

ALBANO SANT'ALESSANDRO

ADEGUAMENTO SISMICO E CONTENIMENTO ENERGETICO

CIG: 770834250C

CUP: G78E15000010005

RESPONSABILE PROCEDIMENTO:

DOTT. FABIO MARCHESI



RELAZIONE GEOLOGICA

ALB_PE_DOC_010

PROGETTO ESECUTIVO

FEBBRAIO 2019



Comune di ALBANO S. ALESSANDRO
Provincia di Bergamo

ADEGUAMENTO SISMICO E EFFICIENTAMENTO ENERGETICO SCUOLA MEDIA PROGETTO DEFINITIVO

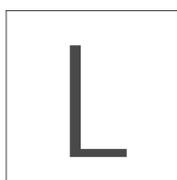
committente:

AMMINISTRAZIONE COMUNALE
DI ALBANO SANT' ALESSANDRO

titolo:

RELAZIONE GEOLOGICA

allegato



data: APRILE 2015

i progettisti:



RELAZIONE GEOLOGICA

Introduzione

Il sistema collinare orientale, compreso tra i grandi solchi della Valle Seriana e della Valle Cavallina, costituisce l'avamposto prealpino verso l'alta pianura.

Si tratta di un insieme di rilievi collinari composti da distinti gruppi, tra loro relazionati attraverso selle e piccole valli. L'insieme di questi rilievi definisce un confine fisico e paesaggistico assai netto con l'alta pianura che, dalla base dei versanti, si estende a meridione in modo apparentemente uniforme.

Proprio la stretta fascia territoriale di raccordo tra i primi rilievi collinari e la pianura è stata scelta in sede storica quale ambito privilegiato per diversi insediamenti (Villa di Serio, Scanzo, Rosciate, Albano Sant'Alessandro, S. Paolo d'Argon, Brusaporto, Bagnatica, Costa di Mezzate, Chiuduno), tutti ubicati, secondo la medesima logica, nei punti di raccordo tra collina e pianura.

Quest'ultima, conserva ancora un marcato rigore geometrico nella distribuzione delle particelle, derivato dall'ortogonalità delle centuriazioni romane (più evidente nel quadrante orientale, tra Costa di Mezzate e Chiuduno, meno in quello occidentale) ed interrotto solamente in corrispondenza dei quasi impercettibili avvallamenti dei corsi d'acqua che, provenienti dai bacini imbriferi a monte dirigono a sud (i principali sono il torrente Zerra, il fiume Cherio, il rio Seniga ed il torrente Tirna).

Questa porzione di pianura è stata fortemente interessata dal consistente sviluppo urbanistico degli abitati, avvenuto in modo impetuoso nel corso degli ultimi decenni; ciò ha comportato fenomeni di conurbazione lungo le direttrici stradali principali ed una sempre maggiore frammistazione tra ambiti agricoli e spazi costruiti, dove attualmente predomina un paesaggio variegato, che riassume i caratteri della città diffusa a bassa densità insediativi manifestati essenzialmente nel non sempre ordinato susseguirsi di periferie residenziali e zone industriali, con piccoli lembi di campagna interclusi al costruito, che ancora resistono alla cementificazione.

L'area collinare che si estende tra Scanzorosciate e Chiuduno è il limite naturale di una stretta fascia di alta pianura formatasi, nel corso dei secoli, tra il fiume Serio ed il Cherio.

Sonno colline non molto alte ed incise da un reticolo idrografico ramificato e dall'andamento contorto, che crea, con una serie di torrenti, alcune piccole valli minori. Così il torrente Zerra, con i suoi affluenti, dopo aver inciso le pendici del monte Negrone e del monte S. Giorgio, si immette sulla piana alluvionale, già formata dal Serio, tra Albano e Montello, isolando verso la pianura il monte Tomenone, posto alle spalle di Brusaporto.

La fascia collinare tra Scanzorosciate e Chiuduno, sviluppata con direzione est-ovest, è così formata da una serie di rilievi collinari, dal profilo regolare, spesso caratterizzati dalla presenza di terrazzamenti antropici molto estesi e coltivati a vite. Notevole è lo sfruttamento del suolo delle pendici collinari modellate dal lavoro dell'uomo con infiniti terrazzamenti, ad uso quasi specifico della coltivazione della vite, favorita anche dalla particolare composizione del substrato roccioso, con le giuste caratteristiche fisico-chimiche per dare qualità al vino prodotto.

La diffusione dei terrazzamenti aveva lo scopo di sfruttare l'esposizione soleggiata dei fianchi meridionali dei versanti collinari, fianchi solcati da piccoli rigagnoli e torrentelli che assicuravano il necessario apporto di acqua, e per evitare che eventuali movimenti di scivolamento dei terreni e piccoli episodi franosi potessero minacciare i nuclei abitati sorti ai piedi delle colline: la disposizione diffusa dei terrazzamenti, determina un territorio eterogeneo, sia dal punto di vista geografico che paesaggistico.

Indagine geotecnica

Al fine di consentire un corretto dimensionamento, delle strutture di fondazione delle strutture in ferro di adeguamento sismico, della scuola media di via Dante Alighieri, si rendeva necessaria la redazione di un relazione di indagine geologica.

Vista la presenza nell'area dell'attuale scuola media di bambini ed il continuo accesso da parte del personale docente, non docente e genitori, al fine di evitare pericolo e con lo scopo di garantire l'incolumità degli utenti medesimi, non si è proceduto all'esecuzione di un'indagine geologica tramite trincee esplorative e sondaggi con sonde.

Pertanto si è adottata, la relazione geologica depositata in comune per la realizzazione del nuovo municipio sull'area poco distante da quella oggetto di intervento.

I parametri assunti a base di calcolo fanno riferimento a tale relazione. Prima di procedere alla redazione del progetto esecutivo, sarà comunque cura dell'amministrazione comunale incaricare un professionista per la verifica e l'approfondimento delle affinità delle aree, anche tramite nuovi sondaggi.

Estratto da ORTOFOTO



Dall'immagine area sopra riportata si può notare la posizione dei sondaggi effettuati (pallino rosso) rispetto all'area oggetto di intervento.

