



Comune di VALVA

Provincia di SALERNO

Via XXIII Novembre 1980

84020 VALVA -SA-

FONDO PER LA PREVENZIONE DEL RISCHIO SISMICO

Annualità 2011-2012

CONCESSIONE DI CONTRIBUTI FINALIZZATI ALLA ESECUZIONE DI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO/ADEGUAMENTO SISMICO O DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DI EDIFICI E INFRASTRUTTURE DI INTERESSE STRATEGICO O RILEVANTE

Post OPERAM
PROGETTO STRUTTURALE

Relazione GEOLOGICO TECNICA

Fase PROGETTUALE

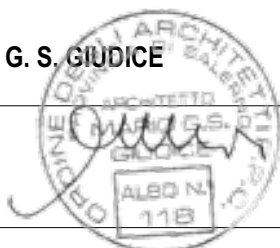
Progetto ESECUTIVO

II TECNICO
Dott. Geol. Oscar IMBRIACO

Data

II RUP
Arch. Mario G. S. GIUDICE

Data



Scala Elaborato

TAVOLA
S.RGT

Revisione

... ..

INDICE

1. Premessa

2. Inquadramento geologico

3. Caratteristiche geologiche del sito

4. Situazione idrologica e idrogeologica

5. Indagini eseguite

Prove in sito

Sondaggi meccanici

Rilievo sismico

6. Caratterizzazione geotecnica dell'area

Esempio di calcolo del carico limite e di esercizio

Valutazione della costante di sottofondo k

7. Studio di compatibilità dell'area riguardo al rischio frane

8. Conclusioni.

ALLEGATI:

Cartografie

Risultati prove

1. Premessa

Su incarico conferitomi dall'Amministrazione comunale di Valva (SA) , è stato svolto uno studio finalizzato alla realizzazione di elaborati geologici necessari per **"CONCESSIONE DI CONTRIBUTI FINALIZZATI ALLA ESECUZIONE DI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO/ADEGUAMENTO O DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DI EDIFICI E INFRASTRUTTURE DI INTERESSE STRATEGICO O RILEVANTE."**

Dopo aver preso cognizione della situazione geologica locale è stato stilato un programma d'indagine tale da far acquisire tutti gli elementi indispensabili per la determinazione della natura dei terreni costituenti il substrato d'imposta delle fondazioni. Il fine è quello di suggerire la soluzione tecnico-economica più confacente al caso in oggetto.

Sulla base di quanto previsto dalla normativa vigente, il territorio è stato oggetto di studi, indagini e rilievi articolati nelle seguenti fasi:

- a) Ricerca dati bibliografici e storici : la ricerca dei dati, come prima fase di studio è stata importantissima per l'intero studio svolto. Per questo fine sono stati utili anche le testimonianze storiche; queste hanno permesso di quantificare l'impatto antropico presente nell'area.
- b) Rilevamento geologico, geolitologico e geomorfologico: questo è stato esteso per un conveniente raggio sia a monte che a valle della superficie di interesse diretto. L'attenta osservazione delle dinamiche geologiche e geomorfologiche presenti hanno permesso di porre particolare attenzione alle condizioni di stabilità generale dell'area.
- c) Indagini in sito : ad integrazione del meticoloso rilevamento effettuato, è stata realizzata una completa campagna di prove nell'area di stretto interesse, i cui risultati sono riportati di seguito.
- d) Raccolta ed elaborazione dati : l'ultima fase è consistita nell'elaborazione dei notevoli dati acquisiti e nella stesura della presente relazione finale.

Il presente incarico è stato ottemperato nel rispetto del presente quadro normativo principale di riferimento: D.M. 14/01/2008

2. Inquadramento geologico

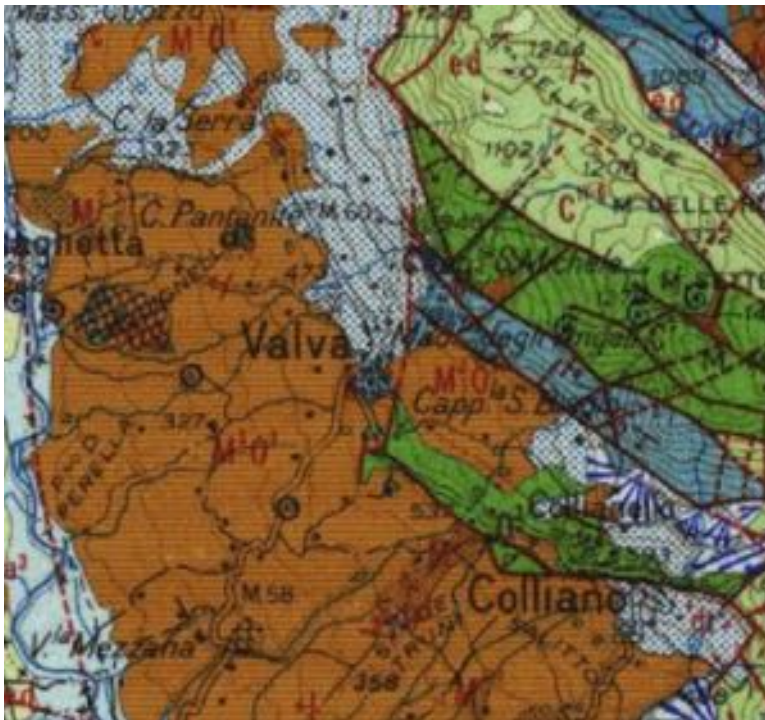
L'area oggetto di questo studio è ubicata nel centro urbano di Valva, su di un versante esposto a sud-ovest, che degrada con medie pendenze fino al fondovalle del fiume Sele.

Il centro abitato di Valva è situato sulla fascia pedemontana occidentale del gruppo montuoso Monte Marzano- Monte Ognà, ad una quota media sul livello del mare di circa 500 metri..

Le faglie che delimitano il gruppo di M. Marzano in parte sono fossili, mentre sono ancora attive, in profondità, le faglie orientate NO-SE che determinano il sollevamento della dorsale, più a nord, tra l'alta Valle del Sele e l'alto Ofanto.

La principale unità stratigrafico-strutturale presente è quella calcareo-dolomitica, risalente al Mesozoico ed appartenente alla piattaforma campano-lucana; questa è costituita dai rilievi del gruppo di M. Marzano e la dorsale su cui è ubicato il centro storico.

In trasgressione quasi concordante a quest'ultima, vi è l'Unità miocenica inferiore, costituita da calcareniti sottilmente stratificate con intercalazioni di marne verdi e da argille ed arenarie; l'Unità superiore è in trasgressione discordante ed è rappresentata da arenarie, argille, conglomerati poligenici e contiene inglobati olistoliti calcarei di grandi dimensioni.



Stralcio della Carta Geologica d'Italia

Nell'area è possibile raggruppare le principali unità geologiche in:

- COPERTURE QUATERNARIE

Sono rappresentati da terreni Pleistocenici ed Olocenici costituiti da falde detritiche; inoltre sono presenti sottili suoli bruni poco sviluppati e depositi eluvio-colluviali.

- COMPLESSO CALCAREO-MARNOSO-ARENACEO

Si tratta di un'unità geologica assimilabile ad un "flysch", costituito principalmente da argille limose prevalentemente grigie a giacitura fortemente caotica che inglobano grossi blocchi o straterelli calcarenitici avana spesso grigi. Presenta una forte variabilità ed ha uno spessore sconosciuto.

- COMPLESSO CARBONATICO

E' costituito da calcari, dolomie e calcari dolomitici fortemente alterato e carsificato. Appartiene alla piattaforma carbonatica campano-lucana (Giurassico-Triassica).

Come confermato da molti Autori è presumibile che il complesso Terziario si sia depositato tra la fine dell'Eocene e l'inizio del Miocene in un bacino sedimentario interno rispetto ai calcari di piattaforma. per poi sovrascorrere sui calcari subendo una traslazione verso est.

Le argille Varicolori affiorano attualmente alla base dei versanti interessati da importanti scarpate di faglia e comunque nelle zone depresse rispetto agli alti morfologici carbonatici.

3. Caratteristiche geologiche del sito

La zona investigata è posta alla quota di circa 495 m. s.l.m., situata su un versante a media pendenza esposto a sud-ovest.

Il rilevamento geologico di dettaglio, eseguito nell'area interessata dall'intervento in progetto, ha evidenziato la presenza di terreni per lo più a carattere argillo-limoso, argilloso ed argilloso-detritico che si intervallano con breccie calcareo-marnose di colore grigio e brecciole poligeniche.

La morfologia dell'area è in stretta dipendenza della natura dei terreni e del loro assetto strutturale; il versante in esame presenta delle forme blande tipiche dei depositi detritici di versante.

A monte, le eminenze montuose più aspre e anche più elevate sono costituite da masse carbonatiche mesozoiche che danno luogo a pendii molto ripidi e pareti praticamente verticali, in corrispondenza dei principali piani di faglia. L'allineamento della dorsale di Monte Marzano è determinato ed influenzato fortemente dalle principali direttrici tettoniche presenti; questo nel tempo, a causa di forti fenomeni di disaggregazione meteorica, ha prodotto un notevole accumulo, sui fianchi dei rilievi, di materiale detritico.

In corrispondenza dei terreni del Flysch Terziario, che bordano le grandi masse mesozoiche, si hanno invece, rilievi collinari molto meno elevati, con morfologia molto spesso dolce, pendii per lo più poco acclivi, specie laddove, nei terreni anzidetti predominano i costituenti argillosi o marnosi.

