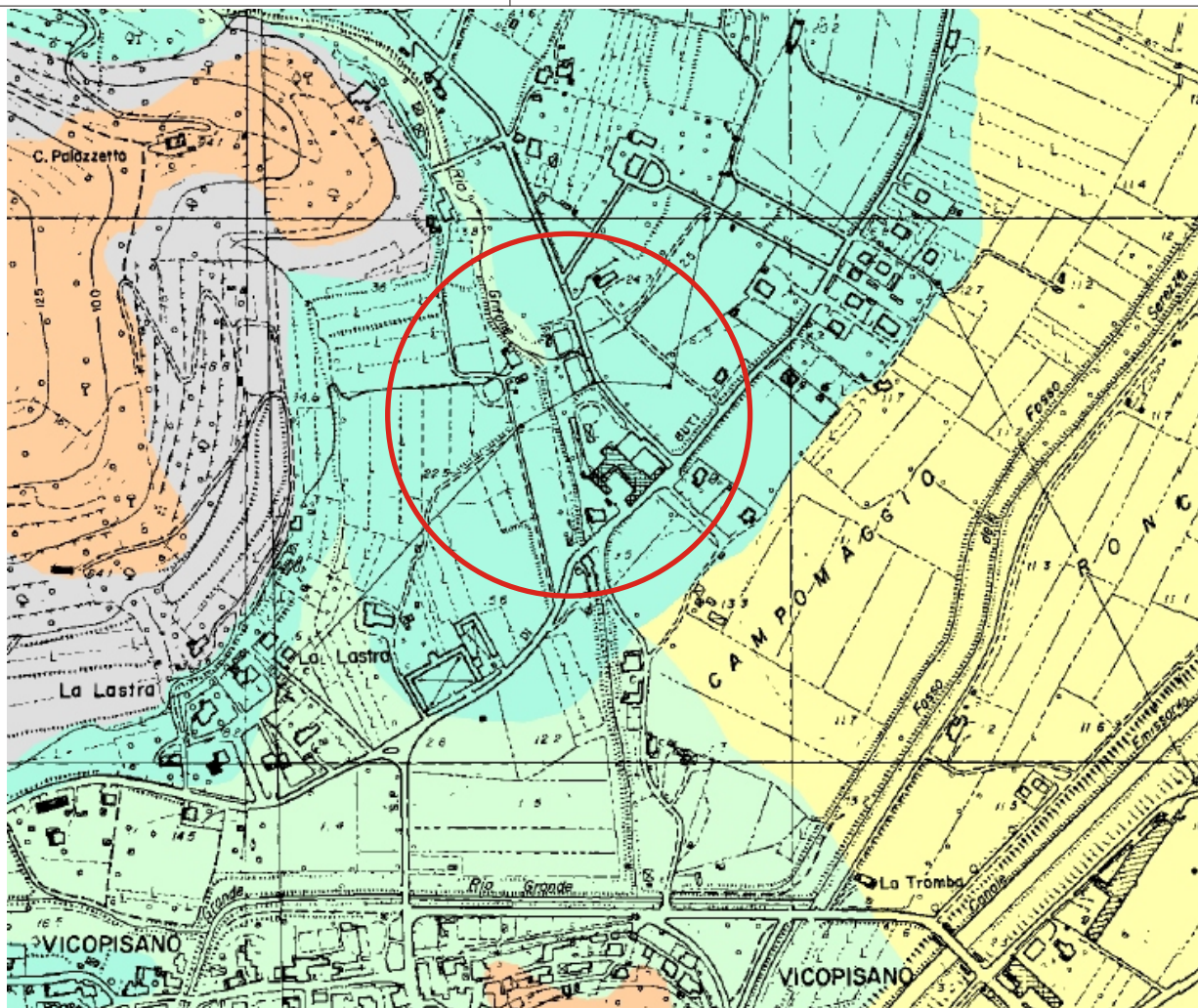


Comune di Vicopisano

Piano di Recupero del complesso edilizio "La Carbonaia"






Carta Geologica

Estratto da Tav. 1 del P.S. del Comune di Vicopisano




LEGENDA


Quaternario

-  Accumuli detritici; sassaie
-  Depositi alluvionali argilloso-limosi, torbe palustri e depositi di colmata
-  Depositi alluvionali attuali e recenti dei corsi d'acqua minori
-  Depositi alluvionali attuali e recenti del Fiume Arno
-  Depositi alluvionali e detritico-colluviali terrazzati

Terziario

-  Breccie sedimentarie


Giurassico

-  Diaspri
-  Calcari



Trias superiore

-  Calcari e dolomie
-  Filladi quarzitiche
-  Quarziti
-  Filladi

Trias medio

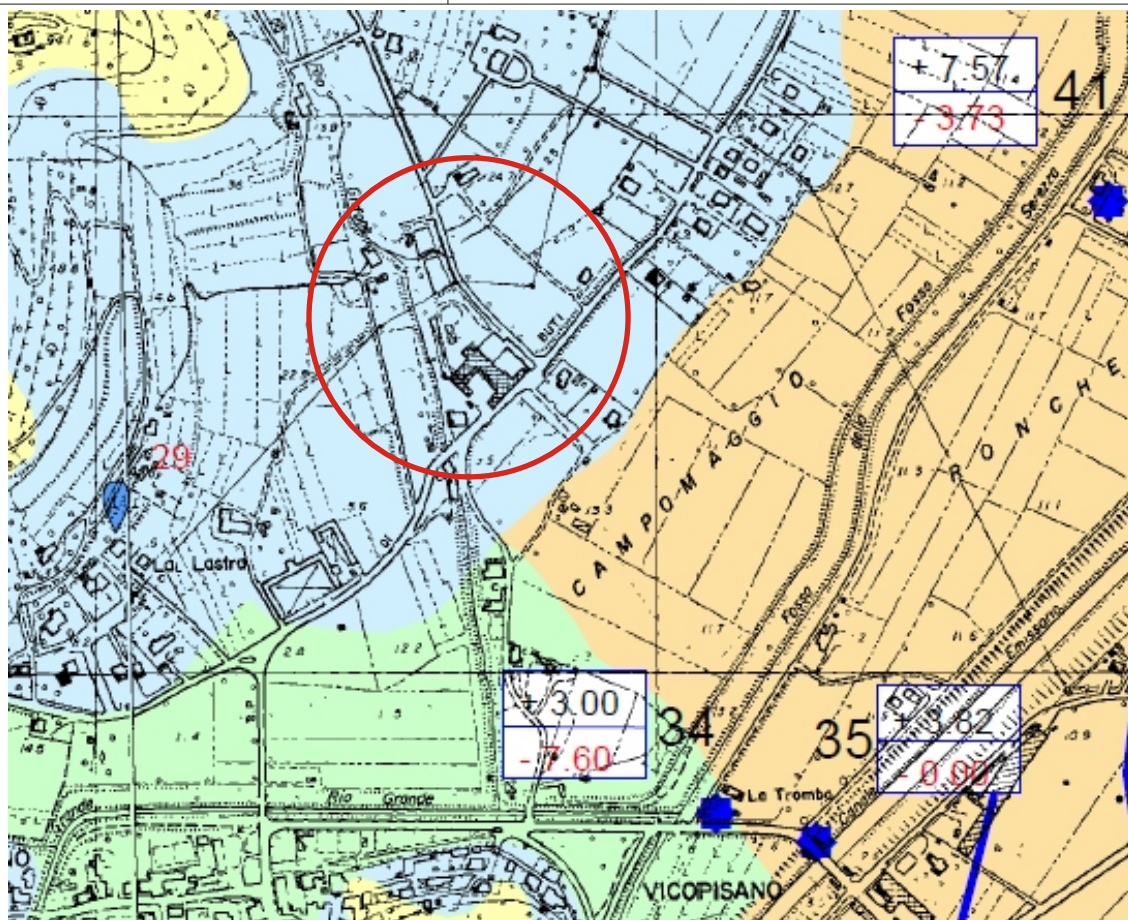
-  Filladi quarzitiche
-  Conglomerati quarzitici

Paleozoico

-  Filladi quarzitiche
-  Detrito di cava dismessa



Area d'interesse



LEGENDA

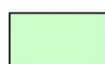
Rocce permeabili per porosità



Depositi alluvionali, torbe palustri e depositi di colmata prevalentemente argilloso-limosi
Permeabilità da bassa a impermeabile



Depositi alluvionali misti
Permeabilità da bassa a media



Depositi alluvionali dell'Arno e dei corsi d'acqua minori prevalentemente sabbiosi
Permeabilità da media a medio-alta

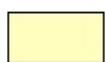


Accumuli detritici, alluvioni terrazzate e depositi di conoide
Permeabilità da media a medio-alta



Area d'interesse

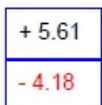
Rocce permeabili per fratturazione



Quarziti
Permeabilità da medio-bassa a media



Filladi Quarzitiche
Permeabilità da bassa a impermeabile



+ 5.61

- 4.18

5

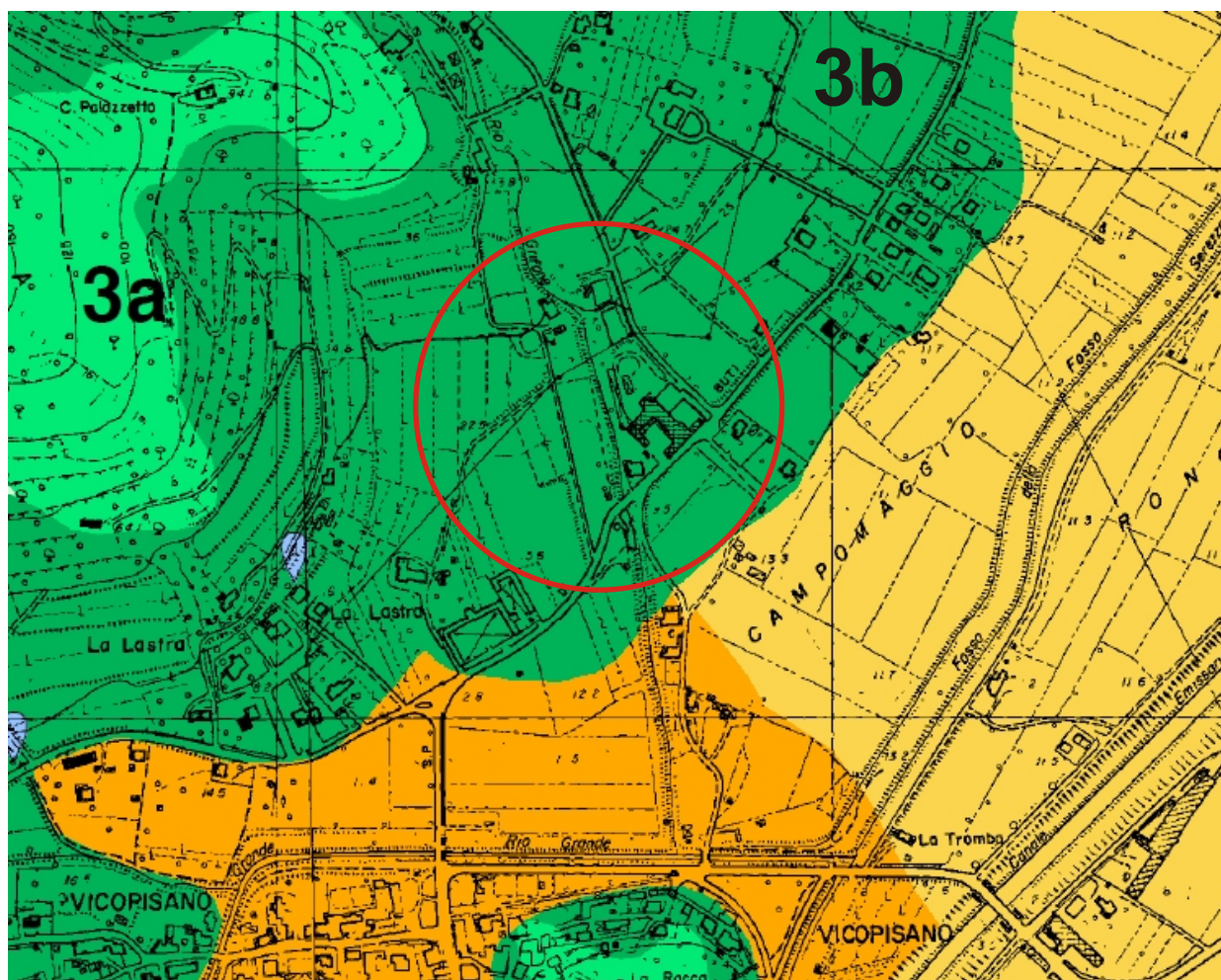
+ 5

Livello della falda freatica riferito al l.m.m. (in mt.)

Livello della falda freatica riferito al p.c. (in mt.)

Pozzo di controllo e relativo N° d'ordine (vd. Tabella n° 2 in Relazione)

Isofreatica in metri riferita al l.m.m. (Giugno 2001)



LEGENDA

ZONA DI PIANURA

CLASSE 2 - VULNERABILITA' BASSA



Depositi alluvionali, torbe palustri e depositi di colmata prevalentemente argilloso-limosi con permeabilità bassa o pressoché nulla.

CLASSE 3 - VULNERABILITA' MEDIA



3a - Depositi alluvionali misti, ovvero costituiti da alternanze di livelli da argillosi a sabbiosi, per i quali si può ipotizzare un certo grado di protezione della risorsa idrica.



3b - Depositi alluvionali prevalentemente sabbiosi e paleovalle, a permeabilità media o medio-alta, e corrispondenti a situazioni nelle quali la risorsa idrica presenta un mediocre grado di protezione.

CLASSE 4 - VULNERABILITA' ELEVATA



4b - Zone di cava con falda esposta (laghetti da attività estrattiva dismessi);
- Zone di alveo o di golena.



Sorgente

ZONA COLLINARE

CLASSE 2 - VULNERABILITA' BASSA



Rocce litoidi a bassa permeabilità.

CLASSE 3 - VULNERABILITA' MEDIA



3a - Rocce litoidi a permeabilità da media a medio-bassa nelle quali la fessurazione e la scistosità permettono una modesta infiltrazione e percolazione delle acque.



3b - Accumuli detritici e alluvioni terrazzate di coniole a permeabilità da media a medio-alta, generalmente interessati da circolazione idrica sotterranea.

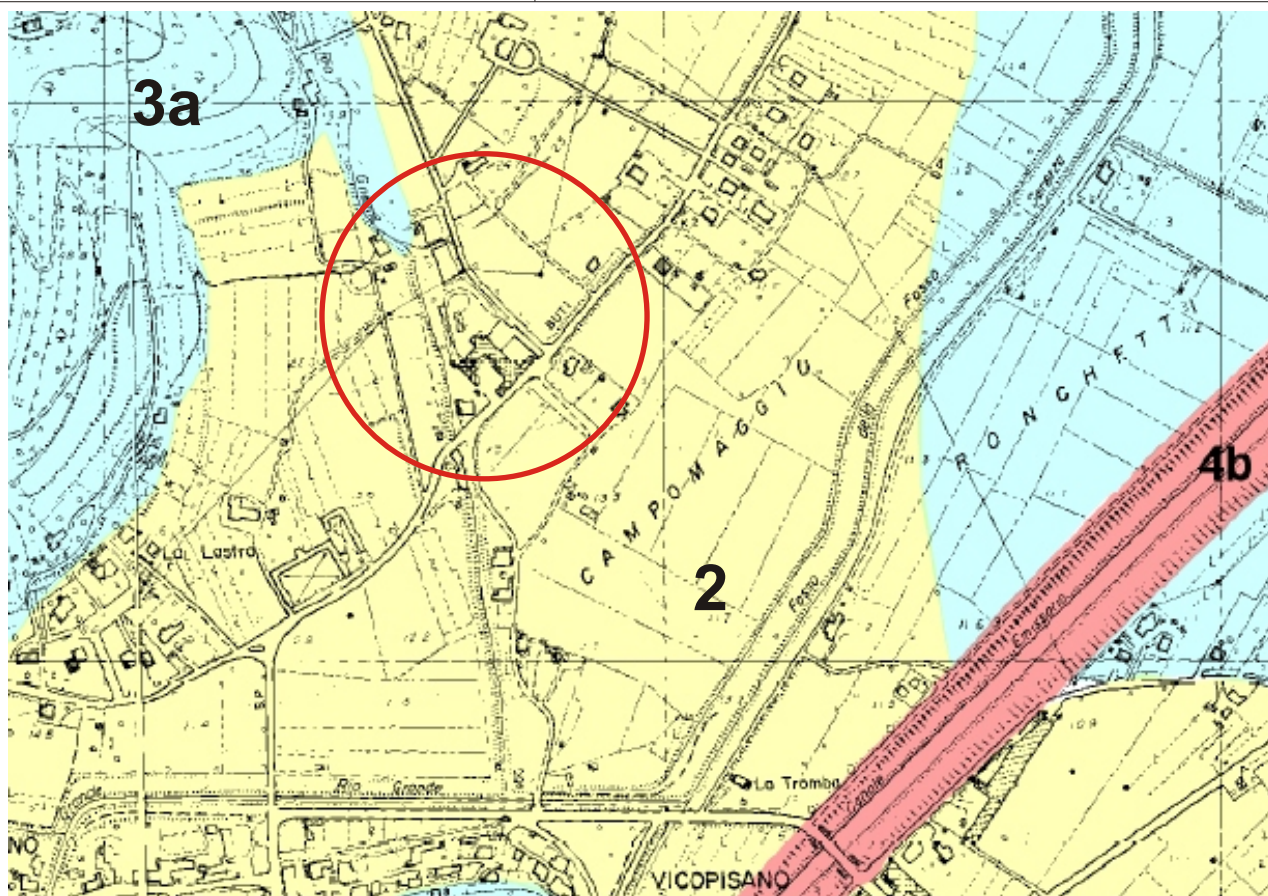
CLASSE 4 - VULNERABILITA' ELEVATA



4a - Calcarei, calcari e dolomie, talvolta interessati da fenomeni carsici, sede di falde significative; detrito di cava su rocce calcaree.



Area d'interesse



LEGENDA



Area d'interesse

CLASSE 2 - PERICOLOSITA' BASSA



Aree in condizioni geologico-tecniche e morfologiche apparentemente stabili sulle quali permangono dubbi che possono essere chiariti a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione delle trasformazioni, ovvero aree di fondovalle o di altopiano o di versante con pendenze inferiori al 15%, e con terreni di buone caratteristiche geotecniche.

CLASSE 3 - PERICOLOSITA' MEDIA

Non sono presenti fenomeni attivi, tuttavia le condizioni geologico-tecniche e morfologiche del sito sono tali da far ritenere che esso si trovi al limite dell'equilibrio. In queste zone, ogni intervento edilizio è fortemente limitato e le indagini di approfondimento dovranno essere condotte a livello dell'area nel suo complesso; non è inoltre da escludersi l'adozione di tecniche fondazionali di un certo impegno. Questa classe è stata ulteriormente caratterizzata nelle seguenti sottoclassi a pericolosità crescente:

SOTTOCLASSE 3a



Aree acclivi con caratteristiche geomorfologiche, stratigrafiche e litotecniche favorevoli alla stabilità, ovvero tali da ritenere che i fenomeni franosi, qualora si verificassero, coinvolgerebbero porzioni di territorio di ampiezza limitata. Aree di pianura o debolmente acclivi con caratteristiche geologico-tecniche mediamente scadenti.

SOTTOCLASSE 3b



Aree acclivi con caratteristiche geomorfologiche, stratigrafiche e litotecniche sfavorevoli alla stabilità, ovvero tali da ritenere che i fenomeni franosi, qualora si verificassero, coinvolgerebbero ampie porzioni di territorio e di sottosuolo.



Aree pianeggianti sottoposte a salvaguardia geomorfologica in quanto ricadenti in ambiti di cave dismesse potenzialmente esposti a fenomeni gravitativi (prevalentemente frane di crollo).

CLASSE 4 - PERICOLOSITA' ELEVATA

In questa classe ricadono aree interessate da fenomeni di dissesto attivi; per essa sono state distinte le seguenti sottoclassi:

SOTTOCLASSE 4a



Aree coinvolte in passato da fenomeni franosi che attualmente risultano in condizioni di quiescenza o di inattività, ma le cui caratteristiche geomorfologiche sono tali da non poter escludere una ripresa generalizzata dell'attività in concomitanza con eventi sismici o con eventi meteorici straordinari.

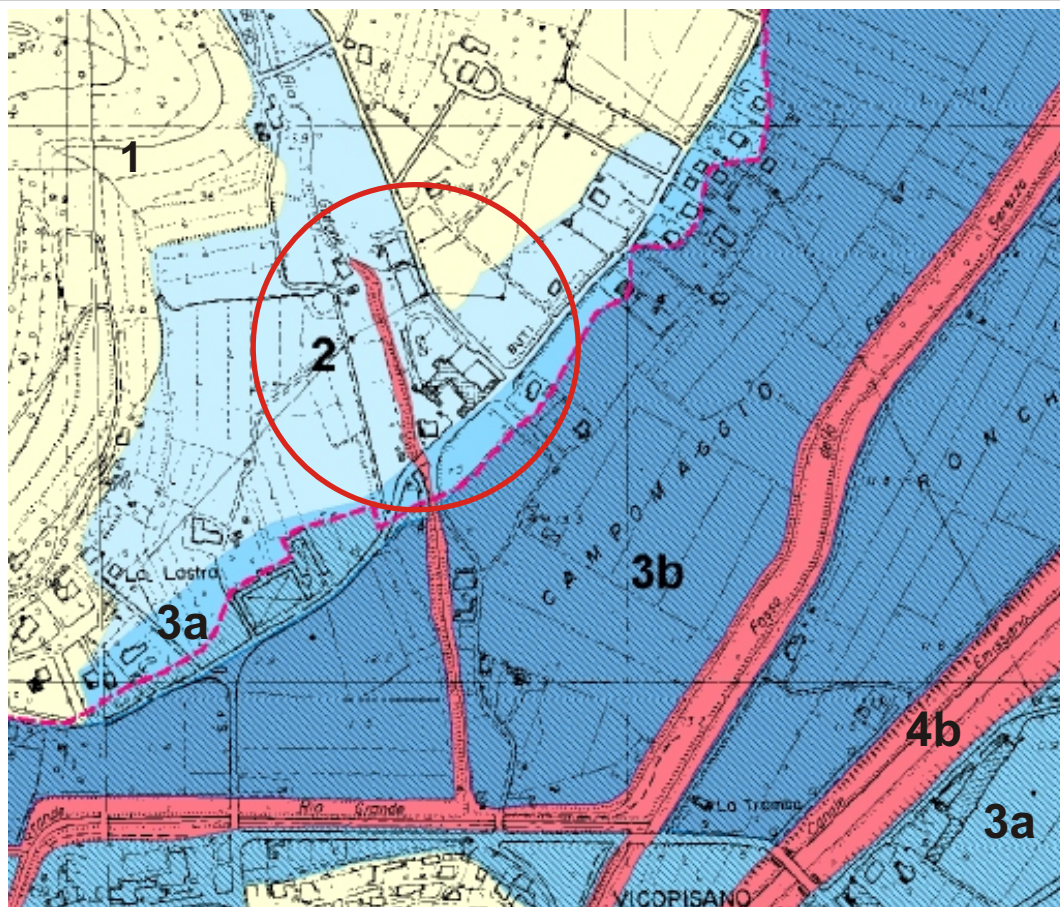


Aree nelle quali sono stati recentemente rilevati dissesti alle strutture dell'edificato riconducibili a fenomeni di subsidenza; parte di queste aree risultano soggette anche a salvaguardia geomorfologica (vedi figure di dettaglio in calce alla Relazione geologico-tecnica).

SOTTOCLASSE 4b



Aree interessate da fenomeni attivi di erosione e sedimentazione, frane attive, fronti instabili di cava dismessa e corpi idrici.



LEGENDA



Area d'interesse

CLASSE 1 - PERICOLOSITA' IRRILEVANTE



Aree collinari e montuose in situazione favorevole di alto morfologico, per le quali non vi sono notizie storiche di precedenti inondazioni e si ritengono impossibili eventi di esondazione o sommersione.

CLASSE 2 - PERICOLOSITA' BASSA



Aree di fondovalle in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, apparentemente non coinvolgibili da eventi di esondazione o sommersione e per le quali non vi sono notizie storiche di precedenti inondazioni.

CLASSE 3 - PERICOLOSITA' MEDIA

Aree della pianura alluvionale in situazione morfologica sfavorevole, protette da opere idrauliche e, in alcuni casi, interessate da fenomeni di inondazione o difficoltoso drenaggio delle acque superficiali; in queste zone ogni intervento edilizio è fortemente limitato e le indagini di approfondimento dovranno essere condotte a livello dell'area nel suo complesso. Esse sono state distinte nelle seguenti sottoclassi:



SOTTOCLASSE 3a - Aree per le quali non si ha disponibilità di precise testimonianze storiche di episodi di esondazione o sommersione, comunque limitrofe ad aree in passato conosciute come alluvionate o sommerse con cadenza superiore ai duecento anni.



SOTTOCLASSE 3b - Aree soggette ad esondazione o sommersione in occasione di eventi eccezionali ovvero con tempi di ricorrenza tra i venti e i duecento anni.

CLASSE 4 - PERICOLOSITA' ELEVATA

Aree di fondovalle in situazione morfologica sfavorevole, non protette da opere idrauliche per le quali vi sono notizie storiche di inondazioni, corpi idrici, sono state individuate le seguenti sottoclassi:
SOTTOCLASSE 4a - Aree generali soggette ad esondazione o sommersione in occasione di eventi straordinari relativamente frequenti con tempi di ricorrenza tra i due ed i venti anni.



SOTTOCLASSE 4b - Corpi idrici così come delimitati dalle proprie scarpate o da eventuali manufatti.



AMBITO B dei corsi d'acqua principali: Art. 75 e seguenti del P.I.T. (ex D.C.R. 230/94)



Corso d'acqua dismesso (inserito nell'elenco ex D.C.R. 230/94)



APPENDICE

A

Relazione Sismica

INDAGINE GEOFISICA
TOMOGRAFIA SISMICA ONDE "P" e "SH" CONGIUNTE
HVSr (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*)



Via di Buti,
Comune di Vicopisano (PI)

COMMITTENTE:
Acquaforce S.r.l.

DIREZIONE INDAGINI:
Geol. Massimiliano Perini



[Gennaio 2013]

INDAGINE GEOFISICA
TOMOGRAFIA SISMICA IN ONDE “P” E “SH” CONGIUNTE
HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*)

VIA DI BUTI, COMUNE DI VICOPISANO (PI)

GENNAIO 2013

COMMITTENTE: **ACQUAFORTE S.R.L.**

DIREZIONE INDAGINI: **GEOL. MASSIMILIANO PERINI**

PREMESSA

Su incarico della Società Acquaforce S.r.l. sono stati realizzati n°2 stendimenti sismici a rifrazione in Onde P e SH, per la caratterizzazione delle geometrie sepolte, ed integrati da n°3 caratterizzazioni del rapporto spettrale H/V, per la definizione dei valori di frequenza di risonanza di sito e l'individuazione di contrasti d'impedenza rilevanti all'interno dell'area indagata. Attraverso infatti le misure dei microtremiti naturali nelle tre direzioni dello spazio, unitamente al confronto con i dati derivanti da altre metodologie d'indagine, è possibile stimare la profondità di contatti sismostratigrafici tra domini caratterizzati da un marcato rapporto di rigidità sismica come ad esempio nel caso dei terreni di copertura e il loro substrato litoide.

L'esecuzione delle misure sismiche di superficie si è svolta nei giorni 07, 25 e 30 gennaio 2013. L'ubicazione delle indagini è riportata in Figura 1.