Chiari, 03 aprile 2015

Il tecnico

Si allega di seguito la relazione geologica sopra citata.



Hattusas s.r.l.

Via Roma, 37 – 24060 Tagliuno (Castelli Calepio, BG)

Tel. e fax 035 4425112 E-mail info@hattusas.it

COMUNE DI ALBANO

SANT'ALESSANDRO

(Provincia di Bergamo)

Committente

Amministrazione comunale

**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA DI
SUPPORTO AL PROGETTO DI REALIZZAZIONE DEL
NUOVO CENTRO AMMINISTRATIVO**

Tagliuno (Castelli Calepio, BG), luglio 2010

Dott. Geol. Andrea Gritti

Iscriz. Ordine dei Geologi della Lombardia n. 1461



CORRETTIVA DI FENOMENI

INTELLIGIBILI

di [illegible]

[illegible]

ALTERNATIVE GEOLOGICO-STRUTTURALI DI
RISORSA AL PROGETTO DI REALIZZAZIONE DEL
PUNTO CENTRALE ABBANDONATO

[illegible]

[illegible]





INDICE

RELAZIONE GEOLOGICA	3
NORMATIVA	3
PREMESSA	4
SINTESI DELL'INTERVENTO PROGETTUALE	6
LINEAMENTI GENERALI DELL'AREA	7
Inquadramento geografico-ambientale	7
Quadro vincolistico di riferimento	8
Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico	10
Inquadramento paesistico-ambientale	13
CAMPAGNA DI CARATTERIZZAZIONE GEOGNOSTICA	18
SISMICITÀ	18
RELAZIONE GEOTECNICA	24
PREMESSA	24
INDAGINI GEOTECNICHE	24
Parametri caratteristici	28
VALUTAZIONE DEGLI STATI LIMITE ULTIMI E DI ESERCIZIO (SLU, SLE)	29
Normative di riferimento	30
Verifica al carico limite	31
Cedimenti della fondazione	33
Fondazione 1,5 x 5 metri	38
Fondazione 2 x 5 metri	50
Fondazione 2,5 x 5 metri	63
Fondazione 3 x 5 metri	75
Conclusioni	87
RELAZIONE SISMICA	88
Valutazione del rischio sismico	88
Classificazione del sito	89
PRESCRIZIONI DI CARATTERE GENERALE	95
CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	96



RELAZIONE GEOLOGICA

NORMATIVA

Decreto Ministeriale 14.01.2008

Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni.

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.

Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

Eurocodice 8 (1998)

Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture.

Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003).

Eurocodice 7.1 (1997)

Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali – UNI.

Eurocodice 7.2 (2002)

Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002) – UNI.

Eurocodice 7.3 (2002)

Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito(2002) – UNI.

Leggi regionali in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico.

Ordinanze Autorità di Bacino nazionale, regionale o interregionale.



PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale è stata eseguita la presente indagine geologico-geotecnica integrativa volta a caratterizzare i terreni interessati dal progetto di realizzazione della nuova sede comunale in Comune di Albano Sant'Alessandro (BG), al fine di esprimere un giudizio di fattibilità geologica del progetto stesso.

Nel Maggio del 2008 è stata eseguita dallo scrivente un'indagine geologica di dettaglio i cui risultati vengono rivisti e implementati nel seguente rapporto al fine di adeguare i risultati ottenuti alle nuove normative vigenti.

L'obiettivo del documento è l'inquadramento geologico ed idrogeologico di base del territorio, propedeutico alla progettazione esecutiva delle opere, nonché il rilevamento delle eventuali interferenze che le opere in progetto possono avere con l'assetto idrogeologico dell'area.

Dapprima vengono analizzate le diverse componenti geologiche ed idrogeologiche su un'area piuttosto vasta e quindi, successivamente, l'attenzione verrà focalizzata sulle parti di territorio direttamente interessate dalle opere in progetto.

Nella stesura del documento si è tenuto conto di quanto riportato in letteratura e di quanto emerso durante i rilievi di campo svolti nelle aree oggetto dell'intervento in progetto. Si è dunque provveduto alla consultazione della documentazione tecnica disponibile, costituita essenzialmente dalla cartografia geologica ufficiale della Provincia di Bergamo, dalle informazioni reperibili presso gli archivi S.I.T. della Regione Lombardia e secondo i contenuti dei Piani a scala regionale (P.T.R.), provinciale (P.T.C.P.) e locale, il tutto integrato e verificato da opportuni sopralluoghi in sito.

L'analisi bibliografica ha avuto un duplice scopo: ottenere un quadro ricognitivo complessivo delle caratteristiche geologiche dell'area in esame e correlare le



informazioni dedotte con i sopralluoghi di terreno, rispetto alla condizioni geologiche a più ampia scala d'intorno.

L'indagine, in particolare, si rende necessaria in aderenza alle disposizioni normative in capo a:

- ex L.R. 41/97, ora inglobata nei criteri attuativi della L.R. 12/05 con D.G.R. 22/12/05, n. 8/1566 “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, n. 12”;
- D.M. 14 settembre 2005 “Norme tecniche per le costruzioni” (pubblicato sulla G.U. n. 222 del 23 settembre 2005 – Supplemento Ordinario n. 159) e D.M. 14 gennaio 2008 “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni” (pubblicato sulla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008 – Supplemento Ordinario n. 30);
- nuova classificazione sismica nazionale e regionale (D.G.R. 7 novembre 2003 n. 7/14964).

Si ricorda che le indicazioni tecniche di carattere strutturale elencate nei paragrafi successivi sono dei suggerimenti realizzativi con valenza puramente indicativa che possono essere confermati o variati dall’Ingegnere Strutturista, al quale, così come avviene per il dimensionamento e la scelta della tipologia fondazionale, spetta il giudizio finale di validità.



SINTESI DELL'INTERVENTO PROGETTUALE

Il fabbricato in progetto sarà distribuito su quattro livelli, piano interrato, piano terra, piano primo e piano secondo. La struttura verrà collegata a quella già esistente.

Il piano interrato è completamente destinato ad autorimesse e locali accessori senza presenza continuativa di persone.