4. Situazione Idrologica e Idrogeologica

I litotipi presenti nell'area in oggetto posso essere considerati, da un punto di vista idrogeologico, come "complessi eterogenei". La variabilità litologica e stratigrafica si ripercuote essenzialmente con una non omogenea circolazione idrica in funzione della permeabilità per porosità.

Il tutto è complicato dal fatto che i terreni presenti, parzialmente o totalmente tamponati dal substrato a diversi metri di profondità, ricevono un grande rifornimento di acqua da monte dove sono presenti terreni a granulometria grossolana molto permeabili con giacitura che va dal franapoggio al traversopoggio. Tutto questo favorisce l'azione erosiva dei terreni di copertura e la costituzione di una falda superficiale irregolare, più accentuata nel periodo invernale.

Nell'area in esame non si riscontrano sorgenti importanti; le poche che si rilevano sono poste ai margini degli affioramenti calcarei, alla base di falde detritiche pedemontane e al contatto con le formazioni mioceniche. Queste non presentano portata regolare nel tempo e tale irregolarità va imputata alla conformazione monoclinale immergente verso sud della struttura carbonatica più importante presente nell'area.

Dai sondaggi meccanici effettuati non è stata riscontrata la presenza di falde importanti.

5. Indagini eseguite

5.1. Prove in sito

Al fine di caratterizzare i parametri fisico-meccanici dei terreni di interesse si è scelto di eseguire una campagna di prove in sito consistenti in n. 1 sondaggi meccanici e n. 1 rilievo sismico a rifrazione in onda P/S.

L'ubicazione delle prove viene riportata nella cartografia allegata.

5.1.1. Sondaggi meccanici

Nella zona d'indagine è stato effettuato n. 1 sondaggio meccanico a carotaggio continuo per complessivi 30 ml.

Il sondaggio (S1) si ubica al centro della piazzetta-parcheggio posta di fianco dell'ex struttura adibita Comunale; S1 ha permesso di ricostruire la successione verticale dei terreni presenti al di sotto del piano di campagna per circa 30 metri.. Le stratigrafie dei sondaggi sono riportate di seguito tra gli allegati.

5.1.2. Rilievo sismico

Il rilievo condotto sul terreno (v. planimetria allegata), è stato disposto in maniera tale da coprire l'area interessata dall'intervento, compatibilmente con gli spazi a disposizione per la effettuazione del rilievo.

Lo scopo dell'indagine è stato quello di definire profondità e geometrie del rifrattore/i (risposta sismica) e valutare la risposta sismoelastica delle differenti tipologie di terreno, onde caratterizzare l'area di interesse ai sensi della recente normativa sismica (Ordinanza del P.C.M. n. 3274/2003).

Strumentazione adottata

-Sismografo Mod. AMBROGEO mod. Echo24: acquisizione con risoluzione di 16-24 bit, con 12/24 canali con segnale analogico/digitale memorizzato direttamente sullo strumento; trasferimento dati su PC e filtraggio del segnale con filtri passa basso con frequenza principale di taglio a 250 Hz ;

-Apparato di ricezione (per Sismica di Superficie in onda P/S): 12/24 geofoni marca OYO 8-14 Hz, per onda P, e MARK PRODUCTS per onde S 6-14 Hz, con time break sincrono con la sorgente di energia;

-Sorgente di Energia : superficiale tipo "Hammer Blow" da 8 Kg che impatta sul terreno (onde P) ed orizzontalmente (per creare onde di Taglio) sulle facce verticali di un parallelepipedo di legno, assicurato al terreno tramite alette metalliche solidali con il parallelepipedo ed infisse nel terreno.

-Trattamento dati (per Sismica di Superficie): display sismogrammi, lettura first break points per le onde P ed S (FBP), analisi delle intensità dei segnali sismici, costruzione delle dromocrone, definizione delle velocità dei sismostrati tramite programma regressione lineare, e delle profondità tramite i metodi di Intercept Time e GRM Method (Palmer) – PROGRAMMA di trattamento dati : "WINSISM V.7-8", interpretazione dati e GREMIX (Interpex Limited) per elaborazione GRM ; ottimizzazione e trasferimento dati in sistema C.A.D.;

La tecnica di esecuzione della sismica di rifrazione, consiste nel rilevare a distanze orizzontali variabili rispetto ad un punto di origine, gli arrivi di onde sismiche di compressione e di taglio (con appositi geofoni da 8-14 Hz per le onde P e 6-14 Hz per le onde S) generate da una sorgente di impulsi sismici, e rifratte da discontinuità geologico-strutturali.

La velocità di propagazione delle onde sismiche (V_p/V_s), costituisce il parametro discriminante per la determinazione della natura litologica del mezzo investigato.

La attribuzione delle velocità rilevate ad i corrispondenti litotipi, è stata fatta sulla base delle risultanze dei sondaggi meccanici eseguiti puntualmente in loco ("taratura" delle misurazioni geofisiche).

Per il profilo sismico si sono eseguiti n. 2 scoppi (A-B) agli estremi del rilievo, e n. 3 scoppi interni al rilievo (D-C-E), che permettono di tracciare il diagramma delle velocità complementari e di ottenere una sufficiente ricopertura di dati (informazioni sullo stesso rifrattore da energizzazioni diverse), ricavare giaciture dei livelli rifrattori, e ridurre infine il margine di errore in una investigazione di tipo indiretto; per le onde S è stato sufficiente effettuare n.3 scoppi (estremi A-B e centrale C) sugli stendimenti.

Si sono ottenute dapprima le velocità dei rifrattori in corrispondenza di ciascun scoppio, tramite il metodo del tempo reciproco (reciprocal time).

Dopo aver determinato il tempo totale (total time), si sono definite profondità e velocità del/i rifratte/i sotto ciascun geofono con il metodo GRM (Generalized Reciprocal Time-Palmer 1980).

Dalla valutazione delle velocità di propagazione delle onde P ed S, è stato possibile risalire ai parametri dinamici dei terreni investigati quali:

- **Velocità delle onde di taglio (V_s).**

- **Velocità delle onde longitudinali (V_p).**

$$\nu = \frac{1}{2} * \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1}{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 + 1}$$

- **Modulo di Poisson**

- **Modulo di taglio a piccole deformazioni** $G_0 = \frac{\gamma_t}{g} * (V_s)^2$ (Ohta e Goto, 1978) dove:

γ_t = peso di volume naturale;

g = accelerazione di gravità (9,81 m/s²).

- **Modulo di elasticità dinamico** $E_d = V_p^2 * \rho * \frac{(1+\nu) * (1-2\nu)}{1-\nu}$ dove:

V_p è la velocità delle onde longitudinali;

ρ è la densità del terreno;

ν è il modulo di Poisson.

- **Rigidità sismica** $R = \gamma_t * V_s$ definito come il prodotto della velocità per il peso su unità di volume del mezzo in cui l'onda si propaga, è un parametro strettamente legato all'amplificazione sismica locale infatti l'incidenza dei danni tende a diminuire all'aumentare della rigidità sismica.

- **Frequenza e Periodo fondamentale dello strato** $f = \frac{V_s}{4 * H}; T = \frac{4 * H}{V_s}$ dove:

H è lo spessore dello strato

V_s è la velocità delle onde di taglio

- **Categoria suolo di fondazione (OPCM 3274)**

Come riferito in premessa, nell'ambito dell'indagine effettuata si è eseguito n° 1 profilo sismico in onda P ed S, della lunghezza di 96 ml ed ubicato come da planimetria allegata.

Nell'ambito dello stendimento, la spaziatura tra i 24 geofoni è risultata pari a 4 ml, con "offset" di 2.0 ml.

5.2. Prove di laboratorio

Durante l'esecuzione dei sondaggi si è proceduto a prelevare n. 1 campione indisturbato in fustella rappresentativi degli orizzonti attraversati, sui quali successivamente sono state eseguite prove ed analisi geotecniche di laboratorio. In base alle caratteristiche intrinseche dei campioni prelevati, è stato stilato un dettagliato programma di indagini per una precisa caratterizzazione geotecnica degli stessi.

Le indagini di laboratorio sono consistite in:

- Caratteristiche fisiche generali
- Granulometria
- Prova di taglio diretto
- Prova di compressione edometrica.

Durante l'esecuzione del sondaggio S1 sono stati estratti due campioni: S1-C1 ad una profondità compresa tra 5,00 e 5,50 metri.

6. Caratterizzazione geotecnica dell'area

Lo scrivente, al fine di adempiere in modo esaustivo all'incarico ricevuto e tenuto conto del quadro normativo vigente, in accordo con il Committente ed il progettista, ha ritenuto indispensabile dare seguito ad un idoneo programma di indagini predisposto in funzione delle opere da realizzare e delle caratteristiche geologiche dell'area.

L'attenta osservazione dei rapporti stratigrafici tra i vari litotipi presenti nell'area ha permesso di comprendere come questi siano essenziali ai fini progettuali, a causa delle notevoli differenze tra le caratteristiche geotecniche dei diversi depositi.

A causa delle scarse conoscenze stratigrafiche dell'area si è effettuato un sondaggio; questo ha permesso di ricostruire la successione stratigrafica dei terreni in sito fino alla profondità di 30 metri.

Infine i risultati delle analisi di laboratorio hanno permesso di caratterizzare i terreni dal punto di vista geotecnico.

Di seguito vengono riportanti in sintesi i risultati delle prove di laboratorio per ciascun campione analizzato.