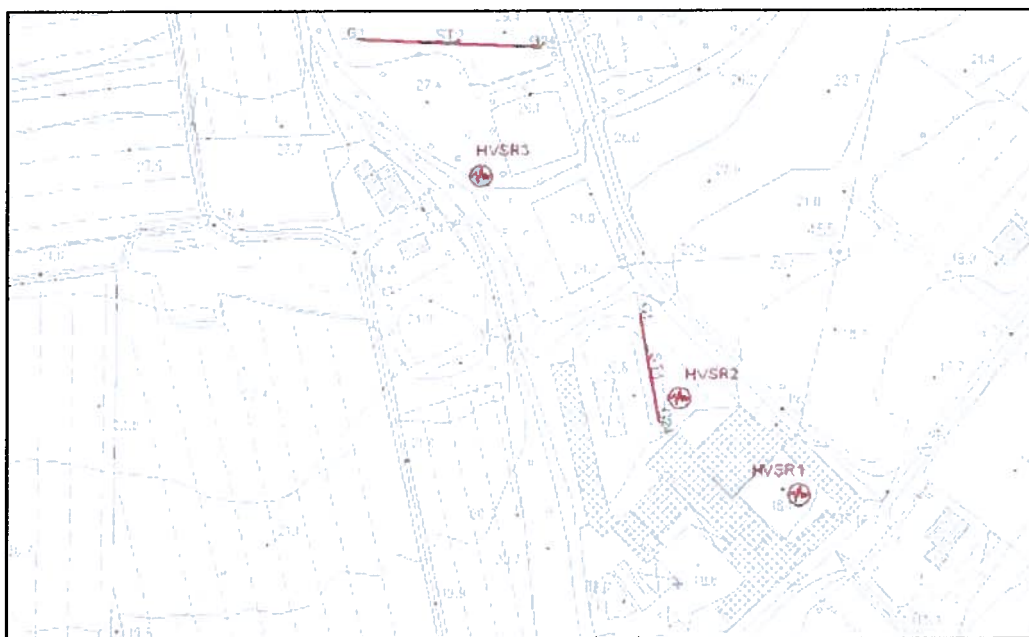


Fig. 1 – Ubicazione centro stesa ST1: [1.627.825; 4.840.316]; Ubicazione centro stesa ST2: [1.627.763; 4.840.416];
Ubicazione HVSR1: [1.627.871; 4.840.277]; Ubicazione HVSR2: [1.627.834; 4.840.307];
Ubicazione HVSR3: [1.627.773; 4.840.375]; (Sistema coordinate riferim.: Gauss-Boaga Fuso Ovest).

STRUMENTAZIONE

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati di campagna è la seguente:

Energizzatore	massa da 10 Kg (SH) e 54 Kg (P)	generazione segnale
Geofoni orizz. e vert. (4,5 Hz)	4kOhm 4.5Hz	conversione segnale sismico in elettrico
Sismografo SARA Do.Re.Mi.	digitalizzatori - 16 bit	conversione segnale e registrazione
Interfaccia Do.Re.Mi. master		alimentazione, collegamento PC,
Computer	Acer Aspire One D150-1Bw	visualizzazione, memorizzazione dati

Tab. 1 – Strumentazione di acquisizione per analisi MASW.

La strumentazione è composta da una serie di geofoni ad oscillazione verticale/orizzontale collegati ai canali di registrazione. Questi ultimi ricevono il segnale analogico generato dall'arrivo del treno di onde sismiche, prodotte dal sistema di energizzazione, e lo convertono istantaneamente in formato digitale.

Il dato acquisito viene quindi registrato nell'unità di memoria interna al canale stesso rendendosi disponibile per il successivo download, mediante interfaccia master, da parte del programma di acquisizione installato su computer portatile.

L'interfaccia master, oltre a permettere l'acquisizione dei dati, fornisce l'alimentazione elettrica necessaria allo strumento, registra con precisione il segnale start proveniente dalla fonte di energizzazione e consente una corretta comunicazione tra il personal computer e i canali di acquisizione.



Fig. 2 – Strumentazione d'acquisizione.

L'acquisizione dati per le analisi del rapporto spettrale H/V è stata eseguita mediante la seguente strumentazione:

Strumento	modello PF S SR04 GBX-45-NNG	
3 Sensori (4,5 Hz)	Numero canali: 3 Non ortogonalità: < 0.01% Frequenza naturale: 4.5Hz (+/-5%) Banda utilizzabile: 0.2-1000Hz Damping: 0.707 Massa inerziale: 24 g Sensibilità nominale: 80 V/m/s Movimento massa: 0.2mm Certificazioni: CE(EN55022, N55011)	campionamento simultaneo sui 3 canali
Interfaccia Do.Re.Mi.		download dei dati su PC,
Computer	Acer Aspire One D150-1Bw	visualizzazione, memorizzazione dati

Tab. 2 – Strumentazione di acquisizione per analisi HVSR.

Il dispositivo sismico utilizzato in questa sede per le misure di vibrazione ambientale consiste in un digitalizzatore a 24 bit 3 canali ad altissima risoluzione collegato a un personal computer per il controllo dello strumento e la registrazione dei dati.

Tre supporti a vite regolabili e una livella consentono il posizionamento dello strumento secondo il piano orizzontale; l'alimentazione è garantita da una piccola batteria interna ricaricabile.

I dati acquisiti dai sensori sono trasferiti al PC mediante un cavo elettrico collegato a una porta seriale (RS232) e registrati in digitale da un software dedicato (modulo SEISMOLOG-MT della suite SEISMOWIN) per mezzo di un convertitore con frequenza di campionamento fino a 600 Hz.

Attraverso la specifica funzione di trasferimento è possibile, nel dominio delle frequenze, una correzione strumentale del dato. Di seguito si riporta quella specifica dello strumento utilizzato:

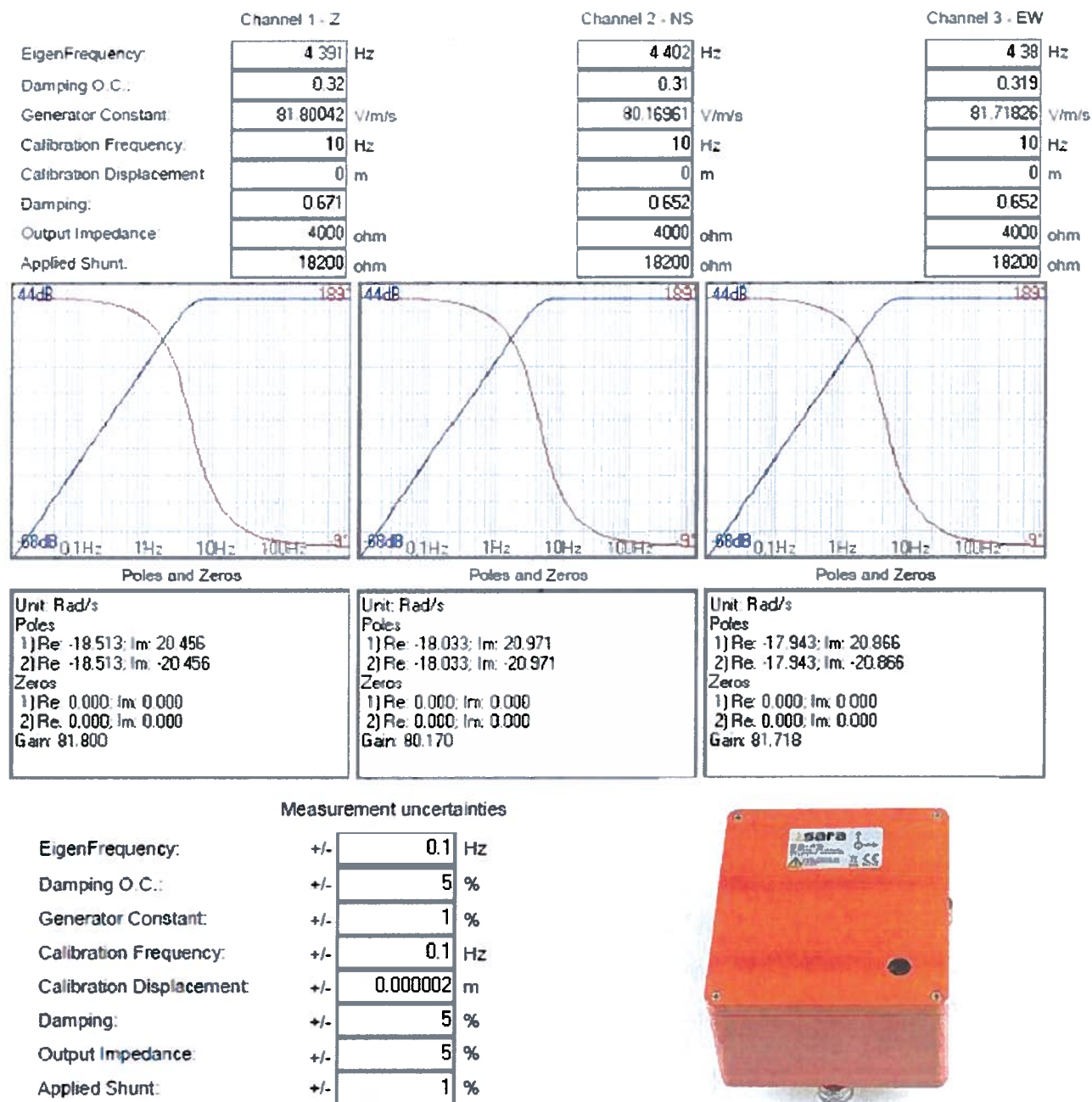


Fig. 3 – Funzione di trasferimento dei sensori del tomografo digitale.

MODALITA' DI ACQUISIZIONE DELLA PROSPEZIONE

Le caratteristiche adottate per le prospezioni tomografiche acquisite sono le seguenti:



Fig. 4 – Caratteristiche di acquisizione stendimento ST1

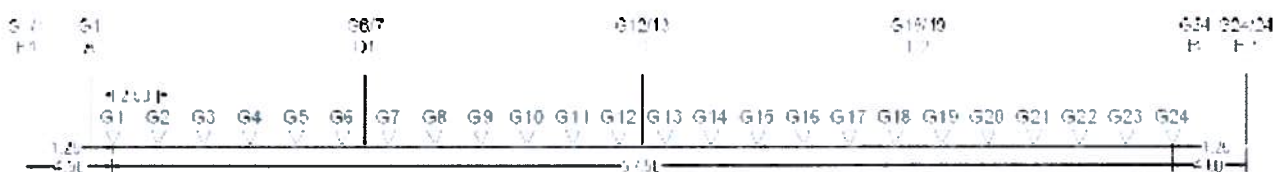


Fig. 5 – Caratteristiche di acquisizione stendimento ST2

Stendimento	ST1 (P-SH)	ST2 (P-SH)
n° geofoni	24	24
distanza intergeofonica (m)	1,5	2,5
n° punti di scoppio	7	7
spaziatura scoppi (m)	3,50-4,25-9,00	2,75-3,25-15,00
tempo di acquisizione (ms)	400	400
intervallo campionamento (Hz)	5000	5000

Tab. 3 – Parametri e settaggi d'acquisizione Tomografia.

Per quanto concerne l'elaborazione dei dati acquisiti, la tomografia sismica è stata realizzata mediante lo svolgimento delle seguenti fasi:

- ~ determinazione dei tempi di primo arrivo attraverso il software RAYFRAC[®] 3.21, operata in automatico e riadattata manualmente, con particolare attenzione alle fasi d'onda ed alla loro evoluzione.
- ~ formazione di un database contenente la geometria della linea sismica (posizione altimetrica e planimetrica dei geofoni e degli scoppi) ed i tempi di primo arrivo per ciascun scoppio.
- ~ conversione dei dati in formato ASCII.
- ~ processo di *smooth inversion* che permette di ottenere profili monodimensionali (1D) profondità/velocità.
- ~ ottimizzazione del profilo, per iterazioni successive, mediante inversione tomografica WET (Wavepath Eikonal Traveltime), che permette il calcolo delle traiettorie d'onda (wavepath) attraverso le soluzioni alle differenze finite dell'equazione che esprime le modalità di propagazione di un'onda in un mezzo isotropo.
- ~ controllo del "fitting" tra tempi misurati e tempi calcolati ed eventuale reiterazione del processo di inversione.
- ~ output grafico della sezione tomografica.

Per un dettagliato esame dei risultati delle prove eseguite si rimanda agli elaborati grafici riprodotti in allegato.

RISULTATI HVSR

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale a 3 canali con capacità di registrazione a 24 bit. Attraverso lo strumento, che racchiude al suo interno tre velocimetri elettrodinamici ad alta definizione ortogonali tra loro, si sono registrate le vibrazioni ambientali i cui valori sono stati salvati in tempo reale nella memoria interna di un computer portatile. Gli assi di oscillazione dello strumento sono stati allineati a quelli geografici mediante l'utilizzo di una bussola.

I dati registrati sono stati convertiti in file ASCII nel formato .SAF mediante il software Seismolog-MT e successivamente elaborati per ottenere spettri di velocità in funzione della frequenza.

Durante il campionamento lo stesso software ha permesso di visualizzare in tempo reale la curva H/V e gli spettri assoluti sulle componenti sia verticale che orizzontale e di salvare un secondo file di registrazione già depurato dei transienti individuati durante il campionamento.

Per ogni postazione di registrazione il rumore sismico è stato acquisito per un periodo di 30 minuti. In fase di elaborazione la registrazione è stata suddivisa in intervalli della durata di 20 sec all'interno dei quali si è operato un'analisi spettrale nelle tre componenti (Verticale, N-S e E-W).

Per ciascun segmento si è quindi calcolato il rapporto spettrale fra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale. Dei valori così ottenuti è stata calcolata la media.

Infine, perché le misure ottenute dall'elaborazione dei dati di campagna potessero essere considerate una stima dell'ellitticità delle onde di Rayleigh si è proceduto a verificare che:

- i rapporti H/V ottenuti sperimentalmente risultino stabili, ovvero frutto di un campionamento statistico adeguato,
- gli effetti di sorgente siano effettivamente mediati, ovvero al netto di eventuali sorgenti dominanti,
- la misura non contenga errori sistematici (come per esempio quelli generati da un cattivo accoppiamento dello strumento con il terreno).

Per la determinazione delle velocità delle onde di taglio e della sismostratigrafia di sito, è stato costruito un modello teorico HVSR avente tante discontinuità sismiche quante quelle evidenziate dalla registrazione.

In seguito, tramite specifico algoritmo, sono state unite le informazioni di carattere sismostratigrafico derivanti dall'indagine Tomografica con quelle derivanti dall'analisi H/V e si è adattato la curva teorica a quella sperimentale, ottenendo i valori di riferimento degli spessori dei sismostrati e la relativa velocità delle onde Vs.

L'interpretazione ha consentito di correlare il valore dei picchi dello spettro di risposta HVSR con i valori di frequenza riguardanti le discontinuità sismiche e i principali cambi litologici presenti nell'immediato sottosuolo. Definendo i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si può ricavare il valore di frequenza caratteristica per ogni postazione del sito. Sapendo che a ogni picco in frequenza corrisponde una profondità in metri dell'orizzonte che genera il contrasto d'impedenza si può estrapolare una stratigrafia geofisica rappresentativa del sottosuolo.

HVSR1 - Frequenza fondamentale di risonanza di sito

La **frequenza caratteristica di risonanza del sito 1** è generata dalla discontinuità localizzata alle alte frequenze ($f_0=67,0$ Hz – $A_0=6,3$) associabile a un possibile contatto tra materiale di riporto ($V_s\approx 150$ m/s) e terreno naturale ($V_s\approx 550$ m/s), posto a circa 0,45-0,70 m di profondità.

A frequenze minori (dunque a profondità maggiori) si osserva un successivo picco (in realtà si osservano due picchi molto vicini che possono essere assimilati ad uno solo posto a metà strada tra essi) del rapporto spettrale H/V di minore entità, con ampiezza di circa la metà di quella di risonanza ($f_1=30,5$ Hz – $A_1=3,2$).

Tale anomalia del rapporto spettrale H/V è verosimilmente riconducibile al contrasto d'impedenza generato dal contatto tra i terreni di superficie a granulometria medio grossolana ($V_s\approx 550$ m/s) e quelli sottostanti costituiti da blocchi e ciottoli di grosse dimensioni ($V_s\approx 900$ m/s) posto a circa 4,5-6,0 m di profondità.

Nelle figure che seguono sono rappresentati rispettivamente il rapporto spettrale H/V e i valori assoluti delle componenti spettrali sulle tre componenti del moto sismico.

Max HVRS at $67,0 \pm 12,9$ Hz (in the range 0,1 - 100,0 Hz).

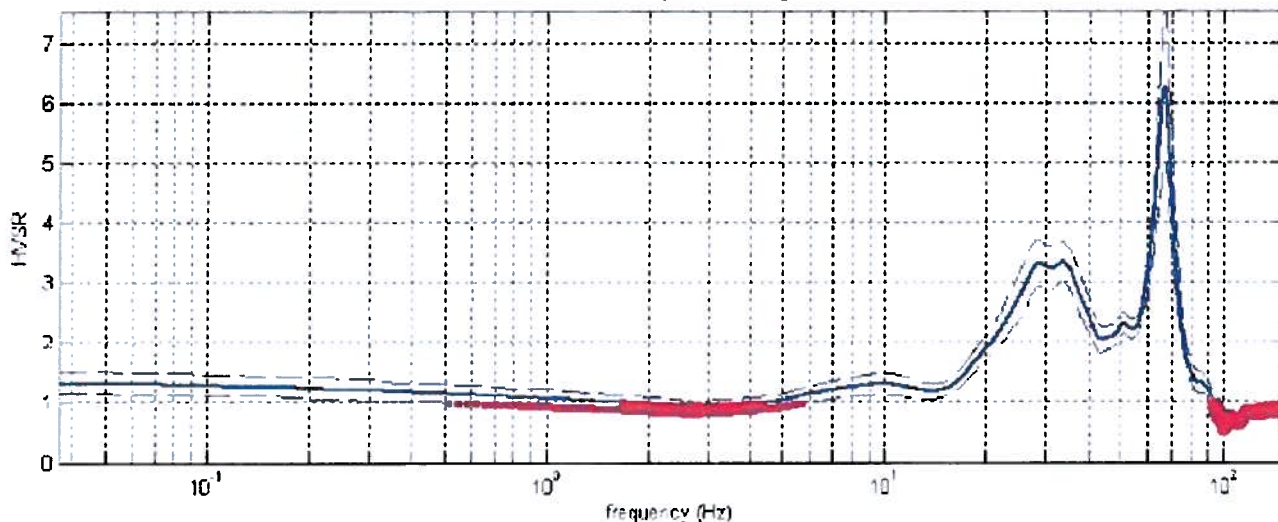


Fig. 7 - Rapporto spettrale H/V misurato.

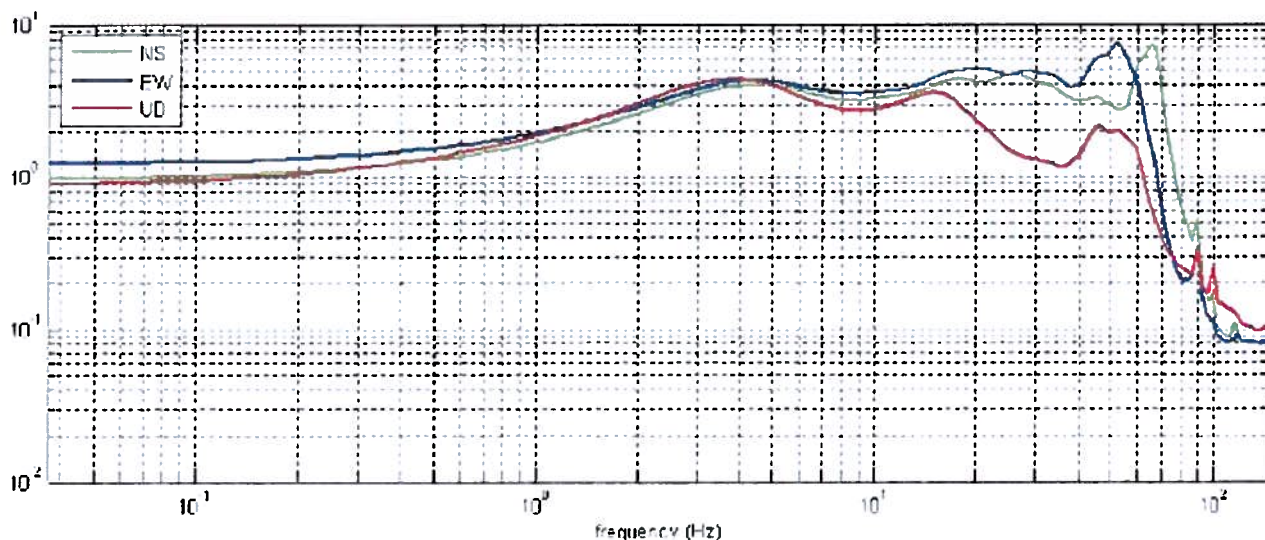


Fig. 8 - Valori spettrali assoluti per le tre componenti del moto vibrazionale (U-D, N-S, E-W).

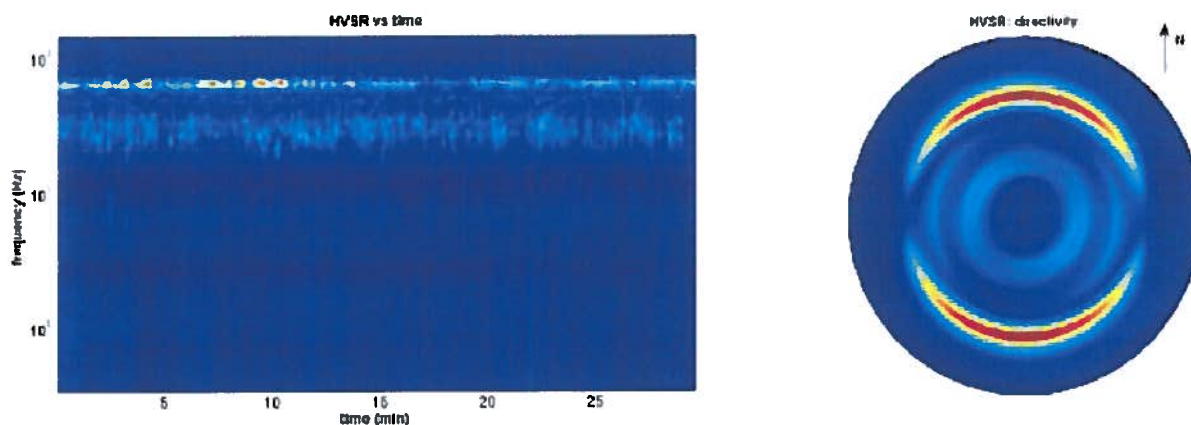


Fig. 9 -Persistenza del picco H/V con il tempo e direzionalità del segnale.

Nella Tabella 4 viene riportato dal punto di vista numerico la qualità del segnale acquisito sulla base dei principi e delle indicazioni di cui al progetto SESAME 2005 (*Site EffectS assessment using Ambient Excitations*). Per l'affidabilità della curva HVSR devono essere verificati i primi tre criteri mentre per avere un chiaro e pulito segnale del picco massimo devono essere soddisfatti almeno cinque dei sei criteri successivi.

Criteri per l'attendibilità della curva H/V					
(Tutti e 3 dovrebbero essere soddisfatti)					
$f_0 > 10 / Lw$	67.0	>	0.5	OK	
$nc(f_0) > 200$	238377	>	200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0,5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0,5$ Hz	$\sigma_A(f)$	<	2	OK	
$\sigma_A(f) < 3$ per $0,5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0,5$ Hz	$\sigma_A(f)$	<	3		
Criteri per un chiaro picco della curva H/V					
(Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti)					
$\exists f \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	$A_{H/V}(f^*)$	<	$A_0/2$	OK	
$\exists f^* \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	$A_{H/V}(f)$	<	$A_0/2$	OK	
$A_0 > 2$	6.3	>	2	OK	
$F_{peak} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	-0.05	$< f_0 <$	+0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	12.906	<	3.348	NO	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.265	<	1.580	OK	
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di Frequenza [Hz]	< 0,2	0,2 - 0,5	0,5 - 1,0	1,0 - 2,0	> 2,0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 \cdot f_0$	$0.20 \cdot f_0$	$0.15 \cdot f_0$	$0.10 \cdot f_0$	$0.05 \cdot f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.00	2.50	2.00	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Tab. 4 – Verifica di attendibilità della curva H/V secondo i criteri del Progetto SESAME 2005.

Si osserva quindi che il picco presente a **67,0 Hz** (di cui alla Figura 7) soddisfa tutti i criteri del primo gruppo e 5 su 6 del secondo e può pertanto essere assunto come **frequenza fondamentale di risonanza di sito**.

HVSR2 - Frequenza fondamentale di risonanza di sito

La **frequenza caratteristica di risonanza del sito 2** è generata dalla discontinuità localizzata alle alte frequenze ($f_0=56,3$ Hz – $A_0=8,4$) associabile a un possibile contatto tra materiale di riporto ($V_s \approx 150$ m/s) e terreno naturale ($V_s \approx 550$ m/s), posto a circa 0,65-0,70 m di profondità.

Nelle figure che seguono sono rappresentati rispettivamente il rapporto spettrale H/V e i valori assoluti delle componenti spettrali sulle tre componenti del moto sismico.

Max HVRS at $56,3 \pm 1,8$ Hz (in the range 0,1 - 100,0 Hz).

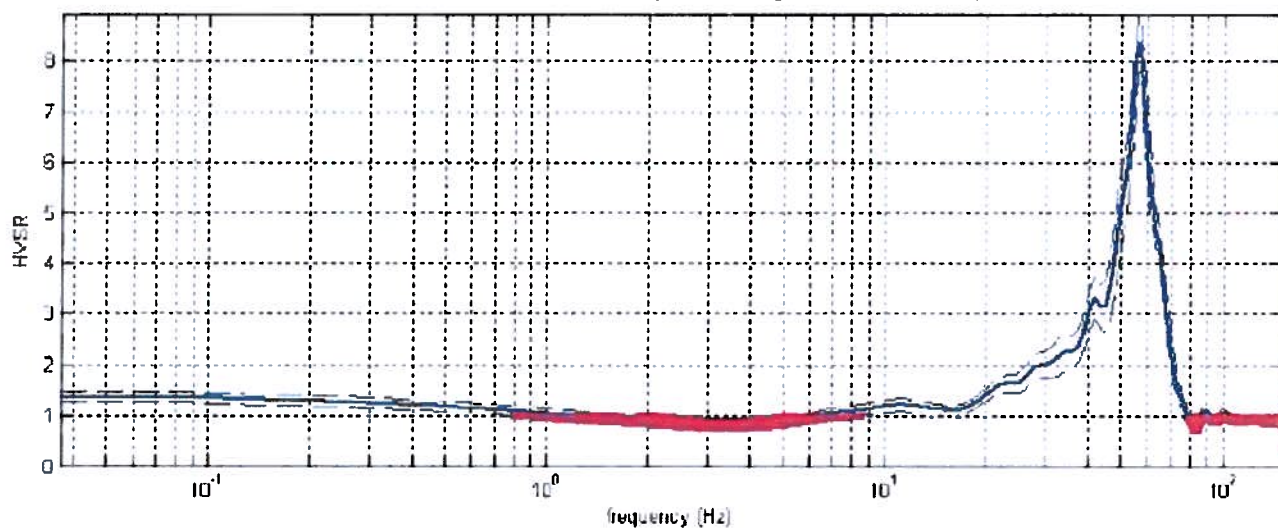


Fig. 10 - Rapporto spettrale H/V misurato.

