GEOLOGO DOTT. LUCA LATELLA
Studio Tecnico: Via G. di Vitalone 18-05100 Terni
Tel.0744 - 402427; Mobile 347 - 6355500

REGIONE UMBRIA

PROVINCIA DI TERNI

COMUNE DI TERNI

OGGETTO: PIANO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA PER LA LOTTIZZAZIONE DI UN'AREA EDIFICABILE

LOCALITA': COLLEROLLETTA

COMMITTENTE: Sig.ra Diomei Graziana

Gennaio 2018

GEOLOGO
LUCA LATELLA

ORDINE DEI GEOLOGI
GEOLOGO
LUCA LATELLA
ALBO
259
DELLA REGIONE UMBRIA

1. PREMESSA

Su commissione della Sig.ra Diomei Graziana è stato eseguito un rilevamento geologico, geomorfologico ed idrogeologico sul terreno in esame dove è in progetto un ***PIANO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA PER LA LOTTIZZAZIONE DI UN'AREA EDIFICABILE*** nel Comune di Terni, in Loc. Collerolletta.

L'ampiezza dell'area investigata è stata definita in funzione delle sue caratteristiche litologiche, geomorfologiche e idrogeologiche.
Scopo del lavoro è stato quello di accertare ed analizzare:

- gli aspetti idrologici e morfologici del territorio;
- le condizioni litologiche locali;
- i parametri geotecnici e sismici delle terre in situ.

Le considerazioni riportate sono basate sui dati acquisiti tramite un rilevamento geologico di superficie e sull'analisi di indagini geognostiche e geofisiche realizzate nel sito in studio:

- ***n° 4 sondaggi penetrometrici dinamici pesanti DPSH;***
- ***n° 1 indagine sismica di tipo MASW per la determinazione delle Vs30;***

Periodo delle indagini Gennaio 2018.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO

L'area d'interesse è situata alla quota di circa 155-150 m s.l.m., nella porzione a Nord-Ovest della Conca Ternana.

La morfologia si presenta pianeggiante, tabulare, ed il rilievo geologico di superficie non ha portato ad individuare fattori di potenziale instabilità, pertanto il sito è, allo stato attuale, geologicamente e geomorfologicamente stabile, per cui si esclude qualsiasi dissesto di tipo idrogeologico; l'area infatti anche dalla della **carta IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani) e del P.A.I (PIANO STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO)**, consultabili in allegato, non risulta essere interessata da fenomeni franosi attivi e/o quiescenti.

La categoria topografica corrisponde a T1: aree con inclinazione media < 15°.

Dal punto di vista geologico-strutturale l'area in studio è compresa nell'estremità meridionale del braccio occidentale dell'antico Bacino Tiberino, e sorge al di sopra dei complessi alluvionali e fluvio-lacustri del Fiume Nera, sovrastanti i depositi argillosi di origine marina.

La geologia dell'area in esame, stando alla consultazione in dettaglio della **Carta Geologica del PRG del Comune di Terni in scala 1:10.000 – Sezione CTR n°346040,** è caratterizzata in gran parte da Ghiaie e conglomerati in matrice sabbiosa, conglomerati poco coerenti a clasti calcarei da poco a ben evoluti, possono essere presenti livelli di sabbie limose o argille.

Tutta l'area non presenta linee di disturbo tettonico quali faglie o fratture, né elementi che facciano pensare a movimenti recenti; in definitiva non presenta controindicazioni per il progetto che si intende realizzare.

L'idrografia superficiale, condizionata dalla litologia e dalla morfologia del luogo, risulta organizzata in fossi e rivoli, a carattere soprattutto stagionale, che convogliano le acque verso il Fiume Nera, che scorre poco a Sud del sito e rappresenta perciò il principale collettore dell'area. Tale settore ricade all'interno del bacino idrografico del Fiume Nera, che attraversa la Conca da est verso sud ovest; la piana alluvionale, estesa circa 40km^2, è sede dell'acquifero principale costituito da sabbie e ghiaie con

potenza di circa 20 – 30 metri di spessore poggianti sui depositi fluvio-lacustri a varia granulometria.

La permeabilità dei depositi affioranti in corrispondenza del sito, data la variabilità del contenuto argilloso, può essere descritta solamente come variabile, in ragione dell'estrema variabilità granulometrica delle litologie presenti.

Si stima la presenza della falda acquifera principale ad una profondità maggiore di – 15,00 metri dal piano attuale di campagna.

2.1 Sismicità di base

Stando alla classificazione sismica della Regione Umbria (DGR 852/03, O.P.C.M. 3274/03 e O.P.C.M. 3519/2006), il Comune di Terni rientra in zona sismica 2.

Come mostra l'estratto della Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, per il territorio del Comune di Terni è prevedibile un'accelerazione massima al suolo ag max compresa tra 0,150 e 0,175, calcolata con probabilità di eccedenza in 50 anni del 10% (tempo di ritorno: 475 anni).

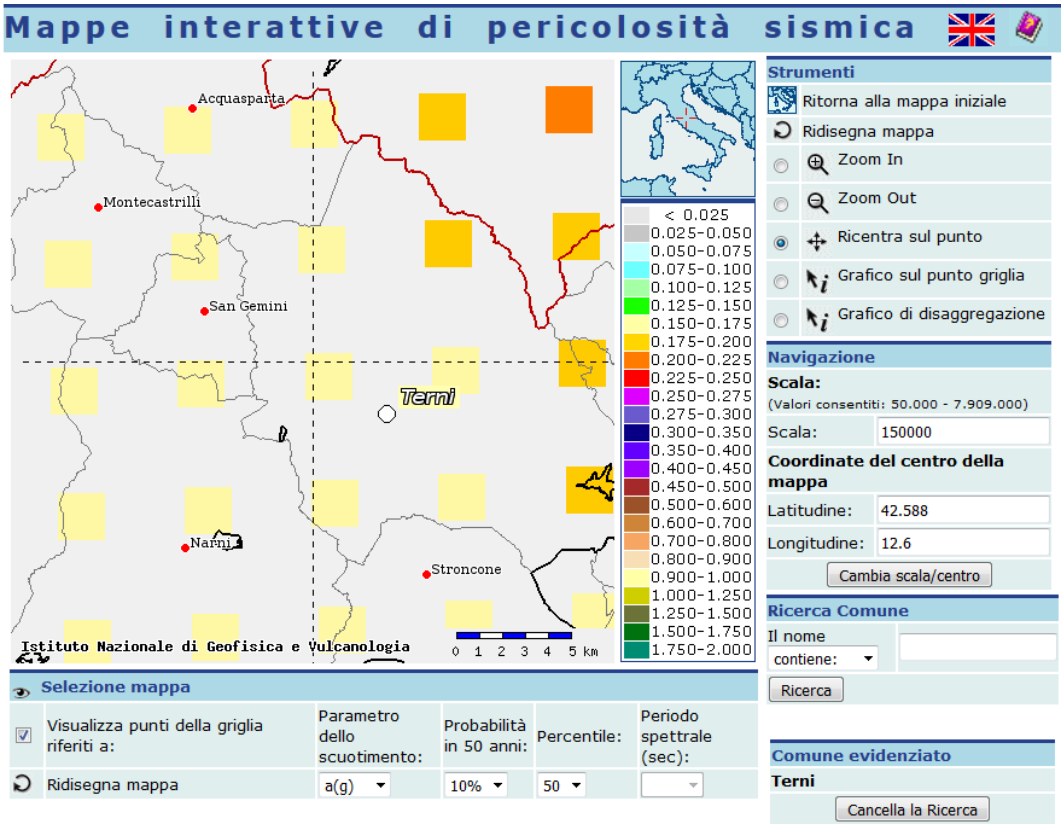


Fig. 1 Mappa di pericolosità sismica, dal sito *http://esse1-gis.mi.ingv.it/*

2.2 Sismicità storica e recente

Dall' analisi dei dati disponibili all'interno del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (fonte INGV) dal 1000 al 1899, non sono stati individuati eventi sismici storici significativi , mentre nel Catalogo parametrico dei terremoti Italiani dal 1900 al 2006 risulta che il territorio di Stroncone è stato interessato da un evento sismico in data 05 Dicembre 1917, con MW = 5.03 +- 0,55 (valore macrosismico), come risulta dall'allegata scheda acquisita dal sito del INGV.

Collerolletta

PlaceID	IT_50239
Coordinate (lat, lon)	42.579, 12.619
Comune (ISTAT 2015)	Terni
Provincia	Terni
Regione	Umbria
Numero di eventi riportati	1

Effetti	In occasione del terremoto del										
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6-7	1917	05	12	15	34	3	Ternano	34	7-8	5.03

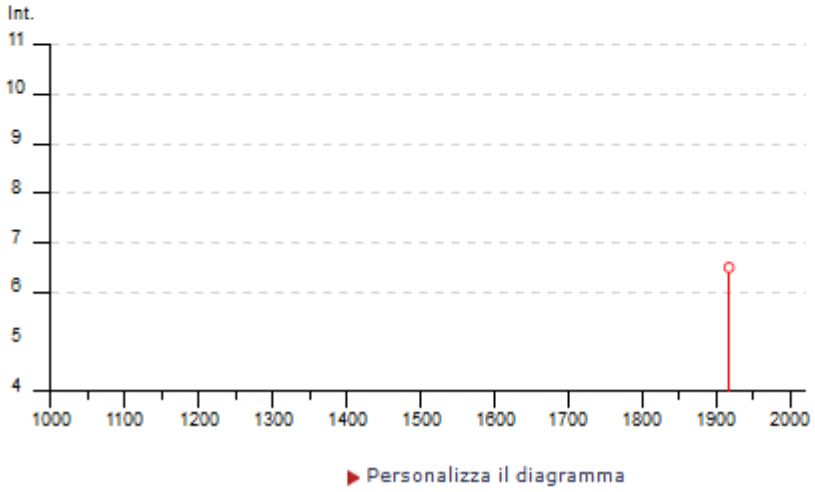


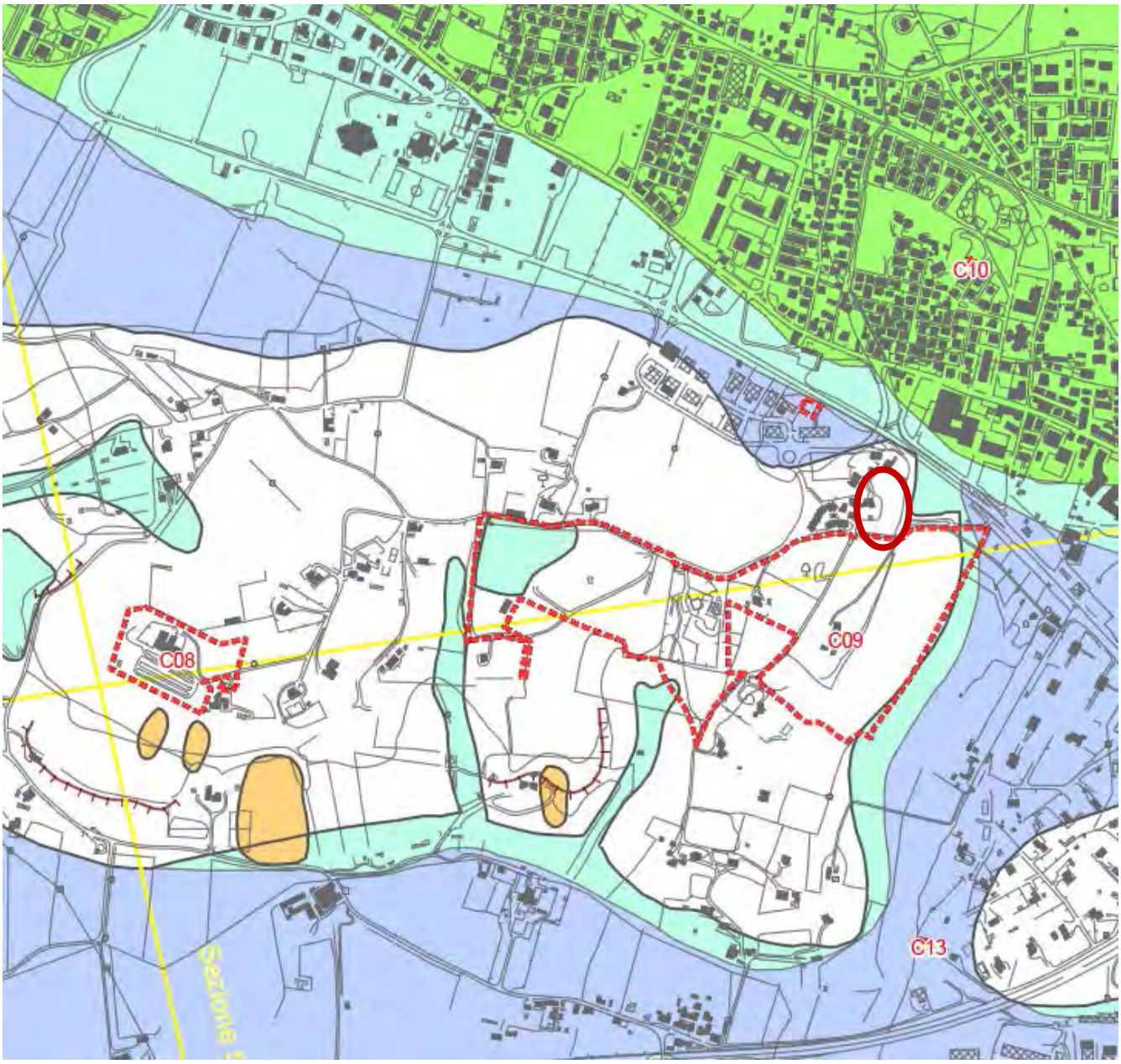
Fig. 2 Scheda del Comune di Terni, fonte INGV

4. MICROZONAZIONE SISMICA

4.1 Microzonazione sismica livello 1

Al fine di caratterizzare il sito in esame da un punto di vista sismico in accordo con la normativa vigente sono state consultate le cartografie relative alla microzonazione sismica di livello 1 e 2 della Regione Umbria.

In particolare dall'immagine sotto riportata è possibile collocare l'area in oggetto all'interno della Zona 9.



Tale area è caratterizzata dalla presenza di uno strato superficiale di alterazione e a seguire ghiaie calcaree compatte in matrice. Fino alla profondità di circa -120 metri sono presenti depositi costituiti da alternanze di limi argillosi consistenti e potenti orizzonti di travertini compatti. Il bedrock sismico è costituito dalla Formazione della Scaglia Rossa, alla profondità di circa -120 dal piano attuale di campagna come descritto in letteratura.