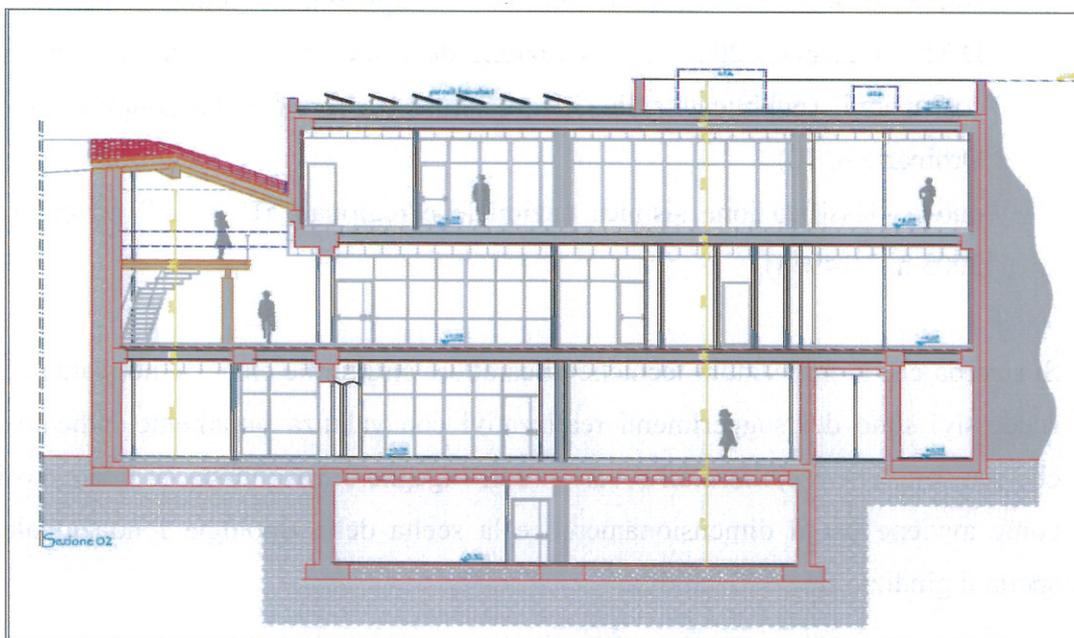


Figura 1 – Prospetti del fabbricato residenziale di progetto.



Hattusas s.r.l.

Via Roma, 37 – 24060 Tagliuno (Castelli Calepio, BG)

Tel. e fax 035 4425112 E-mail info@hattusas.it

LINEAMENTI GENERALI DELL'AREA

Inquadramento geografico-ambientale

L'ambito oggetto di intervento è situato nel centro urbano del Comune di Albano Sant'Alessandro a ridosso dell'attuale sedo comunale. Si tratta di un ambito urbanizzato prevalentemente pianeggiante.



Figura 2 - Ortofotografia del sito di intervento (fonte: RL volo IT2000 2007).



Figura 3 – Corografia dell'area di intervento su base C.T.R.

L'area oggetto di indagine è ubicata ad una quota di circa 243 m s.l.m., è caratterizzata da una morfologia pianeggiante, ed è collocata in un contesto urbanizzato e attualmente compresa tra diversi edifici esistenti.

L'esatta ubicazione dell'area è visibile nell'immagine sopra riportata.

Quadro vincolistico di riferimento

Dalla disamina degli strumenti normativi di riferimento, è emerso che l'area di intervento:

- secondo l'*Inventario dei Fenomeni Franosi della Regione Lombardia*, non è interessata direttamente da processi di dissesto attivi o quiescenti;
- secondo la Carta E1 1.1 "*Suolo e Acque*" del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, riportato in stralcio, non ricade in nessun ambito



di criticità; l'ambito è inserito fra gli ambiti di pianura nei quali gli interventi di trasformazione territoriale devono essere assoggettati a puntuale verifica di compatibilità geologica ed idraulica (art. 44)

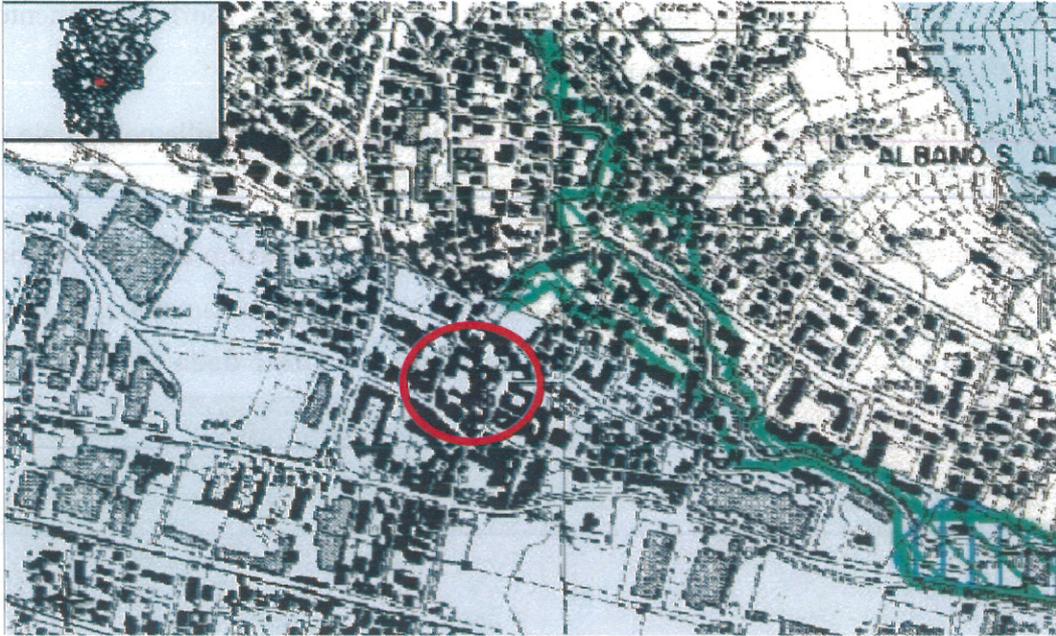


Figura 4 – Stralcio della Carta E1 1.1 “suolo e Acque” del P.T.C.P. di Bergamo.