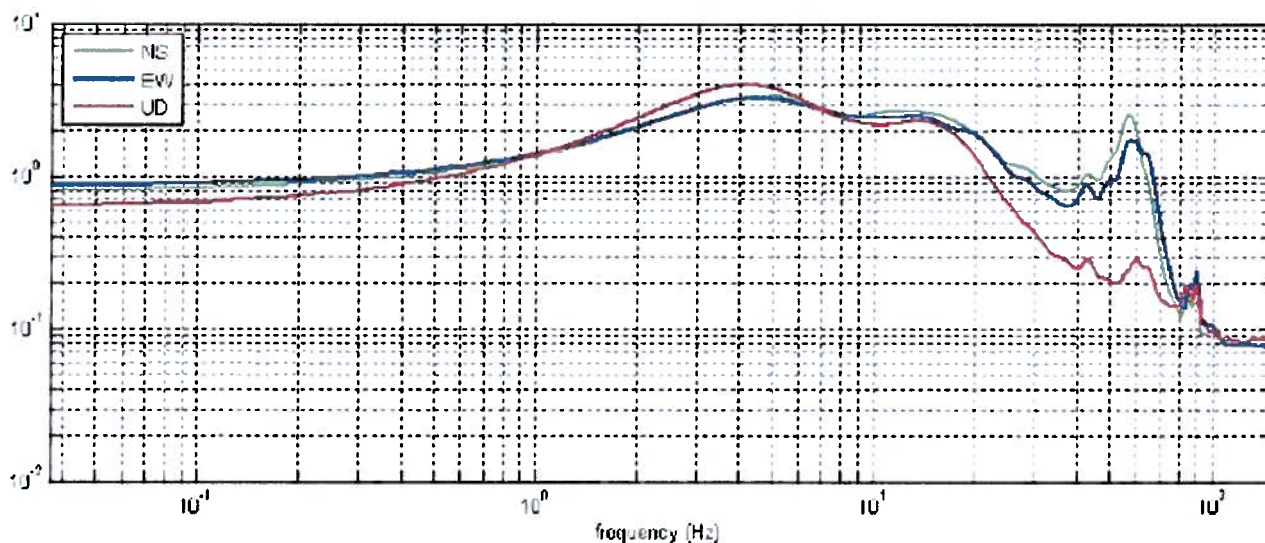


Fig. 11 - Valori spettrali assoluti per le tre componenti del moto vibrazionale (U-D, N-S, E-W).

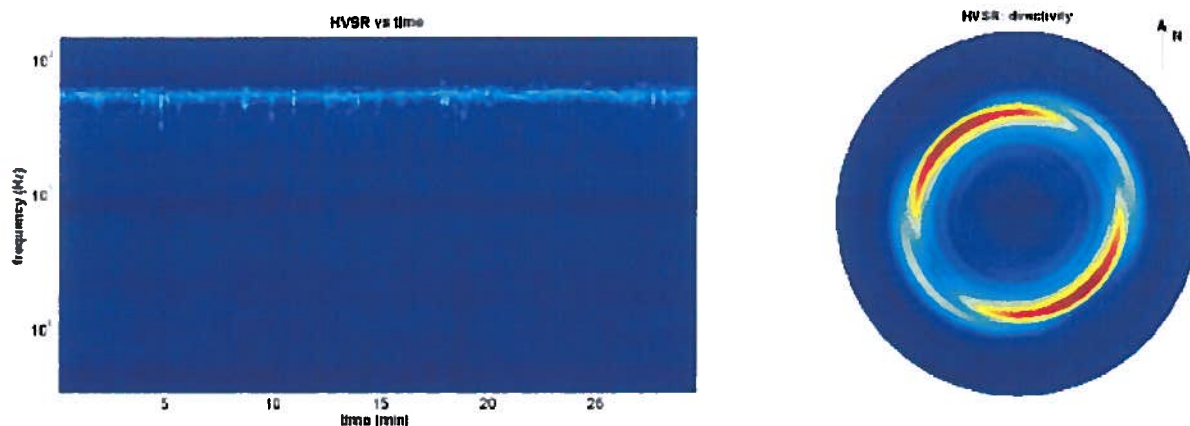


Fig. 12 -Persistenza del picco H/V con il tempo e direzionalità del segnale.

Nella Tabella 5 viene riportato dal punto di vista numerico la qualità del segnale acquisito sulla base dei principi e delle indicazioni di cui al progetto SESAME 2005 (*Site EffectS assessment using Ambient Excitations*). Per l'affidabilità della curva HVSR devono essere verificati i primi tre criteri mentre per avere un chiaro e pulito segnale del picco massimo devono essere soddisfatti almeno cinque dei sei criteri successivi.

Criteri per l'attendibilità della curva H/V					
(Tutti e 3 dovrebbero essere soddisfatti)					
$f_0 > 10 / Lw$	56.3	>	0.5	OK	
$nc(f_0) > 200$	200299	>	200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0,5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0,5$ Hz	$\sigma_A(f)$	<	2	OK	
$\sigma_A(f) < 3$ per $0,5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0,5$ Hz	$\sigma_A(f)$	<	3		
Criteri per un chiaro picco della curva H/V					
(Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti)					
$\exists f^* \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	$A_{H/V}(f^*)$	<	$A_0/2$	OK	
$\exists f^* \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	$A_{H/V}(f)$	<	$A_0/2$	OK	
$A_0 > 2$	8.4	>	2	OK	
$F_{peak} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	-0.05	$< f_0 <$	+0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.777	<	2.813	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.558	<	1.580	OK	
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di Frequenza [Hz]	< 0,2	0,2 - 0,5	0,5 - 1,0	1,0 - 2,0	> 2,0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 \cdot f_0$	$0.20 \cdot f_0$	$0.15 \cdot f_0$	$0.10 \cdot f_0$	$0.05 \cdot f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.00	2.50	2.00	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Tab. 5 – Verifica di attendibilità della curva H/V secondo i criteri del Progetto SESAME 2005.

Si osserva quindi che il picco presente a **56,3 Hz** (di cui alla Figura 10) soddisfa tutti i criteri del primo gruppo e 6 su 6 del secondo e può pertanto essere assunto come **frequenza fondamentale di risonanza di sito**.

HVSR3 - Frequenza fondamentale di risonanza di sito

La **frequenza caratteristica di risonanza del sito 3** è generata dalla discontinuità localizzata alle alte frequenze ($f_0=35,7$ Hz – $A_0=4,8$) associabile a un possibile contatto tra terreno vegetale ($V_s \approx 150$ m/s) e terreno granulare ($V_s \approx 600$ m/s), posto a circa 1,00 m di profondità. Tale picco di frequenza è affiancato da un secondo picco presente a frequenze maggiori ($f_1=50,2$ Hz – $A_1=2,7$) indice di un lieve contrasto d'impedenza tra materiali dotati di diversa rigidità separati da un contatto posizionato a circa 0,5 m dal pdc.

A frequenze minori (dunque a profondità maggiori) si osserva un ulteriore picco del rapporto spettrale H/V di minore entità ($f_3=13,1$ Hz - $A_3=2,9$).

Tale anomalia del rapporto spettrale H/V è verosimilmente riconducibile al contrasto d'impedenza generato dal contatto tra i terreni di superficie a granulometria medio grossolana ($V_s \approx 600$ m/s) e quelli sottostanti costituiti da blocchi e ciottoli di grosse dimensioni ($V_s \approx 900$ m/s) posto a circa 11,5 m di profondità.

Nelle figure che seguono sono rappresentati rispettivamente il rapporto spettrale H/V e i valori assoluti delle componenti spettrali sulle tre componenti del moto sismico.

Max HVRS at $35,7 \pm 1,4$ Hz (in the range 0,1 - 100,0 Hz).

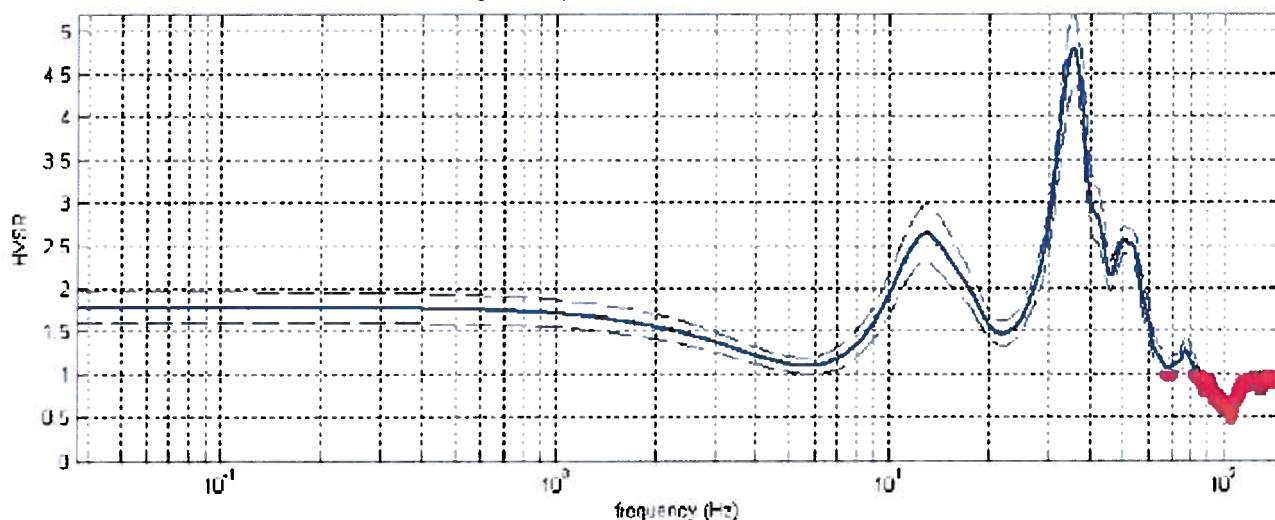


Fig. 13 - Rapporto spettrale H/V misurato.

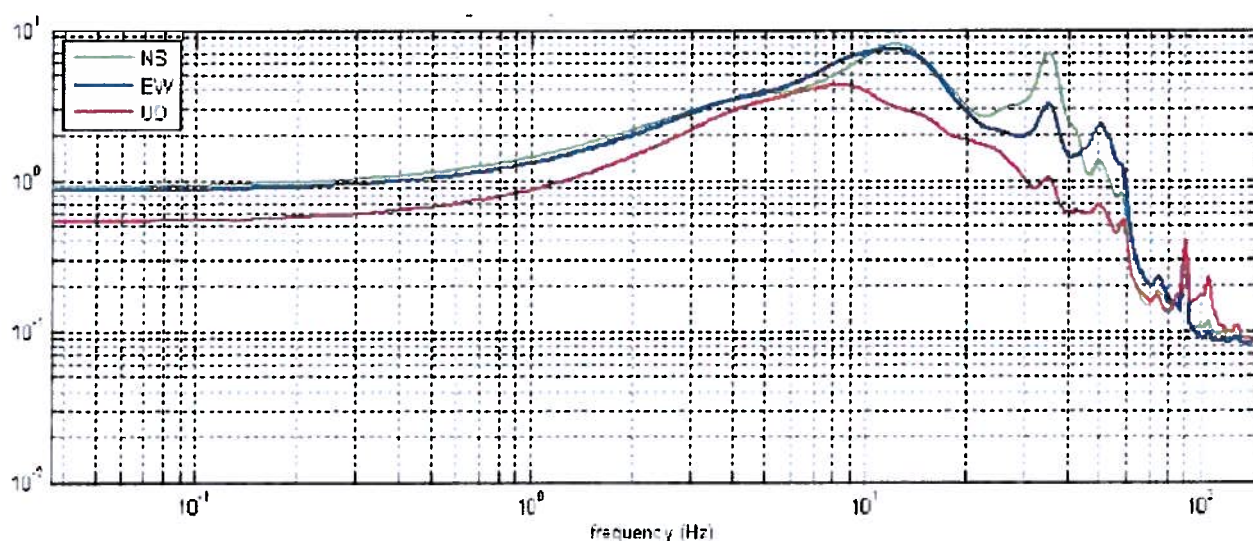


Fig. 14 - Valori spettrali assoluti per le tre componenti del moto vibrazionale (U-D, N-S, E-W).

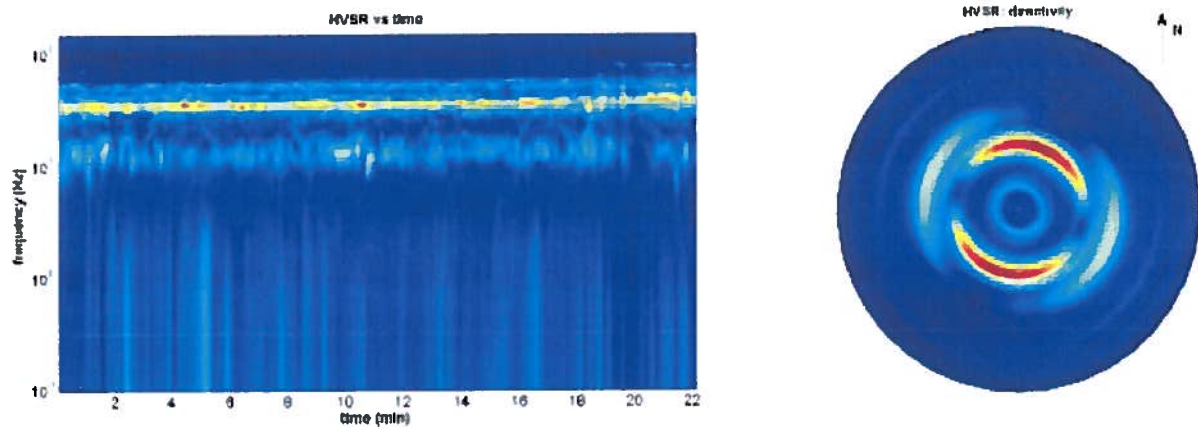


Fig. 15 -Persistenza del picco H/V con il tempo e direzionalità del segnale.

Nella Tabella 6 viene riportato dal punto di vista numerico la qualità del segnale acquisito sulla base dei principi e delle indicazioni di cui al progetto SESAME 2005 (*Site EffectS assessment using AMBient Excitations*). Per l'affidabilità della curva HVSR devono essere verificati i primi tre criteri mentre per avere un chiaro e pulito segnale del picco massimo devono essere soddisfatti almeno cinque dei sei criteri successivi.

Criteri per l'attendibilità della curva H/V					
(Tutti e 3 dovrebbero essere soddisfatti)					
$f_0 > 10 / Lw$	35.7	>	0.5	OK	
$nc(f_0) > 200$	95000	>	200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0,5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0,5$ Hz	$\sigma_A(f)$	<	2	OK	
$\sigma_A(f) < 3$ per $0,5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0,5$ Hz	$\sigma_A(f)$	<	3		
Criteri per un chiaro picco della curva H/V					
(Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti)					
$\exists f^* \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	$A_{H/V}(f^*)$	<	$A_0/2$	OK	
$\exists f^* \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	$A_{H/V}(f)$	<	$A_0/2$	OK	
$A_0 > 2$	4.8	>	2	OK	
$F_{peak} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	-0.05	$< f_0 <$	+0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.383	<	1.786	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.401	<	1.580	OK	
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di Frequenza [Hz]	< 0,2	0,2 - 0,5	0,5 - 1,0	1,0 - 2,0	> 2,0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 \cdot f_0$	$0.20 \cdot f_0$	$0.15 \cdot f_0$	$0.10 \cdot f_0$	$0.05 \cdot f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.00	2.50	2.00	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma \log_{H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Tab. 6 – Verifica di attendibilità della curva H/V secondo i criteri del Progetto SESAME 2005.

Si osserva quindi che il picco presente a **35,7 Hz** (di cui alla Figura 13) soddisfa tutti i criteri del primo gruppo e 6 su 6 del secondo e può pertanto essere assunto come **frequenza fondamentale di risonanza di sito**.

Il tecnico
per le indagini geofisiche
Dott. Francesco Fiera

STENDIMENTO ST2 - ONDE "P"

GEOMETRIA STENDIMENTO			
Scoppio - Geofono	x [m]	y [m]	z [ms/m]
Shot 1	-5.00	0.00	0.00
Shot 2	-1.25	0.00	0.00
G1	0.00	0.00	0.00
G2	2.50	0.00	0.00
G3	5.00	0.00	0.00
G4	7.50	0.00	0.00
G5	10.00	0.00	0.00
G6	12.50	0.00	0.00
Shot 3	13.75	0.00	0.00
G7	15.00	0.00	0.00
G8	17.50	0.00	0.00
G9	20.00	0.00	0.00
G10	22.50	0.00	0.00
G11	25.00	0.00	0.00
G12	27.50	0.00	0.00
Shot 4	28.75	0.00	0.00
G13	30.00	0.00	0.00
G14	32.50	0.00	0.50
G15	35.00	0.00	0.50
G16	37.50	0.00	0.50
G17	40.00	0.00	0.50
G18	42.50	0.00	0.50
Shot 5	43.75	0.00	0.50
G19	45.00	0.00	0.50
G20	47.50	0.00	0.50
G21	50.00	0.00	0.50
G22	52.50	0.00	0.50
G23	55.00	0.00	0.50
G24	57.50	0.00	0.50
Shot 6	58.75	0.00	0.50
Shot 7	61.25	0.00	0.50

PRIMI ARRIVI							
Geofono	Shot 1	Shot 2	Shot 3	Shot 4	Shot 5	Shot 6	Shot 7
1	13.0	3.0	28.8	35.4	46.2	57.4	61.8
2	19.2	14.0	24.6	31.8	44.4	56.0	60.6
3	23.0	18.4	21.2	30.2	42.0	54.8	58.6
4	25.8	22.2	18.4	29.0	40.2	52.4	56.8
5	28.0	25.6	11.8	26.6	38.4	50.8	55.2
6	29.2	27.6	3.8	24.2	36.0	48.6	52.8
7	30.4	29.4	3.8	22.8	34.2	47.4	51.0
8	31.8	30.4	10.6	19.6	32.0	45.0	48.4
9	33.2	31.2	14.8	16.2	29.8	42.2	45.6
10	34.2	32.4	17.2	13.6	27.4	40.2	43.2
11	35.6	33.4	19.6	11.0	24.2	38.6	40.0
12	36.6	34.8	21.2	3.8	20.6	36.6	38.6
13	38.0	35.8	23.6	4.4	19.2	33.6	36.0
14	39.2	37.4	25.4	12.2	17.8	32.0	34.4
15	40.8	39.4	27.2	14.4	14.4	30.2	31.6
16	42.8	42.4	29.6	15.4	12.8	27.8	29.8
17	45.0	44.0	32.6	16.6	8.8	26.0	29.0
18	47.2	45.6	34.2	19.0	2.4	23.6	26.6
19	49.8	47.2	37.8	23.2	2.6	21.8	24.8
20	51.0	49.2	39.0	24.8	9.8	19.6	23.0
21	53.2	51.2	40.8	25.2	12.8	15.4	20.2
22	55.0	52.6	41.4	27.6	15.4	12.4	18.4
23	57.0	54.2	42.0	29.4	18.0	8.8	16.0
24	59.6	56.2	43.2	31.4	20.4	3.6	12.4

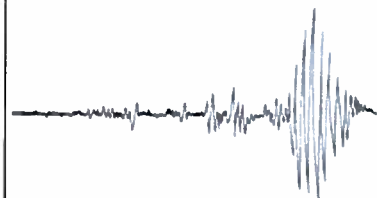
STENDIMENTO ST2 - ONDE "S"

GEOMETRIA STENDIMENTO			
Scoppio - Geofono	x [m]	y [m]	z [mslm]
Shot 1	-5.00	0.00	0.00
Shot 2	-1.25	0.00	0.00
G1	0.00	0.00	0.00
G2	2.50	0.00	0.00
G3	5.00	0.00	0.00
G4	7.50	0.00	0.00
G5	10.00	0.00	0.00
G6	12.50	0.00	0.00
Shot 3	13.75	0.00	0.00
G7	15.00	0.00	0.00
G8	17.50	0.00	0.00
G9	20.00	0.00	0.00
G10	22.50	0.00	0.00
G11	25.00	0.00	0.00
G12	27.50	0.00	0.00
Shot 4	28.75	0.00	0.00
G13	30.00	0.00	0.00
G14	32.50	0.00	0.50
G15	35.00	0.00	0.50
G16	37.50	0.00	0.50
G17	40.00	0.00	0.50
G18	42.50	0.00	0.50
Shot 5	43.75	0.00	0.50
G19	45.00	0.00	0.50
G20	47.50	0.00	0.50
G21	50.00	0.00	0.50
G22	52.50	0.00	0.50
G23	55.00	0.00	0.50
G24	57.50	0.00	0.50
Shot 6	58.75	0.00	0.50
Shot 7	61.25	0.00	0.50

PRIMI ARRIVI							
Geofono	Shot 1	Shot 2	Shot 3	Shot 4	Shot 5	Shot 6	Shot 7
1	23.8	10.6	48.8	57.4	75.6	86.6	94.4
2	31.4	24.4	44.6	54.4	73.2	85.2	92.0
3	37.0	32.0	40.0	51.4	71.0	83.6	89.6
4	43.0	37.6	34.0	48.8	68.0	81.0	87.6
5	47.4	43.8	27.0	45.6	63.8	78.2	84.6
6	50.2	48.0	11.0	42.8	60.8	77.0	82.2
7	53.6	50.8	11.0	38.6	58.6	75.2	79.6
8	54.4	53.2	20.0	34.6	54.4	70.6	75.0
9	57.2	54.2	31.2	30.2	50.2	67.4	71.0
10	59.2	55.4	36.8	25.8	45.6	63.4	67.8
11	60.0	56.4	39.0	20.4	42.0	59.2	63.4
12	61.0	58.6	41.4	11.0	39.0	56.4	61.4
13	62.0	59.6	42.8	10.4	35.4	52.4	58.0
14	63.8	65.6	46.6	21.6	34.8	49.8	57.2
15	66.2	66.4	49.8	24.2	30.8	47.0	54.0
16	71.2	69.4	53.0	28.0	27.8	45.6	51.2
17	72.6	71.6	57.2	30.8	26.2	43.4	49.4
18	75.4	73.6	60.6	34.4	9.0	41.4	46.0
19	78.2	75.4	63.4	36.4	8.8	39.2	43.8
20	81.2	79.6	67.4	40.0	27.2	37.2	41.8
21	82.2	81.0	69.8	42.8	29.6	33.8	38.4
22	83.8	82.4	71.6	44.2	32.0	29.4	34.8
23	86.6	84.8	73.6	46.8	34.4	24.8	30.8
24	87.6	87.0	77.2	50.8	39.0	13.8	24.2

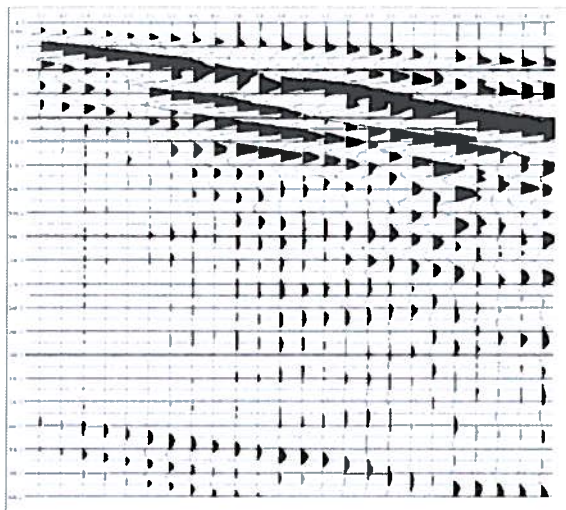
INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE ONDE "P"
(passo 1,50 m - 24 canali)

COMMITTENTE: Acquaforte S.r.l.
LUOGO: Loc. Vicopisano (PI)
DATA: Febbraio 2013

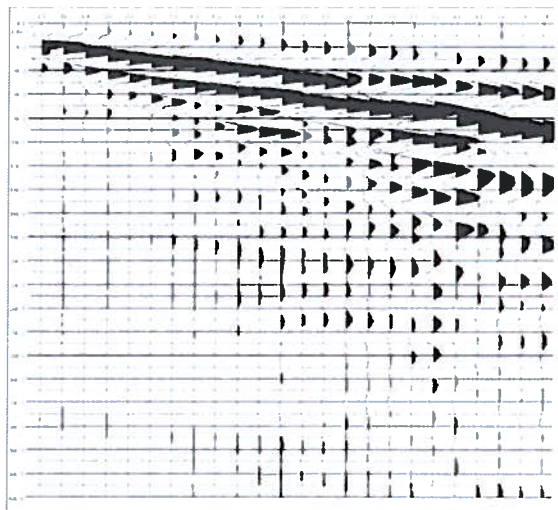


REGISTRAZIONI ST1 - ONDE "P"

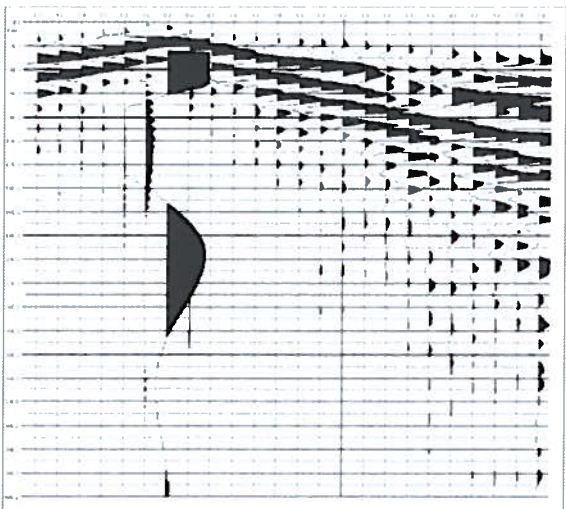
E1 - Esterno sinistro



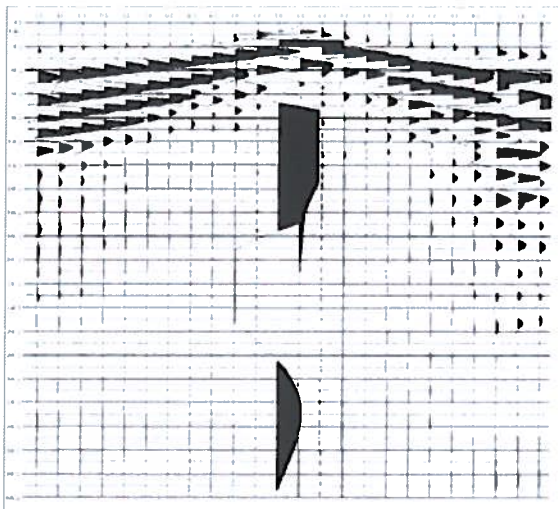
A - Estremo sinistro



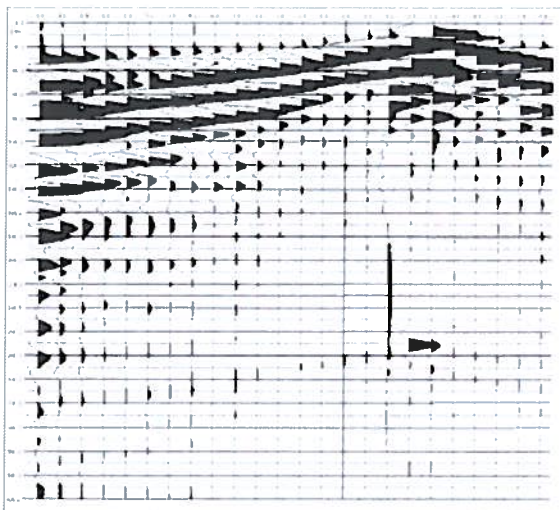
D1 - Interno sinistro



C - Centrale

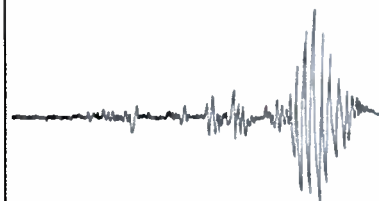


D2 - Interno destro



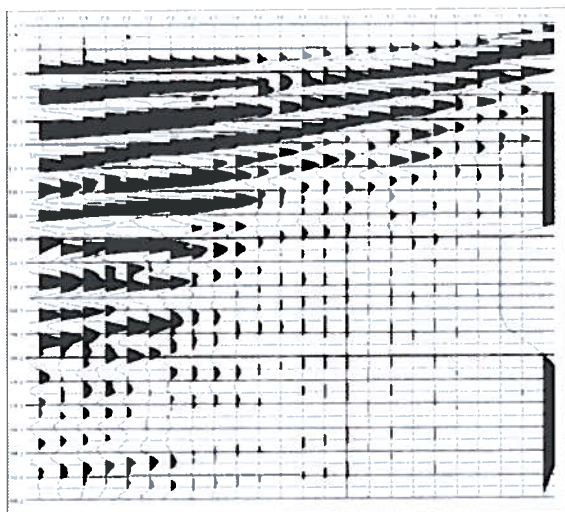
INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE ONDE "P"
(passo 1,50 m - 24 canali)