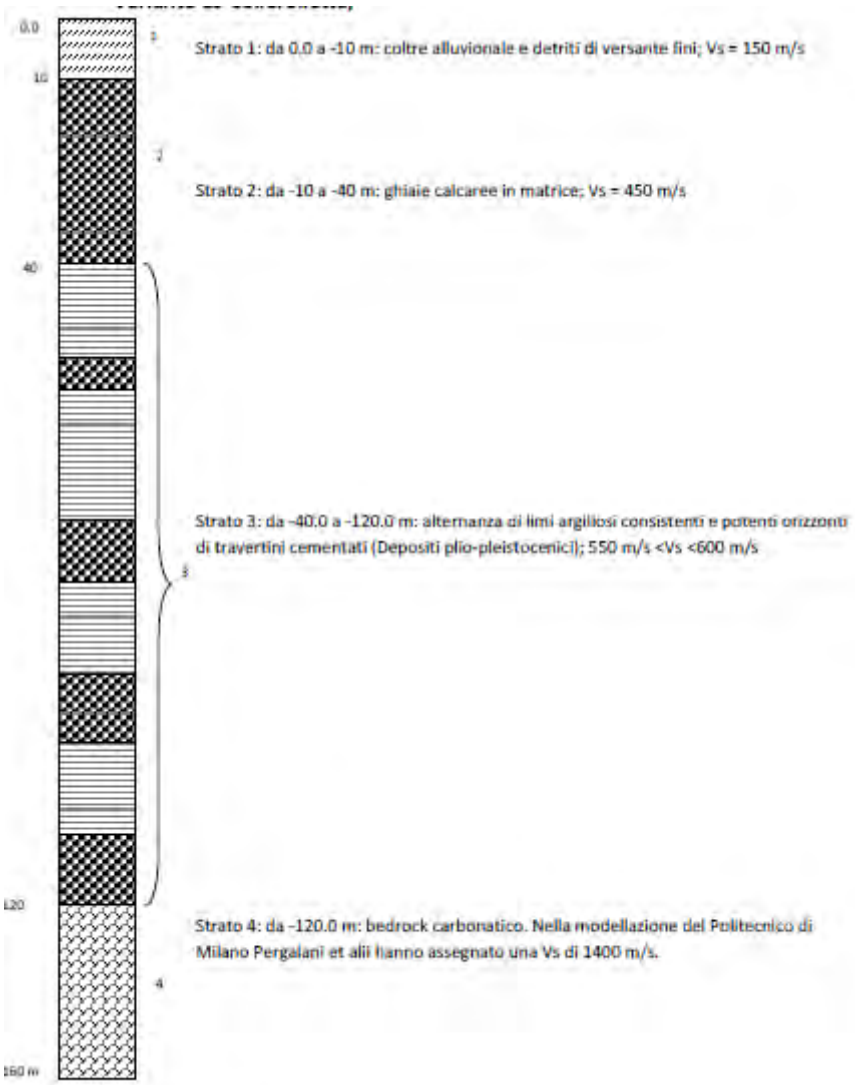


Figura 1 Schema stratigrafico del sito oggetto di piano attuativo

4.2 Microzonazione sismica (Livello2)

La microzonazione sismica di livello 2 è stata elaborata partendo dall'analisi dei risultati delle indagini condotte, e le successive considerazioni sono state effettuate sulla base del testo "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica", tenendo conto degli abachi di riferimento descritti nel paragrafo 3.2 (Vol.2). Le litologie, gli spessori e le velocità delle onde sismiche (Vs), sono stati uniformati alle tabelle degli abachi di riferimento, che prevedono dei gradini di velocità crescenti di 50 m/s e dei gradini di spessore crescente 5 m per le tre tipologie standard di terreno previste (argilla, sabbia e ghiaia). Di seguito sono presentati gli abachi utilizzati per il calcolo dei fattori di amplificazione, presenti all'interno del documento "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" realizzato dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile; gli abachi hanno come parametri di ingresso la velocità media pesata delle onde S all'interno dei livelli di copertura (Vsh) e la profondità del bedrock sismico a partire dal piano di campagna (H), la combinazione dei quali permette il calcolo dei fattori FA e FV, come visibile nelle immagini seguenti a titolo di esempio:

Fattore di amplificazione	Tipo di terreno	a_g (g)	Profilo di velocità
FA	Ghiaia	0.18g	Costante

	$V_{s,30}$ (m/s)									
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2.30	1.93	1.62	1.45	1.35	1.21	1.12	1.07	1.02	1.01
10	-	2.01	1.98	1.79	1.60	1.41	1.28	1.20	1.09	1.03
15	-	1.61	1.80	1.78	1.69	1.56	1.43	1.32	1.16	1.06
20	-	1.27	1.52	1.63	1.62	1.55	1.46	1.37	1.20	1.08
25	-	1.08	1.27	1.45	1.47	1.48	1.42	1.36	1.22	1.10
30	-	1.06	1.14	1.25	1.36	1.37	1.37	1.32	1.21	1.09
35	-	-	1.11	1.15	1.21	1.27	1.27	1.27	1.18	1.09
40	-	-	1.08	1.11	1.14	1.18	1.20	1.21	1.16	1.07
50	-	-	0.99	1.09	1.10	1.10	1.08	1.09	1.09	1.04
H 60	-	-	0.89	1.03	1.08	1.08	1.07	1.05	1.03	1.00
70	-	-	0.81	0.93	1.05	1.06	1.06	1.04	1.01	0.98
80	-	-	0.74	0.87	0.96	1.04	1.03	1.03	1.00	0.96
90	-	-	0.74	0.83	0.90	0.97	1.02	1.01	0.99	0.95
100	-	-	0.70	0.79	0.87	0.93	0.97	1.00	0.98	0.94
110	-	-	0.64	0.78	0.83	0.89	0.93	0.97	0.96	0.93
120	-	-	0.62	0.76	0.80	0.86	0.90	0.94	0.95	0.93
130	-	-	0.60	0.70	0.80	0.84	0.89	0.89	0.93	0.91
140	-	-	0.58	0.67	0.78	0.82	0.86	0.89	0.91	0.90
150	-	-	0.55	0.65	0.75	0.80	0.85	0.88	0.90	0.89

Fattore di amplificazione	Tipo di terreno	a_g (g)	Profilo di velocità
FV	Ghiaia	0.18g	Costante

	$V_{s,30}$ (m/s)									
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.57	1.13	1.08	1.04	1.03	1.02	1.01	1.01	1.00	1.00
10	-	1.91	1.44	1.18	1.11	1.07	1.05	1.03	1.01	1.00
15	-	2.34	1.92	1.52	1.28	1.16	1.10	1.07	1.03	1.01
20	-	2.31	2.15	1.81	1.51	1.31	1.19	1.13	1.06	1.02
25	-	2.25	2.19	1.93	1.67	1.46	1.30	1.19	1.08	1.03
30	-	2.11	2.12	2.02	1.77	1.54	1.39	1.27	1.11	1.04
35	-	-	2.03	1.95	1.83	1.64	1.45	1.32	1.14	1.05
40	-	-	1.96	1.92	1.81	1.67	1.52	1.37	1.16	1.06
50	-	-	1.87	1.81	1.75	1.66	1.55	1.43	1.21	1.08
H 60	-	-	1.72	1.73	1.67	1.60	1.53	1.42	1.24	1.10
70	-	-	1.61	1.63	1.60	1.54	1.47	1.41	1.24	1.11
80	-	-	1.54	1.56	1.54	1.47	1.42	1.36	1.24	1.11
90	-	-	1.52	1.46	1.49	1.44	1.37	1.32	1.22	1.10
100	-	-	1.50	1.43	1.41	1.39	1.34	1.29	1.20	1.10
110	-	-	1.46	1.42	1.36	1.35	1.31	1.26	1.17	1.07
120	-	-	1.39	1.40	1.34	1.29	1.29	1.24	1.14	1.05
130	-	-	1.30	1.37	1.32	1.28	1.25	1.21	1.12	1.04
140	-	-	1.21	1.34	1.32	1.27	1.22	1.19	1.10	1.03
150	-	-	1.14	1.26	1.28	1.24	1.20	1.17	1.09	1.02

Di seguito vengono descritte le considerazioni effettuate per il sito oggetto di indagine in riferimento alla realizzazione della microzonazione sismica di livello II.

Si è proceduto quindi ricavando i valori di amplificazione sismica considerando i risultati delle indagini geofisiche e geotecniche.

Per ogni punto oggetto di indagine è stata calcolata una media, pesata sullo spessore, delle velocità delle onde S, Vsh, all'interno dei depositi di copertura posti al di sopra del substrato sismico, al fine del calcolo dei fattori di amplificazione.

Sono stati individuati fattori di amplificazione sismica diversi, in ragione della variabilità degli spessori e delle velocità dei depositi presenti; i valori ottenuti sono quindi stati interpolati su tutta l'area in oggetto.

Nel dettaglio, sono stati presi in considerazione i seguenti parametri per l'utilizzo degli abachi di riferimento allo scopo del calcolo del fattore di amplificazione:

- Ag(g) = 0,18;
- la presenza di un litotipo identificabile come "Ghiaie";
- un profilo di velocità costante;
- una profondità del bedrock sismico posto a 120 metri dal piano attuale di campagna;
- Vsh S media ne m di terreno è compresa tra 450 e 550 m/s.

$$Vs_h = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{Vs_i}}$$

Indagine	H(m)	V_{sh} (m/s)	FA	FV
Masw 1	30	542	0.92	1.19

Il fattore di amplificazione per il sito in esame è il seguente:

Fa = 0.92

Fv=1.19

4.3 Microzonazione sismica (Livello3)

A seguito dell'analisi geomorfologica e geologica l'area in studio NON presenta caratteristiche di amplificazione sismica quali: aree in frana, inversioni di velocità sismica, aree di cresta o scarpata morfologica. Inoltre i terreni per lo più ghiaiosi sono ben addensati e continui lateralmente. Per tali ragioni sono stati presi in considerazione i valori di amplificazione sismica Fa ed Fv.

Il fattore di amplificazione per il sito in esame è il seguente:

Fa = 0.92

Fv=1.19

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La successione stratigrafica del sito indagato è stata ricostruita in base al rilevamento geologico effettuato e in base ai risultati di indagini geotecniche e geofisiche eseguite dallo scrivente nel sito e in particolare dall'esecuzione di n° 4 prove petrometriche dinamiche superpesanti e una sismica di tipo MASW per la caratterizzazione della categoria di sottosuolo.

Si propone di seguito la stratigrafia del sito, assieme ai parametri geotecnici medi dei livelli presenti.

Prova penetrometrica n° 1

LITOLOGIA	QUOTA DAL P.C. (m)	γ_n (t/m^3)	φ (°)	C' (kg/cm^2)	Cu (kg/cm^2)	K (kg/cm^3)
Strato (1) Terreno vegetale	0.00-0,30	1,80	18,00	--	--	0,50
Strato (2) Ghiaie in matrice limo argillosa	0,30-0,90	2,10	32,00	--	--	4,00
Strato (3) Ghiaie compatte	0,90-1,20	2,20	40,00	--	--	8,00

φ=angolo d'attrito interno efficace; C_u=coesione non drenata; C'=coesione drenata; γn=peso di volume naturale; K=Coefficiente di sottofondo

Prova penetrometrica n° 2

LITOLOGIA	QUOTA DAL P.C. (m)	γ_n (t/m^3)	φ (°)	C' (kg/cm^2)	Cu (kg/cm^2)	K (kg/cm^3)
Strato (1) Terreno vegetale	0.00-0,60	1,80	18,00	--	--	0,50
Strato (2) Limi argillosi debolmente sabbiosi	0,60-1,80	1,85	24,00			1,00
Strato (3) Ghiaie in matrice limo argillosa	1,80-3,30	2,10	32,00	--	--	4,00

Strato (4) Ghiaie compatte	**3,30-3,90**	**2,20**	**40,00**	**--**	**--**	**8,00**

φ=angolo d'attrito interno efficace; $C_{u.}$=coesione non drenata; $C'_{.}$=coesione drenata; γn=peso di volume naturale; K=Coefficiente di sottofondo

Prova penetrometrica n° 3

LITOLOGIA	**QUOTA DAL P.C. (m)**	**γ_n (t/m^3)**	**φ (°)**	**C' (kg/cm^2)**	**Cu (kg/cm^2)**	**K (kg/cm^3)**
Strato (1) Terreno vegetale	**0.00-0,60**	**1,80**	**18,00**	**--**	**--**	**0,50**
Strato (4) Ghiaie compatte	**0.60-0,90**	**2,20**	**40,00**	**--**	**--**	**8,00**

φ=angolo d'attrito interno efficace; $C_{u.}$=coesione non drenata; $C'_{.}$=coesione drenata; γn=peso di volume naturale; K=Coefficiente di sottofondo

Prova penetrometrica n° 4

LITOLOGIA	**QUOTA DAL P.C. (m)**	**γ_n (t/m^3)**	**φ (°)**	**C' (kg/cm^2)**	**Cu (kg/cm^2)**	**K (kg/cm^3)**
Strato (1) Terreno vegetale	**0.00-0,60**	**1,80**	**18,00**	**--**	**--**	**0,50**
Strato (2) Limi argillosi debolmente sabbiosi	**0,60-2,70**	**1,85**	**24,00**			**1,00**
Strato (3) Ghiaie in matrice limo argillosa	**2,70-5,10**	**2,10**	**32,00**	**--**	**--**	**4,00**
Strato (4) Ghiaie compatte	**5,10-5,40**	**2,20**	**40,00**	**--**	**--**	**8,00**

CARATTERIZZAZIONE GEOFISICA DEL SITO

Nel mese di GENNAIO 2018 è stata eseguita n. 1 indagine di tipo MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) all'interno del territorio del Comune di Terni. L'indagine è consistita nell'esecuzione di uno stendimento di lunghezza di 24.0 m, e l'acquisizione è stata effettuata utilizzando il Sismografo a 12 canali 16SG24 della P.A.S.I. s.r.l. di Torino; come sorgente di energia è stata utilizzata una mazza di battuta su piastra in alluminio, mentre la successiva elaborazione è avvenuta mediante il software WinMASW, della Eliosoft.

Lunghezza stendimento: 24.0 m
Distanza intergeofonica: 2.0 m.

L'acquisizione dei risultati è avvenuta effettuando n. 1 battuta con offset di 2 dal primo geofono, ed utilizzando come sorgente di energia una mazza di battuta. L'interpretazione dei dati ha permesso di individuare il seguente risultato :

$$Vs_{30}\ (m/s) = 542$$

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008) il terreno in oggetto ricade nella categoria di sottosuolo: **B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30> 250 kPa nei terreni a grana fina).**

Sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)
1	403	11.9
2	701	18

E' da tener presente, tuttavia, che le Vs30, e la relativa categoria di sottosuolo risultante, si riferiscono ai 30 metri di profondità a partire dal piano campagna.