	Campione S1-C1
Profondità mt	5,00-5,50
Definizione *solo setacciatura	*Limo debolmente sabbioso
Peso volume naturale (Gn)	1.95 gr/cmc
Peso specifico granuli (G)	2,01 gr/cmc
Contenuto di acqua (W)	8,84 %
Peso volume secco (Gd)	1,97 gr/cmc
Porosità (P)	18,23%
Indice dei vuoti (e)	0,22
Grado di saturazione (S)	97,19%
Peso volume saturo (Gs)	2,8 gr/cmc
Peso volume sommerso (G')	1,14 gr/cmc
Angolo d'attrito (Ø)	25°,00
Coesione (C)	11,80 kpa

Dalla tabella di sopra è possibile osservare che i valori ottenuti sono da ritenersi discreti, considerato il contesto geologico presente.

STRATIGRAFIA

0.00mt a 1.2 mt. terreno riporto

1.2mt. a 2.10 terreno vegetale

2.10 a 30 mt. detrito di falda

6.1. Esempio di calcolo del carico limite ed ammissibile

Tenendo conto di tutte le caratteristiche geologico-tecniche dei litotipi esaminanti e mediando i dati ottenuti dalle diverse prove effettuate, per il calcolo del carico limite partiremo dalla formula di Terzaghi:

$$Q_{lim} = C \times N_c + \gamma \times H \times N_q + \gamma \times B/2 \times N_\gamma$$

Nella formula compaiono le seguenti grandezze:

- **Q_{lim}** rappresenta il carico di rottura del terreno;
- **C** è la coesione del terreno;
- γ è il peso specifico del terreno;
- **B** è la larghezza delle fondazioni;
- **N_c, N_q, N_γ**, sono coefficienti adimensionali, funzione solo dell'angolo d'attrito interno.

Il carico limite per una trave rovescia di larghezza B= 1,00 m, con profondità del piano di posa H= 2,00 m, considerando c= 0,16 kg/cmq, $\phi = 27^\circ$ e $\gamma = 2,00$ gr/cmc, risulta essere:

$$Q_{lim} = 4,69 \text{ kg/cmq}$$

Il valore ottenuto viene diviso per un coefficiente di sicurezza pari a 3, in tal modo otteniamo il carico di esercizio:

$$Q_{amm} = Q_{lim}/3 = 4,69/3 = 1,23 \text{ kg/cmq}$$

Per maggior dettaglio dei calcoli, si rimanda alle tabelle sottostanti.

B =	1,00	[m]	$\phi =$	27,00	[°]	ca =	0,00
L =	1,00	[m]	$\delta =$	20,00	[°]	$\gamma =$	20,00 [kN/m ³]
D =	2,00	[m]	$\beta =$	0,00	[°]	qv =	0,00 [kN/m ²]
ecc.B =	0,00	[m]	$\eta =$	0,00	[°]	qo =	0,00 [kN/m ²]
ecc.L =	0,00	[m]	c =	15,60	[kN/m ²]	FS =	3,00

Meyerhof:	Vesic:	Hansen:	Terzaghi:
Nq = 13,1991	Nq = 13,1991	Nq = 13,1991	Nq = 15,896
Nc = 23,9422	Nc = 23,9422	Nc = 23,9422	Nc = 29,236
Ng = 9,46263	Ng = 14,4697	Ng = 9,32366	Ng = 17,218

Fattori di forma	Fattori di forma	Fattori di forma	Fattori di forma
sc = 1,53259	sc = 1,55129	sc = 1,55129	sc = 1
sq = sg = 1,26629	sq = 1,50953	sq = 1,50953	sg = 1
	sg = 0,6	sg = 0,6	

Fattori di profondità	Fattori di profondità	Fattori di profondità
dc = 1,65274	dc = 1,01396	dc = 1,01396
dq = dg = 1,32637	dq = 1,02823	dq = 1,02823
	dg = 1	dg = 1

Fattori d'inclinazione	Fattori d'inclinazione	Fattori d'inclinazione
ic = iq = 1	ic = 1	ic = 1
ig = 1	iq = 1	iq = 1
	ig = 1	ig = 1

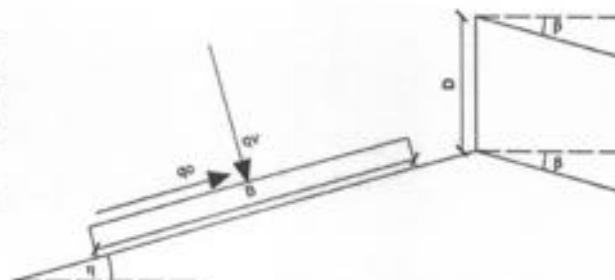
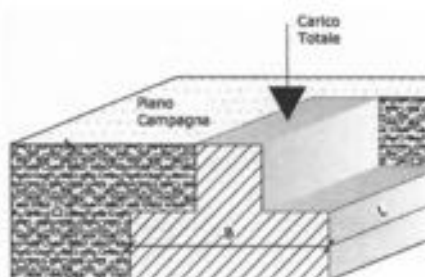
Kp = 2,66294	F. inclin. P. di posa	F. inclin. P. di posa
	bc = 1	bc = 1
	bq = bg = 1	bq = 1
		bg = 1

F. d'inclin. Terreno	F. d'inclin. Terreno
gc = 1	gc = 1
gq = gg = 1	gq = gg = 1

LEGENDA:

B = Larghezza fondale
L = Lunghezza fondale
D = Profondità Piano di posa
ecc.B = Eccentricità in B
ecc.L = Eccentricità in L
 ϕ = Angolo d'attrito
 δ = A. d'attrito terreno Fondaz.
 β = Pendenza del pendio
 η = Inclinazione della Fondaz.
c = Coesione
ca = Adesione base Fondaz.
 γ = Peso di volume terreno
qv = Comp. Verticale del carico
qo = Comp. orizzont. del carico
FS = Fattore di sicurezza
q = Capacità Portante

Capacità Portante:	Capacità Portante:	Capacità Portante:	Capacità Portante:
qult = 1991,75	qult = 1411,31	qult = 1414,00	qult = 1264,10 [kN/m ²]
q = 1991,75	q = 1411,31	q = 1414,00	q = 1264,10 [kN]
Qamm = 663,92	Qamm = 470,44	Qamm = 471,33	Qamm = 421,37 [kN/m ²]



6.2. Valutazione della costante di sottofondo k

A causa dell'estrema variabilità ed eterogeneità granulare dei terreni presenti nell'area di interesse, si è preferito stimare il valore del limite inferiore di k attraverso la determinazione del modulo edometrico (E_{ed}) ricavato dalla prova edometrica di laboratorio e confermata dalle penetrometrie effettuate.

Nel caso generale è possibile assumere:

$$w = q B / E_{ed}$$

dove w è il cedimento, q il carico applicato e B la larghezza della trave di fondazione.

Essendo $k = q / w$, si ottiene:

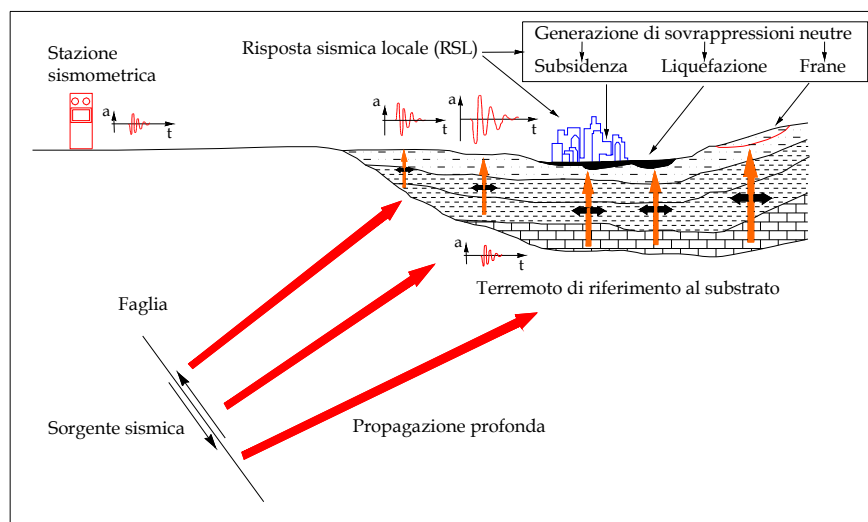
$$k = E_{ed} / B$$

ovvero:

$$k = 6,94 \text{ Mpa (70,77 kg/cmq)} / 100 \text{ cm} = 0,71 \text{ kg/cmq}$$

7. Metodologia sismica

Con il termine risposta sismica locale si intende l'insieme delle modifiche che un moto sismico, relativo ad una formazione rocciosa di base posta ad una certa profondità nel sottosuolo, subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie.



Propagazione di un evento sismico dalla sorgente al sito e problemi geotecnici (scala distorta)

Per giungere alla determinazione della risposta sismica locale un sito deve essere sottoposto a specifiche indagini di dettaglio finalizzate alla definizione di tutte le proprietà puntuali che la caratterizzano. Tali indagini riguardano la definizione dei seguenti aspetti:

1. Stratigrafia delle formazioni superficiali con dettagliata definizione dell'andamento dei contatti tra di esse;
2. Profili di velocità delle onde sismiche trasversali e longitudinali dentro le formazioni superficiali;
3. Caratteristiche meccaniche dei terreni delle formazioni superficiali con particolare riferimento al loro comportamento sotto l'azione di carichi ciclici e dinamici;
4. Morfologia di dettaglio dell'area.

Per gli studi di risposta sismica locale finalizzati alla previsione delle azioni sismiche di progetto sui manufatti è necessario caratterizzare il comportamento meccanico del terreno mediante la determinazione dei parametri V_s (velocità delle onde di taglio) G_0 (modulo di taglio a piccole deformazioni), R (rigidità sismica), E_d (modulo di elasticità dinamico) e A (amplificazione sismica).