- secondo la carta del vincolo idrogeologico (ex R.D. n. 3267 del 1923 (ex L.r. n. 8/76, ex L.r. n. 27/04; L.r. n. 31/08; L.r. 12/05 e s.m.i.) consultabile sul SITER della Provincia di Bergamo, non ricade in ambiti interessati da questo vincolo.

Relativamente agli altri vincoli ambientali, l'area esaminata:

- non ricade in biotopo o geotopo d'interesse Regionale o Nazionale;
- non ricade nel limite dei Parchi Regionali (L.r. 86/83, art. 1, lett. b);
- non ricade nel limite delle Riserve naturali (L.r. 86/83, art. 1, lett. c);
- non ricade in aree con Monumenti naturali (L.r. 86/83, art. 1, lett. d);
- non ricade in aree di rilevanza naturale e ambientale (L.r. 86/83, art. 1, lett. e);
- non ricade in Parchi Locali di Interesse Sovracomunale (L.r. 86/83, art. 34);
- non ricade nelle Aree di elevata naturalità di cui all'art. 17 del P.T.P.R.;
- non ricade in ambito S.I.C. o Z.P.S.;
- non ricade in area sottoposta a vincolo ambientale (D. Lgs. n. 42/2004).



Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico

L'area oggetto delle indagini è collocata in una zona morfologicamente pianeggiante in un contesto densamente urbanizzato.

In generale il substrato in posto è costituito da livelli di limi e argille con ghiaie e ciottoli più o meno abbondanti a seconda della profondità.

La Carta Geologica allegata relativa allo studio geologico redatto dalla Provincia di Bergamo, di cui si riporta in allegato lo stralcio per un inquadramento generale, assegna i terreni in oggetto all'area al **“Complesso del Ponte della Selva”** ed in



Figura 5 - Carta geologica della Provincia di Bergamo

particolar modo all'Unità di Torre Boldone, caratterizzata da ghiaie a supporto di matrice limoso argillosa, con ciottoli da arrotondati a discoidali, rappresentati esclusivamente da litotipi siliceo-quazosi terrigeni. In prossimità del sito in esame è inoltre indicata la presenza del **“Complesso del Serio”**, essenzialmente caratterizzato da depositi di tipo alluvionale costituiti da ghiaie con ciottoli in matrice limoso sabbiosa, localmente cementate a costituire livelli conglomeratici.



La carta geomorfologica della Provincia di Bergamo include l'area in esame fra quelle appartenenti all'alta pianura, poco più a nord si ha il passaggio ai terrazzi antichi e ai primi rilievi alpini collocati al bordo della pianura.

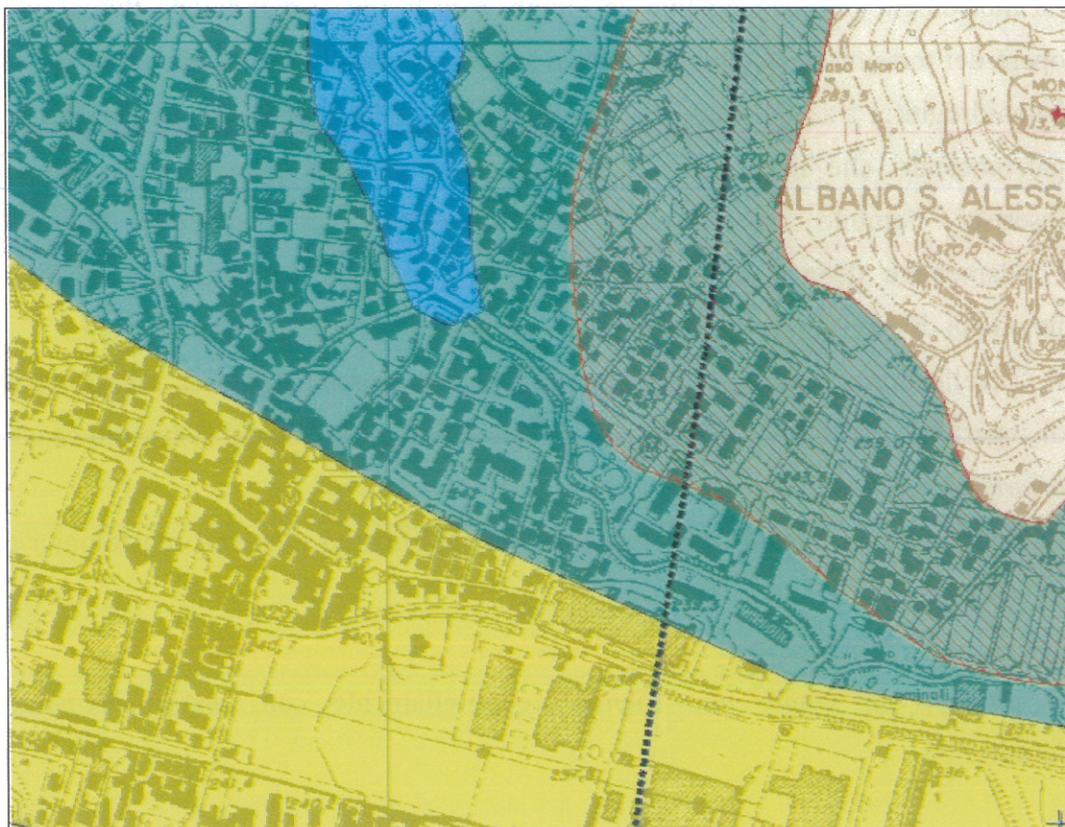


Figura 6 - Carta geomorfologica della Provincia di Bergamo

I risultati delle indagini evidenziano una successione piuttosto omogenea su tutta l'area interessata, caratterizzata dalla presenza di alcuni metri di materiali costituiti da argille, mentre nei livelli più profondi si sono rilevati spessori modesti di ghiaie in abbondante matrice limo-argillosa.

Da un punto di vista tettonico, come si evince osservando lo stralcio della carta geologica, il sito è inserito in un contesto alquanto semplificato, privo di lineamenti strutturali. L'associazione delle strutture tettoniche presenti nelle Alpi e Prealpi orobiche permette di suddividere schematicamente il territorio bergamasco in "zone". L'area di intervento appartiene alla zona del "settore frontale a pieghe e faglie": questa zona comprende la parte frontale affiorante della catena sudalpina. Le strutture principali formano tre fasce parallele costituite rispettivamente da nord a sud, e proseguono in profondità sotto i sedimenti plio-



quaternari della Pianura Padana (Zona della Pianura Padana intravalliva, settore padano).