COMMITTENTE: Acquaforte S.r.l.
LUOGO: Loc. Vicopisano (PI)
DATA: Febbraio 2013

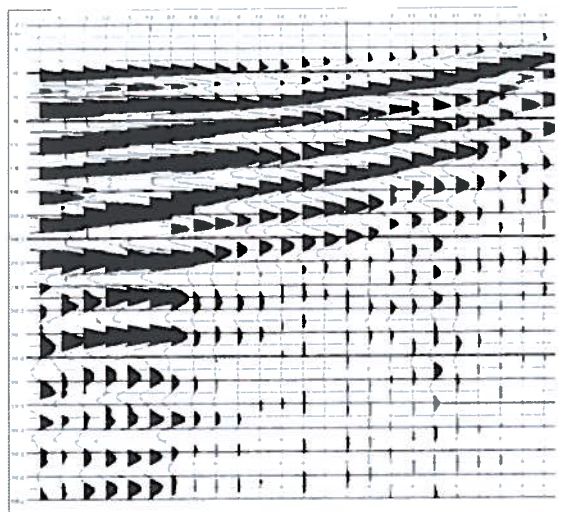


REGISTRAZIONI ST1 - ONDE "P"

B - Estremo destro

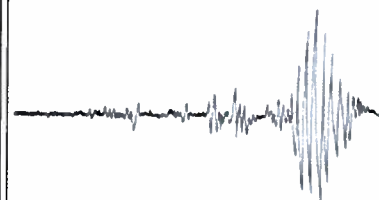


E2 - Esterno destro



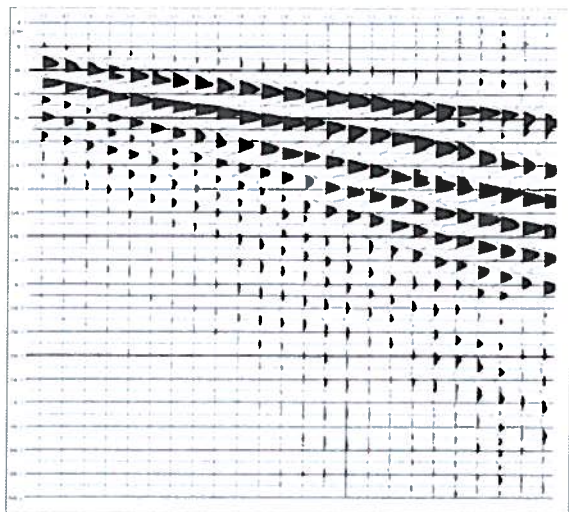
INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE ONDE "S"
(passo 1,50 m - 24 canali)

COMMITTENTE: Acquaforte S.r.l.
LUOGO: Loc. Vicopisano (PI)
DATA: Febbraio 2013

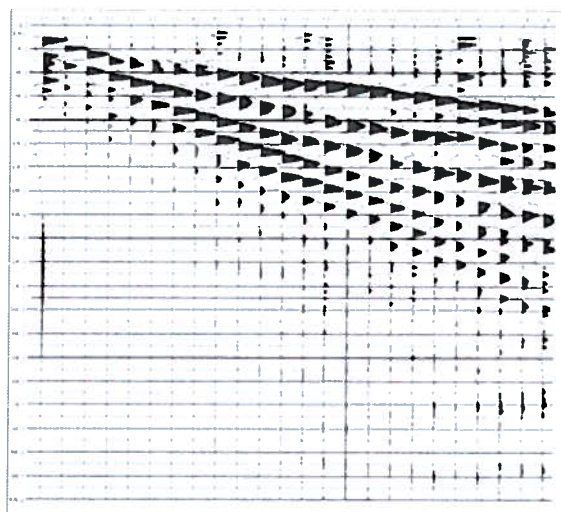


REGISTRAZIONI ST1 - ONDE "P"

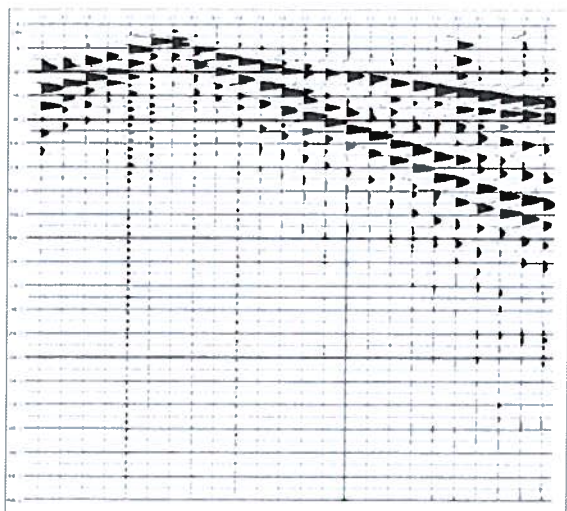
E1 - Esterno sinistro



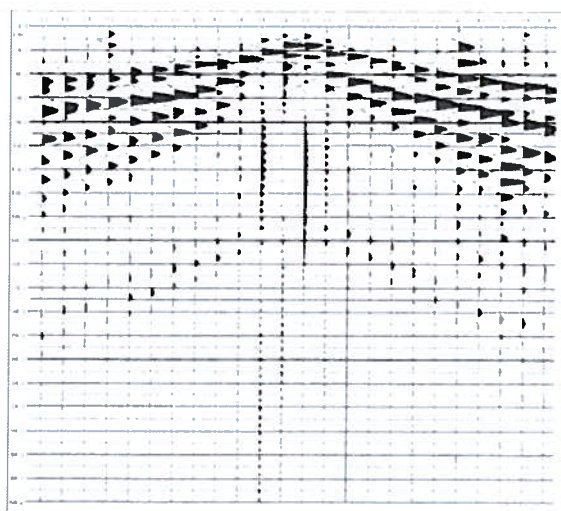
A - Estremo sinistro



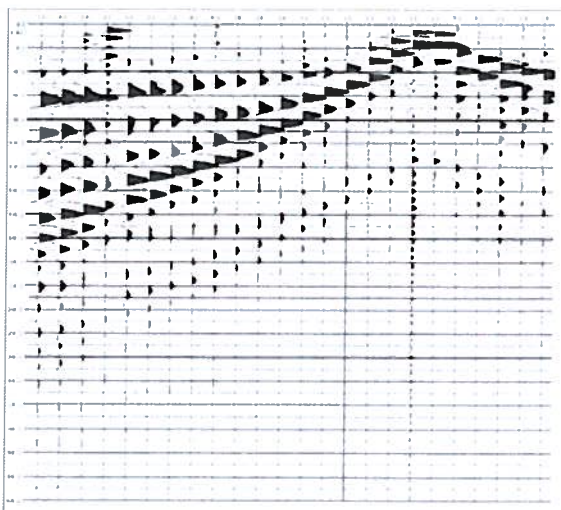
D1 - Interno sinistro



C - Centrale

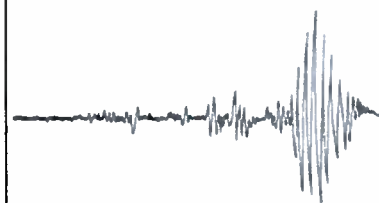


D2 - Interno destro



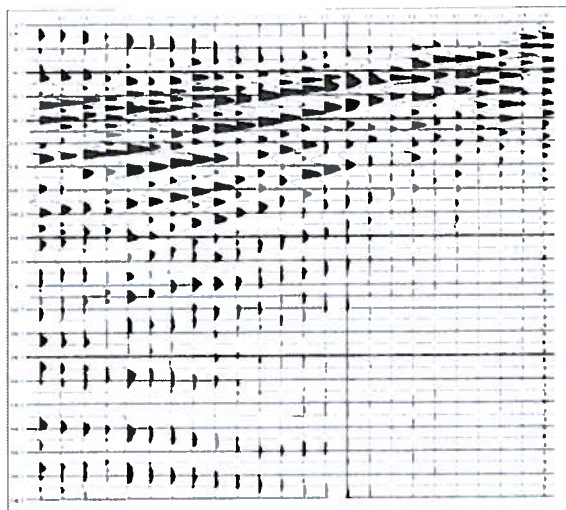
INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE ONDE "S"
(passo 1,50 m - 24 canali)

COMMITTENTE: Acquaforte S.r.l.
LUOGO: Loc. Vicopisano (PI)
DATA: Febbraio 2013

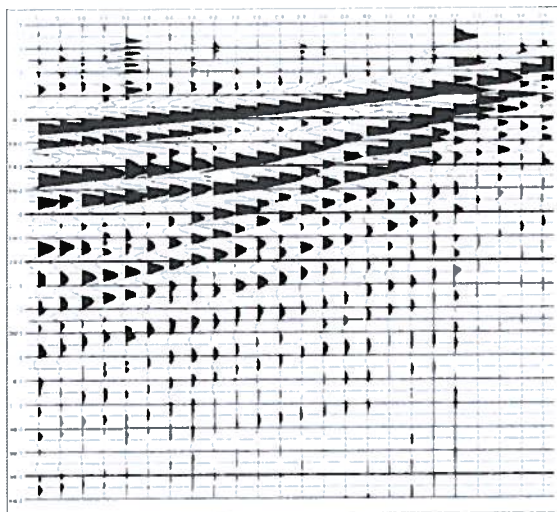


REGISTRAZIONI ST1 - ONDE "P"

B - Estremo destro

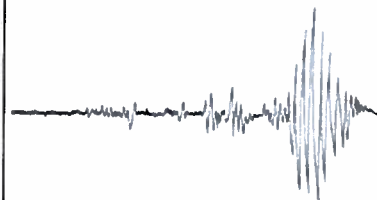


E2 - Esterno destro



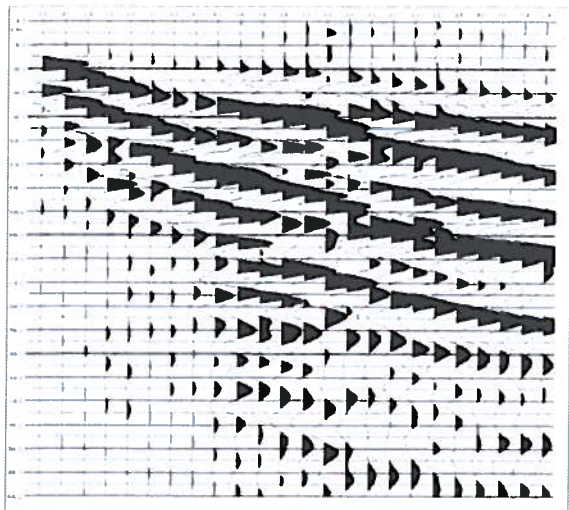
INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE ONDE "P"
(passo 2,50 m - 24 canali)

COMMITTENTE: Acquaforte S.r.l.
LUOGO: Loc. Vicopisano (PI)
DATA: Febbraio 2013

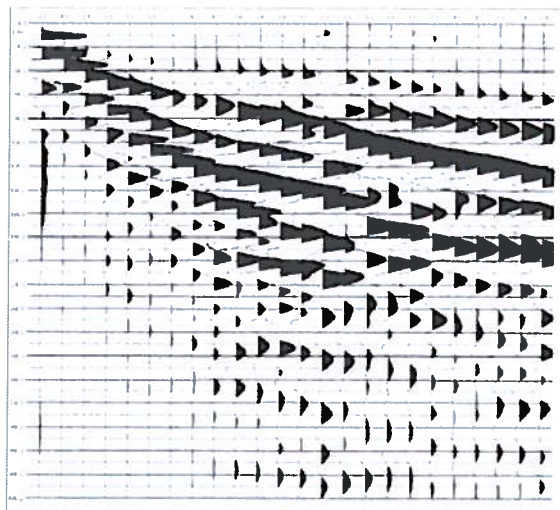


REGISTRAZIONI ST2 - ONDE "P"

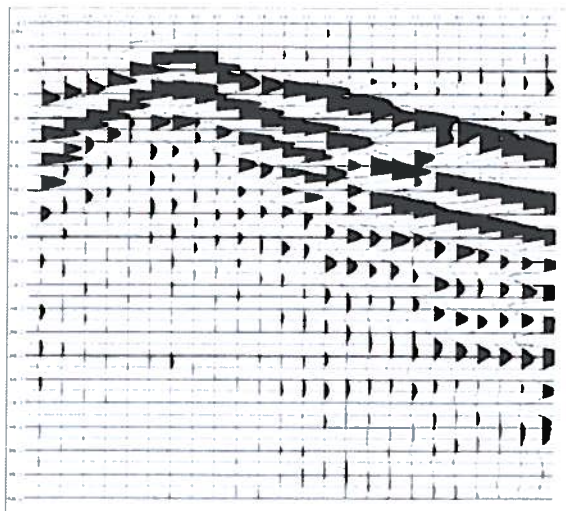
E1 - Esterno sinistro



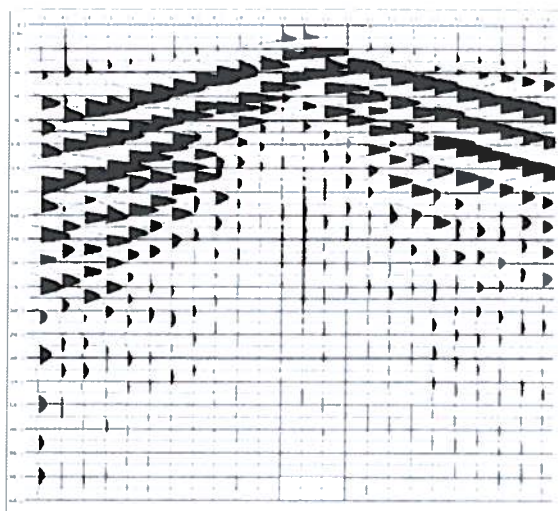
A - Estremo sinistro



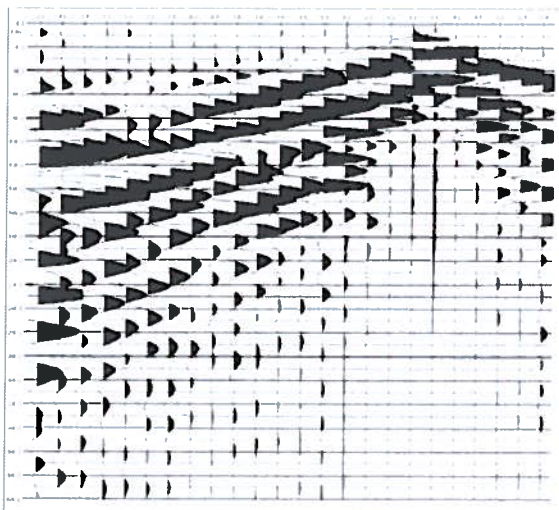
D1 - Interno sinistro



C - Centrale



D2 - Interno destro



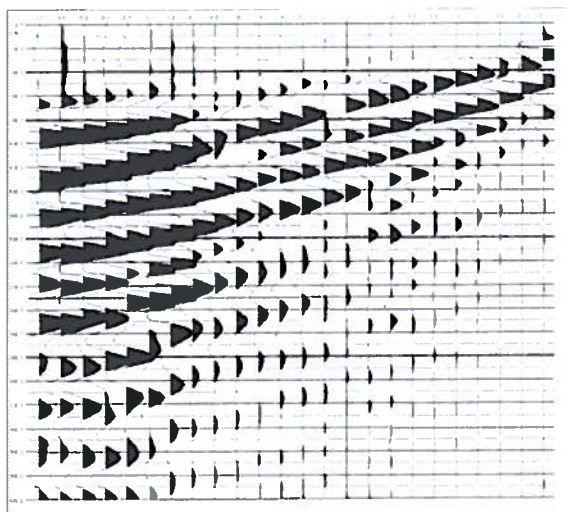
INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE ONDE "P"
(passo 2,50 m - 24 canali)

COMMITTENTE: Acquaforte S.r.l.
LUOGO: Loc. Vicopisano (PI)
DATA: Febbraio 2013

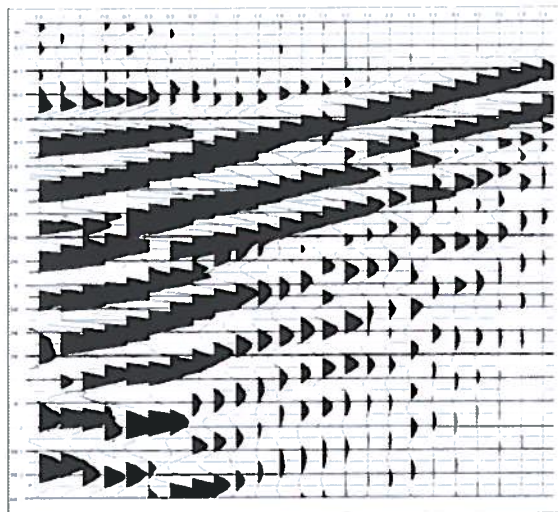


REGISTRAZIONI ST2 - ONDE "P"

B - Estremo destro

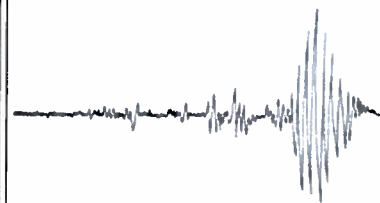


E2 - Esterno destro



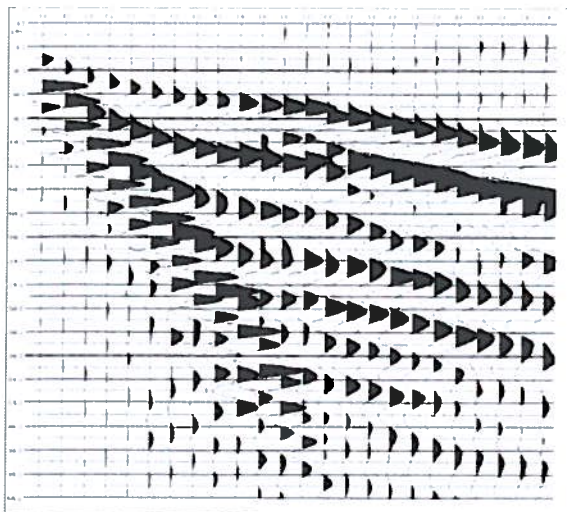
INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE ONDE "S"
(passo 2,50 m - 24 canali)

COMMITTENTE: Acquaforte S.r.l.
LUOGO: Loc. Vicopisano (PI)
DATA: Febbraio 2013

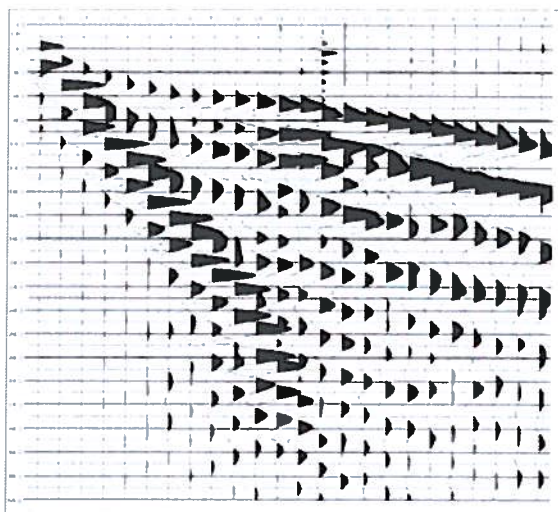


REGISTRAZIONI ST2 - ONDE "S"

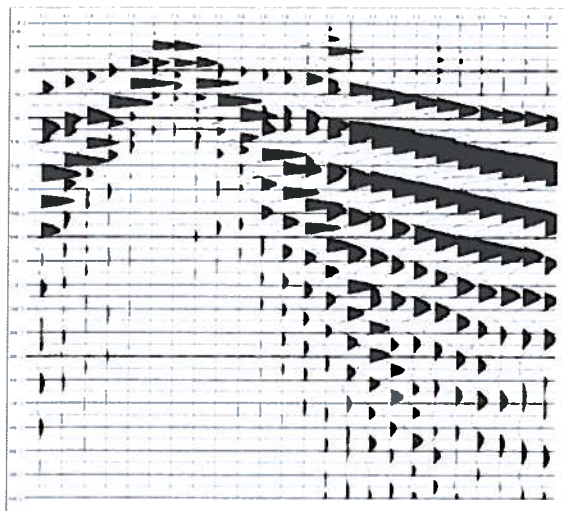
E1 - Esterno sinistro



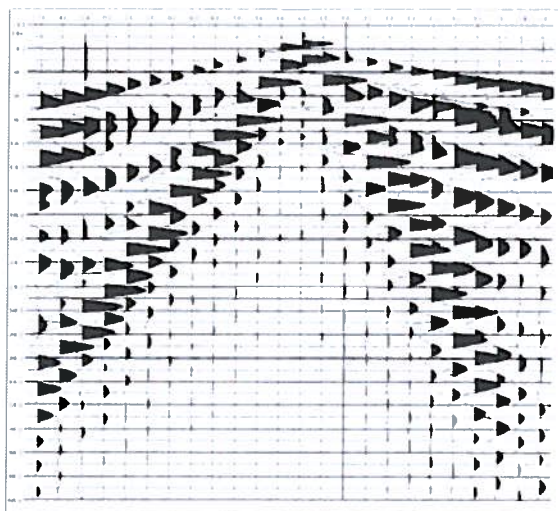
A - Estremo sinistro



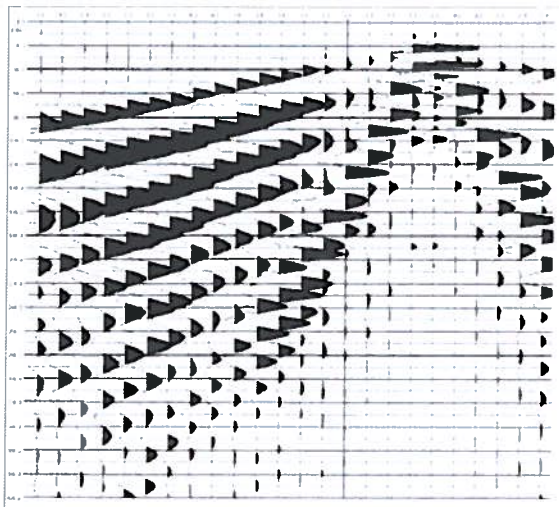
D1 - Interno sinistro



C - Centrale

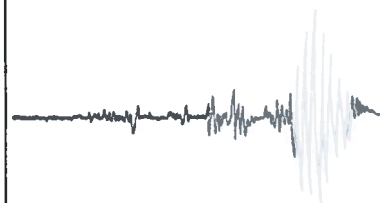


D2 - Interno destro



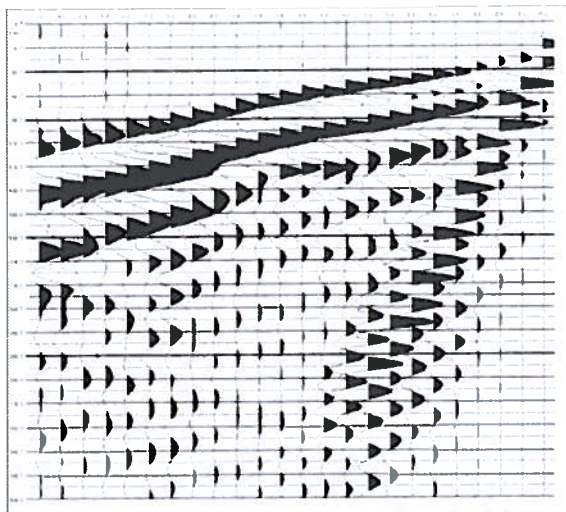
INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE ONDE "S"
(passo 2,50 m - 24 canali)

COMMITTENTE: Acquaforte S.r.l.
LUOGO: Loc. Vicopisano (PI)
DATA: Febbraio 2013

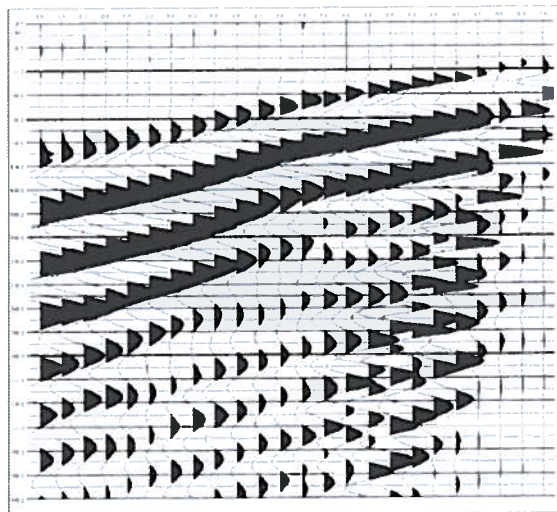


REGISTRAZIONI ST2 - ONDE "S"

B - Estremo destro



E2 - Esterno destro



INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE ONDE "P"
(passo 1,50 m - 24 canali)

COMMITTENTE: Acquaforte S.r.l.
LUOGO: Loc. Vicoalpino (PI)
DATA: Febbraio 2013

SCALA 1:200

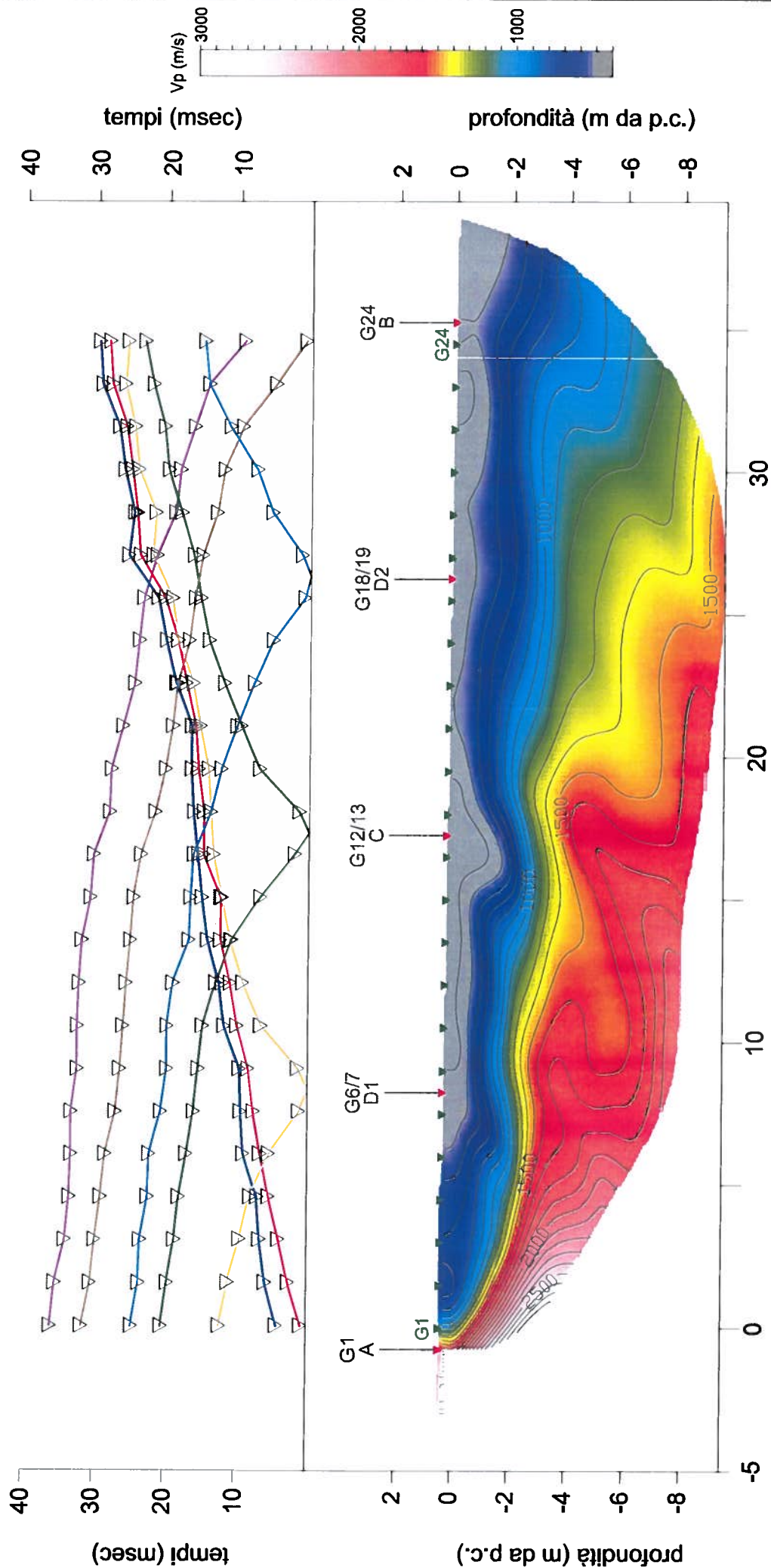
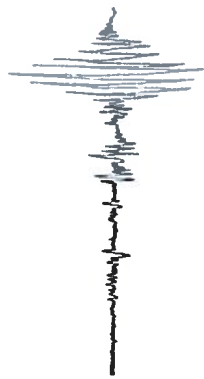
TOMOGRAFIA SISMICA ST1 - ONDE "P"