6. CONCLUSIONI

Sulla base delle caratteristiche litotecniche, idrogeologiche e geomorfologiche della zona in studio e facendo riferimento alla normativa vigente in materia si perviene alle seguenti conclusioni:

- **Il sito oggetto di studio risulta idoneo e le opere di progetto non comportano alcuna modifica da un punto di vista strettamente geologico – idrogeologico – geomorfologico ed idraulico;**

- Da un punto di vista geologico e geomorfologico tutta la zona studiata risulta stabile, infatti, il rilevamento effettuato non ha portato ad individuare zone interessate da movimenti di dissesto di tipo franoso profondo, o aree in stato di equilibrio gravitativo precario, non sono presenti fenomeni gravitativi attivi e/o quiescenti, il tutto è confermato dall'analisi **della cartografia IFFI (Inventario fenomeni franosi) e della Tavola n°132 del P.A.I. (Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico - Frane);**

- Durante l'esecuzione delle n°4 prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH, non è stata intercettata la falda acquifera; si stima la presenza della falda acquifera principale oltre i -15.00 metri di profondità dal piano attuale di campagna;

- Per quanto attiene la Nuova Normativa Antisismica, il sito rientra nella categoria**: B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30> 250 kPa nei terreni a grana fina).**

La categoria topografica può essere assunta pari a ***T1: aree pianeggianti con inclinazione media <15°.***

PER QUANTO ATTIENTE LA VERIFICA A LIQUEFAZIONE QUEST'ULTIMA NON E' STATA REALIZZATA POICHE' LA FALDA RISULTA ATTESTATA OLTRE I – 15 METRI DAL PIANO ATTUALE DI CAMPAGNA, E I TERRENI RISCONTRATI NON RINETRANO NEL FUSO GRANULOMETRICO DELLE SABBIE SOGGETTE A LIQUEFAZIONE.

I fattori di amplificazione sismica calcolati per l'area in esame sono i seguenti:

Fa=0.92

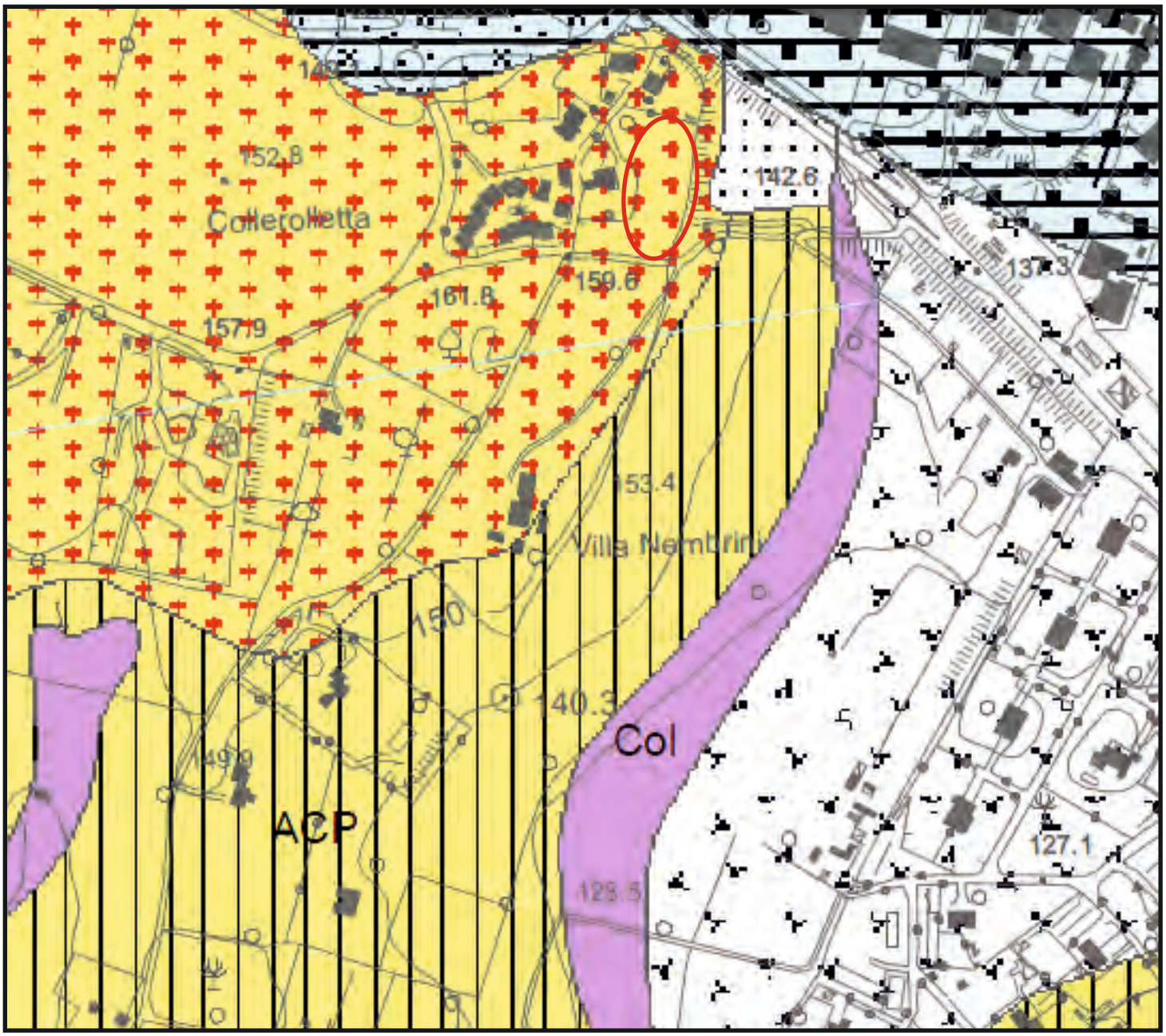
Fv=1.19

GENNAIO 2018

GEOLOGO
LUCA LATELLA

ORDINE DEI GEOLOGI
GEOLOGO
LUCA LATELLA
ALBO
259
DELLA REGIONE UMBRIA

CARTA GEOLOGICA PRG di Terni
SEZIONE CTR N° 346040



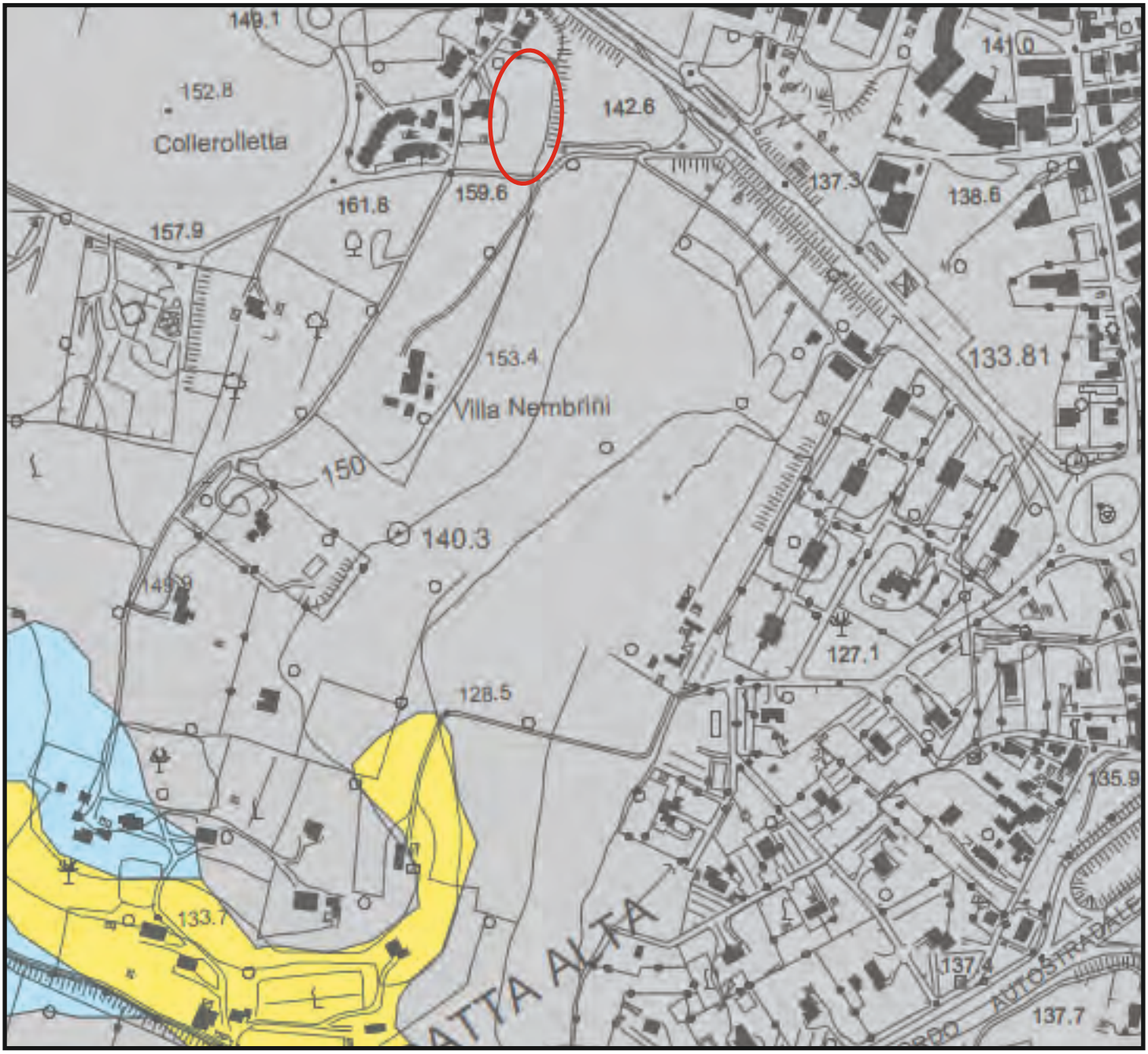
Legenda

Area in studio

CGS **GHIAIE, GHIAIE SABBIOSE E CONGLOMERATI**
Ghiaie e conglomerati in matrice sabbiosa, conglomerati poco coerenti a clasti calcarei da poco a ben evoluti, localmente con evidenti embriciature; possono essere presenti livelli di sabbie limose o argille.
(Pleistocene inf-Pleistocene medio)

Dott. Geol. Luca Latella

CARTA DELLE ACCLIVITA' DEI VERSANTI CON I PRINCIPALI ELEMENTI MORFOLOGICI SEZIONE C.T.R. N° 346040 - TERNI



Legenda

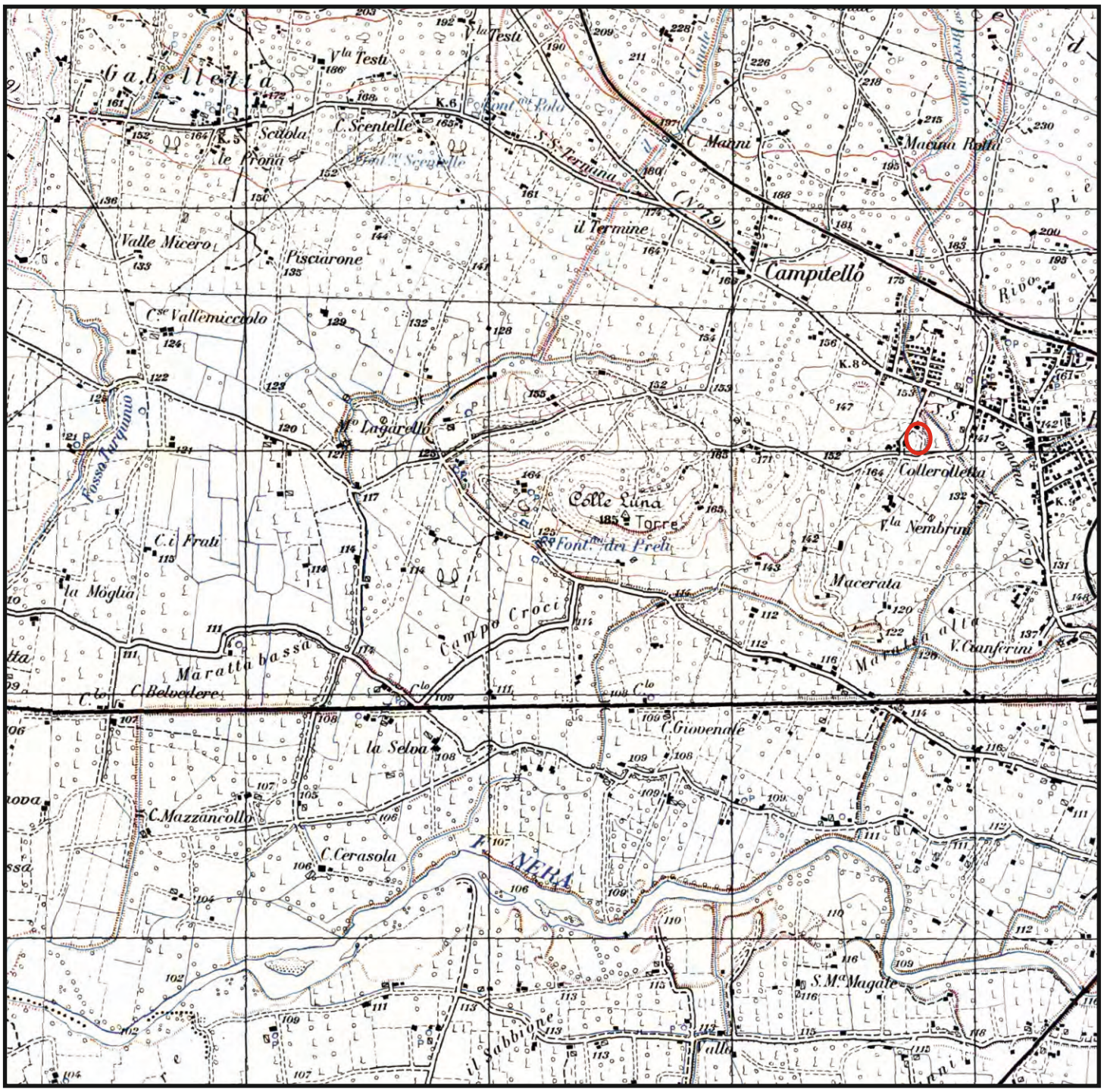
Area in studio

CLASSI DI PENDENZA (P)