La morfologia sub-pianeggiante dei luoghi reca le tracce dell'azione fluviale ad opera dei torrenti che hanno costruito e solcato la pianura, con evidenti tracce di paleoidrografia a canali intrecciati; è infatti possibile riconoscere un sistema di paleomeandri che interessa la fascia diluviale dell'alta pianura entro cui si inserisce l'ambito in esame. L'area si colloca sul cosiddetto "Livello Fondamentale della Pianura", ripiano morfologico pleistocenico connesso ai fenomeni di deposizione alluvionale e fluvioglaciale dei corsi d'acqua.

Il "Livello Fondamentale della Pianura" è sovente caratterizzato da microrilievo di superficie e differenze di pietrosità dovute a quanto rimane dei sistemi di canali *braided* del Pleistocene.

L'area analizzata appare uniforme, priva di significativi elementi morfologici a scala locale.

Il progetto in esame non interferisce direttamente con nessun elemento idrografico.

Dalle ricostruzioni effettuate e dalla bibliografia disponibile, si riscontra nel sito di intervento e nei suoi dintorni un livello statico della falda di circa 7 - 10 m dal piano campagna, mentre il livello dinamico oscilla intorno a valori più elevati. Ciò naturalmente non esclude la possibile (e difficilmente prevedibile) presenza di falde sospese a profondità inferiore, data la natura litologica e stratigrafica del sottosuolo. In particolare, falde sospese di dimensioni limitate potrebbero essere localizzate in livelli ghiaioso-sabbiosi sostenuti da locali lenti limose di esondazione.

Per quanto riguarda invece l'idrografia superficiale, l'area esaminata non è interessata dalla presenza di corsi d'acqua.



Inquadramento paesistico-ambientale

Per quanto concerne gli aspetti legati al paesaggio, come si evince dall'analisi degli elaborati del Piano Territoriale Regionale, dell'Abaco delle informazioni a scala comunale e della cartografica allegata al P.T.P.R., l'ambito geografico di riferimento si situa a cavallo tra quello delle Valli Bergamasche e della Pianura Bergamasca, in virtù della posizione geografica di transizione tra gli ultimi rilievi collinari e la fascia dell'alta pianura diluviale.

L'unità tipologica di paesaggio ove ricade il sito in oggetto è quella dei *Paesaggi delle colline pedemontane*, anche se per le medesime ragioni sopra citate, l'unità è in transizione con quella dell'alta pianura asciutta, costituenti la Fascia dell'Alta Pianura.

Il paesaggio dell'alta pianura è stato quello più intensamente coinvolto nei processi evolutivi del territorio lombardo. È un paesaggio costruito, edificato per larghissima misura, che si caratterizza per la ripetitività anonima degli artefatti, peraltro molto vari e complessi. Questi si strutturano intorno alle nuove polarità del tessuto territoriale: i grandi supermercati, le oasi sportive e di evasione, gli stabilimenti industriali, le nuove sedi terziarie, i nuovi centri residenziali formati da blocchi di condomini o di casette a schiera e, in alcune zone più vicine alla città, vere e proprie unità insediative tipo 'new town'.

La visualizzazione paesistica ha, come motivo ricorrente, come iconema di base il capannone industriale accanto al blocco edilizio residenziale, e poi lo spazio deposito.

L'alta pianura, benché ormai appaia come unico grande mare edilizio, impressionante quando lo si sorvola lungo i corridoi aerei, è ancora nettamente organizzata intorno alle vecchie strutture, i centri che si snodano sulle direttrici che portano alle città pedemontane. Esse, in passato, soprattutto Bergamo, Brescia e Como, hanno sempre avuto una loro autonoma capacità gestionale, una loro forza urbana capace di promuovere attività e territorializzazioni loro proprie, come rivela la stessa ricchezza monumentale dei loro nuclei storici, nei quali appaiono consistenti i richiami al periodo della dominazione veneziana.



La geografia fisica dell'alta pianura è imperniata sui corsi fluviali che scendono dalla fascia alpina. Essi attraversano l'area delle colline moreniche poste allo sbocco delle valli maggiori e scorrono incassati tra i terrazzi pleistocenici. I loro solchi di approfondimento rappresentano perciò un impedimento alle comunicazioni in senso longitudinale. L'industrializzazione della Lombardia ha dovuto fare i conti con questo accidente fisico, e proprio nella realizzazione dei ponti, all'epoca delle costruzioni ferroviarie essa ha trovato modo di esprimere il suo "stile" nel paesaggio.

I solchi fluviali, anche minori, hanno funzionato da assi di industrializzazione ed è lungo di essi che ancora si trovano i maggiori e più vecchi addensamenti industriali.

Il grado di urbanizzazione si attenua procedendo verso nord, con l'ampliarsi del ventaglio di strade in partenza da Milano. Si riconosce sempre più la tessitura territoriale di un tempo, assestata su strade prevalentemente meridiane o submeridiane che corrono al centro delle aree interfluviali, le lievissime indorsature tra fiume e fiume che formano l'alta pianura, la quale nella sezione centro-orientale è movimentata dalle formazioni collinari della Brianza. La rete delle strade ha una maglia regolare a cui si conforma la struttura dei centri, di modo che l'impressione generale, percepibile anche viaggiandovi dentro, è quella di una maglia di elementi quadrati o rettangolari che "cerca" Milano e il sud attraverso le sue principali direttrici stradali. Ma il paesaggio di recente formazione, percepibile attraverso la forma e il colore degli edifici (il cotto sostituito al cemento, i coppi dei tetti sostituiti da coperture di fabbricazione industriale), affoga in un'unica crosta indistinta le vecchie polarità formate dai centri rurali (che il Biasutti all'inizio del secolo aveva definito come aggregati di corti contadine) nei quali si inseriscono spesso le vecchie ville padronali. Indicate invariabilmente dai boschetti dei parchi, esse rappresentano l'emanazione urbana, signorile o borghese, dei secoli passati, quindi oggetti di particolare significato storico e culturale.