Sulla base di risultati della campagna di indagini geofisiche (basi sismiche a rifrazione con onde P e S), effettuate nel Comune di Valva (SA) nella località oggetto dello studio, è stata eseguita un'analisi numerica puntuale (ANP) finalizzata alla valutazione dei possibili effetti di sito in caso di eventi sismici significativi.

La determinazione dei parametri e delle velocità delle onde di taglio ha portato alla individuazione delle seguenti unità geolitologiche:

Base sismica 1 (BS1)

litologie	Parametri medi	Unità geolitologica
I	$V_s = 251 \text{ m/s}$ $V_p = 467 \text{ m/s}$ $G_0 = 122 \text{ MPa}$ $R = 4069 \text{ m/s} * \text{kN/m}^3$ $E_d = 316 \text{ MPa}$ $f = 16 \text{ hz}$ $T = 0.12 \text{ s}$	limo-sabbiose areate (riporto)* H medio = 3-4 m
III	$V_s = 328 \text{ m/s}$ $V_p = 1750 \text{ m/s}$ $G_0 = 910 \text{ MPa}$ $R = 9692 \text{ m/s} * \text{kN/m}^3$ $E_d = 2084 \text{ MPa}$	limo-argillosi con trovanti calcarei (substrato)

**Considerando che l'ordinanza n. 3274 prevede per le categorie dei suoli di fondazione di far riferimento alla profondità del piano di posa delle stesse, viste le scarse caratteristiche meccaniche del primo sismostrato e consigliando la sua completa rimozione dai calcoli per la determinazione della risposta sismica il materiale classificato come riporto non è stato considerato.*

- Risposta sismica locale di un sottosuolo reale

E' possibile caratterizzare la risposta sismica locale (RSL) di un sito disponendo di uno spettro di risposta di accelerazione, che è il tipo di rappresentazione più utile per le applicazioni di ingegneria, associato ad un dato terremoto e ad un dato fattore di smorzamento superficiale che includa l'effetto di amplificazione del terreno.

Il moto sismico alla superficie del terreno è infatti fortemente condizionato dai parametri del moto atteso al substrato roccioso, cioè del terremoto di riferimento (RIM) che viene determinato considerando la sismicità storica di un sito.

Inoltre, una corretta valutazione della RSL non può prescindere da una modellazione realistica del sottosuolo in quanto le caratteristiche locali del sito condizionano, a parità di evento e di caratteristiche di propagazione, il moto sismico di input.

È stata effettuata una valutazione della RSL per via analitica, utilizzando un modello di rappresentazione del sottosuolo a "strati continui" dove il terreno viene schematizzato come un mezzo continuo multistrato in cui ogni strato è assunto omogeneo ed a comportamento visco-elastico lineare. Il software utilizzato è SHAKE 2000 che adotta l'analisi lineare equivalente.

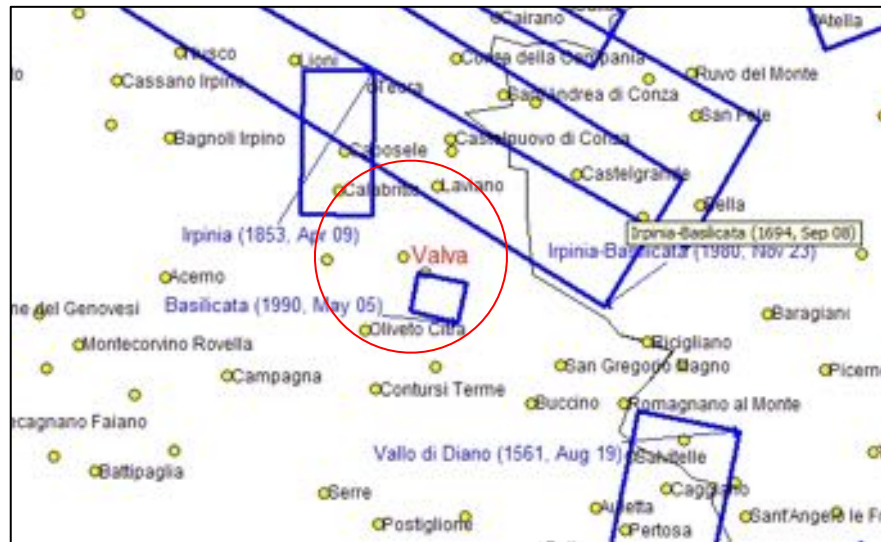
Le ipotesi geometriche di questa analisi (modello monodimensionale) sono state le seguenti:

- (1) stratificazione delle unità litotecniche e superficie del substrato sismico orizzontali;
- (2) volume di terreno considerato sufficientemente lontano dai fianchi delle unità, la pendenza dei quali deve inoltre risultare modesta in modo da rendere minimi gli effetti bidimensionali;
- (3) dimensioni orizzontali delle unità elevate rispetto allo spessore.

Per l'esecuzione delle analisi è stato utilizzato un accelerogramma su roccia definito seguendo un approccio probabilistico.

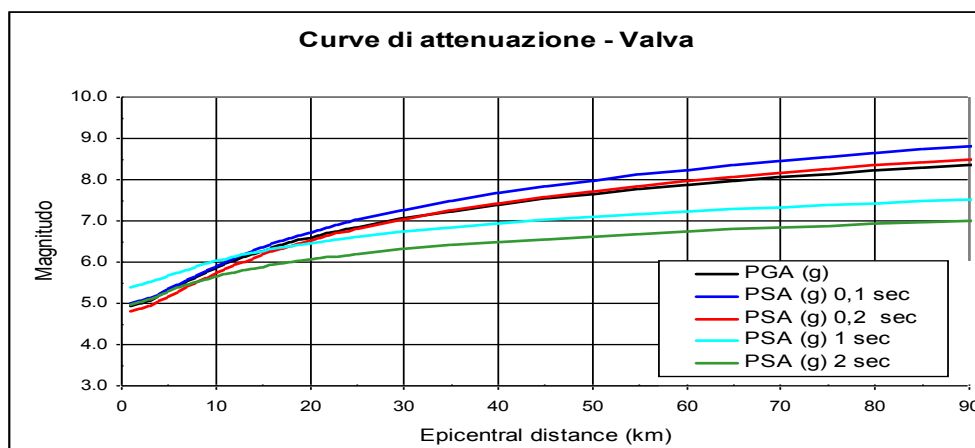
L'analisi di pericolosità dell'area è stata effettuata stimando i parametri di scuotimento del terreno, aventi probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (periodo di ritorno equivalente di circa 475 anni). Il periodo di ritorno utilizzato rappresenta un valore convenzionale adottato per la classificazione sismica in diverse normative internazionali (tra cui l'Eurocodice 8, ENV 1998-1-1, OPCM 3274 aggiornata al 09/09/2004). I risultati dell'analisi di pericolosità sono rappresentati da spettri di risposta isoprobabili in pseudoaccelerazione al 5% dello smorzamento critico.

L'utilizzo di spettri a probabilità uniforme, anziché accelerogrammi calcolati con metodi deterministici con pari periodo di ritorno, è dovuto alla impossibilità di identificare il contributo di singole strutture sismogenetiche all'interno dell'area di studio. E' stato perciò ritenuto più idoneo cumulare il contributo, su base probabilistica, della scuotibilità derivante da tutte le potenziali sorgenti esistenti nell'area, per ogni coppia magnitudo-distanza.



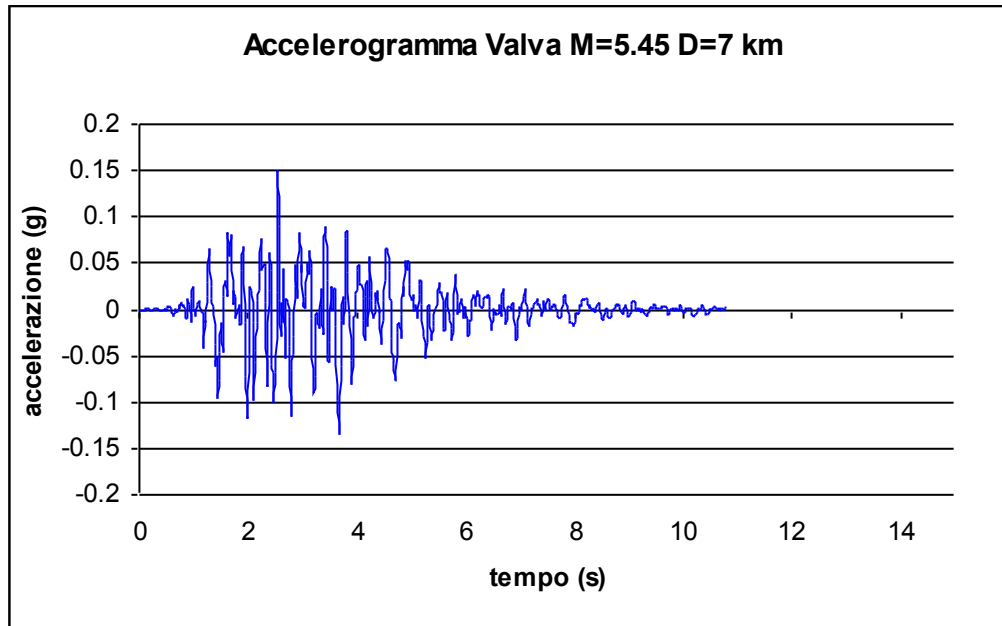
Strutture sismogenetiche con indicazione delle distanze epicentrali dalle potenziali sorgenti considerate (cerchio rosso raggio 7km)

I valori attesi di picco di accelerazione (Pga), di picco di velocità (Pgv), di Arias Intensity (Ai), di durata dell'evento (d) e di ordinate spettrali, in termini di pseudovelocità (Psv) al 5% dello smorzamento critico, sono stati ottenuti utilizzando il catalogo storico dei terremoti d'Italia (Gruppo di Lavoro CPTI, 1999), le zone sismogenetiche proposte da Scandone (1999) e le leggi di attenuazione derivanti dal catalogo delle registrazioni accelerometriche italiane dal 1972 al 1994 (Sabetta e Pugliese, 1996).