1 P<5%(2,8°)

Dott. Geol. Luca Latella

CARTA TOPOGRAFICA IGM
SCALA 1:25000

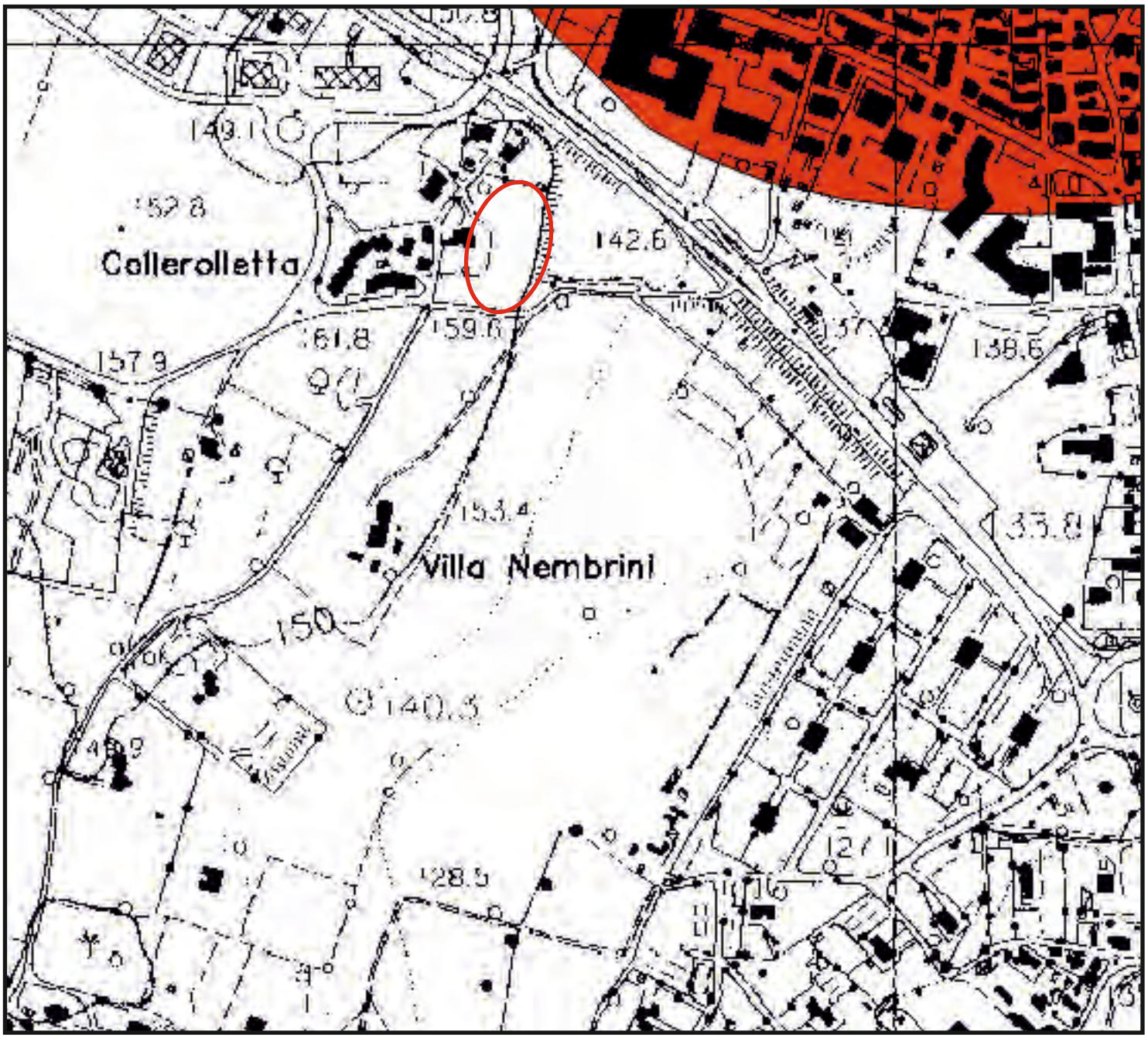


Legenda

Area in studio

Dott. Geol. Luca Latella

PAI
(PIANO STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO)



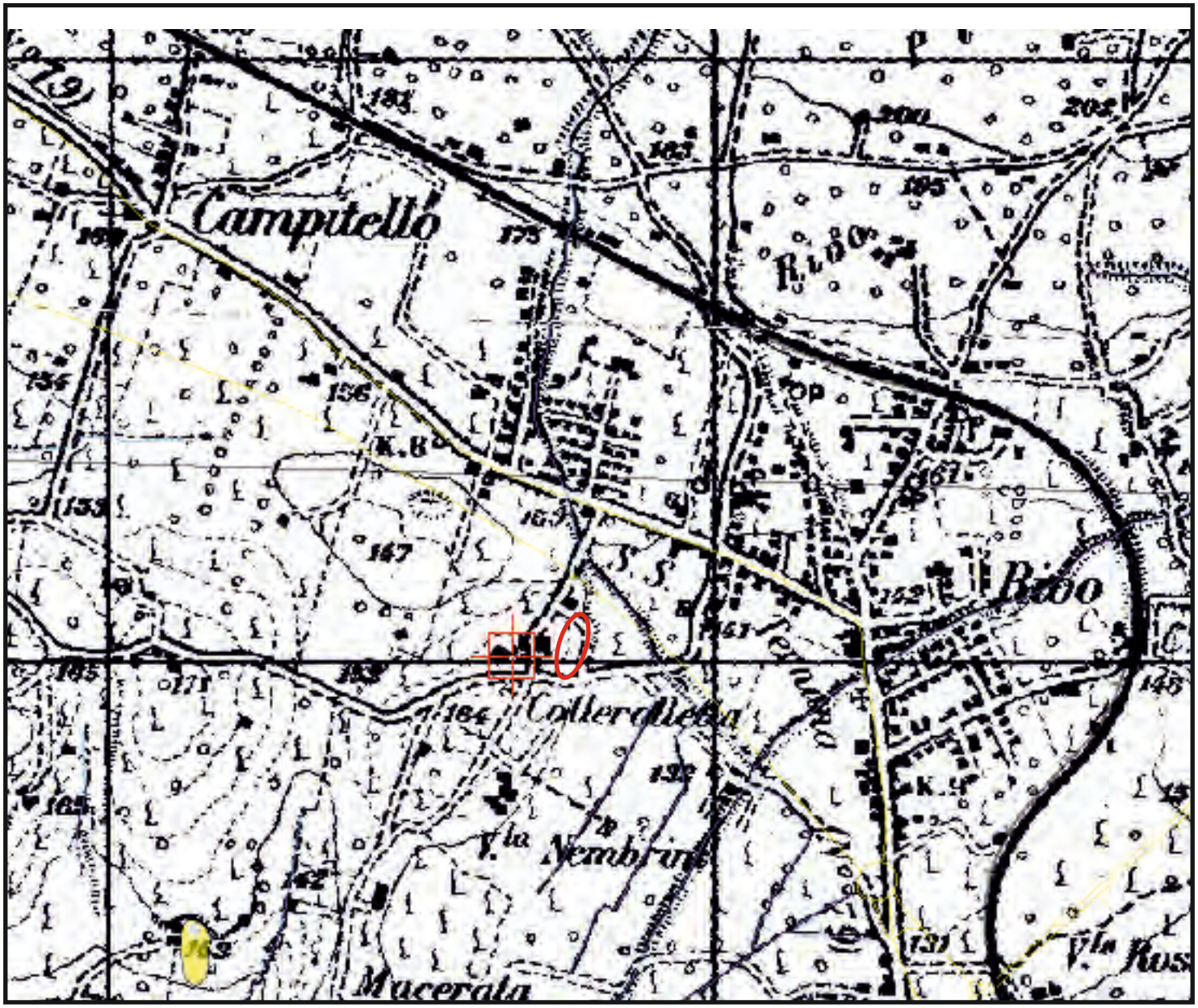
Legenda

Area in studio

Il sito in esame non risulta essere interessato da fenomeni franosi attivi e/o quiescenti.

Dott. Geol. Luca Latella

PROGETTO IFFI
INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI ITALIANI



Legenda

Area in studio

Il sito in esame non risulta essere interessato da fenomeni franosi attivi e/o quiescenti.