Il paesaggio agrario ha conservato solo residualmente i connotati di un tempo. Persiste la piccola proprietà contadina, risultato delle frammentazioni del passato, sia la media proprietà borghese. La ristrutturazione in senso moderno



dell'agricoltura, non vi è stata anche a causa del ruolo secondario dell'attività rispetto all'industria, che è dominante e impone ovunque, anche tra i colli e le vallecole della Brianza, il suo elemento caratteristico, il capannone, togliendo molti dei caratteri di amenità a questo paesaggio già dolcissimo e celebrato dall'arte e dalla letteratura. La conduzione dei campi è fatta spesso part-time da lavoratori dell'industria che hanno rinunciato alla proprietà avita. Del resto l'agricoltura in questa parte della regione (la Lombardia asciutta) ha scarsa redditività e ciò ha costituito un fattore non estraneo alle sollecitazioni industriali di cui è stata scenario.

L'organizzazione agricola è diversa là dove si estende il sistema irrigatorio, basandosi su aziende di maggiori dimensioni che operano in funzione commerciale. Un tempo il paesaggio era ben disegnato dai filari di alberi (tra cui avevano importanza i gelsi), dalla presenza di qualche vigneto; ma l'albero non è mai stato qui una presenza importante e comunque è stato sacrificato a causa della fame di terreno coltivabile (fondamentale era la coltivazione del grano). Oggi le macchie boschive si estendono ai bordi dei campi, lungo i corsi d'acqua, nei valloncelli che attraversano le colline moreniche, nei solchi fluviali e nei pianalti pedemontani, intorno ai laghi dell'ambiente morenico. Si è imposta come pianta dominante la robinia, specie importata e di facile attecchimento, che banalizza gli scenari vegetali a danno delle specie originarie padane, come le querce, la cui presenza eleva la qualità del paesaggio anche nel giudizio della popolazione.

La sezione superiore dell'alta pianura movimentata dai rilievi collinari morenici rappresenta il paesaggio più caratteristico dell'alta pianura lombarda. Esso dà luogo ad aree paesistiche con una loro spiccata individualità anche a causa della loro distinta collocazione, intimamente legata agli sbocchi in pianura degli invasi che accolgono i laghi prealpini. Ma oggi sia la Brianza, come le zone collinari abduane, il Varesotto, la Franciacorta e l'ampio semicerchio a sud del lago di Garda sono state profondamente modellate dall'azione antropica, favorita dalla mobilità dei terreni, che ha modificato l'idrografia, eliminato depressioni palustri, manomesso, spianato o terrazzato i dossi collinari a fini agricoli. Corti sparse e borghi posti su altura (a difesa delle erosioni) rappresentano le forme di insediamento tradizionali, a cui si aggiungono le ville signorili d'epoca veneta.



Più di recente si sono imposti i blocchi residenziali intorno ai vecchi centri abitati, le ville del successo borghese, le residenze dei pendolari che lavorano a Milano o in altri centri, i capannoni industriali, i supermercati, le nuove strade, ecc. secondo i modi caratteristici della città diffusa. Tuttavia nell'anfiteatro morenico del Garda ampie zone sono rimaste all'agricoltura, che trova nella viticoltura una delle sue principali risorse, ciò che vale anche per la Franciacorta.

Le aree di natura nell'alta pianura sono ormai esigue: sono rappresentate dalle aree verdi residue nelle fasce riparie dei fiumi.

La grande fascia urbanizzata dell'alta pianura ha le sue principali rotture di continuità in corrispondenza delle fasce fluviali che incidono il territorio in direzione meridiana. Sono varchi (Ticino, Adda, Oglio) derivati dagli approfondimenti relativamente più recenti dei fiumi alpini e prealpini e da ciò derivano le loro peculiarità che ne fanno ambiti a sé stanti rispetto ai piani sopraelevati dell'alta pianura urbanizzata.

Oltretutto sono sezioni di un unico organismo, la valle fluviale che va tutelata nel suo complesso, dalle sorgenti alpine fino alla sbocco nel Po. A ciò si aggiungono i continui interventi dell'uomo nel tentativo di portare a maggior elevazione la derivazione di queste acque per utilizzarle nel sistema irriguo dell'alta e della bassa pianura, oppure di impiegarle come generatrici di forza motrice per impianti paleoindustriali (molini, folle, cartiere) o idroelettrici.

Nell'omogeneità morfologica dei grandi quadri ambientali dell'alta pianura, i varchi e le profonde forre dei corsi fluviali sono un forte elemento di connotazione paesistica. La conservazione e l'integrità delle scarpate vallive, nei loro aspetti di naturalità e di caratteristiche geologiche (affioramenti di ceppo o puddinga), è l'indirizzo di tutela prevalente indicato dal Piano Territoriale Paesistico Regionale per l'unità tipologica di paesaggio d'interesse.

Secondo gli studi e l'analisi condotti in seno al Piano Territoriale di coordinamento Provinciale, si evince come paesaggisticamente l'area in esame è inserita nei *Paesaggi delle colline pedemontane e*

Degli sbocchi vallivi appartenenti all'unità tipologica di paesaggio della *Fascia collinare*.



Hattusas s.r.l.