LEGENDA

Esterno Sinistro
Estremo Sinistro
Interno Sinistro
Centrale
Interno Destro
Estremo Destro
Esterno Destro

G1
A
G1
B

Posizione scoppi
Posizione geofoni



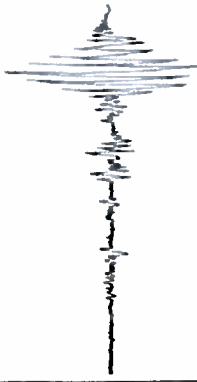
INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE ONDE "S"
(passo 1,50 m - 24 canali)

COMMITTENTE: Acquaforte S.r.l.
LUOGO: Loc. Vicopisano (PI)
DATA: Febbraio 2013

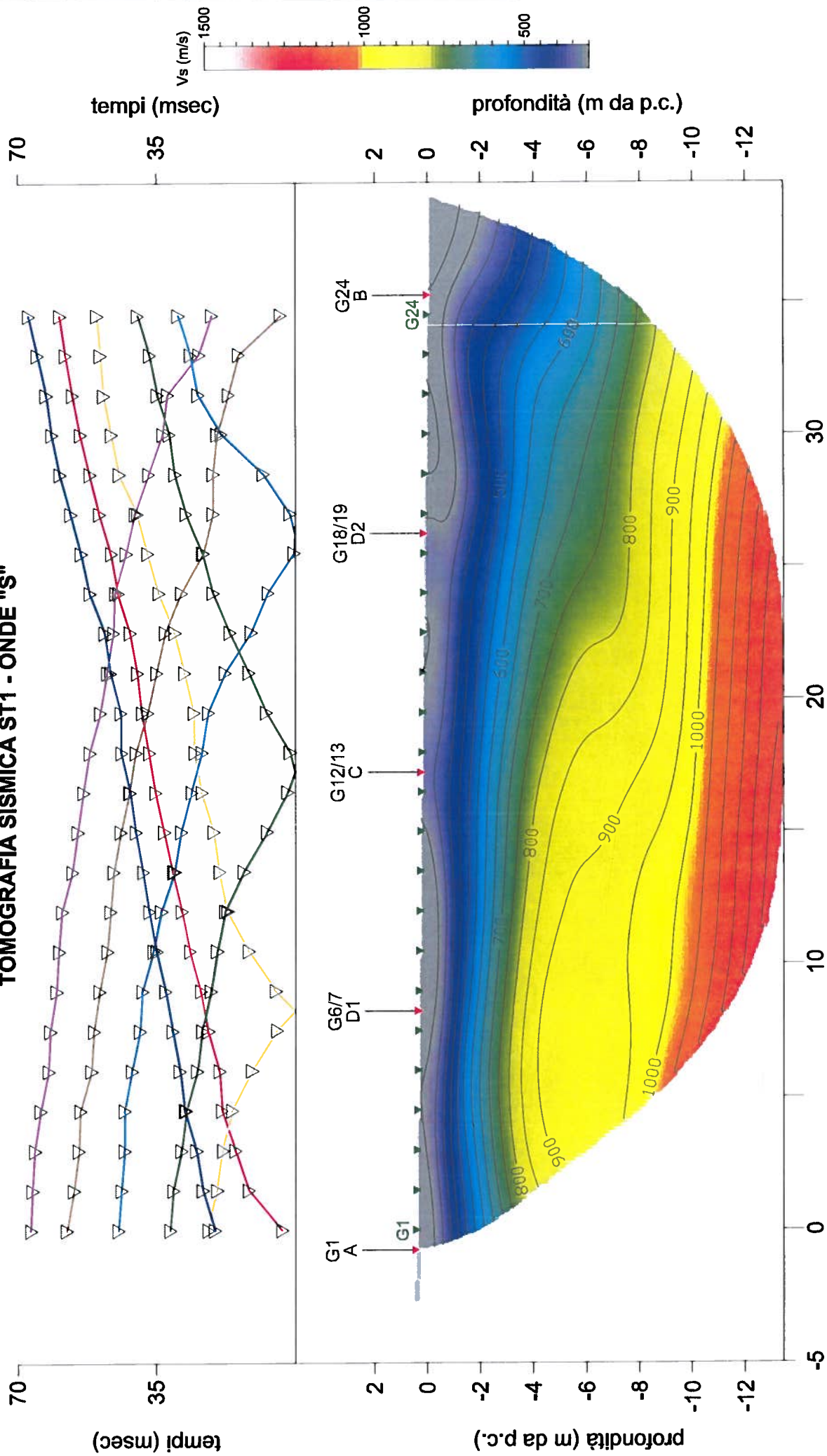
SCALA 1:200

LEGENDA

- | | | |
|------------------|----|-------------------|
| Esterno Sinistro | G1 | Posizione scoppi |
| Esterno Sinistro | A | |
| Interno Sinistro | I | |
| Centrale | G1 | Posizione geofoni |
| Interno Destro | | |
| Esterno Destro | | |
| Esterno Destro | | |



TOMOGRAFIA SISMICA ST1 - ONDE "S"



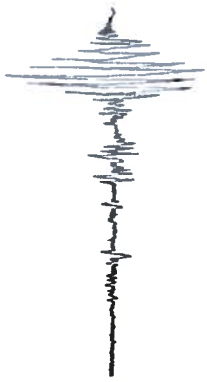
INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE ONDE "P"
(passo 2,50 m - 24 canali)

COMMITTENTE: Acquaforte S.r.l.
LUOGO: Loc. Vicoplansano (PI)
DATA: Febbraio 2013

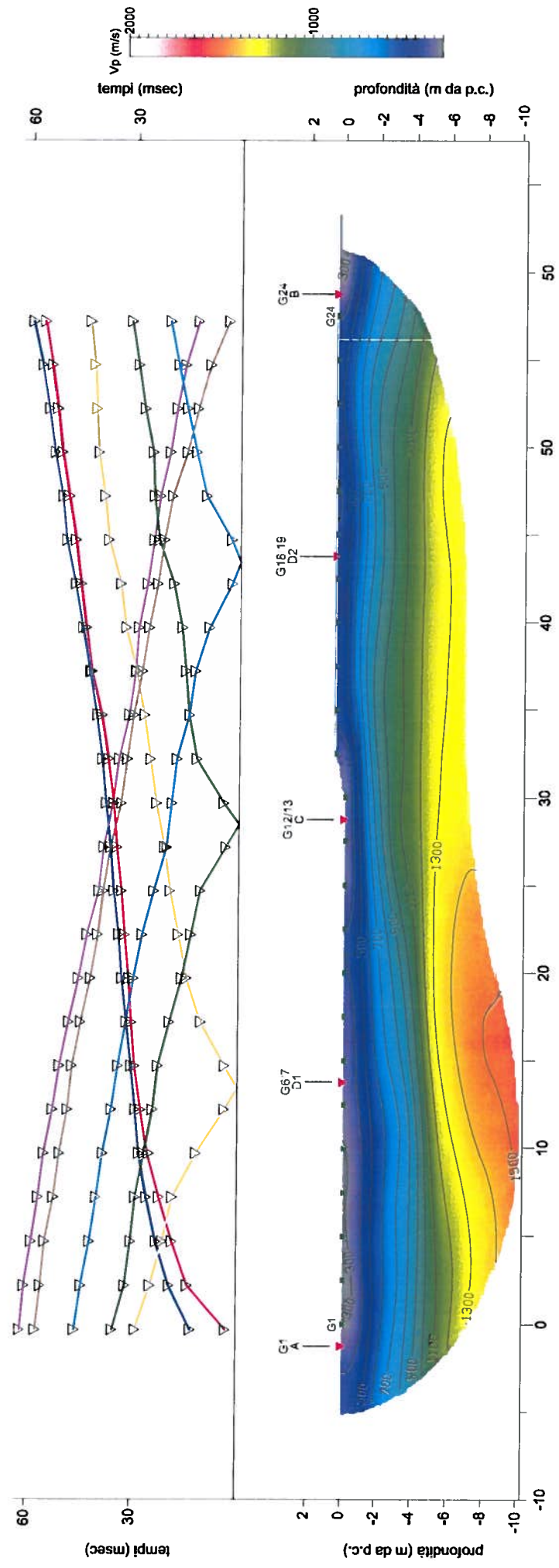
SCALA 1:300

LEGENDA

- Esterno Sinistro
 - Estremo Sinistro
 - Interno Sinistro
 - Centrale
 - Interno Destro
 - Estremo Destro
 - Esterno Destro
- G1
A
I
G1
- Posizione scoppi
Posizione geofoni



TOMOGRAFIA SISMICA ST2 - ONDE "P"



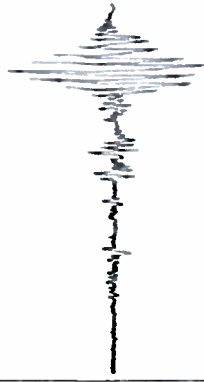
INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE ONDE "S"
(passo 2,50 m - 24 canali)

COMMITTENTE: Acquaforte S.r.l.
LUOGO: Loc. Vicopisano (PI)
DATA: Febbraio 2013

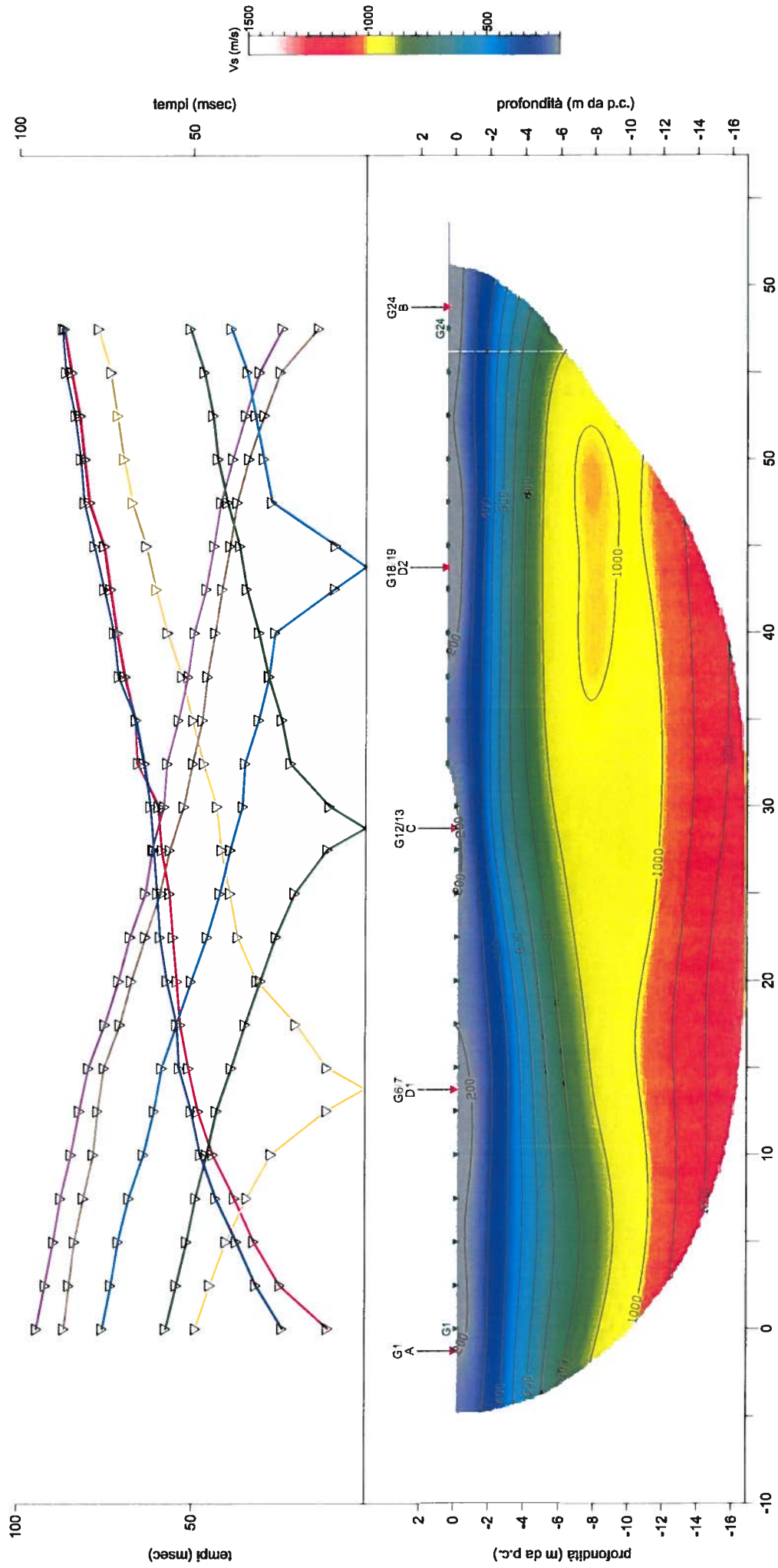
SCALA 1:300

LEGENDA

- | | | |
|------------------|----|-------------------|
| Esterno Sinistro | G1 | Posizione scoppi |
| Esterno Sinistro | A | |
| Interno Sinistro | I | |
| Centrale | G1 | Posizione geofoni |
| Interno Destro | | |
| Esterno Destro | | |
| Esterno Destro | | |



TOMOGRAFIA SISMICA ST2 - ONDE "S"



APPENDICE

B



COMUNE DI VICOPISANO

*Studio idrologico-idraulico a supporto della
Variante al Piano Strutturale e conseguente Variante al
Regolamento Urbanistico - Allegato III - Schede degli edifici in zona
agricola con disciplina degli interventi ammessi
(scheda 263)*

**VARIANTE AL PIANO STRUTTURALE E CONSEGUENTE
VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO**

- ALLEGATO III -

**SCHEDE DEGLI EDIFICI IN ZONA AGRICOLA CON DISCIPLINA
DEGLI INTERVENTI AMMESSI
(SCHEDA 263)**

**LOCALITA' CAMPOMAGGIORE
COMUNE DI VICOPISANO**

RELAZIONE TECNICA

ai sensi del D.P.G.R. 53R del 25.10.2011

Geol. Massimiliano Perini

Ing. Benedetta Palla



Ing. BENEDETTA PALLA
ORDINE INGEGNERI della Provincia di PISA
N° 2344 Sezione A
INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE
INDUSTRIALE, DELL'INFORMAZIONE

STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO



COMUNE DI VICOPISANO

*Studio idrologico-idraulico a supporto della Variante al Piano Strutturale e
conseguente Variante al Regolamento Urbanistico - Allegato III - Scheda
degli edifici in zona agricola con disciplina degli interventi ammessi
(scheda 263)*

INDICE

1. PREMESSA	1
2. STUDIO IDROLOGICO	2
2.1. Pluviometria	2
2.1.1. Curva segnalatrice	2
2.1.2. Ietogramma di progetto	3
2.2. Bacino idrografico e modello per la risposta del terreno	5
2.2.1. Bacino idrografico: caratteristiche morfometriche	5
2.2.2. Bacino idrografico: caratterizzazione geo-pedologica	6
2.2.2. Modellazione del bacino e risposta del terreno - stima della pioggia efficace	10
2.3. Modello di risposta del reticolo idrografico - trasformazione afflussi deflussi	16
2.3.1. Tempo di ritardo e tempo di corrivazione del bacino	17
2.4. Costruzione dell'idrogramma di piena con il codice HEC HMS	20
2.4.1. Risultati della modellazione idrologica	21
3. STUDIO IDRAULICO	25
3.1. Descrizione del modello di calcolo e dati di input	25
3.2. Calcolo dei profili di rigurgito e analisi dei risultati	26
3.2.1. Analisi dei risultati $T_R=30$ anni	26
3.2.2. Analisi dei risultati $T_R=200$ anni	27
3.2.3. Analisi dei risultati $T_R=500$ anni	28
4. CONCLUSIONI	29

Allegato 1:	Riferimento Planimetrico Sezioni Idrauliche
Allegato 2:	Documentazione Fotografica
Allegato 3:	Output di calcolo HEC-RAS 4.1



COMUNE DI VICOPISANO

Studio idrologico-idraulico a supporto della Variante al Piano Strutturale e conseguente Variante al Regolamento Urbanistico - Allegato III - Schede degli edifici in zona agricola con disciplina degli interventi ammessi (scheda 263)

1. PREMESSA

Il presente studio idrologico-idraulico è stato condotto a supporto della documentazione tecnica di corredo alla Variante al PS e al RU relativamente alla scheda 263 degli edifici in zona agricola.

La modifica allo SU è dettata dalla necessità da parte dell'Amm.ne Com.le di promuovere sul proprio territorio quei processi di valorizzazione che consentano, attraverso azioni di riqualificazione, il recupero di edifici abbandonati e/o degradati al fine di creare nuove opportunità di rilancio socio-economico locale.

Nello specifico l'intervento prevede la riqualificazione del comparto della Ex Fabbrica del Carbone/Oleificio, dismesso e abbandonato dalla metà degli anni settanta, secondo le modalità urbanistiche indicate nella medesima scheda.

Poiché l'area d'intervento viene a collocarsi in prossimità del corso d'acqua denominato Rio Grifone, per il quale si applicano le disposizioni di cui al RD1775/33 e che risulta potenzialmente rilevante ai sensi di quanto definito al punto B4 del DPGR 53R del 25 ottobre 2011 "Regolamento di attuazione dell'art.62 della LR 1/2005", si è reso necessario procedere alla verifica delle condizioni di sicurezza idraulica della trasformazione ai sensi di quanto disciplinato dallo stesso Regolamento.



2. STUDIO IDROLOGICO

Le analisi contenute nel presente studio idrologico hanno richiesto la raccolta di dati pluviometrici e di materiale per la caratterizzazione orografica e morfometrica del bacino, ovvero per la delimitazione del bacino idrografico e per la ricostruzione del reticolo idrografico principale.

La mappatura della permeabilità del suolo del bacino, è stata effettuata attraverso l'ausilio della carta geologica regionale (rif. par. 2.2), mentre per la definizione dell'uso del suolo è stata utilizzata la carta Corine Land Cover aggiornata al 2009 (rif. par.2.2).

Per una valutazione appropriata della propensione al ruscellamento e del parametro CN il bacino è inoltre stato suddiviso in celle omogenee in base alla pendenza.

L'analisi morfometrica necessaria è stata effettuata attraverso l'ausilio delle C.T.R. in scala 1:2.000 e specifica elaborazione numerica dei dati come meglio precisato al par. 2.2.

2.1. Pluviometria

2.1.1. Curva segnalatrice

I dati pluviometrici utilizzati, sono stati desunti dalla vicina stazione di San Giovanni alla Vena; tali dati, per la breve distanza e l'omogeneità morfologica della zona, sono da ritenersi in assoluto rappresentativi per il bacino esaminato.

Per il calcolo della sollecitazione meteorica di progetto è stata utilizzata la seguente espressione della curva parametrica di possibilità climatica:

$$(1) \quad h = a \cdot t^n \cdot T_R^m$$

con:

h = altezza di pioggia [mm].

t = durata [ore].

T_R = tempo di ritorno [anni].

I valori dei parametri a , n ed m riportati in tabella sono stati ricavati dall'elaborazione statistica sui dati aggiornati al 2002 effettuata dall'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa in collaborazione con PIN centro studi ingegneria (Università di Firenze) e Regione Toscana per precipitazioni inferiori e superiori ad 1 ora.

**COMUNE DI VICOPISANO**

Studio idrologico-idraulico a supporto della Variante al Piano Strutturale e conseguente Variante al Regolamento Urbanistico - Allegato III - Schede degli edifici in zona agricola con disciplina degli interventi ammessi (scheda 263)

tab. 1 - Parametri a , n ed m della curva di possibilità climatica

PARAMETRI PIN REGIONE TOSCANA	PARAMETRI PER DURATE INFERIORI AD 1 h		
Stazione di misura:	a	n	m
STAZIONE 1790 San Giovanni Alla Vena	27,415	0,393	0,155

PARAMETRI PIN REGIONE TOSCANA	PARAMETRI PER DURATE SUPERIORI AD 1 h		
Stazione di misura:	a	n	m
STAZIONE 1790 San Giovanni Alla Vena	27,278	0,269	0,190

Da cui si deducono le seguenti curve per $T_R = 30, 200$ e 500 anni:

Durate inferiori ad 1 ora:

$$(1') \quad h = 45,988 \cdot t^{0,393} \quad (T_R = 30 \text{ anni})$$

$$(1'') \quad h = 62,323 \cdot t^{0,393} \quad (T_R = 200 \text{ anni})$$

$$(1''') \quad h = 71,834 \cdot t^{0,393} \quad (T_R = 500 \text{ anni})$$

Durate superiori ad 1 ora:

$$(1') \quad h = 52,055 \cdot t^{0,269} \quad (T_R = 30 \text{ anni})$$

$$(1'') \quad h = 74,646 \cdot t^{0,269} \quad (T_R = 200 \text{ anni})$$

$$(1''') \quad h = 88,841 \cdot t^{0,269} \quad (T_R = 500 \text{ anni})$$

2.1.2. Ietogramma di progetto

Lo ietogramma di progetto è definito dalle tre seguenti caratteristiche:

- la durata dell'evento di pioggia T_P ;
- il volume totale di pioggia h o l'intensità media dell'evento di pioggia i_m ricavabili dalla (1)
- la distribuzione della pioggia durante l'evento.

- La durata dell'evento di progetto T_P si pone pari ad un valore critico, corrispondente cioè al massimo della portata di piena Q_{\max} .



COMUNE DI VICOPISANO

Studio idrologico-idraulico a supporto della Variante al Piano Strutturale e conseguente Variante al Regolamento Urbanistico - Allegato III - Schede degli edifici in zona agricola con disciplina degli interventi ammessi (scheda 263)

Per costruire l'onda di piena è stato adottato il metodo CN - SCS, per cui tale valore, assunto coincidente con il tempo di corrivazione del bacino T_C è legato al tempo di ritardo T_{LAG} del bacino dalla formula $T_C = 0,6 \cdot T_{LAG}$.

La sollecitazione meteorica è stata determinata in forma discreta assumendo una durata dello ietogramma di progetto pari a $T_P = 1,5T_C = 1,29$ ore (rif. par. 2.4).

- il volume totale di pioggia h si desume dalla curva di possibilità pluviometrica (1) per i tempi di ritorno indicati, una volta stabilito il valore della durata della pioggia critica che, come detto, risulta pari a 1,5 volte il tempo di corrivazione.

Pertanto nel caso in esame si ha:

$$(1') \quad h = 52,055 \cdot t^{0,269} = 55,75 \text{ mm } (T_R = 30 \text{ anni})$$

$$(1'') \quad h = 74,646 \cdot t^{0,269} = 79,94 \text{ mm } (T_R = 200 \text{ anni})$$

$$(1''') \quad h = 88,841 \cdot t^{0,269} = 95,14 \text{ mm } (T_R = 500 \text{ anni})$$

L'intensità media di pioggia i_m si ricava, come noto, dalla seguente:

$$(2) \quad i_m = h/T_P = a \cdot t^{n-1}$$

- la distribuzione temporale della pioggia all'interno dell'evento è rappresentata dalla forma dello ietogramma.

Nel caso in esame è stato assunto uno ietogramma a intensità di pioggia costante.

I risultati delle elaborazioni per $T_R = 30$, 200 e 500 anni ottenuti con l'ausilio del programma HEC-HMS 3.5. sono riportati in forma grafica e tabellare nel par. 2.4.

I grafici degli ietogrammi riportano, oltre all'afflusso totale, la pioggia netta.



2.2. Bacino idrografico e modello per la risposta del terreno

2.2.1. Bacino idrografico: caratteristiche morfometriche

Il Rio Grifone è un torrente che nasce nei monti Pisani a una quota di circa 500 m.s.m. in corrispondenza della fonte “*merdaia*” e corre, per circa 2,9 km, con direzione da nord ovest verso sud est lungo il versante alle spalle di Vicopisano.

Lungo il suo tracciato riceve il contributo in destra idraulica di due piccoli torrenti (Rio di Novaia e Rio Spazzavento) prima di confluire in prossimità del paese, a una quota di circa 12 m.s.m., nel fosso Rio Grande, che a sua volta si immette nel fosso Serezza, circa 150 m a valle.

Ai fini del presente studio, finalizzato alla verifica della zona d'interesse, il calcolo idrologico è stato effettuato riferendo la sezione di chiusura del bacino al ponte di via di Buti, che è ubicato subito a valle dell'area d'intervento.

L'individuazione del perimetro del bacino è stata effettuata attraverso l'utilizzo delle carte tecniche regionali di dettaglio (CTR scala 1:2.000) e con specifici sopralluoghi di verifica in situ.

La forma del bacino, che complessivamente ha una superficie, riferita alla sezione di chiusura accennata, di circa 174,36 ha, si presenta piuttosto allungata con morfologia tipicamente montuosa/collinare e quote comprese tra 680 e 20 m.s.m.

Nella modellazione idraulica, per tener conto dell'eventuale influenza del ponte citato, sul profilo di rigurgito nel tratto subito a monte, sono state caricate anche alcune sezioni rilevate a valle, per circa 150 m, ovvero fino a circa 200 m dall'immissione nel Rio Grande, che tenuto conto del notevole dislivello non determina viceversa nessuna influenza in termini di condizione al contorno nel tratto esaminato.

I principali parametri morfometrici del bacino riferiti alla sezione di chiusura assunta, sono riepilogati in tab. 2:

tab. 2 – Parametri morfometrici del bacino del fosso Rio Grifone (rif. sez. chiusura ponte via di Buti)

PARAMETRO:	U.M.	VALORE:
SUPERFICIE	[ha]	174,3
DISLIVELLO ASTA PRINCIPALE	[m]	497
QUOTA MINIMA BACINO	[m.s.m]	13
QUOTA MASSIMA BACINO	[m.s.m]	679,4
QUOTA MEDIA	[m.s.m]	319,95
LUNGHEZZA FINO SEZ. CHIUS.	[m]	2.665
LUNGHEZZA ASTA PRINCIPALE	[m]	2.867
LUNGHEZZA MAX DI CORRIVAZIONE	[m]	3.354



COMUNE DI VICOPISANO

Studio idrologico-idraulico a supporto della Variante al Piano Strutturale e conseguente Variante al Regolamento Urbanistico - Allegato III - Schede degli edifici in zona agricola con disciplina degli interventi ammessi (scheda 263)

Nella fig. 1 è riportato il bacino del torrente, che sotto il profilo amministrativo ricade nel Comune di Vicopisano.



fig. 1 – Bacino del fosso Rio Grifone - scala di acquisizione 1 : 2.000

2.2.2. Bacino idrografico: caratterizzazione geo-pedologica

Lo studio del Bacino Idrografico del Rio Grifone è stato eseguito operando sulla base topografica di maggior dettaglio disponibile ovvero la Carta Tecnica Regionale a Grande Scala (1:2000) prodotta dalla Regione Toscana, interessando parte degli elementi CTR n° 18G42, 18G43, 18G50, 18G51, 18G52.