Curve di attenuazione

Per il comune di Valva è stato individuato come accelerogrammi più probabile un evento con Magnitudo $M = 5,45$ e distanza epicentrale $R = 7$ km.



Accelerogramma artificiale

Per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica dei terreni sono state utilizzate curve $G/G_0 - \gamma$ (modulo di taglio normalizzato - deformazione a taglio); $D - \gamma$ (smorzamento - deformazione a taglio). Di seguito sono riportati i grafici relativi alle unità geolitologiche del sottosuolo.

Le curve G e D sono state ricavate da prove di laboratorio eseguite su materiali simili a quelli presenti nell'area oggetto dell'indagine; inoltre tali risultati sono stati rielaborati con programma di calcolo simulando vari tipi di modelli reologici (Burger, Burger Modificato, Zener ed altri più complessi) confrontandoli tra di loro individuando quelli con parametri simili in termini di moduli elastici e viscosità ai litotipi dell'area indagata.

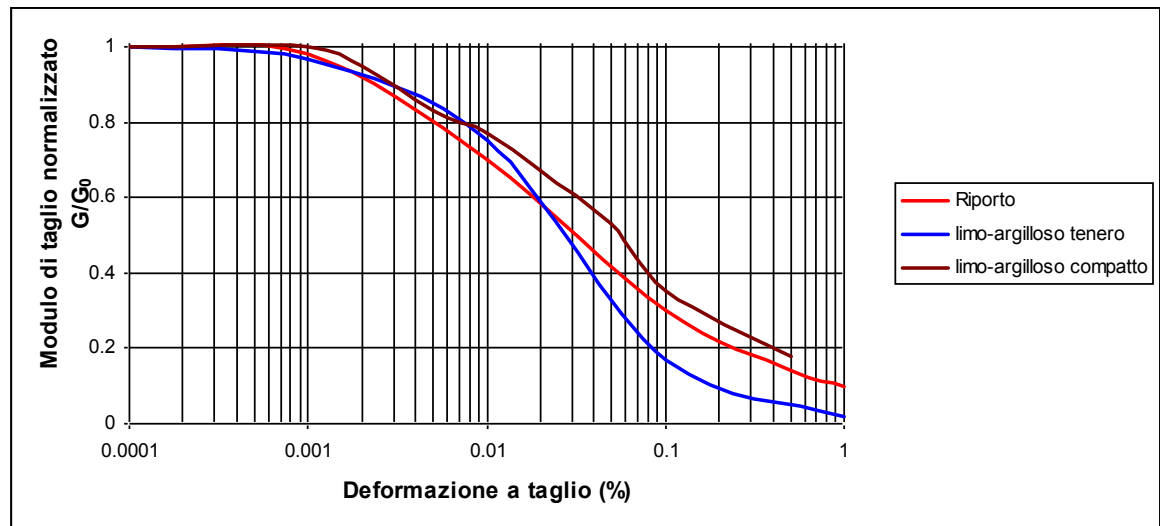


Grafico del modulo di taglio normalizzato delle unità geolitologiche

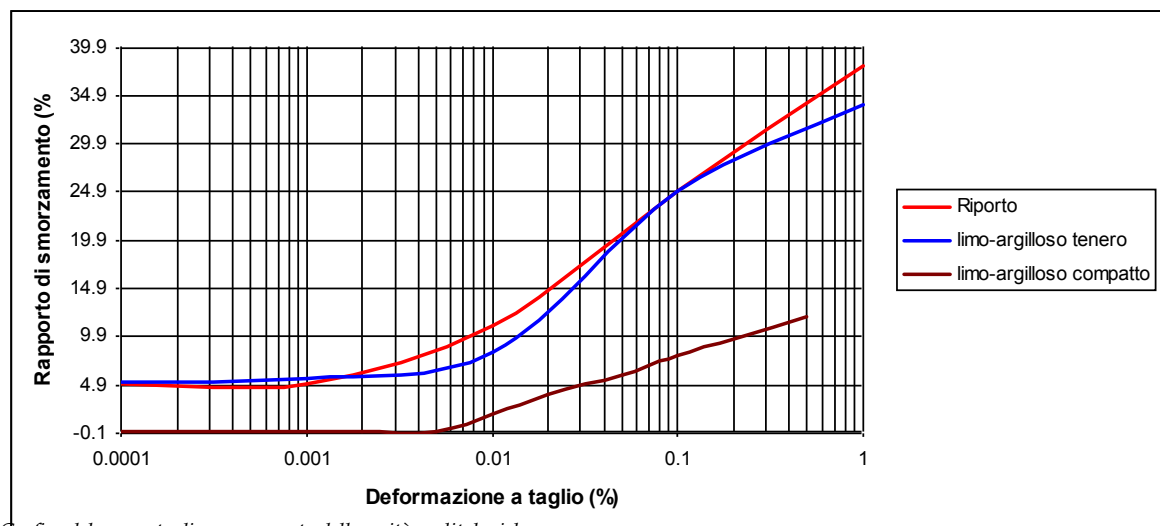


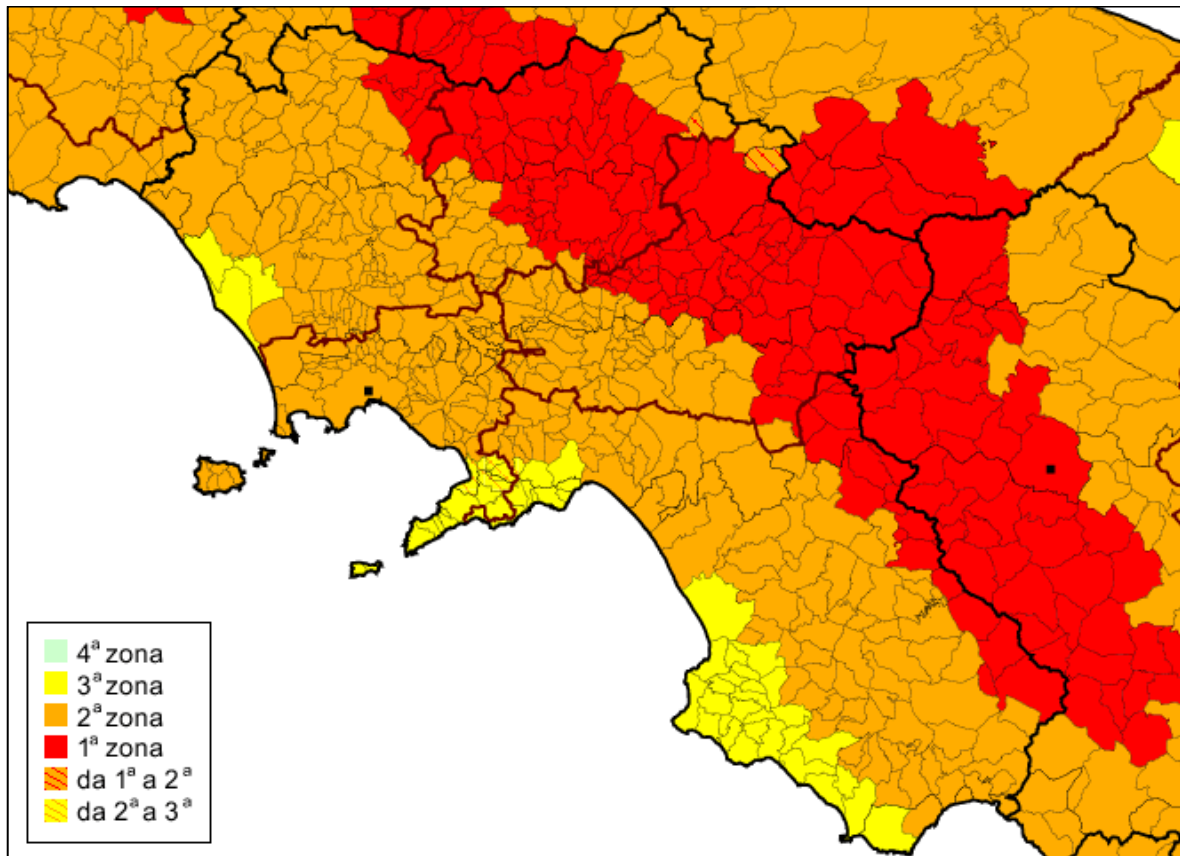
Grafico del rapporto di smorzamento delle unità geolitologiche

- Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003

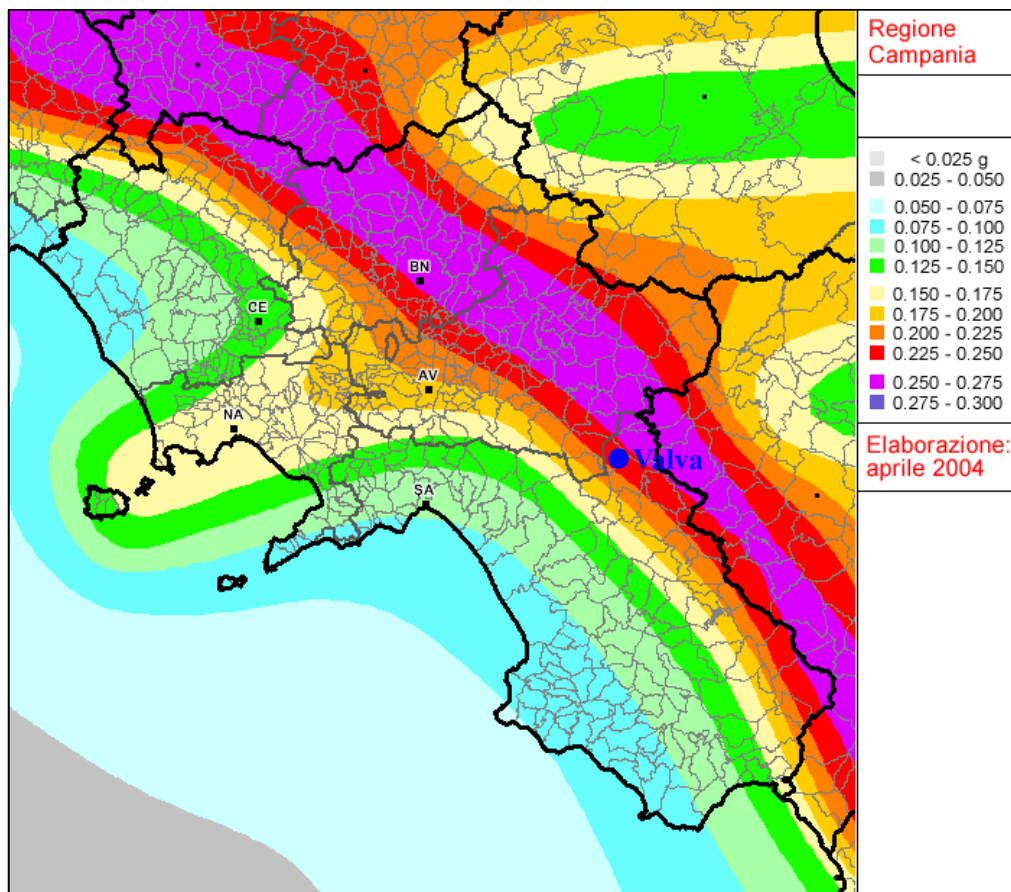
L'Ordinanza n. 3274 del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003

"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" contiene nuove disposizioni in materia di classificazione sismica e di normative tecniche.

Il numero di zone sismiche è fissato pari a 4, corrispondenti ai quattro valori di accelerazione orizzontale (a_g/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico.



Il comune di Valva ricade nella **zona sismica 1** a cui corrisponde una accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni maggiore di 0,25 g che si traduce in una accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a 0,35 (a_g/g) (suoli molto rigidi).



Ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto, sono state definite 5 categorie di profili stratigrafici del suolo di fondazione.

Sulla base dei risultati dell'indagine sismica eseguita, il sito indagato appartiene alla **categoria B** di suolo di fondazione, così definita: **depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt} > 50$, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa).**

La classificazione del sito è stata ottenuta sulla base del valore di V_{s30} (velocità media di propagazione entro 30 m di profondità) dato dalla seguente:

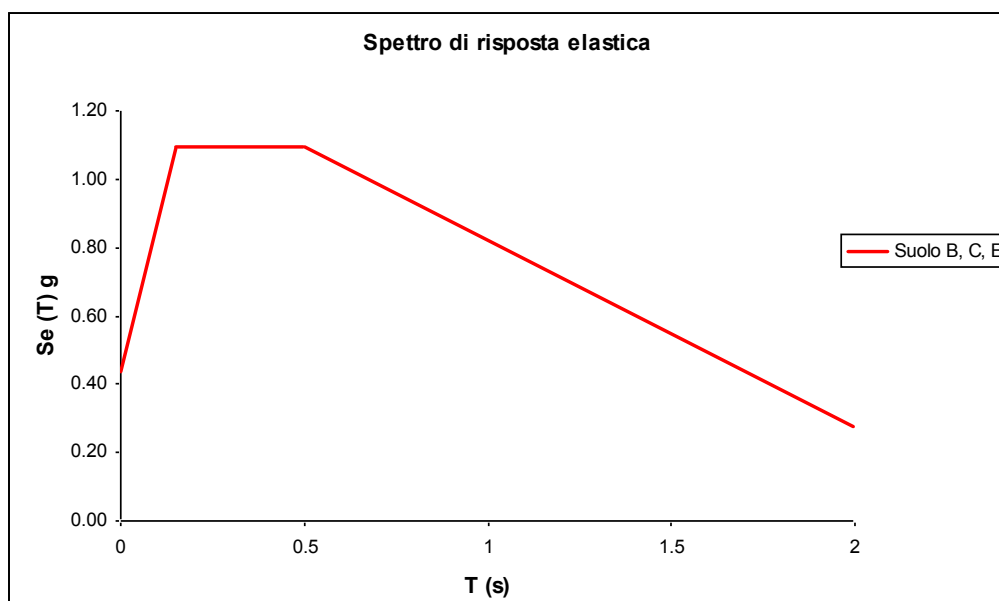
$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

espressione: dove h_i e v_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo (in m/sec), per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri superiori.

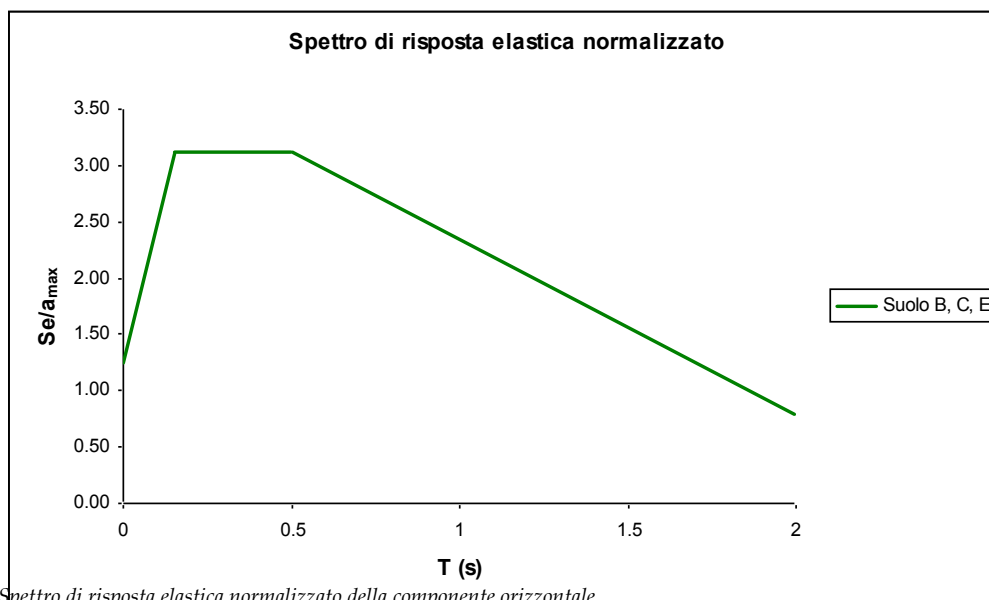
Ai fini dell'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche, oltre ad adottare il parametro " a_g " (accelerazione orizzontale massima) si dovrà tener conto di un fattore S che scaturisce dal profilo stratigrafico del suolo di fondazione, il cui valore è **$S = 1.25$** .

Il modello di riferimento per la descrizione del moto sismico in un punto della superficie del suolo è costituito dallo spettro di risposta elastico costituito da una forma spettrale, considerata indipendente dal livello di sismicità, moltiplicata per il valore dell'accelerazione massima del terreno che caratterizza il sito.

Nelle seguenti figure sono riportati lo spettro di risposta elastica e quello normalizzato della componente orizzontale ricavato dall'Ordinanza n° 3274.



Spettro di risposta elastica della componente orizzontale



Spettro di risposta elastica normalizzato della componente orizzontale

Inoltre l'O.P.C.M. prevede il calcolo dei valori dello spostamento e della velocità orizzontali massimi del suolo (d_g) e (v_g) attraverso le seguenti espressioni:

$$d_g = 0.025 \cdot S \cdot T_C \cdot T_D \cdot a_g$$

$$v_g = 0.16 \cdot S \cdot T_C \cdot a_g$$

nel nostro caso in relazione alla zona sismica e alla categoria del suolo di fondazione i valori ottenuti sono: **dg = 0.011 m e vg = 0.035 m/s.**