Via Roma, 37 – 24060 Tagliuno (Castelli Calepio, BG)

Tel. e fax 035 4425112 E-mail info@hattusas.it

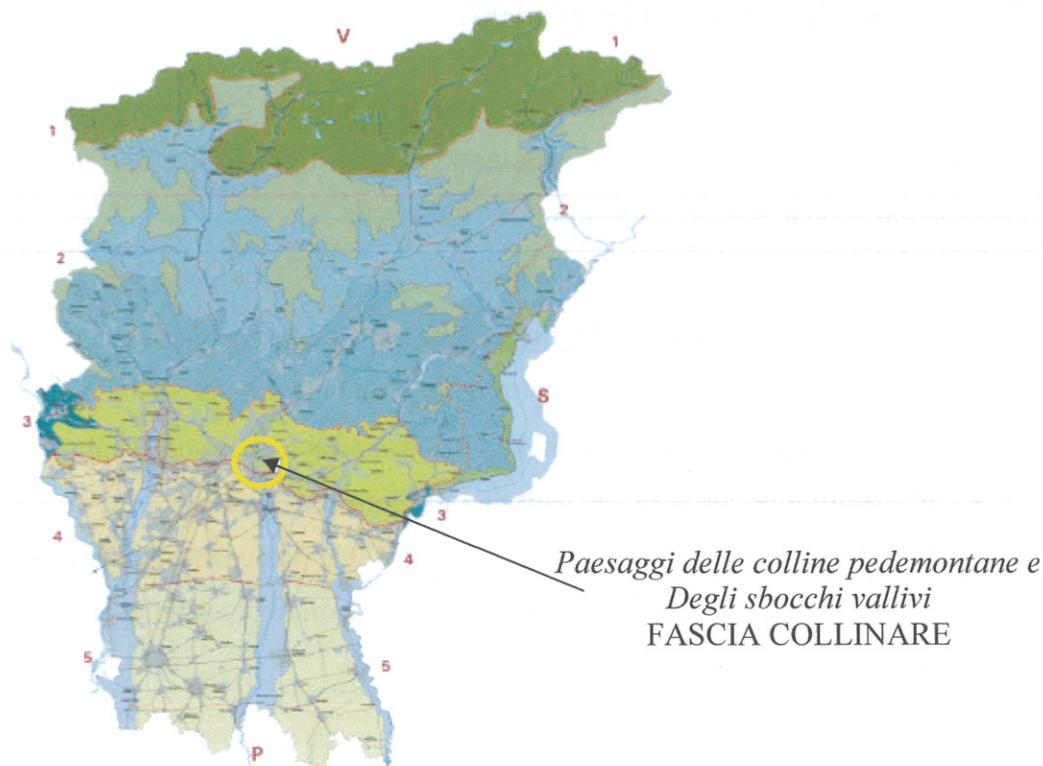


Figura 7 - Ambiti geografici e unità tipologiche di paesaggio
(Studi e Analisi del P.T.C.P., elaborato D3.1)

Il P.T.C.P., ad integrazione dell'apparato descrittivo del territorio per fasce tipologiche di paesaggio, in linea con le indicazioni regionali che rimandano a studi di maggior dettaglio, suddivide il territorio in sotto-ambiti corrispondenti a contesti significativi sotto l'aspetto paesistico, spesso luoghi di facile percezione globale, compresi entro limiti fisici ben definiti. Tali ambiti, denominati "unità di paesaggio", esprimono quindi una omogenea realtà ambientale e paesistica variamente articolata.



CAMPAGNA DI CARATTERIZZAZIONE GEOGNOSTICA

Quadro ricognitivo e indagini preliminari

La prima fase di indagine effettuata nel maggio 2008 si è basata sulla ricerca bibliografica delle caratteristiche stratigrafiche dei terreni presenti in sito e l'esecuzione di una serie di indagini dirette e indirette.

In particolare sono state eseguite:

- **n°4 prove penetrometriche dinamiche** per valutare la resistenza meccanica dei terreni, con penetrometro dinamico pesante Penni 63;
- **n°1 sondaggio geognostico** fino ad una profondità di 15 metri dal p.c.;
- **n° 1 indagine tomografica elettrica ed elettromagnetica;**

In questo elaborato i risultati ottenuti in occasione della precedente campagna di indagine vengono rielaborati al fine di adeguare l'elaborato precedente e quindi i risultati ottenuti alle nuove normative vigenti

Piano delle indagini

Al fine di valutare il rischio sismico dell'area in esame, con l'obiettivo di ottenere un modello di velocità in Vs fino a trenta metri di profondità, in modo da determinare il parametro Vs30 come previsto da normativa, si è scelto di utilizzare la metodologia *MASW ATTIVA*. Per tale motivo è stato eseguito un profilo sismico i cui risultati sono indicati nella relazione sismica allegata.

SISMICITÀ

Introduzione

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.



La consultazione di vari cataloghi sismici (Catalogo ISC, Catalogo macrosismico dell'Istituto Nazionale di Geofisica, ecc...) ha permesso la raccolta di numerosi dati indicanti un'ampia "case history" riguardante i terremoti avvenuti all'interno del territorio italiano. Una prima considerazione che si può ottenere dando una rapida occhiata alla figura seguente è che nell'area di nostro interesse, nel lasso di tempo considerato, non vi sono mai stati terremoti con magnitudo > 6 .

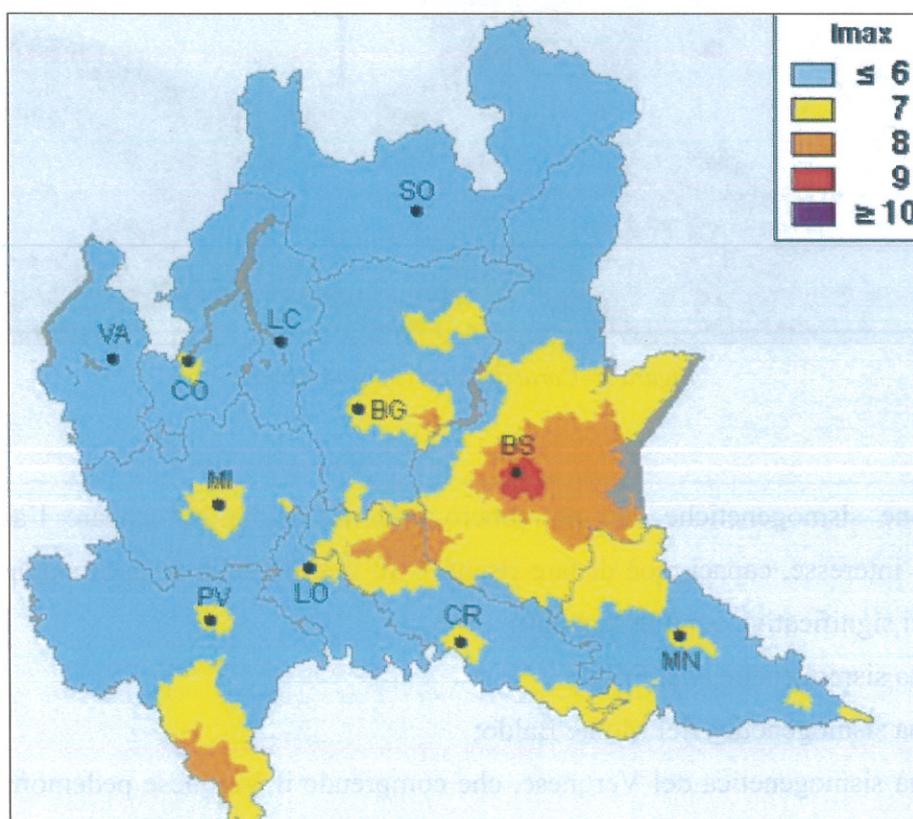


Figura 8- Distribuzione delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni lombardi.