Dott. Geol. Luca Latella

ORTOFOTO

Area in studio

Dott. Geol. Luca Latella

ORTOFOTO CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI

Prova penetrometrica dinamica superpesante

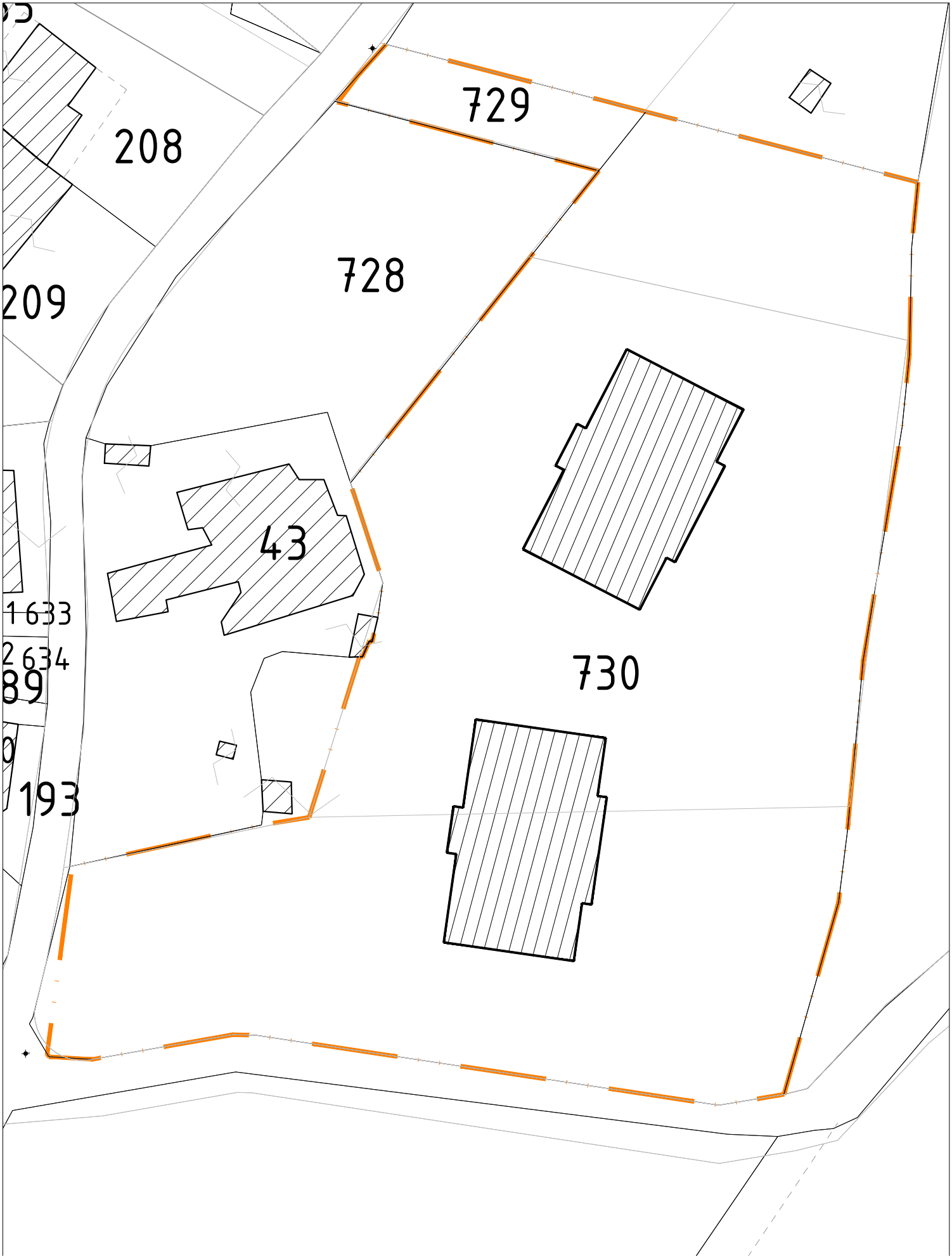
Stendimento sismico di tipo MASW

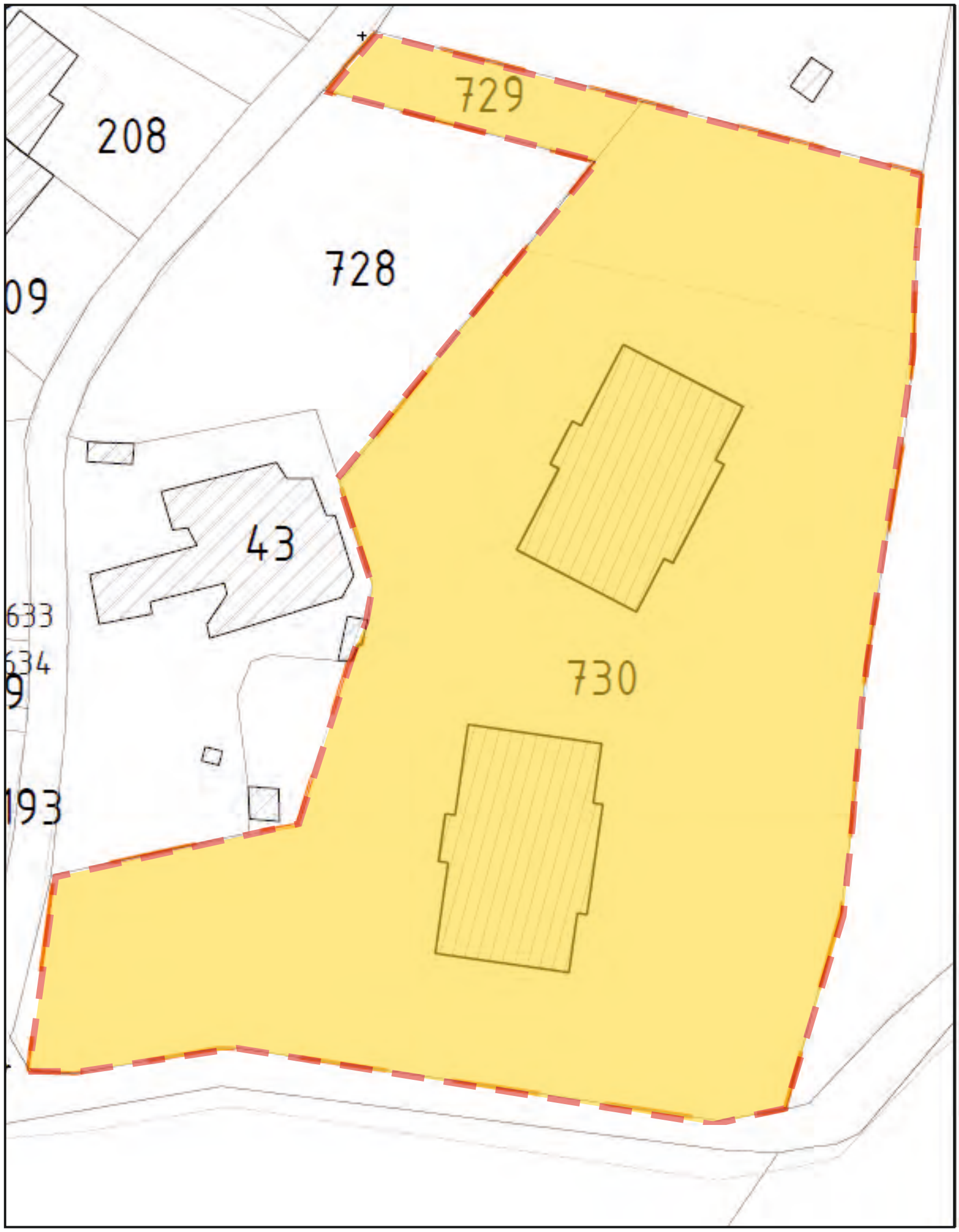
Dott. Geol. Luca Latella

Scala originale: 1:2000
Dimensione cornice: 534.000 x 378.000 metri

25-Gen-2018 10:29:6
Prot. n. T98406/2018

Comune: TERNI
Foglio: 67


208
209
729
728
43
730
193
1633
2634
89



CARTA GEOLOGICA

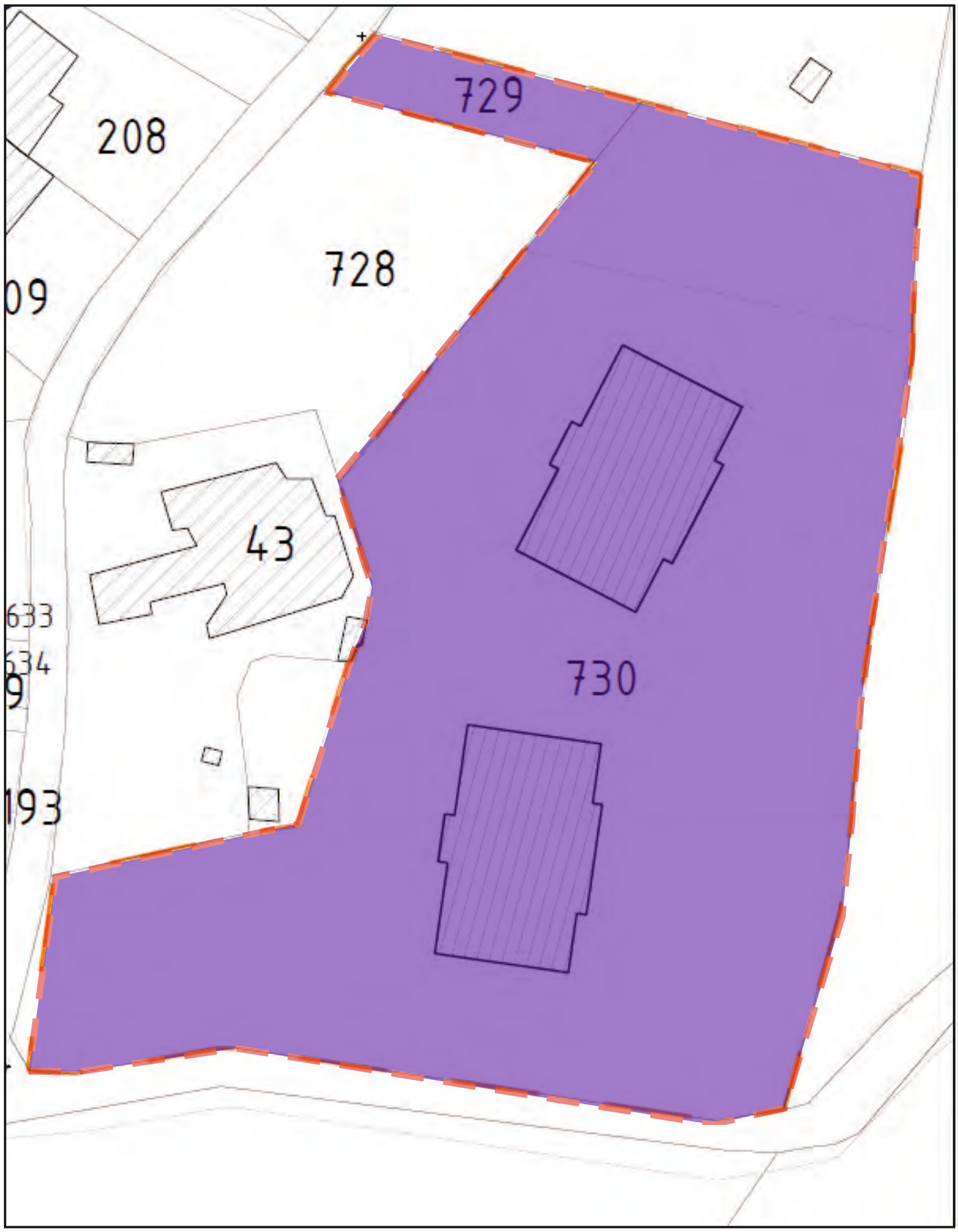
Planimetria generale Lottizzazione

LEGENDA:

Limite area in studio

Ghiaie e conglomerati in matrice sabbiosa, conglomerati poco coerenti a clasti calcarei da poco a ben evoluti, localmente con evidenti embriciature; possono essere presenti livelli di sabbie limose o argille.
(Pleistocene inf-Pleistocene medio)

Dott. Geol. Luca Latella



CARTA GEOMORFOLOGICA

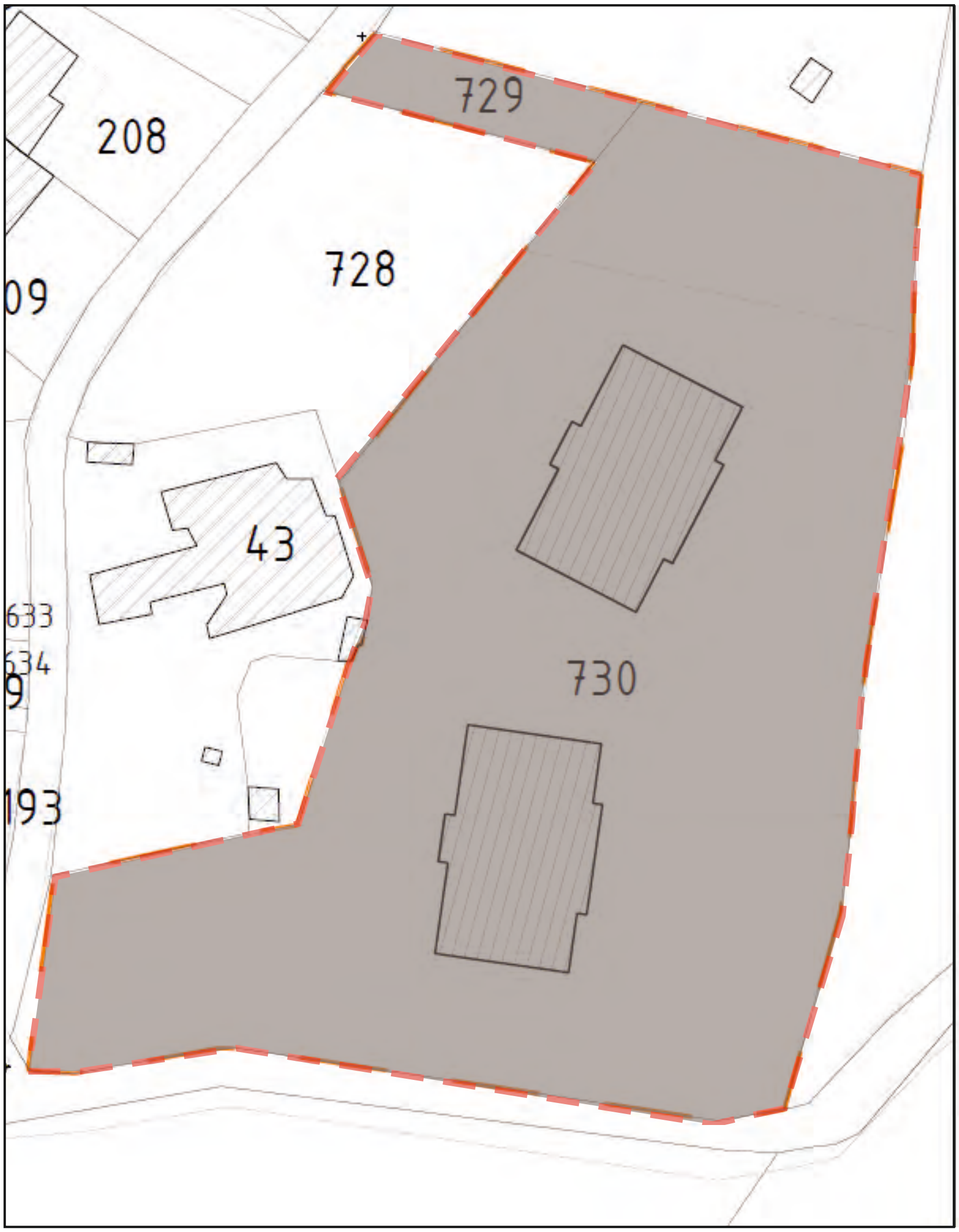
Planimetria generale Lottizzazione

LEGENDA:

Limite area in studio

Assenza di fenomeni franosi attivi e/o quiescenti - Fonti: cartografia IFFI (Inventario fenomeni franosi) e carta P.A.I. (Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico - Frane).

Dott. Geol. Luca Latella



CARTA DELL'ACCLIVITA'

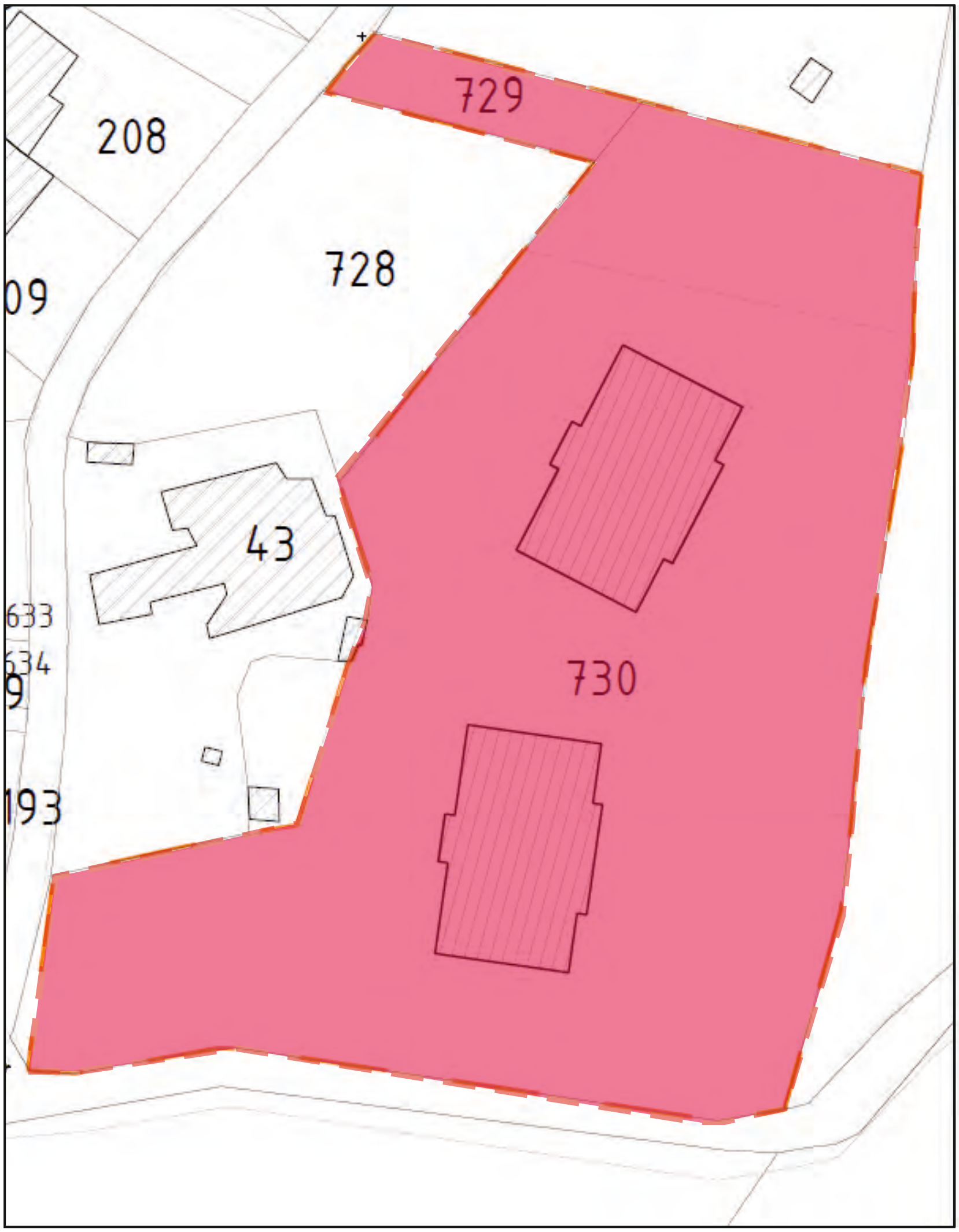
Planimetria generale Lottizzazione

LEGENDA:

Limite area in studio

Categoria topografica pari a T1: aree pianeggianti con inclinazione media <15°.