Le analisi eseguite hanno consentito di misurare per il bacino idrografico, sotteso alla sezione in corrispondenza del ponte della strada provinciale, una superficie complessiva di 192 ha, alla quale corrisponde una superficie 2D di 174.3 ha.



COMUNE DI VICOPISANO

Studio idrologico-idraulico a supporto della Variante al Piano Strutturale e conseguente Variante al Regolamento Urbanistico - Allegato III - Schede degli edifici in zona agricola con disciplina degli interventi ammessi (scheda 263)

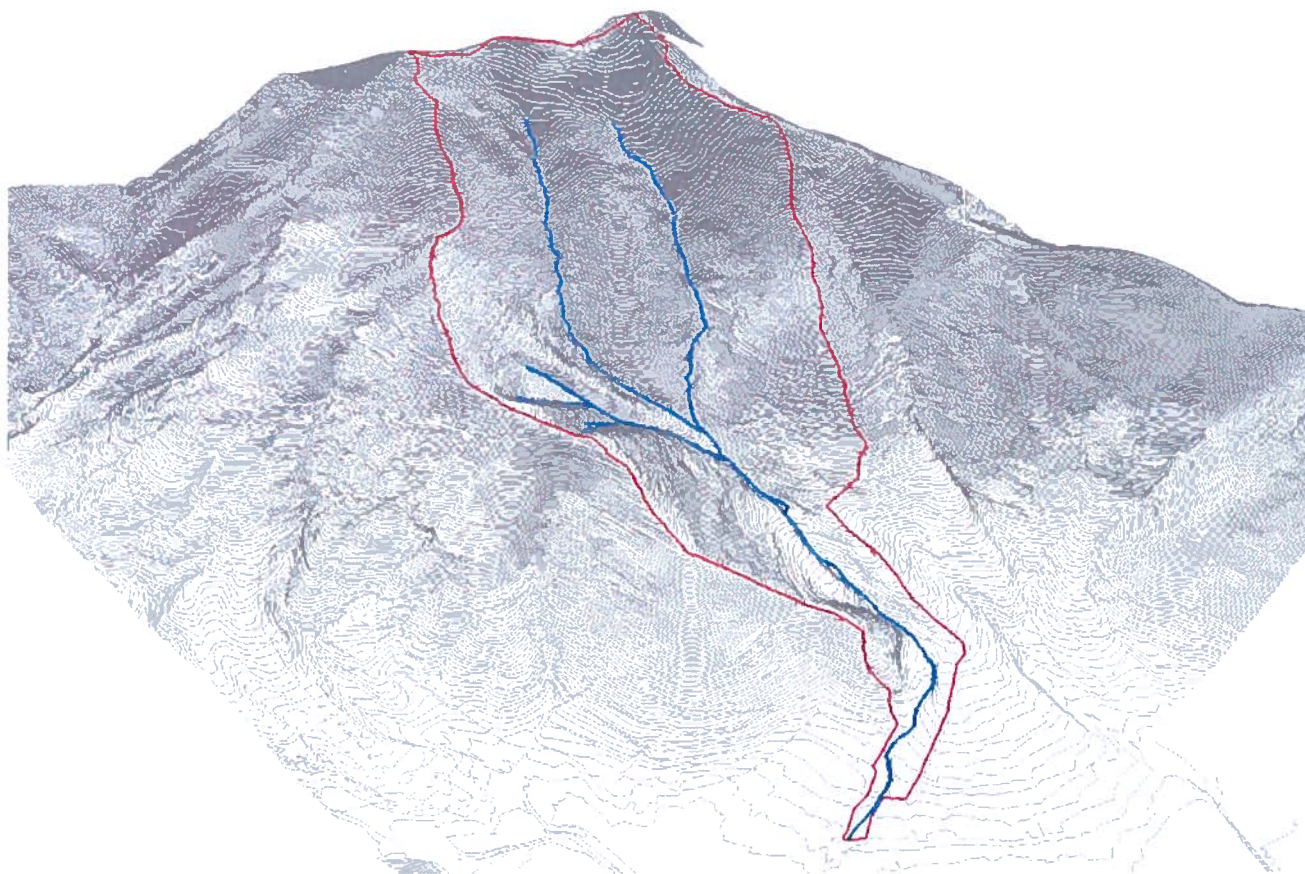


fig.2- Limite del bacino idrografico del Rio Grifone sotteso alla sez. in corrispondenza del ponte della S.P. via Butese.

E' stato altresì eseguito in corrispondenza del tratto del corso d'acqua d'interesse idraulico uno specifico rilievo topografico plano-altimetrico. Il rilievo ha interessato l'alveo del Rio Grifone in un tratto di ca. 170 m a monte e 170 a valle dell'area d'intervento (ovvero 150 m prima della confluenza nel Rio Grande), per una lunghezza complessiva di circa 560 m.

In questo tratto sono state acquisite inoltre sezioni perpendicolari di sufficiente sviluppo alcune delle quali hanno interessato alcuni attraversamenti presenti.

Attraverso l'elaborazione numerica delle informazioni relative alla base cartografica sono state suddivise in classi le superfici a diverso grado di acclività, secondo la seguente assegnazione:

Pendenza (gradi)	Codice assegnato	Acclività relativa	Superficie (ha)
0-15	1	CRESCENTE ↗	26.7
15-25	2		84.0
25-35	3		51.6
>35	4		12.0



COMUNE DI VICOPISANO

Studio idrologico-idraulico a supporto della Variante al Piano Strutturale e conseguente Variante al Regolamento Urbanistico - Allegato III - Schede degli edifici in zona agricola con disciplina degli interventi ammessi (scheda 263)

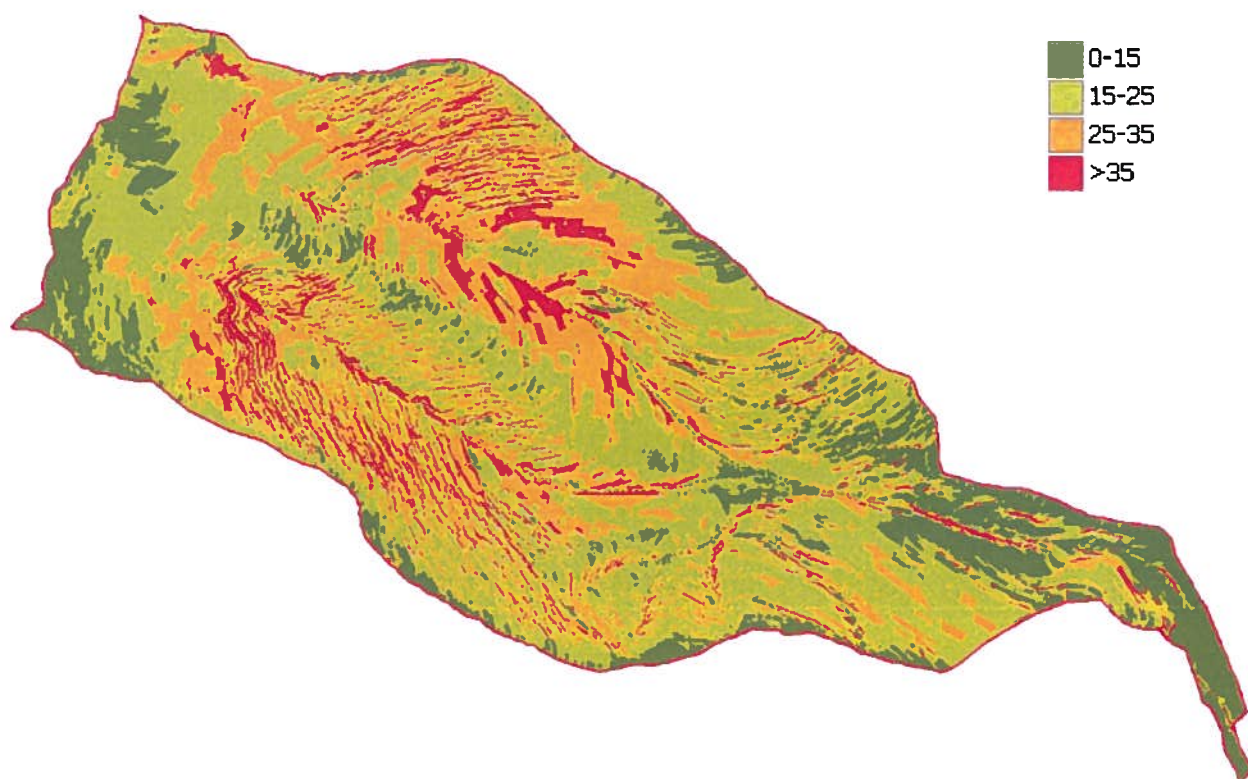


fig.3 - Carta delle pendenze del Bacino idrografico del rio Grifone.

Le caratteristiche geologiche del bacino sono state desunte dalla documentazione bibliografica relativa al progetto CARG della Regione Toscana, con particolare riferimento alle sezioni 273070 e 273080 prodotte alla scala 1:10.000, integrata dalle osservazioni di campagna effettuate nell'intorno dell'area d'intervento.

Le tipologie dei materiali affioranti sono state quindi raggruppate in funzione delle caratteristiche di permeabilità e per ogni litologia è stata calcolata la superficie di affioramento ed assegnata una classe di *permeabilità relativa* secondo la seguente classificazione:

Tipologia dei materiali	Caratteristiche	Codice assegnato	Permeabilità relativa	Superficie (ha)
Roccia affiorante	Costituita dai membri della Formazione delle Quarziti del Monte Serra e da quelli della Formazione della Veruca	1	<div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"> CRESCENTE ↕ </div>	48.3
Depositi eluvio-colluviali	Depositi matrice supportati	2		4.1
Conoidi di origine mista	Depositi alluvionali granulari	3		105.8
Colluvio grossolano	Depositi clasto supportati	4		16.1
Aree a cataste di blocchi	Depositi clasto supportati			



COMUNE DI VICOPISANO

*Studio idrologico-idraulico a supporto della Variante al Piano Strutturale e
conseguente Variante al Regolamento Urbanistico - Allegato III - Schede
degli edifici in zona agricola con disciplina degli interventi ammessi
(scheda 263)*

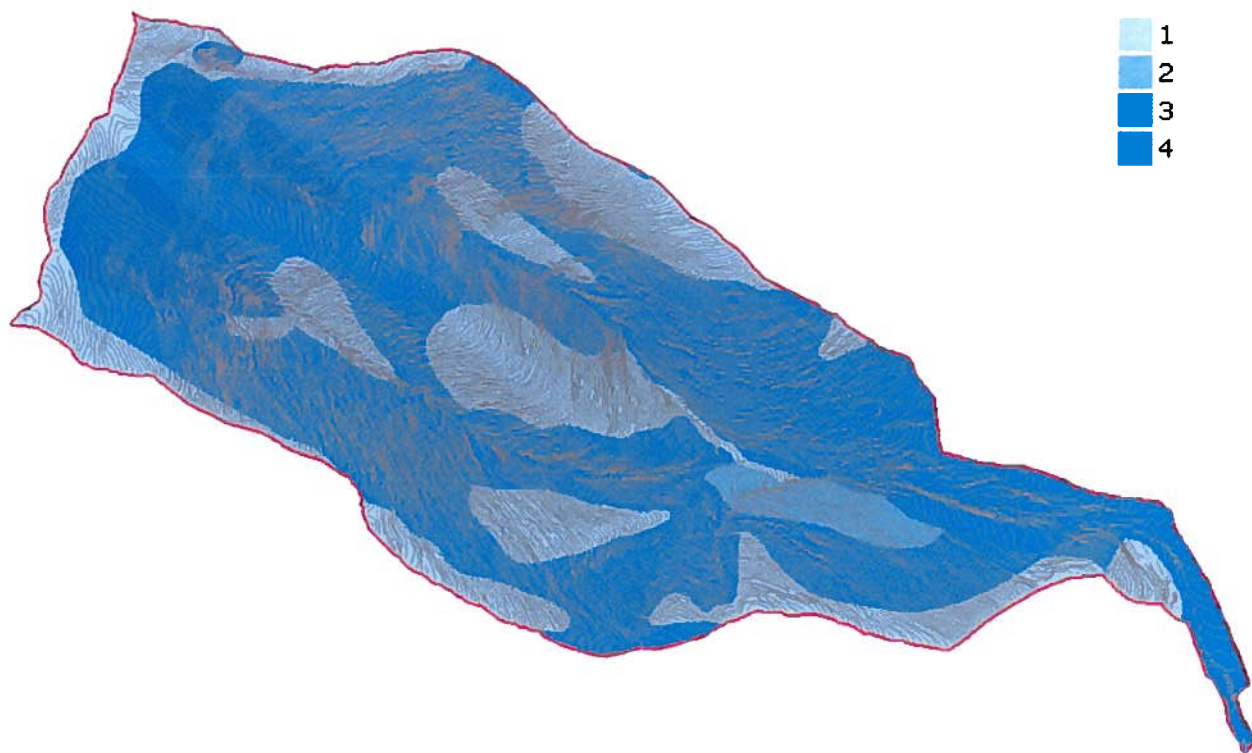


fig.4 - Carta delle permeabilità relative del Bacino idrografico del rio Grifone.

Per quanto attiene alle caratteristiche geo-pedologiche del bacino sono state ricavate facendo riferimento alla documentazione del Progetto Corine Land Cover prodotto dall'Autorità di Bacino (agg. 2004).

Per ciascuna tipologia di utilizzo del suolo è stata calcolata la relativa superficie ottenendo la seguente tabella:

Tipologia d'utilizzo	Superficie (ha)
Boschi di conifere	39.7
Boschi di latifoglie	34.2
Brughiere e cespuglietti	75.5
Oliveti	16.6
Sistemi colturali	5.9
Altro	2.4



COMUNE DI VICOPISANO

Studio idrologico-idraulico a supporto della Variante al Piano Strutturale e conseguente Variante al Regolamento Urbanistico - Allegato III - Schede degli edifici in zona agricola con disciplina degli interventi ammessi (scheda 263)

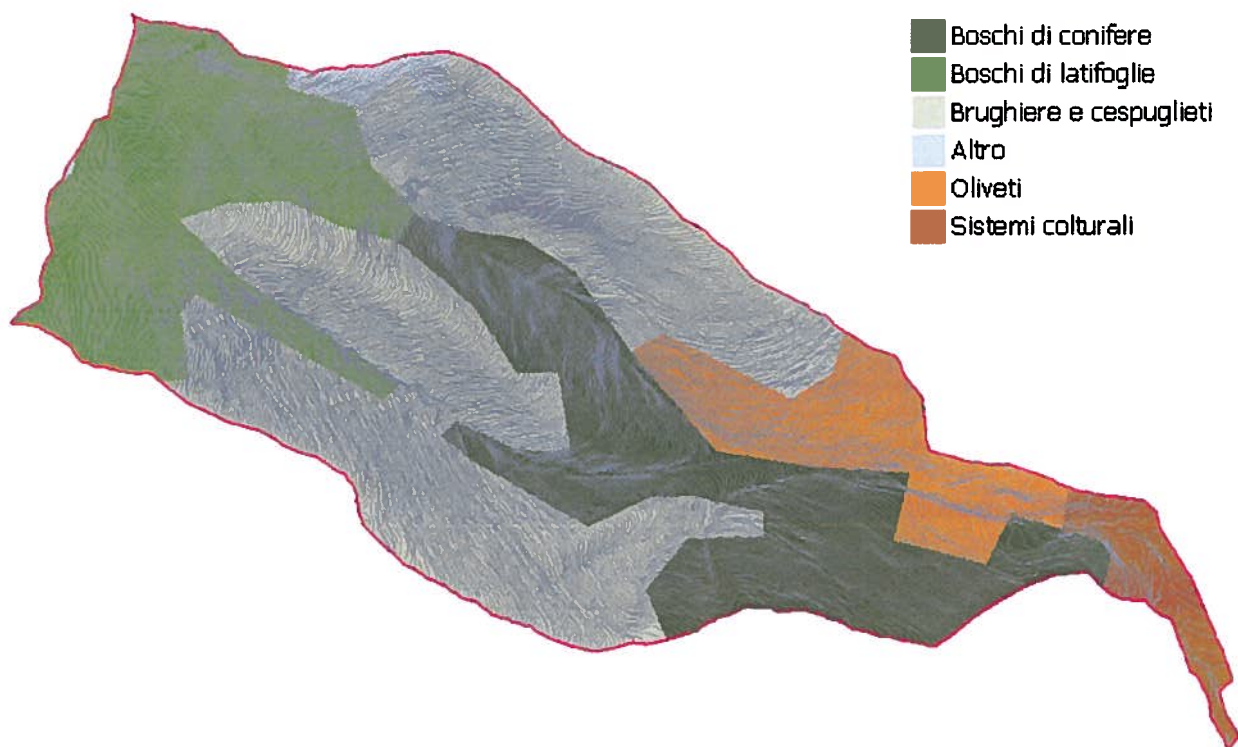


fig.5 - Carta dell'uso del suolo nel Bacino idrografico del rio Grifone.

Le informazioni territoriali sopra elencate sono state quindi tra loro incrociate e rielaborate ai fini della valutazione dei tempi di corrivazione del bacino per i calcoli delle portate di piena ai vari tempi di ritorno.

2.2.2. Modellazione del bacino e risposta del terreno - stima della pioggia efficace

Il codice di calcolo utilizzato per la determinazione degli idrogrammi di piena è HEC-HMS nella vers. 3.5.

I processi fisici simulati consistono in sostanza nella determinazione della pioggia efficace mediante la depurazione di quella lorda tenendo conto delle perdite di bacino per intercettazione da parte della vegetazione, per detenzione nelle depressioni superficiali e per infiltrazione nel terreno.

Ciò avviene attraverso la scelta di uno specifico modello di assorbimento del terreno, che nel caso specifico è il metodo della curva d'infiltrazione o metodo CN (messo a punto dal S.C.S.), che come noto è di carattere empirico.

In questo metodo si schematizza che la predisposizione dei suoli a contribuire alla formazione del deflusso dipende essenzialmente da tre fattori:

- caratteri di permeabilità dei terreni superficiali e del substrato immediatamente sottostante (rif. tab. 3 e par. precedente);



COMUNE DI VICOPISANO

Studio idrologico-idraulico a supporto della Variante al Piano Strutturale e conseguente Variante al Regolamento Urbanistico - Allegato III - Schede degli edifici in zona agricola con disciplina degli interventi ammessi (scheda 263)

- copertura vegetale e uso del suolo (rif. tab. 4, fig. 2 e par. precedente);
- stato di imbibimento del terreno al momento dell'evento meteorico considerato.

Tali fattori vengono rappresentati globalmente dal parametro CN che permette di ricavare lo ietogramma netto.

Il metodo *Curve Number* si basa su una semplice equazione di bilancio tra i valori cumulati nel tempo, durante un determinato evento, dell'afflusso I, del deflusso superficiale P, delle perdite iniziali I_w e di quelle successive F:

$$(3) \quad I = P + I_w + F$$

L'ipotesi alla base del metodo prevede che il rapporto tra volume di deflusso e volume di pioggia depurato delle perdite iniziali resti in ogni momento uguale al rapporto tra volume delle perdite successive e volume massimo teorico delle perdite (S):

$$(4) \quad P/(S - I_w) = F/S$$

Le perdite iniziali I_a , sono supposte proporzionali alla massima capacità di ritenzione del suolo, S:

$$(5) \quad I_a = 0.2S$$

Attraverso la combinazione delle varie relazioni si arriva ad una stima del volume di deflusso superficiale espresso di seguito in termini di altezza di pioggia:

$$(6) \quad h_{netta} = \frac{(h_{lorda} - I)^2}{(h_{lorda} + S - I)}$$

Il parametro S rappresenta quindi il fondamento del sistema di calcolo e viene espresso in funzione dell'indice adimensionale CN. Quest'ultimo si ottiene a sua volta in funzione del tipo di suolo (capacità di infiltrazione) e dell'uso del suolo (intercettazione e capacità di infiltrazione).

Il fattore S è legato a CN dalla seguente relazione:

$$(7) \quad S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

Il limite inferiore del CN è quindi 0, corrispondente a terreno completamente permeabile, mentre il limite superiore è 100 a cui corrisponde nessuna infiltrazione e quindi afflussi uguali ai deflussi.



COMUNE DI VICOPISANO

Studio idrologico-idraulico a supporto della Variante al Piano Strutturale e conseguente Variante al Regolamento Urbanistico - Allegato III - Scheda degli edifici in zona agricola con disciplina degli interventi ammessi (scheda 263)

Quindi il parametro adimensionale CN viene tabulato in funzione del tipo di suolo, che viene suddiviso in quattro classi idrologiche fondamentali (A,B,C,D), e in funzione del tipo di uso del suolo, a sua volta classificato in un numero molto elevato di classi dipendenti dai tipi colturali, dal livello di antropizzazione, etc.

Il metodo del *Curve Number* consente anche di considerare lo stato iniziale di umidità del terreno e a tale scopo vengono valutati tre diversi stati AMC (*Antecedent Moistur Condition I, II, III*):

- suolo asciutto;
- suolo mediamente umido;
- suolo molto umido.

Solitamente si fa riferimento alla situazione intermedia (CNII). Tramite l'applicazione di equazioni opportunamente semplificate, una volta stabilita la condizione iniziale di umidità del suolo, può essere ricavato il CN relativo.

Quindi ad una data condizione AMC, il valore CN dipende dalle caratteristiche idrologiche di suolo che possono essere ottenute mediante l'analisi geologica e pedologica delle aree interessate.

Sulla base dell'incrocio tra i tipi idrologici di suolo e la sua copertura vegetale si ottengono i parametri CN per la condizione AMC considerata.

La classificazione idrologica dei suoli adottata (ovvero la suddivisione in classi di permeabilità) alla quale è stato fatto riferimento, è in linea con quella U.S.D.A. - S.C.S. riportata nella tab. 3 che individua 4 classi distinte:

tab. 3 - Classificazione idrologica dei suoli secondo l'U.S.D.A. - S.C.S.

Tipo idrologico di suolo (SCS)	CARATTERISTICHE DEI SUOLI	
A	(Ruscellamento di modesta entità). Suoli con alte velocità d'infiltrazione anche se completamente bagnati; suoli formati da strati sabbiosi e ghiaiosi di spessore elevato, ben drenati, caratterizzati da alti coefficienti di permeabilità.	- sabbie profonde con scarsi limo e argilla - terriccio marnoso profondo - aggregati limosi e sabbiosi
B	Suoli con moderate velocità di infiltrazione anche se completamente bagnati, di spessore abbastanza elevato, abbastanza drenati; suoli di tessitura da moderatamente grossolana a moderatamente fine, caratterizzati da un moderato coefficiente di permeabilità.	- suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A - sabbie argillose - terriccio marnoso sottile
C	Suoli con basse velocità d'infiltrazione anche se completamente bagnati; principalmente costituiti da uno strato che ostacola la percolazione dell'acqua nel terreno sottostante; suoli di tessitura da moderatamente fine a fine, caratterizzati da bassi coefficienti di permeabilità.	- argille sabbiose - suoli poveri di contenuti organici - suoli ricchi di componenti argillosi
D	(Ruscellamento di notevole entità). Suoli con modestissime velocità d'infiltrazione; principalmente suoli argillosi rigonfiabili oppure suoli situati poco al di sopra di una falda permanente; suoli con strati o lenti argillose in prossimità o in superficie; suoli di piccolo spessore con materiale impermeabile sottostante. Suoli caratterizzati da bassissimi coefficienti di permeabilità.	- suoli con tendenza al rigonfiamento in presenza di umidità, argille plastiche, suoli salini



COMUNE DI VICOPISANO

Studio idrologico-idraulico a supporto della Variante al Piano Strutturale e conseguente Variante al Regolamento Urbanistico - Allegato III - Schede degli edifici in zona agricola con disciplina degli interventi ammessi (scheda 263)

In base alla permeabilità il bacino risulta così suddiviso:

A 16,139 ha B 105,834 ha C 4,103 ha D 48,250 ha

Per le classi di uso del suolo l'elaborazione svolta è partita dall'analisi della carta dell'uso del suolo della Provincia di Pisa aggiornata al 2009 con scala di acquisizione 1:25.000 derivata dalla carta Corine Land Cover di cui si riporta l'estratto specifico in fig. 2.

Nella sottostante tab. 4 sono invece riportate le classi di uso del suolo secondo Corine presenti nel bacino:

tab. 4 – Classi d'uso del suolo secondo la carta Corine Land Cover presenti nel bacino del Rio Grifone

SIGLA Corine	DESCRIZIONE DELLA CLASSE
2	TERRITORI AGRICOLI
223	<i>Oliveti</i> Superfici piantate ad olivo, comprese particelle a coltura mista di olivo e vite.
242	<i>Sistemi colturali e particellari complessi</i> Mosaico di piccoli appezzamenti con varie colture annuali, prati stabili e colture permanenti, occupanti ciascuno meno del 75% della superficie totale dell'unità. Vi sono compresi gli "orti per pensionati" e simili. Eventuali lotti superanti i 25 ha sono da includere nelle zone agricole.
3	TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMINATURALI
311	<i>Boschi di latifoglie</i> Formazioni vegetali, costituite principalmente da alberi, ma anche da cespugli e arbusti, nelle quali dominano le specie forestali a latifoglie. La superficie a latifoglie deve coprire almeno il 75% dell'unità, altrimenti è da classificare bosco misto.
312	<i>Boschi di conifere</i> Formazioni vegetali costituite principalmente da alberi, ma anche da cespugli e arbusti, nelle quali dominano le specie forestali conifere. La superficie a conifere deve coprire almeno il 75% dell'unità, altrimenti è da classificare bosco misto.
313	<i>Boschi misti</i>
322	<i>Brughiere e cespuglieti</i> Formazioni vegetali basse e chiuse, composte principalmente di cespugli, arbusti e piante erbacee (eriche, rovi, ginestre dei vari tipi, ecc.). vi sono comprese le formazioni a pino mugo.

L'estensione areale percentuale è riportata nella sottostante tab. 5:

tab. 5 – Estensione areale % delle classi di uso del suolo nel bacino del Rio Grifone

TIPO DI USO DEL SUOLO	ESTENSIONE (HA)	ESTENSIONE (%)
223 OLIVETI	16,647	9,55
242 SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	5,883	3,37
311 BOSCHI DI LATIFOGLIE	34,247	19,65
312 BOSCHI DI CONIFERE	39,672	22,76
313 BOSCHI MISTI	2,371	1,36
322 BRUGHIERE E CESPUGLIETI	75,506	43,31
TOTALI	174,326	100,00

Date le caratteristiche morfologiche del bacino, un ulteriore parametro in base al quale è stata considerata la sua ripartizione, è quello della pendenza, per la quale sono stati individuati 4 distinti range:



COMUNE DI VICOPISANO

Studio idrologico-idraulico a supporto della Variante al Piano Strutturale e conseguente Variante al Regolamento Urbanistico - Allegato III - Schede degli edifici in zona agricola con disciplina degli interventi ammessi (scheda 263)

RANGE PENDENZA (%)	PEND. MEDIA (%)
0 - 15	7,5
15 - 25	20
25 - 35	30
> 35	40

Il parametro della pendenza entra in gioco come fattore correttivo del CN attraverso la seguente formulazione:

$$(8) \quad CN_{lis} = \frac{1}{3} \cdot (CN_{III} - CN_I) \cdot (1 - 2^{-13,86i}) + CN_I$$

con i = pendenza media (es. 30% = 0,3)

Attraverso la sovrapposizione delle carte tematiche relative ai vari fattori fisici e di uso del territorio, (pendenza, permeabilità, uso del suolo) è stata possibile la zonizzazione, ovvero la suddivisione in forma discreta del bacino in areole/zone in base ai valori assunti dal parametro di assorbimento CN (U.S. Dept. Agric., Soil Conservation Service).