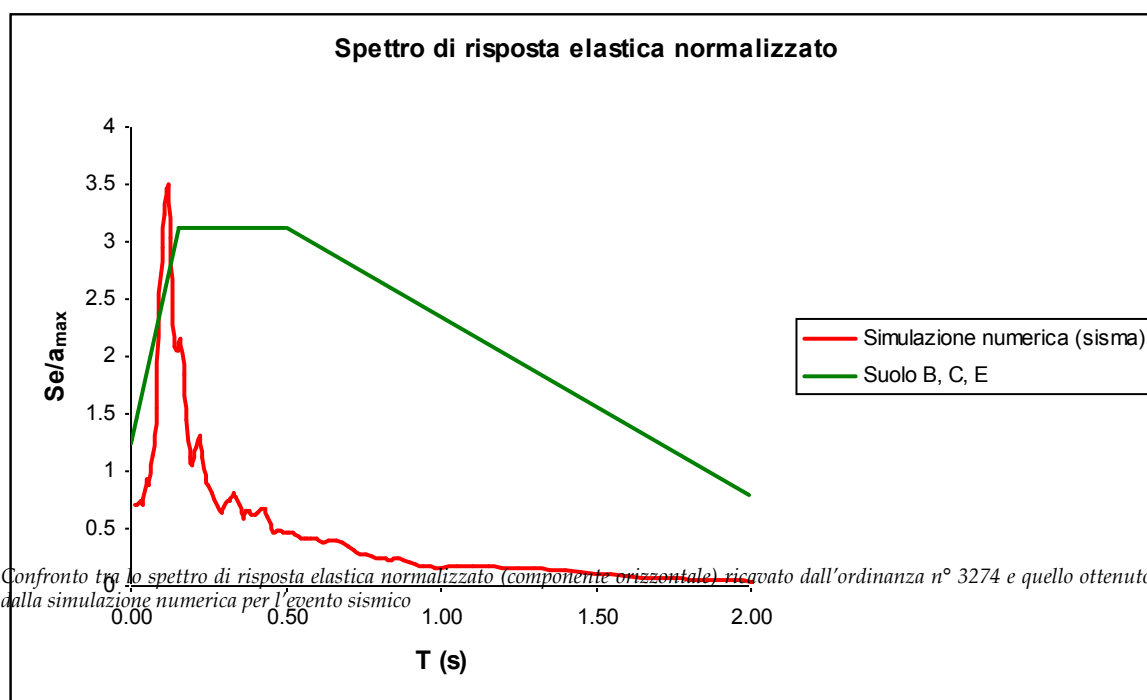
- Confronti e risultati

Dall'elaborazione numerica puntuale si sono ottenuti una serie di parametri caratteristici del moto del suolo che sono stati riportati in appendice alla relazione sia in forma grafica sia in forma numerica.

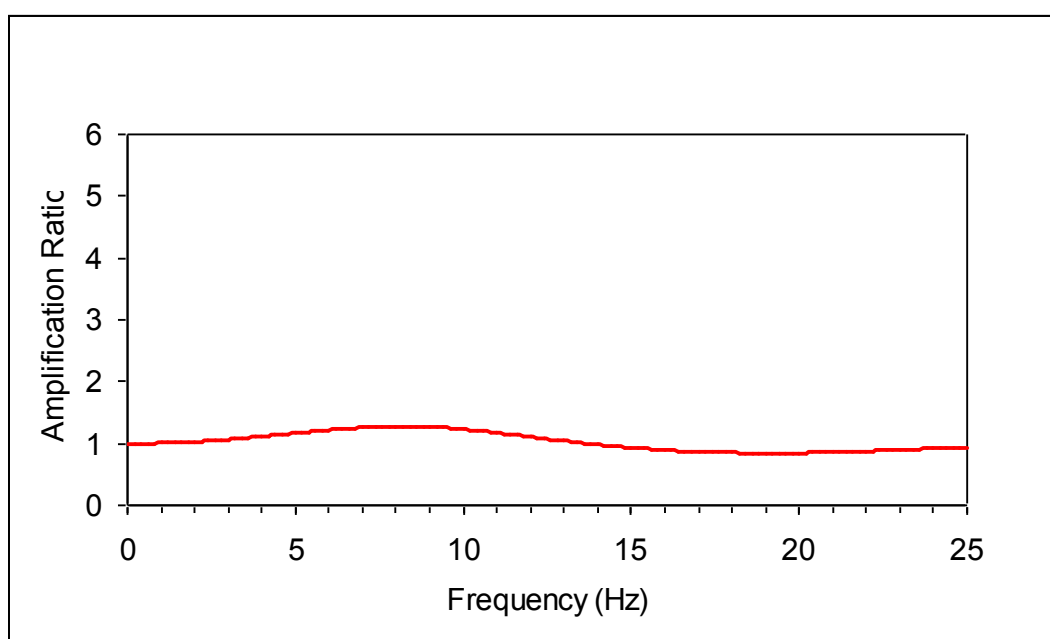
Dal confronto dei valori di accelerazione al suolo (PGA) e della massima accelerazione spettrale (PSV) relativi al terremoto di riferimento con i dati che vengono ricavati dall'Ordinanza n°3274, si evince che i parametri da noi ottenuti ricadono all'interno degli intervalli previsti dalla legge, come viene indicato nella tabella sottostante.

OPCM 3274 PGA (g)	OPCM 3274 PSV _{max} (g)	B a s e sismica	P G A _{max} (g) ANP-sisma	PSV _{max} (g) ANP-sisma
0.25 - 0.35	1.09	BS1	0,22	1,05

Dalla sovrapposizione tra lo spettro di risposta elastica ricavato dalla simulazione numerica e quello relativo all'ordinanza n°3274 si evince che le strutture che possono amplificare l'accelerazione subita alla base, con un rapporto superiore a 2, sono quelle aventi periodo proprio di oscillazione compreso tra 0,09 - 0,17 secondi (11 – 6 Hz).



Di seguito invece viene riportato il grafico relativo al fattore di amplificazione in funzione della frequenza per l'evento sismico considerato.



Andamento dell'amplificazione sismica in funzione della frequenza

Il profilo in parola è stato realizzato nell'area di indagine interessata dalla realizzazione della nuova Sede Municipale.

Nell'ambito del rilievo, le variazioni di quota tra i geofoni posti sullo stendimento è stata registrata e riportata nel software dedicato per la interpretazione dei dati (correzione topografica quota geofoni).

La lunghezza del rilievo pari a $L=96\text{m}$ ha consentito di ottenere una profondità utile di investigazione pari a max 25-28m.

L'analisi della sezione sismostratigrafica mostra la presenza di n. 3 sismostrati divisi da rifrattori ad andamento non del tutto regolare, a testimonianza della presenza nel sottosuolo investigato di corpi con discreto contrasto di velocità (specie in onda P) e geometrie variabili.

I valori delle velocità lette nella coltre superficiale ($V_p=467\text{ m/s}$, $V_s=251\text{ m/s}$), testimoniano la generale scadente risposta geotecnica di questi livelli (in media presenti sino a 3.95m dal piano campagna), litologicamente attribuibili a coperture **limo-sabbiose areate** frammiste a coltre vegetale, presenti in affioramento.

Il sismostrato di base intercettato sino alla massima profondità di investigazione, presenta velocità pari a $V_p=1750\text{ m/s}$, $V_s=328\text{ m/s}$, ed è litologicamente associabile a **limo-argillosi con trovanti calcarei**, complessivamente dotati di buona risposta tecnico-acustica.

- Interpretazione ed analisi sismica

Per valutare le caratteristiche geologiche del sito e quelle geotecniche del terreno di fondazione è stata condotta una campagna geognostica a carattere geofisico consistente in un profilo di sismica a rifrazione (Base onde P) e un profilo di sismica a rifrazione (Base onde S).

L'analisi della sezione sismostratigrafica mostra la presenza di n. 3 sismostrati così divisi:

1. **sismostrato superficiale** coltre superficiale ($V_p=467\text{ m/s}$, $V_s=251\text{ m/s}$), testimoniano la generale **scadente risposta geotecnica** di questi livelli (in media presenti sino a 3.95m dal piano campagna), litologicamente attribuibili a coperture limo-sabbiose areate frammiste a coltre vegetale, presenti in affioramento; **si sconsiglia di fondare su questo sismostrato**,
2. **sismostrato di base** intercettato sino alla massima investigazione; presenta velocità pari a $V_p=1750\text{ m/s}$, $V_s=328\text{ m/s}$, litologicamente è associabile a limo-argillosi con trovanti calcarei, complessivamente dotati di **buona risposta tecnico-acustica**.

Per valutare l'amplificazione sismica locale del sito è stato eseguito uno studio di Analisi Numerica Puntuale. Tale studio è stato effettuato in virtù dell'Ordinanza n. 3274 del Presidente del

Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", che inserisce il territorio di Valva nell'elenco dei Comuni appartenenti alla zona sismica **Z=1**.

In riferimento all'O.P.C.M. al Comune di Valva corrisponde una accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni maggiore di 0,25 g; questo si traduce in una accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a 0,35 (a_g/g) (suoli molto rigidi), valore che deve essere adottato per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

Oltre ad adottare il parametro " a_g " (accelerazione orizzontale massima), si deve tener conto di un fattore S che scaturisce dal profilo stratigrafico del suolo di fondazione. Sulla base dei risultati delle indagini sismiche a rifrazione in onde P e S, il sito indagato appartiene alla **categoria E di suolo di fondazione**, così definita: depositi di sabbie o ghiaie addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt} > 50$, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa). **Il valore di S è pertanto 1.25.**

Partendo da questa considerazione, si è successivamente passati alla determinazione dell'amplificazione sismica locale, tramite la definizione delle proprietà puntuali (V_s velocità delle onde di taglio, G_0 modulo di taglio a piccole deformazioni, R rigidità sismica, E_d modulo di elasticità dinamico, ν Modulo di Poisson, A amplificazione sismica), disponendo di uno spettro di risposta di accelerazione associato ad un dato terremoto e ad un dato fattore di smorzamento.

Per valutare correttamente i possibili fenomeni di amplificazione e quindi gli effetti dello scuotimento sismico sugli edifici esposti al rischio, bisogna porre estrema attenzione ai fenomeni di "risonanza" dovuti alla coincidenza tra frequenze dominanti del segnale sismico in ingresso e quelle naturali del sottosuolo ed alla conseguente possibile "doppia risonanza"; cioè la corrispondenza tra le frequenze fondamentali del segnale sismico, così come trasmesso in superficie, e quelle dei manufatti ivi edificati.

Nel caso esaminato bisogna porre attenzione all'intervallo di frequenza intorno ai **10 Hz** poiché possono verificarsi fenomeni di risonanza per la coincidenza delle frequenze dominanti del segnale sismico (intorno ai 10 Hz) (figura in appendice) e le frequenze naturali del sottosuolo (10 Hz sismostrato 2 BS1) (vedi tabella classi litotecniche).