Dott. Geol. Luca Latella



CARTA IDROGEOLOGICA

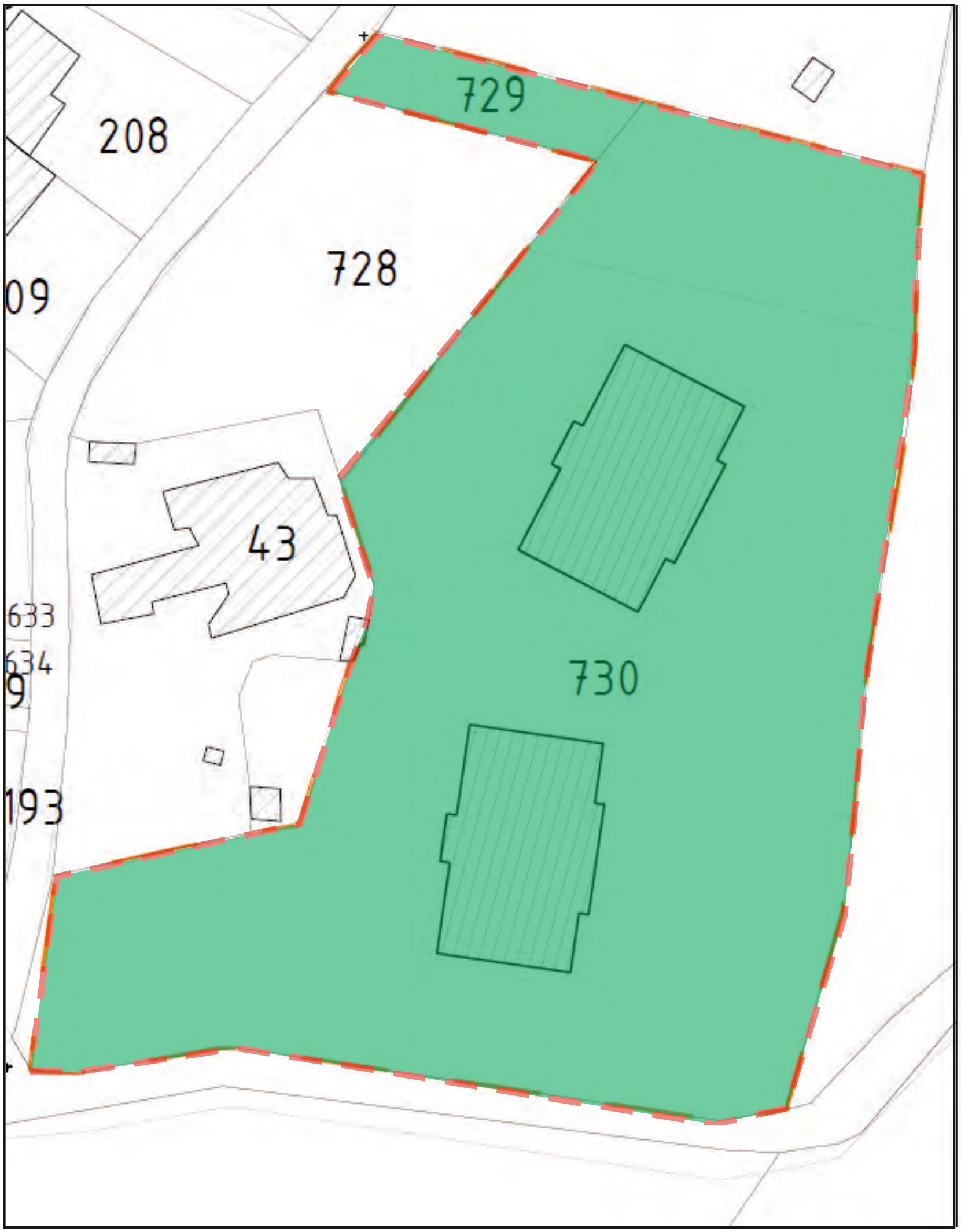
Planimetria generale Lottizzazione

LEGENDA:

Limite area in studio

Permeabilità media (K=10^-4 m/s).

Dott. Geol. Luca Latella



CARTA DELLA ZONAZIONE

Planimetria generale Lottizzazione

LEGENDA:

Limite area in studio

Area ad elavata edificabilità, idonea all'intervento in progetto.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Prosperini S.r.l. Cantiere: Località: Collerolletta	

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PAGANI 73-100 SCPT

Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	72,5	Kg
Altezza di caduta libera	0,75	m
Peso sistema di battuta	6	Kg
Diametro punta conica	50,46	mm
Area di base punta	20	cm²
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	7	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80	m
Avanzamento punta	0,30	m
Numero colpi per punta	N(30)	
Coeff. Correlazione	1,15	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	60	°

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α);
- avanzamento (penetrazione) δ ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	**Sigla di riferimento**	**peso della massa M** *(kg)*	**prof. max indagine battente** *(m)*
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica (α=60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm^2 rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica (α= 60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm^2 rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H=0.75 m, avanzamento δ=30 cm, punta conica (α = 60°), diametro D = 50.8 mm, area base cono A=20.27 cm^2 rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
massa battente M=63.5 kg, altezza caduta H=0.75 m, avanzamento δ=20-30 cm, punta conica conica (α = 60°-90°) diametro D = 50.5 mm, area base cono A = 20 cm^2, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con Nspt

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Qspt è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
δ	passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo (δ/ N).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$(N_1)_{60} = \mathrm{CN} \cdot \mathrm{N60}$ con $\mathrm{CN} = \sqrt{(\mathrm{Pa}/'\sigma_{\mathrm{vo}})}$ $\mathrm{CN} < 1.7$ $\mathrm{Pa} = 101.32\,\mathrm{kPa}$ *(Liao e Whitman 1986)*

$N_{60} = N_{SPT} \cdot (\mathrm{ER}/60) \cdot \mathrm{C_S} \cdot \mathrm{C_r} \cdot \mathrm{C_d}$

ER/60	rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
C_S	parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
C_d	funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
C_r	parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software.*

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

***Media* (+ s)**

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

***Media* (– s)**

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$Nspt,_k = Nspt,_{medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{Nspt})$$

dove σ_{Nspt} è la deviazione standard di Nspt

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di Nspt,k viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di Nspt distribuiti normalmente:

$$Nspt,_k = Nspt,_{medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{Nspt}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immorsamento d = 1 m.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati Nspt il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se Nspt dello strato considerato risulta inferiore a Nspt critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione Nspt in presenza di falda

$$Nspt\ corretto = 15 + 0.5 \cdot (Nspt - 15)$$

Nspt è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) σ >5 t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) σ >15 t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) s>15 t/mq.

- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young *(E_y)*

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione *(Stress Ratio)*

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio *Vs (m/s)*

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio *(G)*

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione *(Ko)*

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico *(Qc)*

- Robertson (1983) - Qc

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con Nspt < 8 , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). *C*u (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5, per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (Cu-Nspt-grado di plasticità).

- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con Nc = 20 e Qc/Nspt = 2.
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico** (Qc)*

- Robertson (1983) - Qc

***Modulo Edometrico-Confinato** (Mo)*

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità (IP < 20), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità (IP < 20) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato -Mo (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto Qc/Nspt=1.5-2.0).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte (Nspt < 30) medie e molli (Nspt < 4) e argille sabbiose (Nspt = 6-12).

***Modulo Di Young** (E_Y)*

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15.
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... PAGANI 73-100 SCPT
Prova eseguita in data 22/01/2018
Profondità prova 1,20 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,30	4	0,853	26,21	30,74	1,31	1,54
0,60	23	0,747	132,03	176,75	6,60	8,84
0,90	29	0,742	152,75	205,99	7,64	10,30
1,20	65	0,636	293,76	461,70	14,69	23,08

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm²)	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	0.00-0,30	4	Incoerente	1,80	1,88	18,00	--	---	---	0,35	239,25	60,29
Strato (2) Ghiaie in matrice limo argillosa	0,30-0,90	29	Incoerente	2,10	2,08	32,00	--	174,00	342,90	0,3	1540,17	110,99
Strato (3) Ghiaie compatte	0,90-1,20	74	Incoerente	2,20	2,18	40,00	--	444,00	873,90	0,2	3715,28	145,41

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... PAGANI 73-100 SCPT
Prova eseguita in data 22/01/2018
Profondità prova 3,90 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,30	2	0,853	13,11	15,37	0,66	0,77
0,60	5	0,847	32,54	38,42	1,63	1,92
0,90	4	0,842	23,91	28,41	1,20	1,42
1,20	4	0,836	23,76	28,41	1,19	1,42
1,50	7	0,831	41,33	49,72	2,07	2,49
1,80	5	0,826	29,35	35,52	1,47	1,78
2,10	14	0,772	71,34	92,45	3,57	4,62
2,40	12	0,817	64,75	79,24	3,24	3,96
2,70	18	0,763	90,67	118,86	4,53	5,94
3,00	24	0,709	104,93	148,06	5,25	7,40
3,30	30	0,705	130,42	185,08	6,52	9,25
3,60	58	0,601	215,00	357,82	10,75	17,89
3,90	65	0,597	224,71	376,27	11,24	18,81

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm²)	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	0.00-0,60	4	Incoerente	1,80	1,88	18,00	--	---	---	0,35	239,25	68,92
Strato (2) Limi argillosi debolmente sabbiosi	0,60-1,80	5	Coesivo Incoerente	1,85	1,92	24,00	0,25	52,79	50,00	0,34	295,08	93,61
Strato (3) Ghiaie in matrice limo argillosa	1,80-3,30	22	Incoerente	2,10	2,08	32,00	--	132,00	260,30	0,31	1187,93	139,9
Strato (4) Ghiaie compatte	3,30-3,90	70	Incoerente	2,20	2,18	40,00	--	420,00	826,70	0,21	3526,19	182,68

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato... PAGANI 73-100 SCPT
Prova eseguita in data 22/01/2018
Profondità prova ,90 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,30	4	0,853	26,21	30,74	1,31	1,54
0,60	6	0,847	39,05	46,11	1,95	2,31
0,90	65	0,642	296,19	461,70	14,81	23,08

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm²)	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	0.00-0,60	5	Incoerente	1,80	1,88	18,00	--	---	---	0,34	295,08	71,64
Strato (2) Ghiaie compatte	0,60-0,90	74	Incoerente	2,20	2,18	40,00	--	444,00	873,90	0,2	3715,28	136,27

PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato... PAGANI 73-100 SCPT
Prova eseguita in data 22/01/2018
Profondità prova 5,40 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,30	2	0,853	13,11	15,37	0,66	0,77
0,60	4	0,847	26,04	30,74	1,30	1,54
0,90	5	0,842	29,89	35,52	1,49	1,78
1,20	4	0,836	23,76	28,41	1,19	1,42
1,50	3	0,831	17,71	21,31	0,89	1,07
1,80	2	0,826	11,74	14,21	0,59	0,71
2,10	3	0,822	16,28	19,81	0,81	0,99
2,40	5	0,817	26,98	33,02	1,35	1,65
2,70	9	0,813	48,31	59,43	2,42	2,97
3,00	13	0,759	60,85	80,20	3,04	4,01
3,30	23	0,705	99,99	141,89	5,00	7,09
3,60	27	0,701	116,75	166,57	5,84	8,33
3,90	18	0,747	77,86	104,20	3,89	5,21
4,20	12	0,794	55,13	69,47	2,76	3,47
4,50	17	0,740	72,86	98,41	3,64	4,92
4,80	26	0,687	103,42	150,51	5,17	7,53
5,10	13	0,734	52,03	70,88	2,60	3,54
5,40	65	0,581	205,93	354,42	10,30	17,72

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm²)	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	0.00-0,60	3	Incoerente	1,80	1,88	18,00	--	---	---	0,35	182,56	65,58
Strato (2) Limi argillosi debolmente sabbiosi	0,60-2,70	5	Coesivo Incoerente	1,85	1,92	24,00	0,25	52,79	50,00	0,34	295,08	99,54
Strato (3) Ghiaie in matrice limo argillosa	2,70-5,10	21	Coesivo Incoerente	2,10	2,08	32,00	--	215,98	210,00	0,31	1137,10	150,64
Strato (4) Ghiaie compatte	5,10-5,40	74	Incoerente	2,20	2,18	40,00	--	444,00	873,90	0,2	3715,28	198,38

Indice

1.PROVA ... Nr.1	10
2.PROVA ... Nr.2	11
3.PROVA ... Nr.3	12
4.PROVA ... Nr.4	13
Indice	16

GEOSTRU SOFTWARE SRL rrr
VIA LUNGOMARE
89032 BIANCO RC ITALY
www.geostru.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... PAGANI 73-100 SCPT

Committente: Prosperini S.r.l.
Cantiere:
Località: Collerolletta

Data: 22/01/2018

Scala 1:5

SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

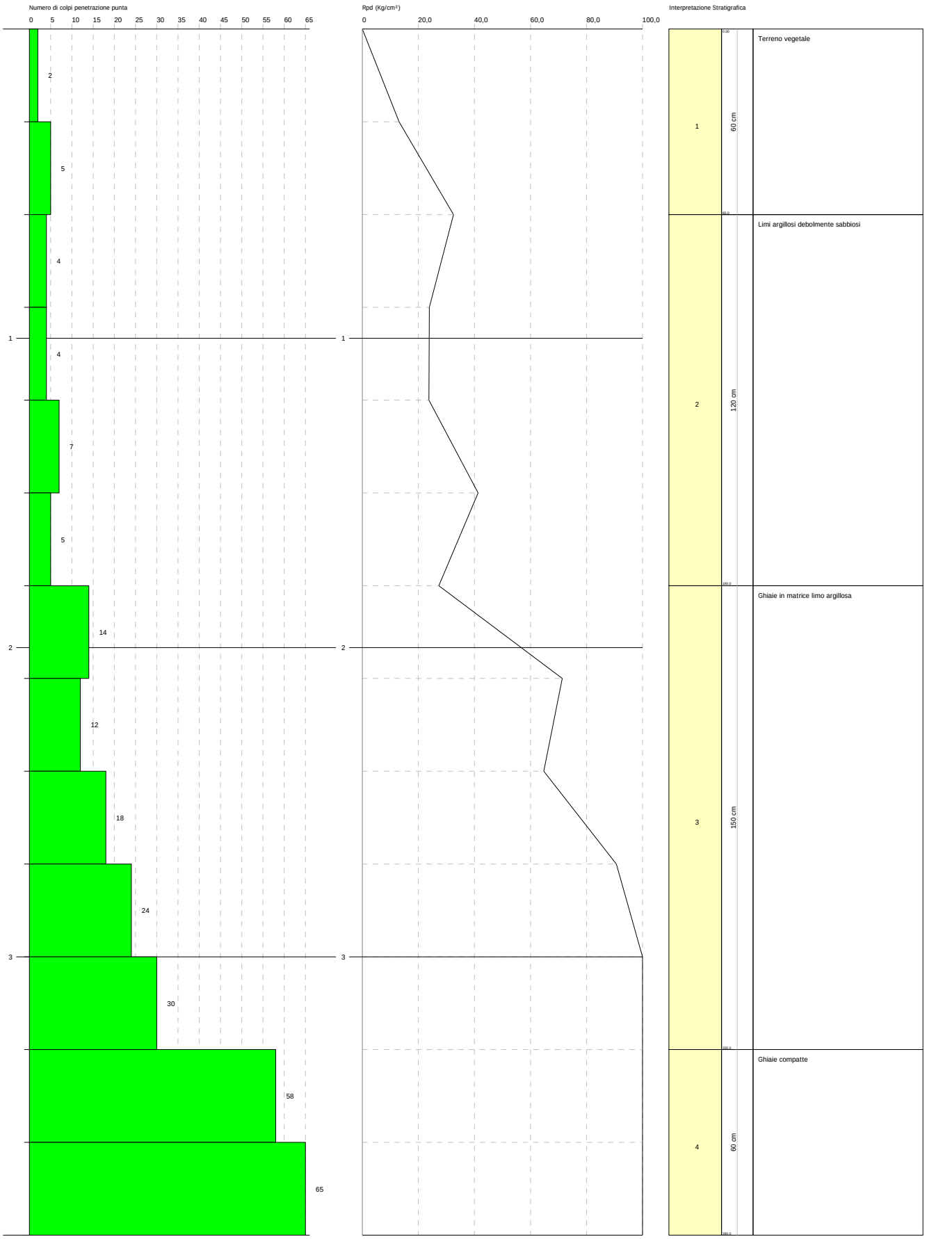
GEOSTRU SOFTWARE SRL rrr
VIA LUNGOMARE
89032 BIANCO RC ITALY
www.geostru.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... PAGANI 73-100 SCPT