La tab. 6 sottostante riporta i valori di CNII per le tipologie idrologiche e di uso del suolo presenti nel bacino:

tab. 6 – valori di CNII per le tipologie idrologiche e di uso del suolo presenti nel bacino del Rio Grifone

TIPO DI USO DEL SUOLO	GRUPPO IDROLOGICO DI SUOLO			
	A	B	C	D
223 OLIVETI	65	75	82	86
242 SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	67	78	85	89
311 BOSCHI DI LATIFOGIE	39	61	74	80
312 BOSCHI DI CONIFERE	39	61	70	77
313 BOSCHI MISTI	39	61	70	77
322 BRUGHIERE E CESPUGLIETI	39	61	70	77

La risposta del terreno è un fenomeno di tipo dinamico che oltre ad essere correlato a tutti i fattori sopra esposti (classe idrologica del suolo, tipo di copertura, uso e morfologia della superficie), dipende dallo stato di imbibimento del terreno precedente l'evento pluviometrico considerato.



COMUNE DI VICOPISANO

Studio idrologico-idraulico a supporto della Variante al Piano Strutturale e conseguente Variante al Regolamento Urbanistico - Allegato III - Schede degli edifici in zona agricola con disciplina degli interventi ammessi (scheda 263)

Le condizioni di umidità vengono espresse, in modo quali - quantitativo, in base ad un indice di pioggia, ovvero la pioggia totale caduta nei cinque giorni che precedono l'evento di piena.

A tal fine in tab. 7 vengono identificate tre classi di appartenenza AMC I, II, e III, che rappresentano rispettivamente terreno inizialmente asciutto, mediamente imbibito e fortemente imbibito.

tab. 7 - Entità degli eventi piovosi antecedenti per la stima delle condizioni di umidità del terreno (U.S.D.A. - S.C.S).

Condizioni di umidità del terreno	Precipitazione cumulata nei 5 giorni precedenti l'evento di cui si vuole calcolare il ruscellamento [mm]	
	stagione di riposo	stagione vegetativa
I	< 15	< 35
II	15 - 30	35 - 50
III	> 30	> 50

Noto il valore di CNII per le condizioni medie di imbibimento, deducibile dalle relazioni e dalle tab. più sopra riportate, i valori delle classi AMC I e III si possono valutare rispettivamente tramite le relazioni:

$$(9) \quad CN_I = \frac{CN_{II}}{2.38 - 0.0138 \cdot CN_{II}} \quad (\text{terreno inizialmente asciutto})$$

$$(10) \quad CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057 \cdot CN_{II}} \quad (\text{terreno fortemente imbibito})$$

Attribuzione del valore medio del parametro CN lis (rif. formula (8)) al bacino per la modellazione idrologica:

Tenuto conto che il modello idrologico applicato è a parametri concentrati, dai valori discreti del CN associati a ciascuna areola, è stato desunto un valore medio del CN rapportato all'intero bacino:

$$CN_{lis} \text{ medio} = 78,57$$

$$\text{mentre } I_a = 0,2 \cdot S = 0,2 \cdot (25,4 \cdot (1000/CN - 10)) = 13,86$$

Oltre al CN medio è indicato il valore I_a , calcolato in base alla relazione (5), che rappresenta le perdite per processi differenti quali l'intercettazione della vegetazione, l'accumulo nelle depressioni superficiali e l'imbibimento iniziale del terreno.



2.3. Modello di risposta del reticolo idrografico - trasformazione afflussi deflussi

Dedotto lo ietogramma netto, la trasformazione della precipitazione efficace in deflusso superficiale in ciascun sottobacino e nel reticolo idraulico, avviene attraverso la scelta di un modello di risposta del bacino.

Il risultato della modellazione è la costruzione dell'idrogramma di piena relativo al bacino stesso. Nel presente studio per valutare la trasformazione afflussi deflussi, tra i metodi inclusi in HEC-HMS si è scelto di applicare il metodo dell'IUH sviluppato dal S.C.S.

L'idrogramma unitario del Soil Conservation Service è di tipo parametrico e si basa su una serie di dati raccolti su bacini agricoli degli USA. Le equazioni parametriche così ottenute vengono utilizzate per calcolare la portata di picco (U_P) e la durata dell'idrogramma dei deflussi a partire dalla definizione del tempo di ritardo del bacino idrografico considerato (lag time). Le ordinate dell'idrogramma dei deflussi sono poi calcolate da HEC-HMS a partire dalla portata di picco (U_P) e dalla durata dell'UH adimensionale SCS.

L'unico parametro richiesto dal metodo è il tempo di ritardo del bacino idrografico considerato (lag time). La relazione che secondo l'S.C.S. lega il valore della portata di picco U_P al tempo di picco T_P dell'idrogramma unitario adimensionale al è data da:

$$(11) \quad U_P = C \cdot \frac{A}{T_P}$$

dove:

A = area bacino [in Km²]

C = costante di conversione [nel S.I. vale 2,08]

Il tempo di picco T_P è a sua volta legato alla durata dell'evento di pioggia unitario dalla:

$$(12) \quad T_P = \frac{\Delta t}{2} + t_{lag}$$

nella quale:

ΔT = durata dell'evento di pioggia unitario (che coincide con il passo temporale di calcolo dell'idrogramma con HEC-HMS).

t_{lag} = tempo di ritardo del bacino idrografico, definito come differenza tra il tempo di picco T_P ed il baricentro dell'evento di pioggia unitario di durata ΔT (nel caso specifico è stata scelto un passo temporale ΔT pari a 10')

Introdotta il valore del parametro t_{lag} (tempo di ritardo), HEC-HMS ricava i valori U_P e T_P tramite le equazioni precedenti e l'idrogramma unitario a partire dall'idrogramma adimensionale che è incluso nel programma.



2.3.1. Tempo di ritardo e tempo di corrivazione del bacino

Stima del parametro t_{lag} (tempo di ritardo)

Il tempo di ritardo di ciascun sottobacino considerato rappresenta come sopra detto il tempo che intercorre fra il massimo afflusso meteorico e il colmo dell'onda di piena corrispondente. Nella pratica, in mancanza di dati di misura diretti delle portate dei vari canali (e quindi nell'impossibilità di calibrare il modello), si usa un'espressione empirica suggerite dal S.C.S., che lega t_{lag} al tempo di corrivazione T_C cioè:

$$(13) \quad t_{lag} = T_C / 1,67$$

Stima del parametro T_C (tempo di corrivazione)

Il tempo di corrivazione (o di concentrazione) rappresenta un dato fondamentale per l'interpretazione e la quantificazione dei processi di deflusso di piena da un bacino, necessario sia alla determinazione del tempo di ritardo attraverso la precedente relazione (metodo CN – SCS) sia alla stima della durata della pioggia critica.

Nel nostro caso il T_C del bacino imbrifero, è stato riferito alla sezione di chiusura subito a valle dell'area oggetto degli interventi d'interesse.

La stima del tempo di corrivazione, in mancanza di una misura diretta sugli eventi osservati, può essere effettuata attraverso l'utilizzo di formule empiriche.

Per i bacini di tipo montano o collinare simili a quello in esame, una delle formule senz'altro più adottate è quella di Giandotti che fornisce il tempo di corrivazione del bacino in base alle sue caratteristiche morfometriche.

Assunta l'area del bacino A in km^2 la lunghezza massima di corrivazione L in km e l'altezza media H_m in metri, il tempo di corrivazione T_C , espresso in ore risulta dalla relazione:

$$(14) \quad T_C = \frac{1,5 \cdot L + 4 \cdot \sqrt{A}}{0,8 \cdot \sqrt{H_m}}$$

tale formula è tarata su bacini idrografici di superficie compresa tra 170 e 70.000 km^2 .



COMUNE DI VICOPISANO

Studio idrologico-idraulico a supporto della Variante al Piano Strutturale e conseguente Variante al Regolamento Urbanistico - Allegato III - Schede degli edifici in zona agricola con disciplina degli interventi ammessi (scheda 263)

Tenuto conto delle dimensioni del bacino preso in esame (174,4 ha) essa è stata pertanto assunta, nella formulazione successivamente modificata da Aronica e Paltrinieri per consentirne l'applicazione a piccoli bacini compresi (di superficie inferiore a 10 km²):

formula di Giandotti corretta da Aronica e Paltrinieri:

$$(15) \quad T_c = \frac{1,5 \cdot L + \frac{1}{M \cdot d} \cdot \sqrt{A}}{0,8 \cdot \sqrt{H_m}}$$

dove M e d sono due costanti numeriche che assumono i seguenti valori rispettivamente in funzione dell'uso del suolo e della permeabilità dei terreni:

tab. 8 – Valori delle costanti M e d della formula 15

TIPO DI COPERTURA	M
Terreno nudo	0,667
Terreni coperti con erbe rade	0,250
Terreni coperti da bosco	0,200
Terreni coperti da prato permanente	0,167
PERMEABILITÀ	d
Terreni semi impermeabili	1,270
Terreni poco permeabili	0,960
Terreni mediamente permeabili	0,810
Terreni molto permeabili	0,690

I valori alle costanti M e d sono stati assegnati calcolando la media ponderata delle aree assimilate a ciascuna delle tipologie riportate in tabella.

Per l'assegnazione del parametro M le classi di uso del suolo del Corinne Land Cover presenti nel bacino, sono state accorpate nelle classi tipo riportate nella tabella precedente:

classi 311, 312, 313, 322: assimilati a terreni coperti da bosco $\Rightarrow M = 0,200$

classi 223, 242: assimilati a terreni coperti da prato permanente $\Rightarrow M = 0,167$

L'assegnazione del parametro d è più immediata, essendo stata precedentemente effettuata la ripartizione del bacino nei 4 tipi idrologici di suolo SCS assolutamente assimilabili alle 4 classi di permeabilità sopra riportate:



COMUNE DI VICOPISANO

Studio idrologico-idraulico a supporto della Variante al Piano Strutturale e conseguente Variante al Regolamento Urbanistico - Allegato III - Schede degli edifici in zona agricola con disciplina degli interventi ammessi (scheda 263)

tab. 9 – Suddivisione del bacino in classi di permeabilità

PERMEABILITÀ	SUP. (S _i) (ha)	d (-)	S _i x d (ha)
Terreni semi impermeabili (tipo idrologico di suolo SCS: D)	48,250	1,270	61,2775
Terreni poco permeabili (tipo idrologico di suolo SCS: C)	4,103	0,960	3,9389
Terreni mediamente permeabili (tipo idrologico di suolo SCS: B)	105,834	0,810	85,7255
Terreni molto permeabili (tipo idrologico di suolo SCS: A)	16,139	0,690	11,1359
TOTALI	174,326	d medio = Σ S_i x d_i/S_{tot} = 0,9297	162,0778

tab. 10 – Suddivisione del bacino in classi di permeabilità

TIPO DI COPERTURA	SUP. (S _i) (ha)	M (-)	S _i x M (ha)
classi 311, 312, 313, 322	151,796	0,200	30,359
classi 223, 242	22,530	0,167	3,763
TOTALI	174,326	M medio = Σ S_i x d_i/S_{tot} = 0,1957	34,122

Applicando la (15) risulta:

$$T_c = \frac{1,5 \cdot 3,354 + \frac{1}{0,1957 \cdot 0,9297} \cdot \sqrt{1,743}}{0,8 \cdot \sqrt{319,95}} \cong 0,86 \text{ ore}$$

che è stato assunto per lo studio in oggetto.



COMUNE DI VICOPISANO

Studio idrologico-idraulico a supporto della Variante al Piano Strutturale e conseguente Variante al Regolamento Urbanistico - Allegato III - Schede degli edifici in zona agricola con disciplina degli interventi ammessi (scheda 263)

2.4. Costruzione dell'idrogramma di piena con il codice HEC HMS

Il modello idrologico del bacino considerato, è stato costruito sul codice di calcolo HEC HMS 3.5 che ha permesso la determinazione degli idrogrammi relativi ai tempi di ritorno considerati ($T_R = 30, 200$ e 500 anni).

Come dati di input per la simulazione afflussi-deflussi risulta necessario esplicitare i seguenti dati:

- il modello di bacino (basin models);
- il modello meteorologico (meteorologic models);
- l'intervallo di controllo (control specifications).

il modello di bacino (basin models)

Tale modello serve per la descrizione delle caratteristiche morfometriche del bacino idrografico oggetto di studio. In particolare devono essere specificate le seguenti caratteristiche utili per la determinazione della precipitazione efficace:

Superficie del bacino (kmq):		1,7436
Perdite di bacino (metodo CN – SCS):		
	Perdite iniziali (Ia)	13,86 mm
	Valore del CN	78,57
	% impermeabile (CN 100)	0
Trasformazione afflussi deflussi:		
Metodo IUH SCS	$T_{lag} = 0,6 T_C$	25.2 minuti

il modello meteorologico (meteorologic models)

Sono stati considerati eventi con tempo di ritorno $T_R = 30, 200$ e 500 anni con ietogramma a intensità costante.

Per ogni tempo di ritorno sono state eseguite simulazioni che hanno riguardato tempi di pioggia T_P variabili a partire da $0,5T_C$ (0,43 ore) fino a $2,5 T_C$, al fine di determinare il tempo critico di pioggia, T_{PK} , cioè quella durata che massimizza la portata al colmo.

l'intervallo di controllo (control specifications)

L'intervallo di controllo definisce gli istanti di inizio e di fine della simulazione idrologica nonché l'intervallo di risoluzione della simulazione idrologica.

Nel caso specifico, tenuto conto della durata critica è stata assunta una durata di 3 ore con una risoluzione di 2 minuti.



COMUNE DI VICOPISANO

Studio idrologico-idraulico a supporto della Variante al Piano Strutturale e conseguente Variante al Regolamento Urbanistico - Allegato III - Schede degli edifici in zona agricola con disciplina degli interventi ammessi (scheda 263)

2.4.1. Risultati della modellazione idrologica

Lo scopo dello studio idrologico è stato quello di determinare gli idrogrammi di piena ed in particolare i valori delle massime portate al colmo, corrispondenti agli eventi critici per i tempi di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni per poi verificare, attraverso lo studio idraulico, la capacità di deflusso del corso d'acqua nel tratto d'interesse ed eventuali fenomeni di tracciamento sulla zona d'intervento.

Gli idrogrammi di piena ricavati dal codice di calcolo per ciascun tempo di ritorno, sono riportati nei grafici sottostanti, dai quali si evince che la durata critica di pioggia è $T_{PK} = 1,5$ $T_C = 1,29$ ore (77 minuti):

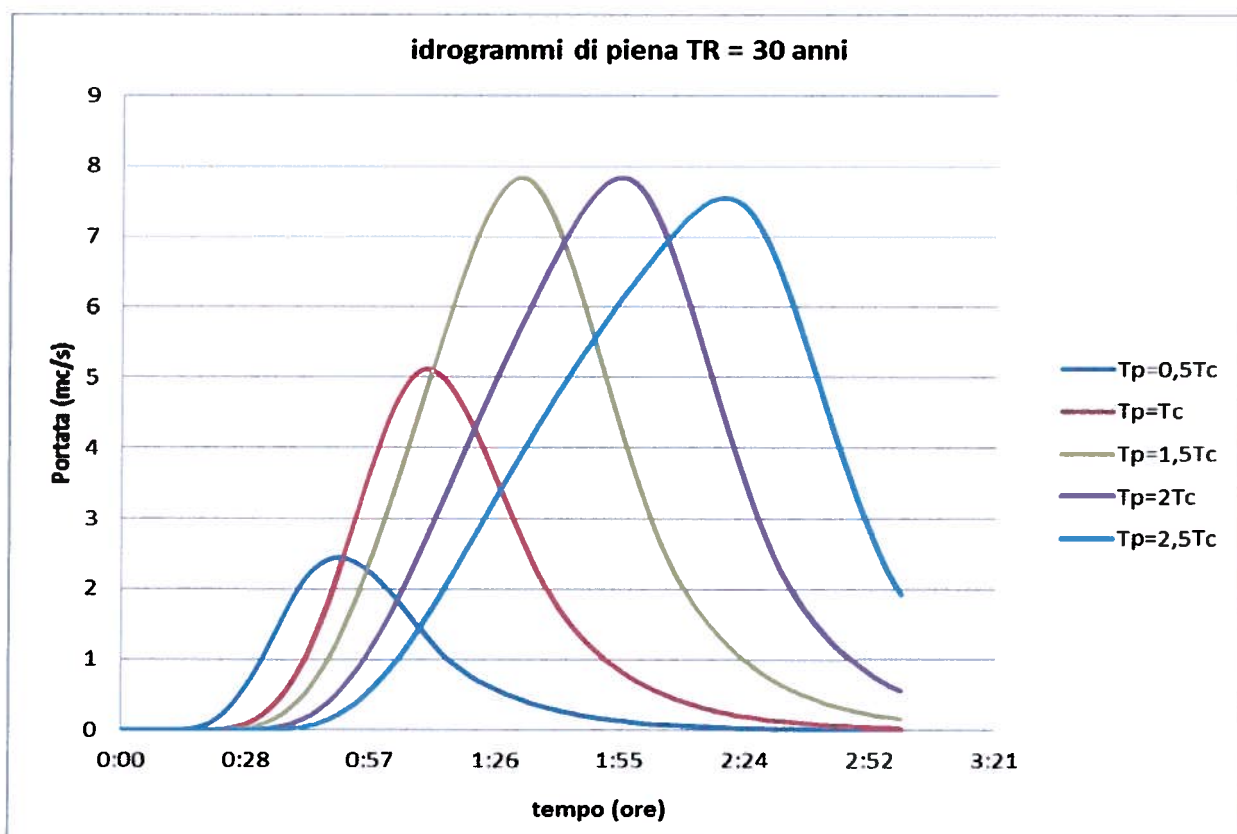


fig.6 – Idrogrammi di piena $T_R = 30$ anni per T_P crescenti a partire da $0,5 T_C$

I valori delle massime portate al colmo desunte dal modello per ogni tempo di ritorno sono riportati in tabella:

Sez. chiusura Rio Grifone:	Q ($T_R = 30$ anni)	Q ($T_R = 200$ anni)	Q ($T_R = 500$ anni)
Ponte S.P. Butese (174,36 ha)	7,84 mc/s	15,12 mc/s	20,09 mc/s



COMUNE DI VICOPISANO

Studio idrologico-idraulico a supporto della Variante al Piano Strutturale e
conseguente Variante al Regolamento Urbanistico - Allegato III - Schede
degli edifici in zona agricola con disciplina degli interventi ammessi
(scheda 263)

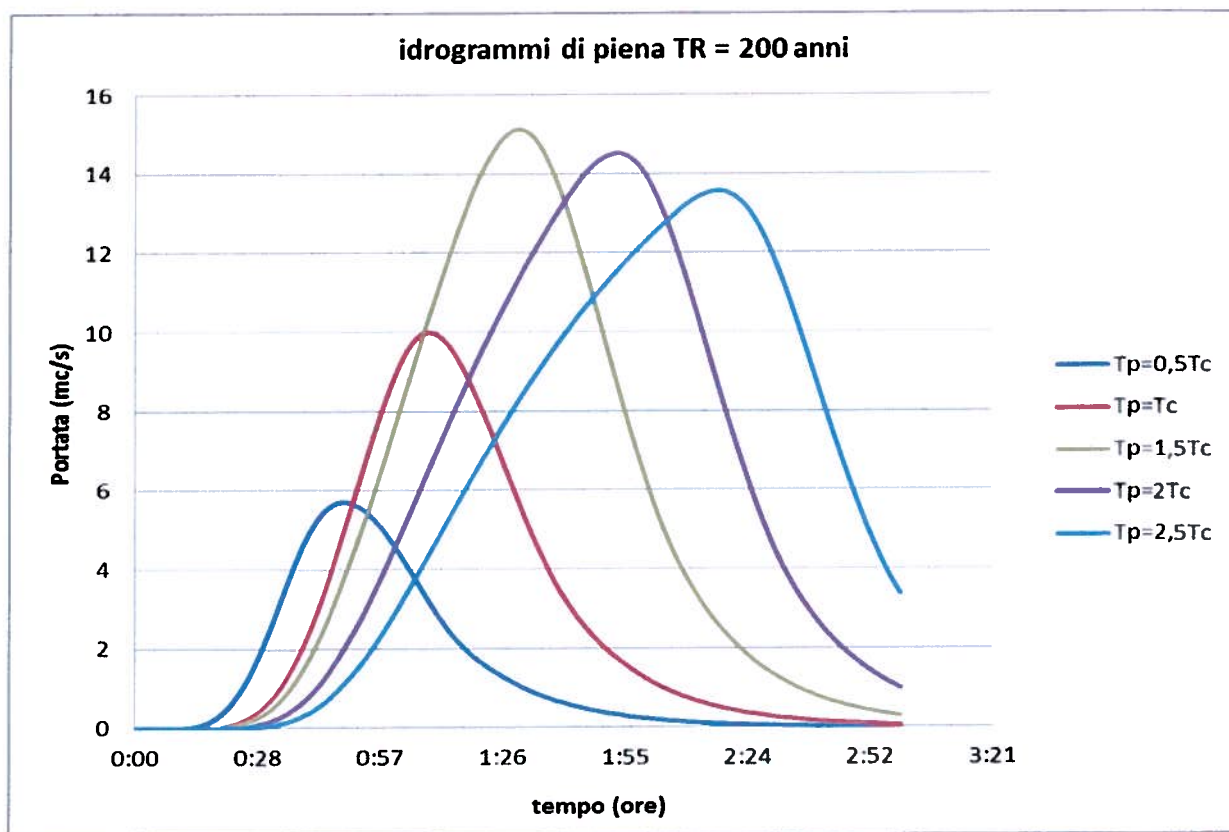


fig.7 – Idrogrammi di piena $T_R = 200$ anni per T_p crescenti a partire da $0,5 T_c$

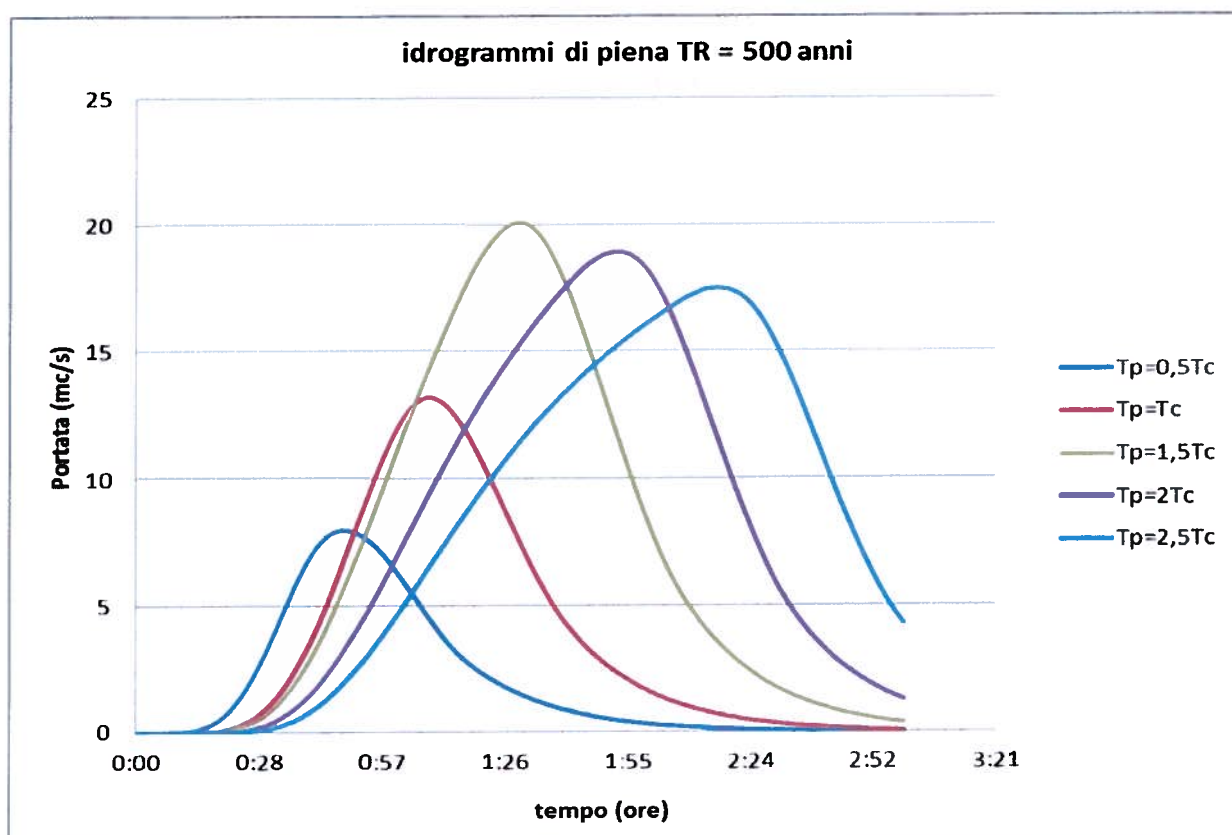


fig.8 – Idrogrammi di piena $T_R = 500$ anni per T_p crescenti a partire da $0,5 T_c$

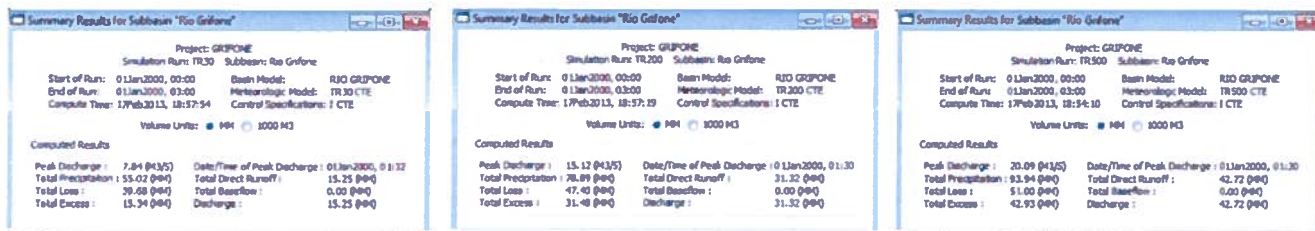


COMUNE DI VICOPISANO

Studio idrologico-idraulico a supporto della Variante al Piano Strutturale e conseguente Variante al Regolamento Urbanistico - Allegato III - Schede degli edifici in zona agricola con disciplina degli interventi ammessi (scheda 263)

Gli output grafici e tabellari, generati dal codice di calcolo relativamente alle simulazioni per la durata critica di pioggia sono riportati di seguito.