Quindi ai fini progettuali converrebbe verificare il periodo di oscillazione della struttura oggetto dell'indagine.

8. Studio di compatibilità geologica dell'area riguardo al rischio frane

La presente relazione viene redatta in conformità al piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino interregionale del fiume Sele. Questo costituisce piano stralcio del piano di bacino ai sensi della legge 183/89, del decreto legge 180/1998 convertito dalla legge 267/1998 e successive modifiche ed integrazioni.

L'area interessata dagli interventi (come si evince dagli stralci cartografici allegati) è ubicata nella zona a pericolosità irrilevante (P1), per quanto riguarda la carta della pericolosità, e zona a rischio moderato (R1), per quanto riguarda la carta del rischio.

Per tali caratteristiche il piano stralcio non prevede particolari prescrizioni se non quelle relative alle normative in vigore estese ad un ambito morfologico o a un tratto di versante significativo. Per l'area in esame non è prevista nessuna prescrizione nemmeno per quel che riguarda il rischio idraulico.

Le accurate indagini geomorfologiche e geotecniche, eseguite nell'area di interesse e in quelle limitrofe, sono senz'altro sufficienti anche alla luce di tale normativa.

9. Conclusioni

Attraverso una descrizione morfologica ed idrogeologica del territorio supportato da adeguata cartografia e con un esame cartografico circostanziato di campagna ed uno studio, a più ampio respiro, ottenuto con l'interpretazione aerofotogrammetrica dei luoghi, il presente lavoro ha inteso dirigere la propria attenzione verso i problemi posti dalle opere da realizzarsi.

Uno studio puntuale, da me effettuato, di tutta l'area di interesse non ha potuto far altro che confermare, in linea generale, quanto si evince dalla cartografia del Piano Stralcio dell'Autorità di Bacino Interregionale vigente. L'area si ubica nella zona a pericolosità irrilevante (P1), per quanto riguarda la carta della pericolosità, e zona a rischio moderato (R1), per quanto riguarda la carta del rischio.

Gli studi geologici effettuati riguardano un'area pedemontana che storicamente presenta problemi dal punto di vista geomorfologico; per tale motivo, di comune accordo con il Committente e il progettista, è stata predisposta un'attenta campagna d'indagini, sia in sito che in laboratorio, per un preciso inquadramento delle caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area.

Gli elementi di instabilità gravitativa presenti nell'area riguardano sostanzialmente il costone roccioso presente a monte dell'attuale area di sedime; questo non desta particolare preoccupazione poiché a breve inizieranno i lavori che prevedono la realizzazione di sistemi atti a ridurre notevolmente il fattore pericolosità/rischio per tutta la zona.

Nel deposito in esame il contenuto d'acqua ha svolto un ruolo non trascurabile nell'evoluzione morfologica del versante. Per tale motivo, al fine di evitare fenomeni di infiltrazione con la conseguente modifica del regime delle pressioni neutre del pendio, nonché erosione diffusa sia di tipo laminare (sheet erosion) che lineare (rill and gully erosion), occorre

prevedere la realizzazione di sistemi atti ad allontanare le acque onde evitare ristagni compromettenti per la stabilità dell'area.

Per scelte progettuali è previsto uno sbancamento nella parte a monte; a tal fine si dovrà operare senza variare in modo notevole quelli che sono gli attuali equilibri del versante. Si consiglia di conservare una bassa pendenza al versante e di posizionare eventualmente opere di contenimento in materiale arido ad alto indice dei vuoti.

Inoltre, considerate le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e geotecniche presenti, si consiglia di ridurre al minimo il cubaggio generale delle strutture da realizzarsi, al fine di non aumentare il carico sui terreni al punto da indurre fenomeni di cedimento locale e differenziale. A tal fine si evidenzia che sulla base delle indagini effettuate si è potuto determinare per il coefficiente di reazione del terreno k un valore pari a 0,8 kg/cmq.

La quota sarà ove possibile posare le fondazioni della struttura in progetto, e da 1,50 a 2,00 mt a patto che si attuino tutti gli accorgimenti precedentemente analizzati per l'allontanamento delle acque.

Per la progettazione e dimensionamento delle opere, potranno essere utilizzati i seguenti valori geotecnici e sismici rappresentativi degli orizzonti fondali significativi:

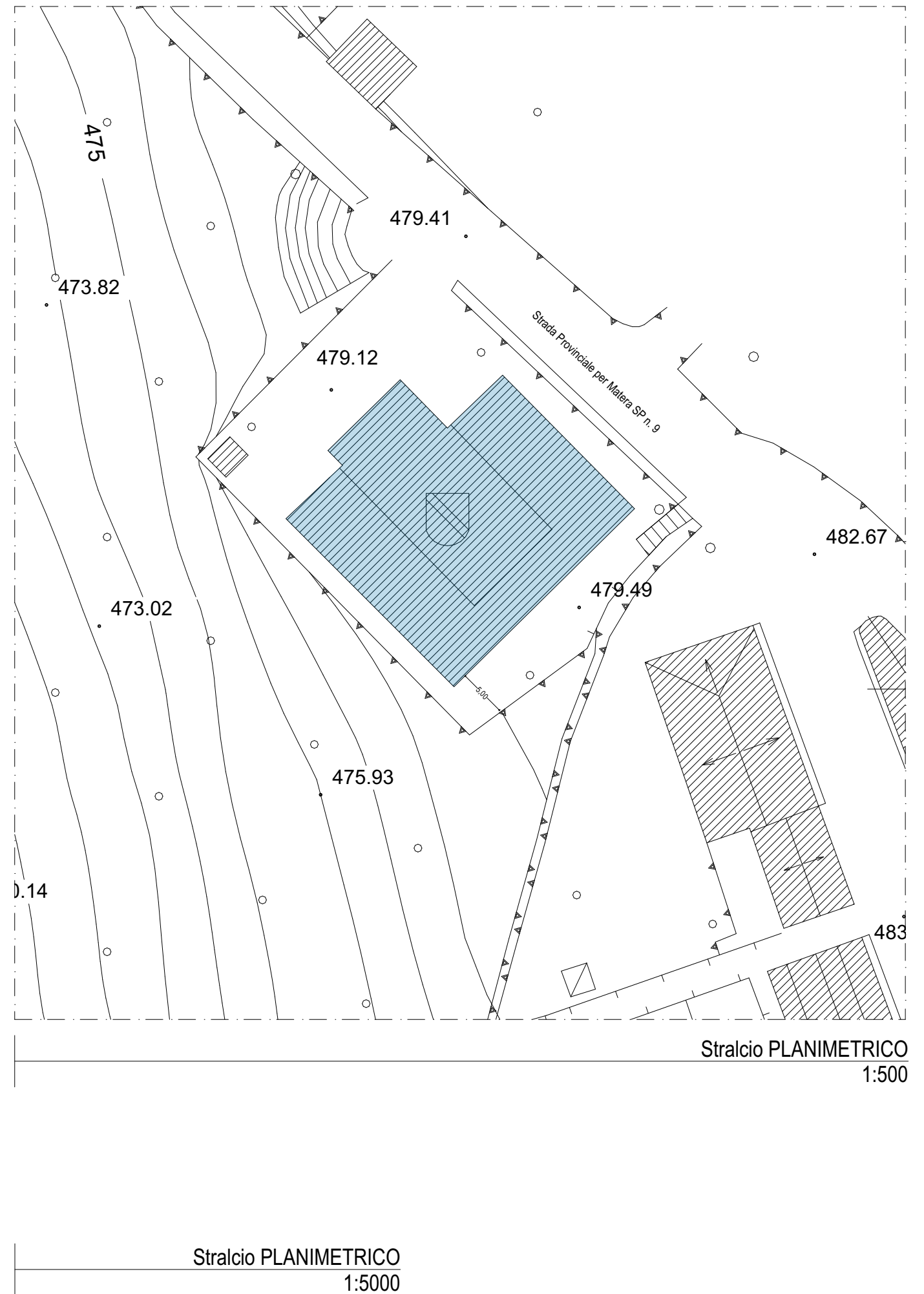
Peso di volume	$\gamma = 1,85 \text{ T/m}^3$
Cu	$\text{kN/m}^2 = 11,2$
Coesione	$\text{kN/m}^2 = 11,5$
Angolo di attrito interno	$\phi = 25^\circ$
Modulo Edometrico	$E = 41,24 \text{ kg/cm}^2$
Modulo di Poisson	$M_p = 0,34$
Modulo e_1	$G = 410,69 \text{ kg/cm}^2$
costante di sottofondo	$K_{sv} = 0.8 \text{ Kg/cm}^3$
Carico ammissibile	$Q_{amm} = 1,23 \text{ kg/cm}^2$
Coefficiente topografico	4

Infine, si sottolinea che per ogni opera che si andrà ad eseguire, sarà necessario porre accurata attenzione alle fasi di scavo da effettuare preferibilmente nei periodi asciutti, avanzare a piccoli tratti e, laddove necessario, creare strutture di protezione provvisorie fino ad ultimazione lavori.

La D.L. è invitata inoltre a consultare lo scrivente in fase operativa per ogni operazione legata al rapporto strutture-terreno di fondazione e per ogni decisione riguardo la disciplina delle acque.

Ciò è quanto in fede e con serena coscienza posso affermare a compimento del mandato conferitomi.

Il Tecnico
(Dott. Geol. Oscar Imbriaco)





3-Mag-2017 20:33:36
Prot. n. T372638/2017

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

Comune: VALVA
Foglio: 15

1 Particella: 769