Committente: Prosperini S.r.l.
Cantiere:
Località: Collerolletta

Data: 22/01/2018

Scala 1:17



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

GEOSTRU SOFTWARE SRL rrr
VIA LUNGOMARE
89032 BIANCO RC ITALY
www.geostru.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
Strumento utilizzato... PAGANI 73-100 SCPT

Committente: Prosperini S.r.l.
Cantiere:
Località: Collerolletta

Data: 22/01/2018

Scala 1:4

SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

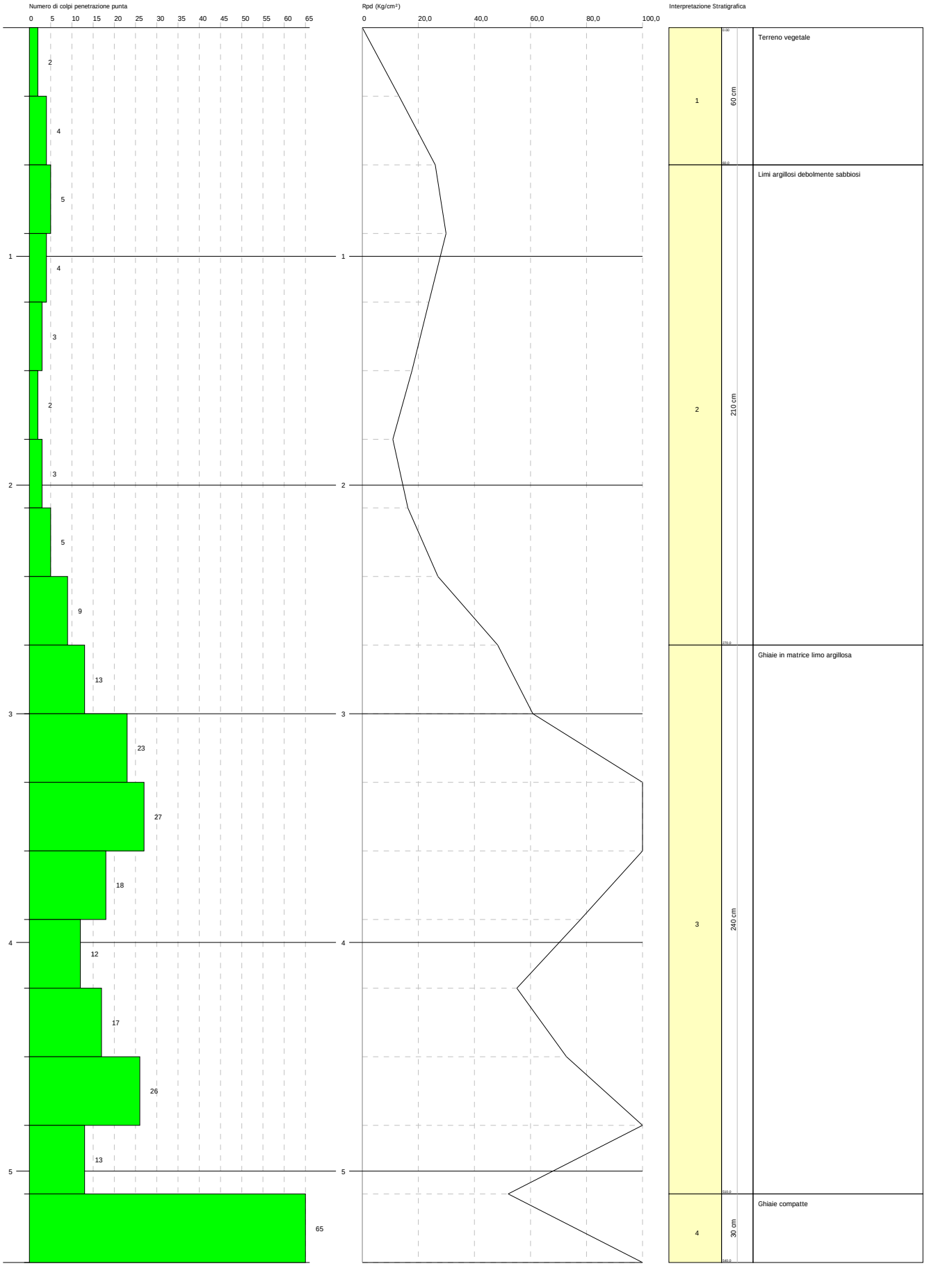
GEOSTRU SOFTWARE SRL rrr
VIA LUNGOMARE
89032 BIANCO RC ITALY
www.geostru.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4
Strumento utilizzato... PAGANI 73-100 SCPT

Committente: Prosperini S.r.l.
Cantiere:
Località: Collerolletta

Data: 22/01/2018

Scala 1:23



LATELLA SERVIZI S.R.L.
Sede : Via G. Vitalone n° 18 - 05100 Terni
P. IVA 01471920551
Tel. e Fax : 0744/402427 - 347/6355500
email : latellaluca@libero.it
email : latellaluca@gmail.com

REGIONE UMBRIA

PROVINCIA DI TERNI

COMUNE DI TERNI

Località : COLLEROLLETTA

Committente: SIG.RA DIOMEI GRAZIANA

INDAGINI MASW

***Multi-channel Analysis of Surface Waves* (*Analisi Multi-canale di Onde di Superficie*)**

LATELLA SERVIZI S.r.l

Data: Gennaio 2018

PREMESSA

Nel mese di Gennaio 2018 è stata eseguita n° 1 indagine di tipo MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves)* all'interno del territorio del Comune di Terni.

L'indagine è consistita nell'esecuzione di n. 1 stendimento di lunghezza pari a 24 m e le acquisizioni sono state effettuate utilizzando il Sismografo a 12 canali 16SG24 della P.A.S.I. s.r.l. di Torino; come sorgente di energia è stata utilizzata una mazza di battuta su piastra in alluminio, mentre la successiva elaborazione è avvenuta mediante il software WinMASW, della Eliosoft.

NOTE TEORICHE

A cosa serve sapere la V_s?

La questione della conoscenza della velocità delle onde S, V_s, è venuta alla ribalta in relazione alle novità normative in materia antisismica, in quanto utile a stimare l'effetto di sito (amplificazione litologica). La recente normativa (D.M. 14.01.2008) ha introdotto la definizione dell'azione sismica di progetto per diverse categorie di suolo di fondazione,

sulla base del parametro $\mathbf{V_{s30}}$, definito come la <u>media equivalente delle velocità delle onde S nei primi 30 m di profondità</u>, secondo la relazione:

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{Vs_i}}$$

Le categorie di suolo descritte dal D.M. 14.01.2008 e classificate in base al parametro Vs30 sono le seguenti:

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

La V_s ha un notevole valore anche dal punto di vista dell'ingegneria civile (ricordiamo ad esempio che il *modulo di taglio* è dato dal prodotto della densità per il quadrato della V_s) e, in generale, la conoscenza di V_s e V_p consente di effettuare una serie di considerazioni sulle caratteristiche geofisiche geomeccaniche e litologiche.

Si ricordi, giusto per dare un motivo di riflessione, come la V_p sia fortemente influenzata dalla presenza di acqua (le rifrazioni in V_p fatte in pianura alluvionale forniscono V_p attorno a 1500 m/s a pochissimi metri di profondità proprio a causa della "tavola d'acqua") mentre la V_s ne sia solo modestamente influenzata.

Cos'è una misura *MASW*

MASW è l'acronimo di *Multi-channel Analysis of Surface Waves* (*Analisi Multi-canale di Onde di Superficie*): il fenomeno che si analizza è la propagazione delle onde di superfcie, prodotte attraverso una *sorgente*.

Più precisamente si analizza la ***dispersione*** delle onde di superfice (il particolare fenomeno in base al quale onde caratterizzate da diverse frequenze viaggiano a profondità diverse); il principio base è piuttosto semplice: le varie componenti (frequenze) del segnale (cioè dell'onda sismica che si propaga) viaggiano a profondità diverse, attraverso mezzi con caratteristiche meccaniche, e quindi velocità,

diverse; dall'interpretazione delle indagini è possibile ottenere *una curva di dispersione*, che mostra la velocità corrispondente a diverse frequenze e, quindi, a diverse profondità, secondo l'esempio mostrato in figura 1.

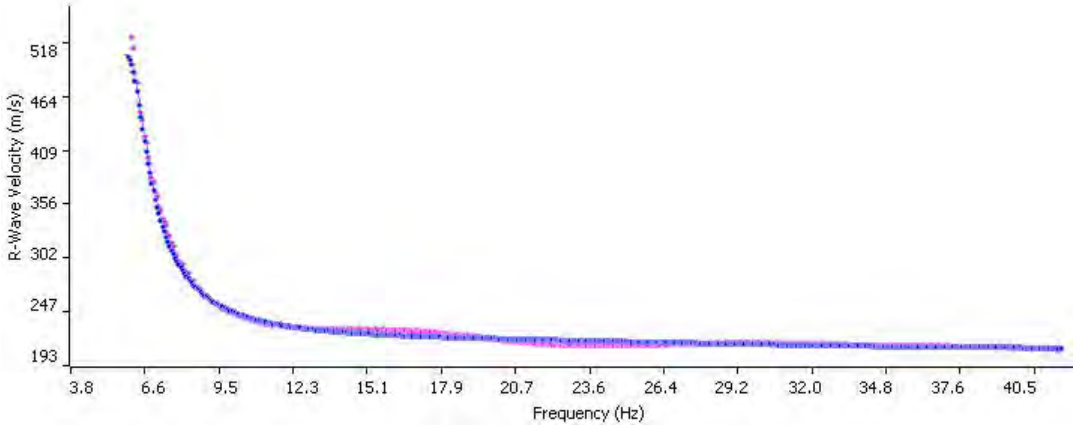


Figura 1: Esempio di curva di dispersione

Lunghezze d'onda più ampie (corrispondenti a frequenze più basse) viaggiano più in profondità (in altri termini *sentono* gli strati più profondi), mentre le piccole lunghezze d'onda (corrispondenti alle frequenze più alte) si concentrano nella parte più superficiale; poiché tipicamente la velocità delle onde sismiche aumenta con la profondità, le frequenze più basse viaggeranno ad una velocità maggiore rispetto le frequenze più alte.

Tradizionalmente le *MASW* sono effettuate tramite analisi delle onde di Rayleigh (che vengono registrate tramite i comuni geofoni a componente verticale e prodotte attraverso una comunissima sorgente ad impatto verticale, cioè la classica martellata).

Questo avviene per almeno 2 motivi:

1. tali geofoni (e tale modalità di acquisizione) sono sicuramente i più semplici e comuni.
2. la propagazione e dispersione delle onde di Rayleigh si verifica senza problemi anche in presenza di canali a bassa velocità (inversioni di velocità) che, come sappiamo, risultano invisibili per la rifrazione.

In sintesi, poiché la dispersione delle onde di superficie dipende dalle caratteristiche del sottosuolo (dalle sue variazioni verticali), dalla determinazione delle curve di

dispersione è possibile ricavare le caratteristiche del mezzo (i parametri fondamentali sono la velocità delle onde di taglio e lo spessore degli strati).

SINTESI DEI RISULTATI

Riepilogando, nell'area in esame è stata eseguita n° 1 indagine geofisica di tipo MASW, che ha permesso di desumere la stratigrafia del sito oggetto di studio dal punto di vista geofisico, individuando spessori dei depositi, qui chiamati *sismostrati*, e le relative velocità delle onde S, V_s.
Di seguito vengono esposti i risultati dell'indagine.

- Lunghezza stendimento: 24 m
- Distanza Intergeofonica: 2 m

L'acquisizione dei risultati è avvenuta effettuando n. 2 battute rispettivamente con offset di 2 e 5 metri dal primo geofono, ed utilizzando come sorgente di energia una mazza di battuta.

L'interpretazione dei dati ha permesso di individuare il seguente risultato :