Oltre agli idrogrammi di piena i grafici, riportano gli ietogrammi della pioggia lorda e le perdite, dedotte le quali si ricava la pioggia efficace:



Subbasin "Rio Grifone" Results for Run "TR30"

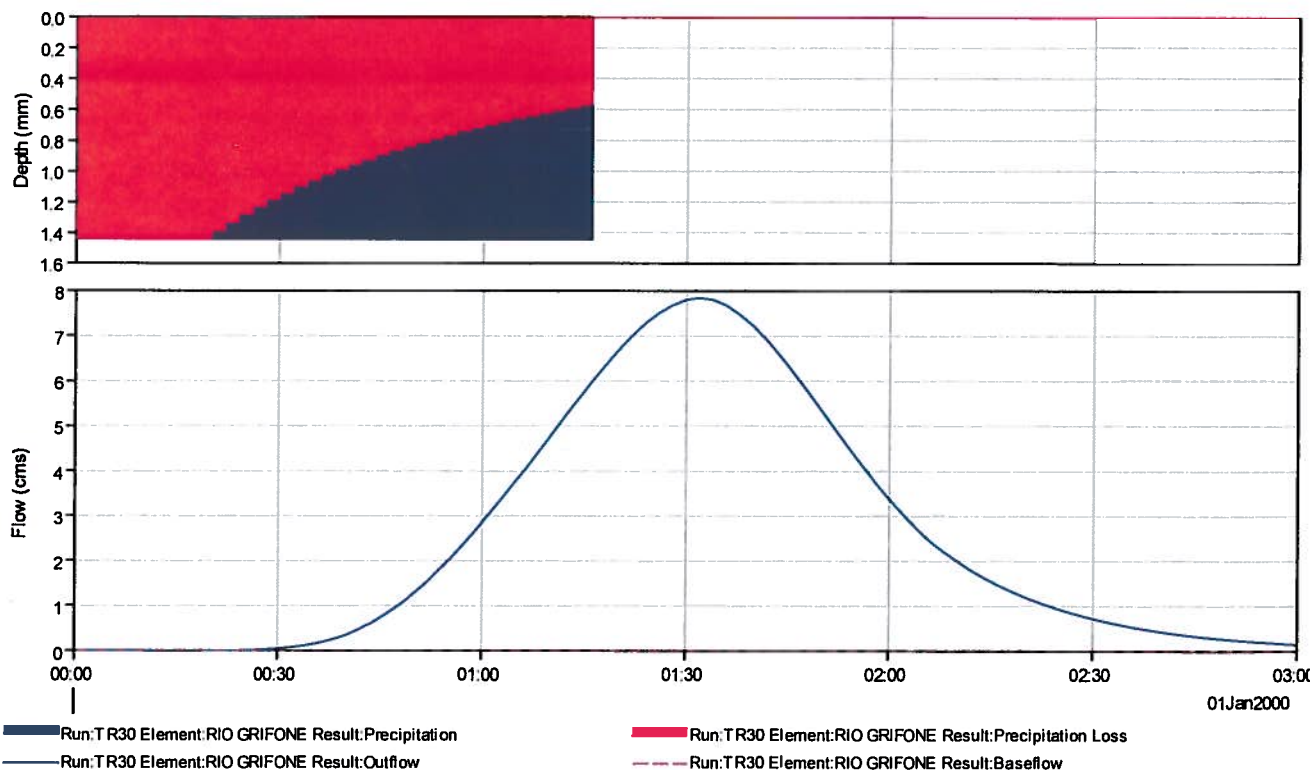


fig. 9 – Ietogramma di progetto e idrogramma di piena $T_R = 30$ anni - Rio Grifone - sez. chiusura S.P. Butese



COMUNE DI VICOPISANO

Studio idrologico-idraulico a supporto della Variante al Piano Strutturale e conseguente Variante al Regolamento Urbanistico - Allegato III - Schede degli edifici in zona agricola con disciplina degli interventi ammessi (scheda 263)

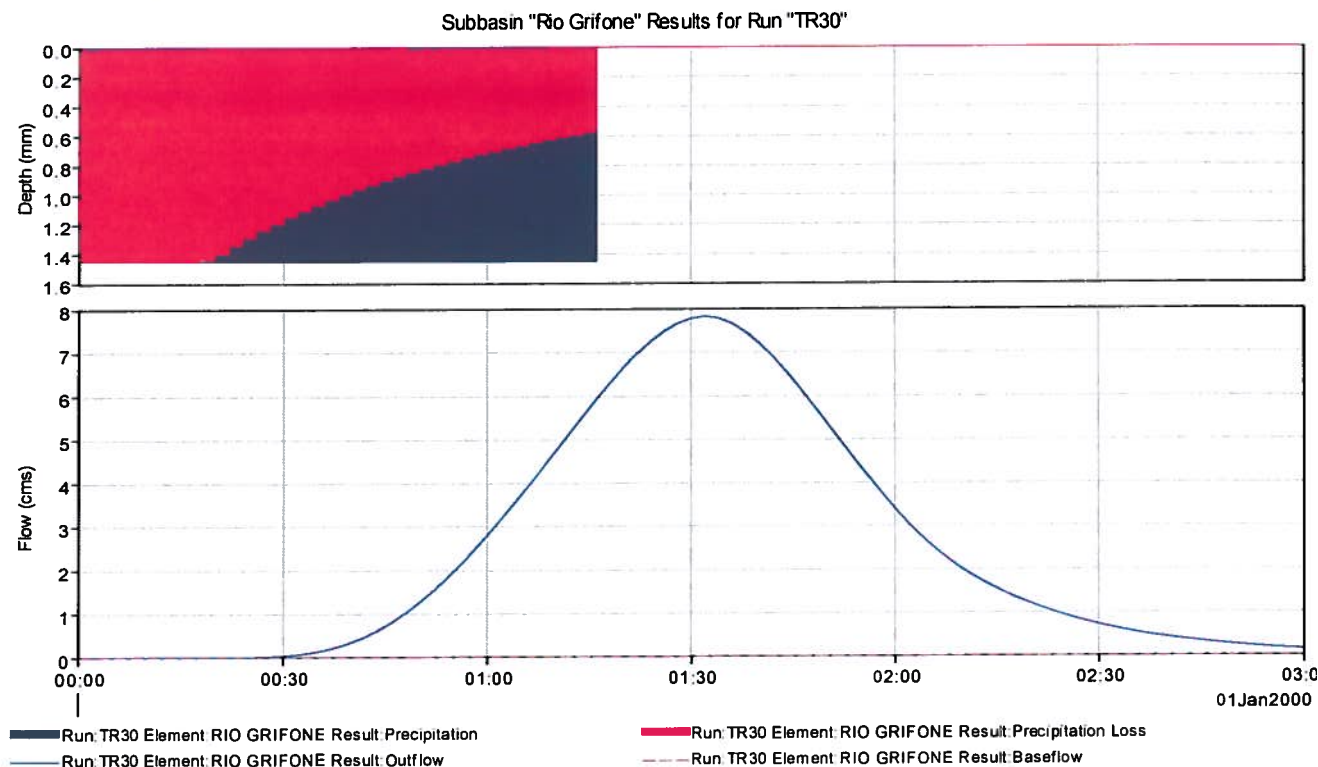


fig. 10 – letogramma di progetto e idrogramma di piena $T_R = 200$ anni - Rio Grifone - sez. chiusura S.P. Butese

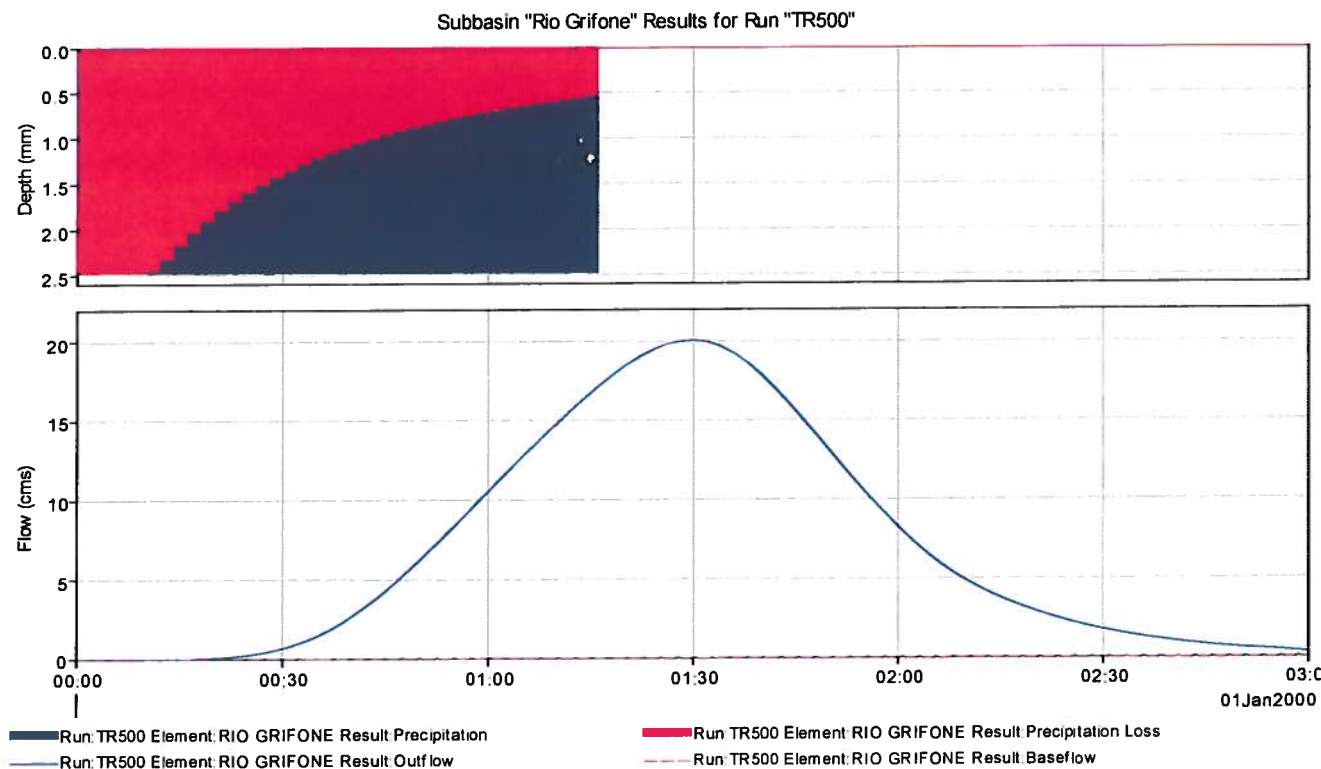


fig. 11 – letogramma di progetto e idrogramma di piena $T_R = 500$ anni - Rio Grifone - sez. chiusura S.P. Butese



3. STUDIO IDRAULICO

3.1. Descrizione del modello di calcolo e dati di input

Il comportamento del corso d'acqua è stato analizzato con l'ausilio del programma HEC RAS nella vers. 4.1. adottando il modello a fondo fisso in condizioni di moto vario.

La costruzione del profilo liquido del Rio Grifone ha interessato circa 500 m a cavallo della zona d'interesse, ovvero circa 300 m a monte e 200 m a valle del ponte sulla S.P. di Buti, ampiamente sufficienti per il presente studio.

Nel tratto esaminato sono presenti due attraversamenti ed un salto di fondo.

Le sezioni inserite nella geometria, "geometric data", in quote assolute, sono state ricavate grazie ad uno specifico rilievo effettuato in sito con l'ausilio di una stazione totale con precisione di restituzione delle stesse dell'ordine del centimetro.

Il coefficiente di scabrezza di Manning, desunto dall'Hydraulic Reference Manual dell'Hydrologic Engineering Center, tenendo conto delle condizioni di manutenzione del torrente e dello stato delle coperture è stato assunto cautelativamente pari a $0,035 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$.

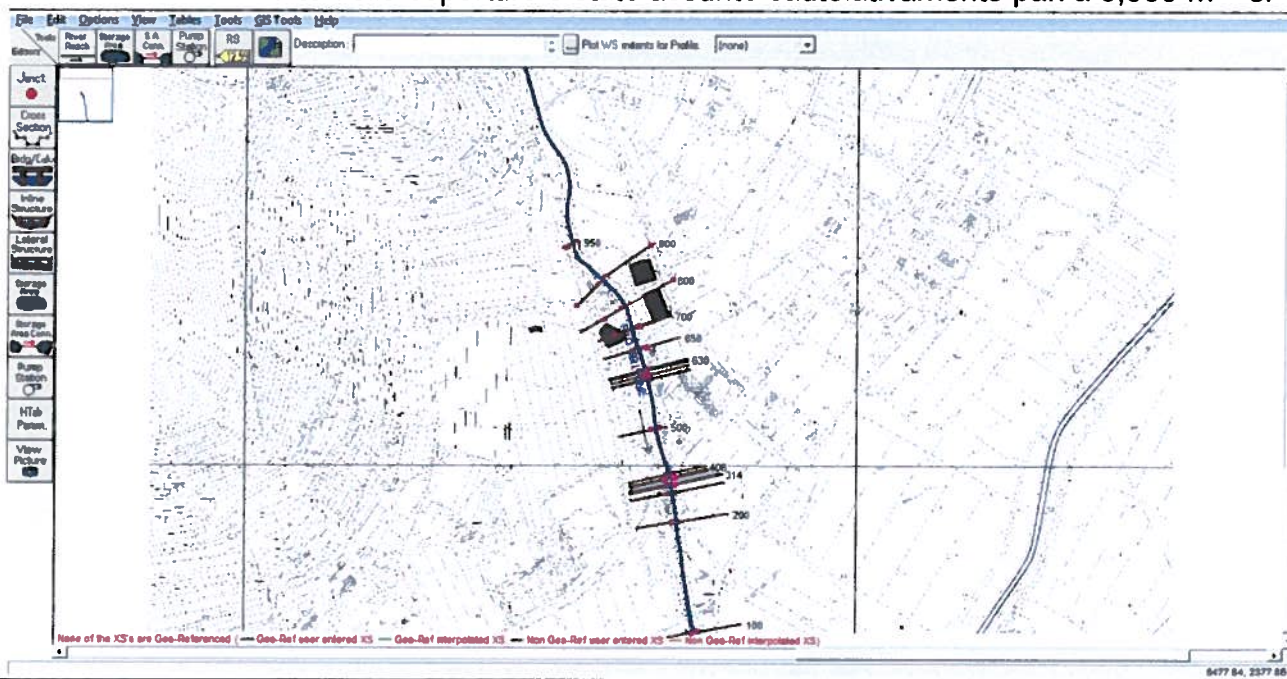


fig. 12 – Schema "geometric data" – hec ras

Le condizione al contorno assunte sono:

- per la sezione di monte gli idrogrammi di piena ("flow hydrograph") dedotti dallo studio idrologico riferiti ai tre tempi di ritorno considerati;
- per la sezione di valle, ubicata appositamente lontana dal tratto d'interesse nonché da manufatti in alveo, l'altezza di moto uniforme ("normal depth"), per calcolare la quale il programma utilizza la formula di Manning che richiede la pendenza della linea dell'energia assunta nel caso pari a 0,0165 (ovvero 16,5 per mille) pari alla pendenza media dell'alveo nelle vicinanze della sezione.



3.2. Calcolo dei profili di rigurgito e analisi dei risultati

Il profilo longitudinale, le sezioni trasversali e i tabulati di calcolo relativi al corso d'acqua esaminato sono riportati in appendice al testo.

Di seguito ne viene riassunta sinteticamente l'analisi.

3.2.1. Analisi dei risultati $T_R=30$ anni

Le verifiche idrauliche eseguite con HEC-RAS relativamente all'evento $T_R = 30$ anni riportate in appendice, indicano che il livello liquido Rio Grifone è ampiamente contenuto in alveo lungo tutto il tratto esaminato, con un franco considerevole ed in particolare:

- a partire dalla sezione iniziale di monte, per i primi 150 m (RS 950 HEC RAS - progressiva 478 m), il deflusso della massima portata al colmo (7,84 mc/s) avviene con un profilo liquido che si mantiene pressoché parallelo al fondo ed un franco sia in sinistra che in destra idraulica che si mantiene molto elevato dell'ordine dei 3 metri ed oltre. Il corso d'acqua si trova infatti molto incassato, come ben evidente dal rilievo e dalla documentazione fotografica allegata.

La corrente si mantiene veloce, con numeri di Froude compresi tra 1,5 e 1,8 e velocità attorno a 3 m/s.

- a valle del primo tratto il profilo di rigurgito risente della riduzione di sezione legata alla presenza di un ponticello ad arco / canaletta in mattoni (625.1 BR - luce interna: larghezza di c.ca 3,35 m e altezza in testa dal fondo di c.ca 1,9 m superiore se non si tiene conto di un certo rinterro) a cominciare da circa 10 m a monte (RS 625 HEC RAS - progressiva 315 m).

La corrente passa da veloce ($F > 1$) a lenta ($F < 1$) e si viene così a creare un leggero risalto idraulico con una riduzione di velocità sotto i 2 m/s.

- Il deflusso attraverso il ponticello avviene con una luce libera di circa 65/70 cm pari ad oltre 1/3 dell'intera altezza.

Circa 10 m a valle del ponte è presente un piccolo salto di fondo (70 cm circa), e la corrente torna veloce.

- Da questo punto, per tutto il tratto a valle fino a poco prima della sezione RS 400 (110 m circa in fregio alla zona d'intervento), il profilo di piena si mantiene circa parallelo al fondo con un franco rispetto alle sommità di sponda, attorno a 1,80 m sia in destra che in sinistra idraulica.

Anche in questo tratto l'alveo è molto incassato sul p.c. ed è inoltre delimitato in sinistra e in destra da sponde costituite da muri in pietra alti oltre 2,50 m.



COMUNE DI VICOPISANO

Studio idrologico-idraulico a supporto della Variante al Piano Strutturale e conseguente Variante al Regolamento Urbanistico - Allegato III - Schede degli edifici in zona agricola con disciplina degli interventi ammessi (scheda 263)

- Il ponte sulla S.P. di Buti è ubicato circa 5 metri a valle della RS 400 (progressiva da valle 180 m).

Esso è costituito da una struttura in c.a. con una soletta superiore orizzontale e due spalle verticali. La luce libera ha una larghezza di 3,35 m circa ed un'altezza misurata rispetto al fondo di circa 1,15 m a monte e 1,35 m a valle. L'altezza effettiva è senz'altro ridotta per la presenza di depositi detritici.

La presenza del manufatto, riduce la sezione libera di deflusso e genera anche in questo caso un profilo di rigurgito con un'altezza liquida crescente rispetto al fondo (si passa da 0,75 m circa a 1,10 m) nell'ultimo tratto di 15 m prima del ponte.

Il franco rispetto alla sommità dei muri di sponda si riduce ma si mantiene comunque elevato (1,50 / 1,60 m).

Il transito dell'onda di piena attraverso il ponte avviene con una luce libera di circa 20 cm.

- La corrente prosegue veloce, a valle del ponte, e risulta ancora contenuta in alveo fino alla RS 100 (progressiva 0), ultima sezione rilevata e caricata nel modello.

Si precisa tuttavia che *ai fini del presente studio*, il transito dell'onda di piena nel tratto a valle del ponte sulla S.P. di Buti, non è rilevante poiché non esercita su questa alcuna influenza ai fini del rischio idraulico indotto nell'area in esame (per effetto della morfologia del terreno e in particolare della considerevole differenza di quota rispetto alla zona d'intervento).

3.2.2. Analisi dei risultati $T_R=200$ anni

Analizzando i risultati a partire dalla sezione di monte RS 950 abbiamo:

- dalla sezione RS 950 (progressiva 478 m), fino alla sezione RS 650 (progressiva 330 m) la massima portata al colmo (15,11 mc/s) transita con un profilo che è ampiamente contenuto in alveo con un franco che si mantiene superiore a 1,60 m in destra e a 2,50 m in sinistra.
- Poco dopo la sez. 650 circa 15 m prima del ponticello / canaletta (625.1 BR) si forma un risalto idraulico con passaggio della corrente da veloce a lenta.
- Il profilo di rigurgito è comunque tale da non determinare il passaggio in pressione in corrispondenza del ponte, mantenendosi comunque una luce libera di deflusso che si riduce a circa 25 cm.



- Nel tratto a valle, in fregio all'area d'intervento, la massima portata al colmo è ancora ampiamente contenuta in alveo con un franco che si mantiene superiore a 1,30 m fino alla RS 500 (progressiva 237 m) per poi ridursi progressivamente, per effetto del profilo di rigurgito che si viene a creare legato al ponte sulla S.P. di Buti, fino a 0,50 m in corrispondenza della sezione RS 400 (progressiva 180 m).
- L'onda di piena attraversa il ponte sulla S.P. di Buti in pressione e tende localmente a sormontare superiormente l'estradosso stradale (a quota + 18,17 m.s.m.) anche per l'ovvia interruzione dei muri di sponda laterali (quota superiore nella sezione finale + 18,80 c.ca) in corrispondenza della fascia stradale.
È inoltre da tenere presente che il leggero sormonto in corrispondenza della carreggiata stradale, che si registra nella simulazione idraulica, è frutto di una modellazione monodimensionale dove non si tiene conto della propagazione laterale del flusso verso valle in direzione del pendio ad ovest (ovvero in direzione dell'abitato di Vicopisano) a quote nettamente inferiori rispetto alla sommità del ponticello.
- La corrente prosegue veloce, a valle del ponte, e risulta ancora contenuta in alveo fino alla RS 100, sia pure con franchi più ridotti.

3.2.3. Analisi dei risultati $T_R=500$ anni

A partire ancora dalla sezione di monte RS 950 abbiamo:

- fino alla sezione RS 650 (progressiva 330 m) la massima portata al colmo (20,09 mc/s) transita con un profilo che è contenuto in alveo con un franco che si mantiene superiore a 1,30 m in destra e a 2,20 m in sinistra.
- Poco dopo la sez. 650 circa 15 m prima del ponticello / canaletta (625.1 BR) si forma un risalto idraulico con passaggio della corrente da veloce a lenta.
- Il profilo di rigurgito che si genera determina un transito dell'onda di piena in leggera pressione in corrispondenza del ponte, azzerandosi di fatto la luce libera di deflusso.
- Nel tratto a valle, in fregio all'area d'intervento, la massima portata al colmo è ancora contenuta in alveo con un franco che si mantiene superiore a 1,10 m fino alla RS 500 (progressiva 237 m) per poi ridursi progressivamente, per effetto del profilo di rigurgito a monte del ponte sulla S.P. di Buti, fino a 0,35 m in corrispondenza della sezione RS 400 (progressiva 180 m).
- il ponte sulla S.P. di Buti entra in pressione ed è sormontato superiormente. Valgono considerazioni analoghe a quelle effettuate per la portata duecentennale.
- La corrente prosegue veloce, a valle del ponte, e risulta ancora contenuta in alveo con franchi che si riducono ulteriormente.



COMUNE DI VICOPISANO

Studio idrologico-idraulico a supporto della Variante al Piano Strutturale e conseguente Variante al Regolamento Urbanistico - Allegato III - Schede degli edifici in zona agricola con disciplina degli interventi ammessi (scheda 263)

4. CONCLUSIONI

Lo studio idrologico idraulico a supporto della Variante Urbanistica è stato svolto in linea con le direttive di cui al D.P.G.R. 25/10/2011 n. 53 r.

La modellazione strettamente necessaria si può limitare, nel caso specifico, alla verifica del corso d'acqua per eventi con tempo di ritorno $T_R = 30$ e 200 anni, tuttavia per completezza d'analisi è stato simulato anche il deflusso dell'onda di piena relativa a $T_R = 500$ anni.

In corrispondenza di eventi con tempo di ritorno trentennale, le simulazioni evidenziano che l'alveo del torrente, incassato rispetto al p.c. e favorito da pendenze molto elevate (la pendenza media nel tratto esaminato è dell'ordine del 3%) riesce a contenere ampiamente l'onda di piena con franchi generalmente molto elevati, per tutto il tratto indagato compreso lungo il tratto di sponda in fregio all'area d'interesse.

Il deflusso attraverso i due ponti esaminati a monte e a valle dell'area d'interesse avviene con luce libera.

Il deflusso della portata duecentennale è ancora garantito all'interno dell'alveo del torrente lungo tutto il tratto esaminato.

La presenza del ponte a monte genera un certo rigurgito del pelo libero a monte ma tuttavia il franco rispetto alla linea di sponda si mantiene ancora elevato. Solo localmente, in corrispondenza del ponte della S.P. di Buti, che presenta una luce inadeguata, si verifica un leggero sormonto dell'estradosso stradale con conseguente sfioro e propagazione in parte all'interno del torrente a valle e lungo la strada in direzione di Vicopisano.

Il profilo che si genera a monte del ponte tuttavia, compreso lungo il tratto d'interesse, è ampiamente contenuto in alveo.

Infine le simulazioni per $T_R = 500$ denotano un aumento di criticità in corrispondenza dei due ponti con funzionamento di entrambi in pressione.

Tuttavia il profilo di rigurgito nei tratti a monte dei manufatti compreso lungo il tratto in fregio alla zona d'interesse risulta ancora contenuto al di sotto delle sommità di sponda.

Ing. Benedetta Palla

Ing. BENEDETTA PALLA
ORDINE INGEGNERI della Provincia di PISA
N° 2344 Sezione A
INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE
INDUSTRIALE, DELL'INFORMAZIONE

Geol. Massimiliano Perini





COMUNE DI VICOPISANO

*Studio idrologico-idraulico a supporto della Variante al Piano Strutturale e
conseguente Variante al Regolamento Urbanistico - Allegato III - Schede
degli edifici in zona agricola con disciplina degli interventi ammessi
(scheda 263)*

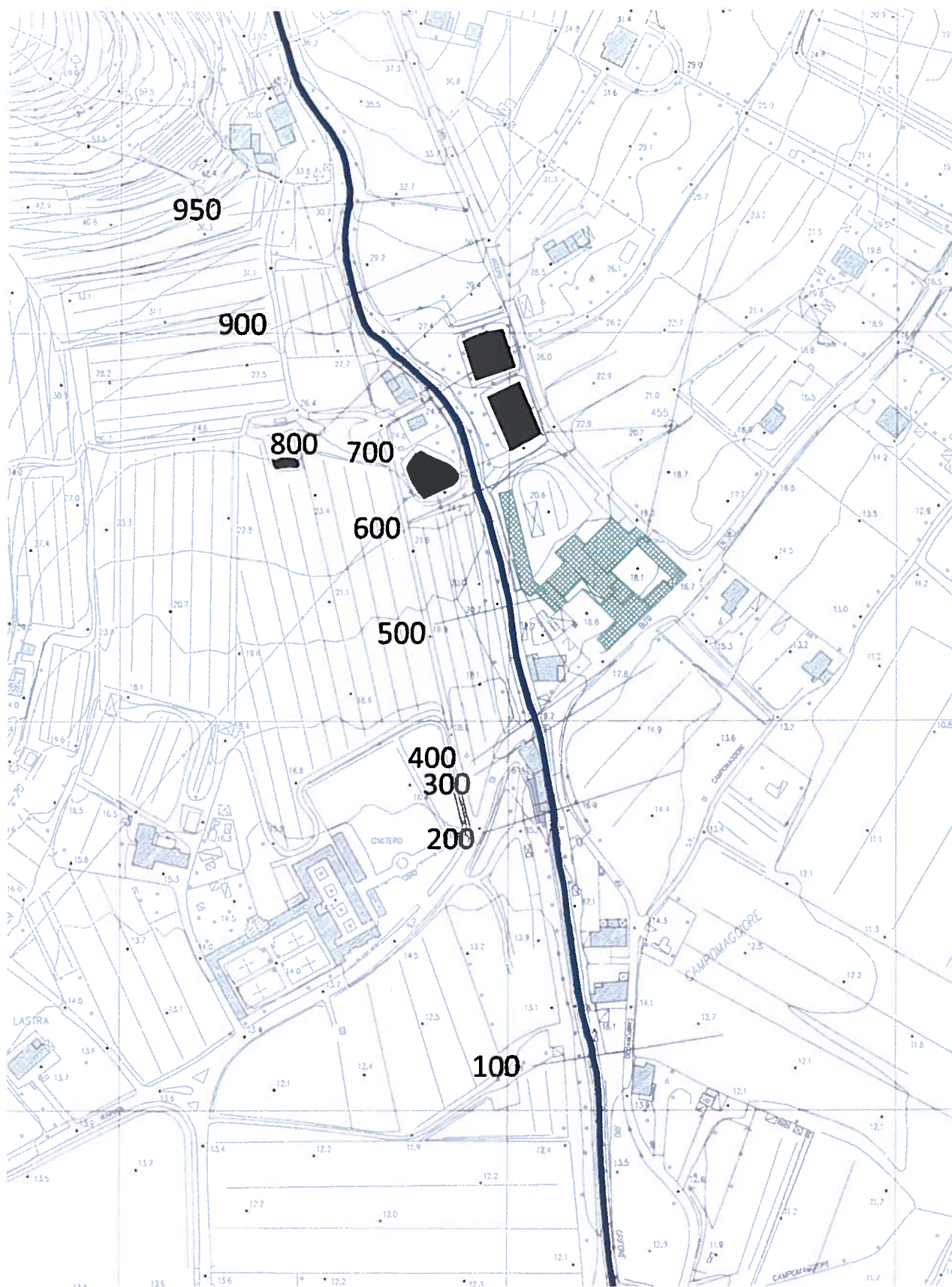
Allegato 1:

RIFERIMENTO PLANIMETRICO SEZIONI IDRAULICHE



COMUNE DI VICOPISANO

*Studio idrologico-idraulico a supporto della Variante al Piano Strutturale e
conseguente Variante al Regolamento Urbanistico - Allegato III - Schede
degli edifici in zona agricola con disciplina degli interventi ammessi
(scheda 263)*



SEZIONI RILIEVO CARICATE IN HEC RAS (nome RS riferito al codice di calcolo)