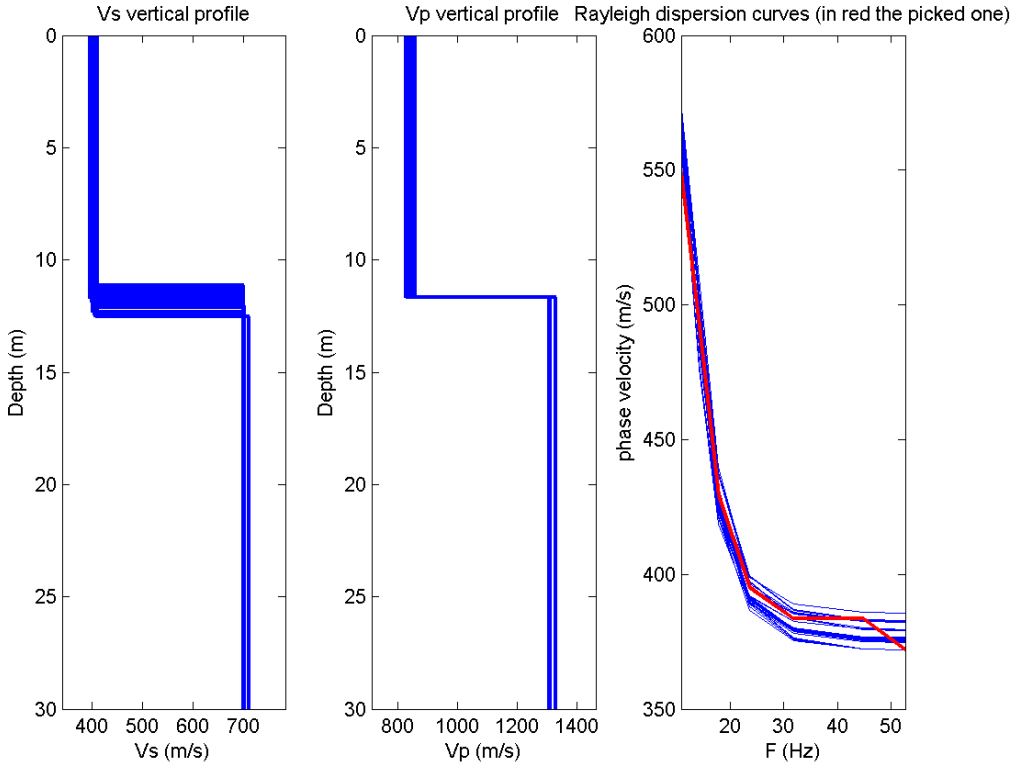
$$\boldsymbol{Vs_{30}\ (m/s) = 542}$$

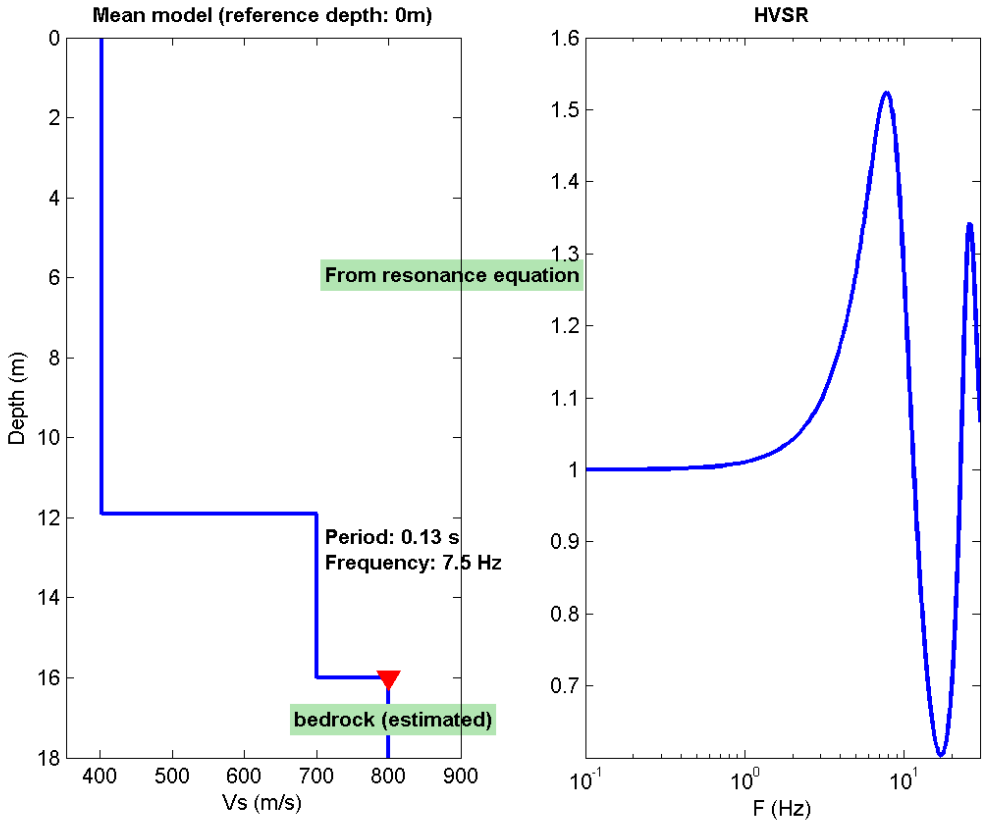
Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008) il terreno in oggetto ricade nella categoria di sottosuolo: **B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30> 250 kPa nei terreni a grana fina).**

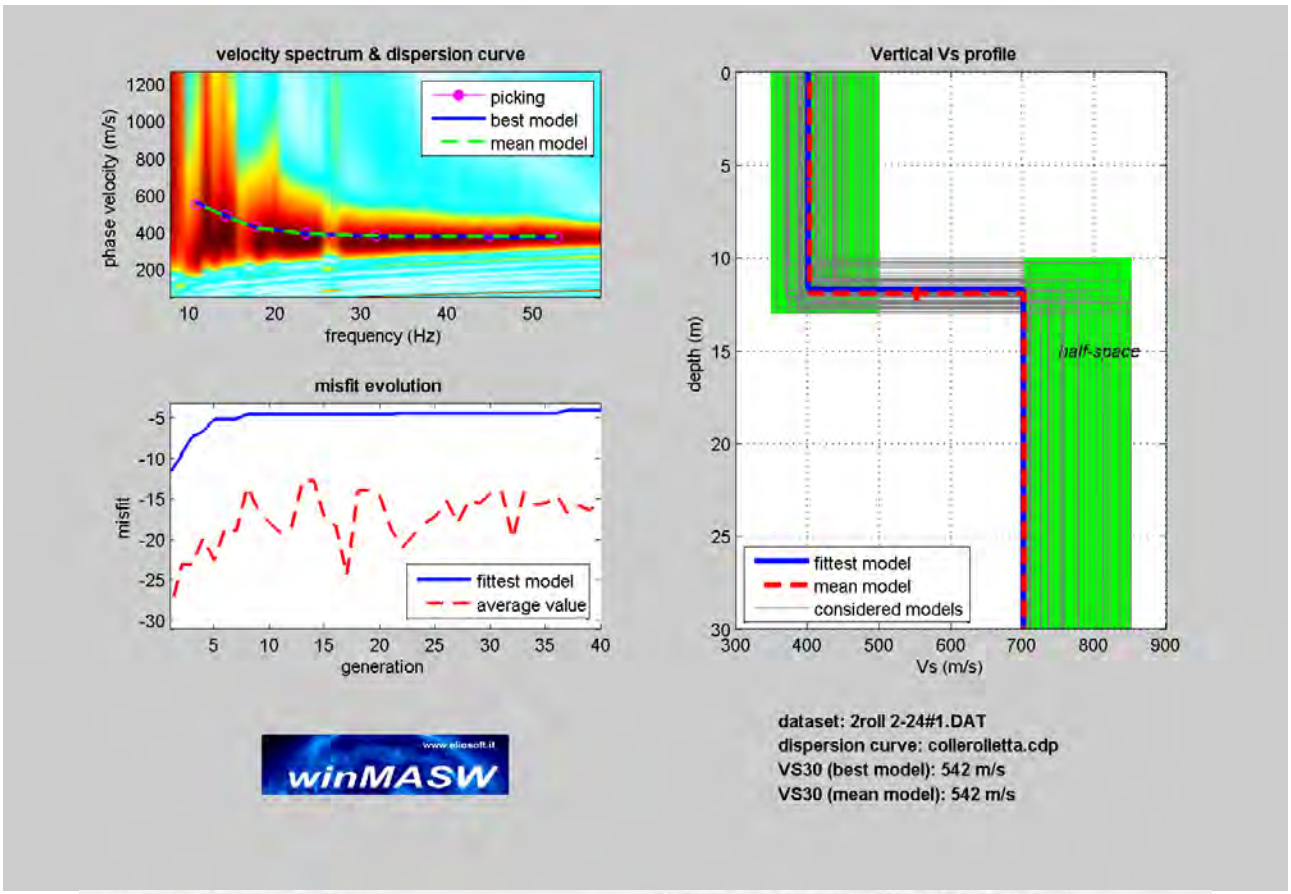
Sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)
1	403	11.9
2	701	18

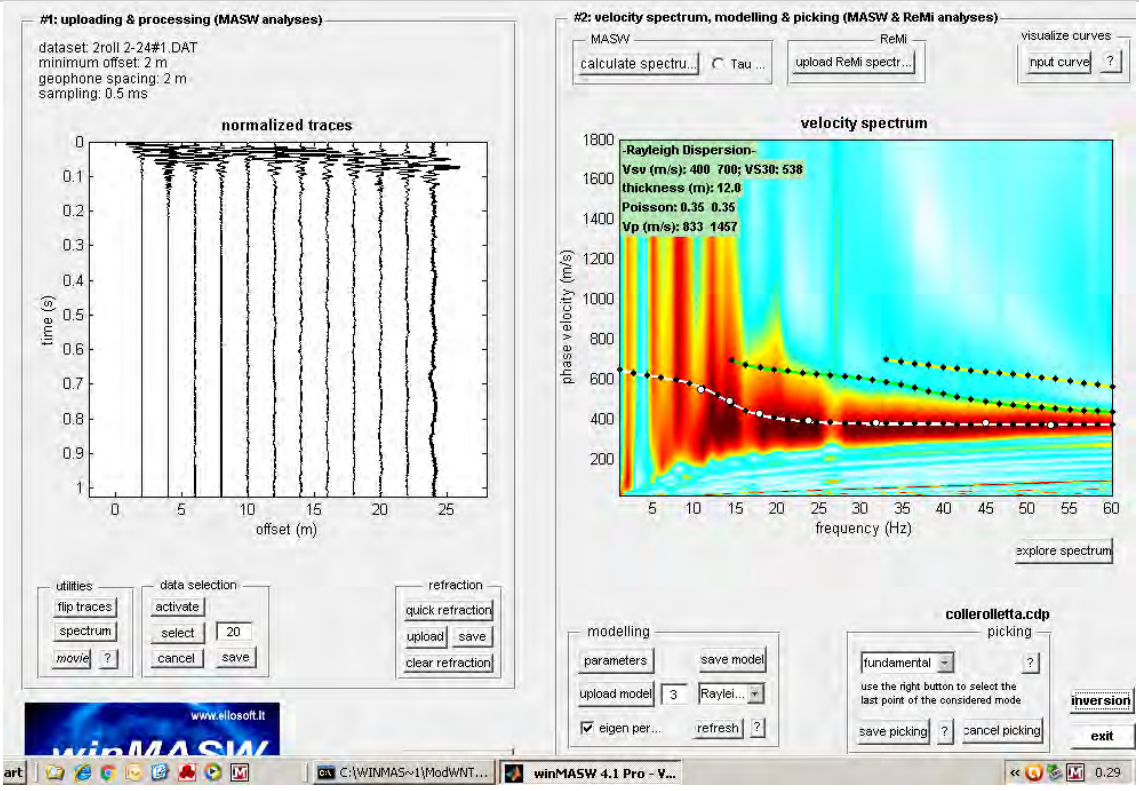
E' da tener presente, tuttavia, che le Vs30, e la relativa categoria di sottosuolo risultante, si riferiscono ai 30 metri di profondità a partire dal piano campagna.

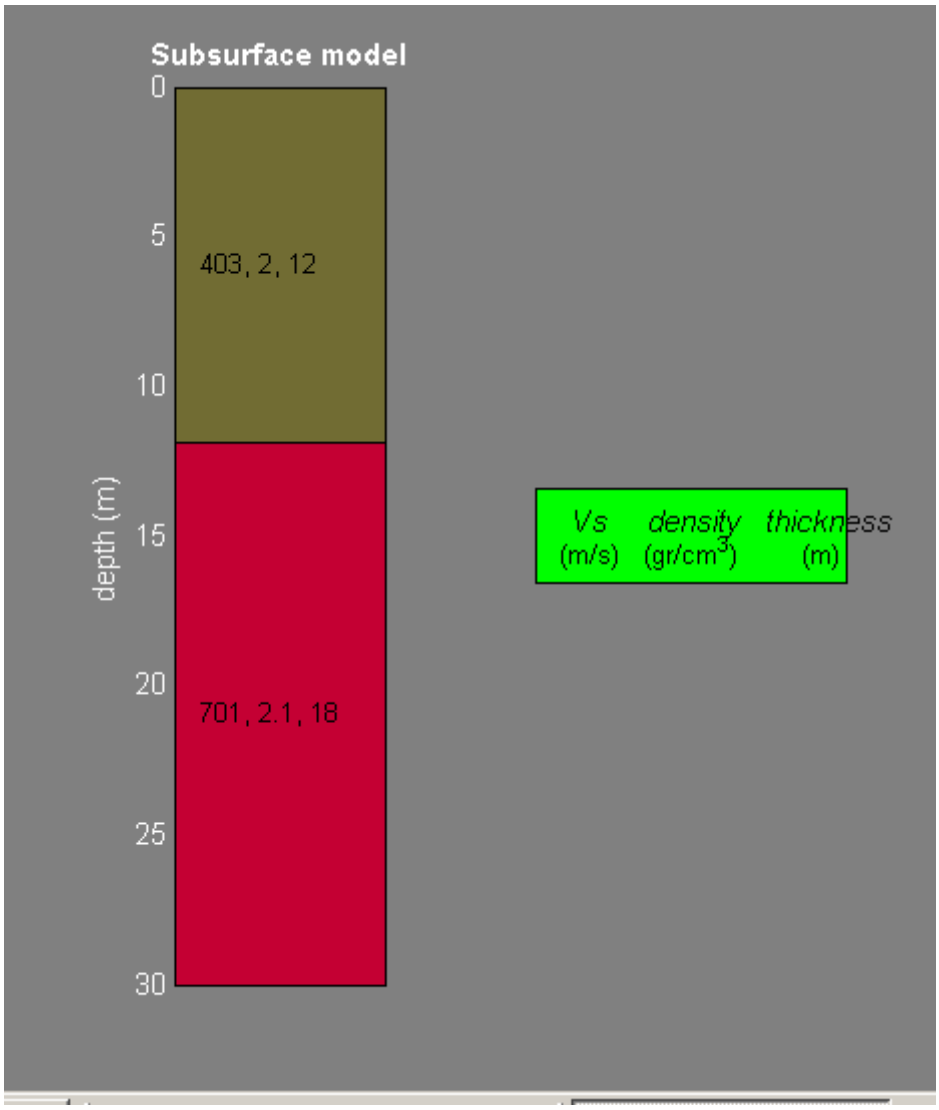
ALLEGATI


Vs vertical profile
Depth (m)
Vs (m/s)
Vp vertical profile
Depth (m)
Vp (m/s)
Rayleigh dispersion curves (in red the picked one)
phase velocity (m/s)
F (Hz)


Mean model (reference depth: 0m)
Depth (m)
Vs (m/s)
From resonance equation
Period: 0.13 s
Frequency: 7.5 Hz
bedrock (estimated)
HVSR
F (Hz)


velocity spectrum & dispersion curve
phase velocity (m/s)
frequency (Hz)
picking
best model
mean model
misfit evolution
misfit
generation
fittest model
average value
Vertical Vs profile
depth (m)
Vs (m/s)
half-space
fittest model
mean model
considered models
winMASW
dataset: 2roll 2-24#1.DAT
dispersion curve: colleroletta.cdp
VS30 (best model): 542 m/s
VS30 (mean model): 542 m/s


#1: uploading & processing (MASW analyses)
dataset: 2roll 2-24#1.DAT
minimum offset: 2 m
geophone spacing: 2 m
sampling: 0.5 ms
normalized traces
time (s)
offset (m)
utilities
flip traces
spectrum
movie
data selection
activate
select
20
cancel
save
refraction
quick refraction
upload
save
clear refraction
#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMi analyses)
MASW
calculate spectru...
Tau ...
ReMi
upload ReMi spectr...
visualize curves
velocity spectrum
-Rayleigh Dispersion-
Vsv (m/s): 400 700; VS30: 538
thickness (m): 12.0
Poisson: 0.35 0.35
Vp (m/s): 833 1457
phase velocity (m/s)
frequency (Hz)
explore spectrum
modelling
parameters
save model
upload model
3
Raylei...
eigen per...
refresh
colleroletta.cdp
picking
fundamental
use the right button to select the last point of the considered mode
save picking
cancel picking
inversion
exit
winMASW 4.1 Pro - V...


Subsurface model
0
5
10
15
20
25
30
depth (m)
403, 2, 12
701, 2.1, 18
Vs (m/s)
density (gr/cm3)
thickness (m)

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Prova penetrometrica dinamica Superpesante (DPSH 1)

Prova penetrometrica dinamica Superpesante (DPSH 2)

Prova penetrometrica dinamica Superpesante (DPSH 3)

Prova penetrometrica dinamica Superpesante (DPSH 4)

Stendimento MASW