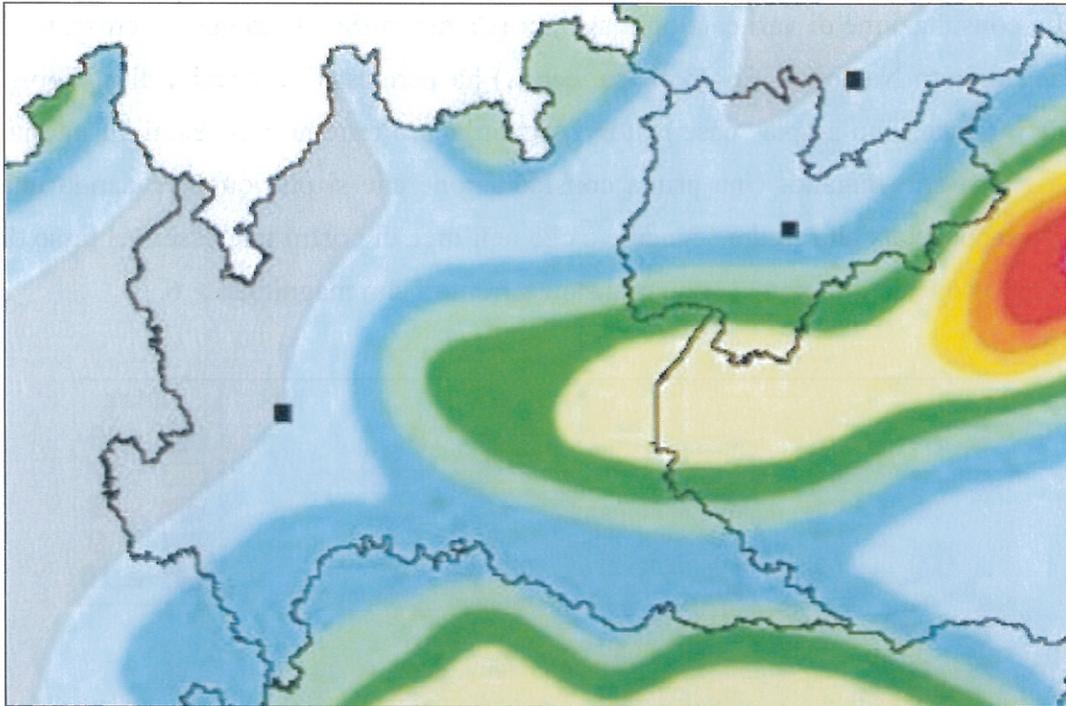


Figura 9 - Carta della pericolosità sismica.

Le zone sismogenetiche che potrebbero potenzialmente influenzare l'area di nostro interesse, capaci cioè di fare risentire all'interno della zona di studio moti sismici significativi, sono le seguenti:

- zona sismogenetica del Friuli;
- zona sismogenetica del Monte Baldo;
- zona sismogenetica del Veronese, che comprende il Veronese pedemontano, i Monti Lessini e, ad Ovest, la struttura del "Gomito del Garda". La zona presenta motivi strutturali importanti che producono un campo di sollecitazione complesso. L'intensità massima registrata è del X MCS (Terremoto del 1117); altri eventi significativi sono il terremoto di Verona IX MCS (1410), un terremoto del 1478 e del 1492 con intensità massima VIII MCS. La massima magnitudo registrata è invece pari a 4,5 M (1968);
- zona sismogenetica del Bresciano e del Bergamasco: essa presenta un quadro strutturale analogo a quella dell'area del Gomito del Garda in quanto si riconosce anche qui un accentuato sistema di embricazione in corrispondenza di una torsione situata più all'interno, mentre, più ad Ovest, nell'area di



Bergamo, si osserva una sismicità attribuibile al riattivarsi del sistema strutturale pedemontano. La sismicità più importante si manifesta nei centri sismici di Brescia, di Salò e lungo il sistema Triumplino. L'intensità massima registrata è del IX MCS (terremoto di Brescia 1222 e Bergamo 1661). La massima magnitudo registrata è invece pari a 4,5 M (1960 terremoto di Vestone);

- zona sismogenetica dell'Engadina;

Per quanto riguarda la sismicità locale essa può essere considerata potenzialmente pericolosa per la vicinanza a due zone sismogenetiche molto attive, quella bresciana e bergamasca e quella del veronese.

In definitiva risulta quindi che i livelli di sismicità rilevabili nella zona di interesse sono dovuti a movimenti provenienti da queste ultime due zone sismogenetiche e caratterizzate da una debole-modesta sismicità locale. Le caratteristiche sismogenetiche dell'area ben si inquadrano e si giustificano su basi geologiche e tettoniche, sia per quanto riguarda l'ubicazione degli ipocentri, sia per quanto riguarda la potenzialità sismica dei vari eventi. In conclusione, visti i dati raccolti, si possono escludere eventi sismici di intensità superiore a quelli già osservati in tempi storici e i livelli di sismicità attesi sono tali da includere l'area di progetto fra le aree classificate come zone sismiche.

Questo è in accordo con la classificazione dei Comuni a rischio sismico effettuata dal SSN (Servizio Sismico Nazionale).

Il Comune di Albano Sant'Alessandro in cui ricade l'area in esame, è classificato in classe 3^a ai sensi della recente Ordinanza del PCM n. 3274 del 20/03/2003, *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”* (aggiornamenti al 10.10.03).

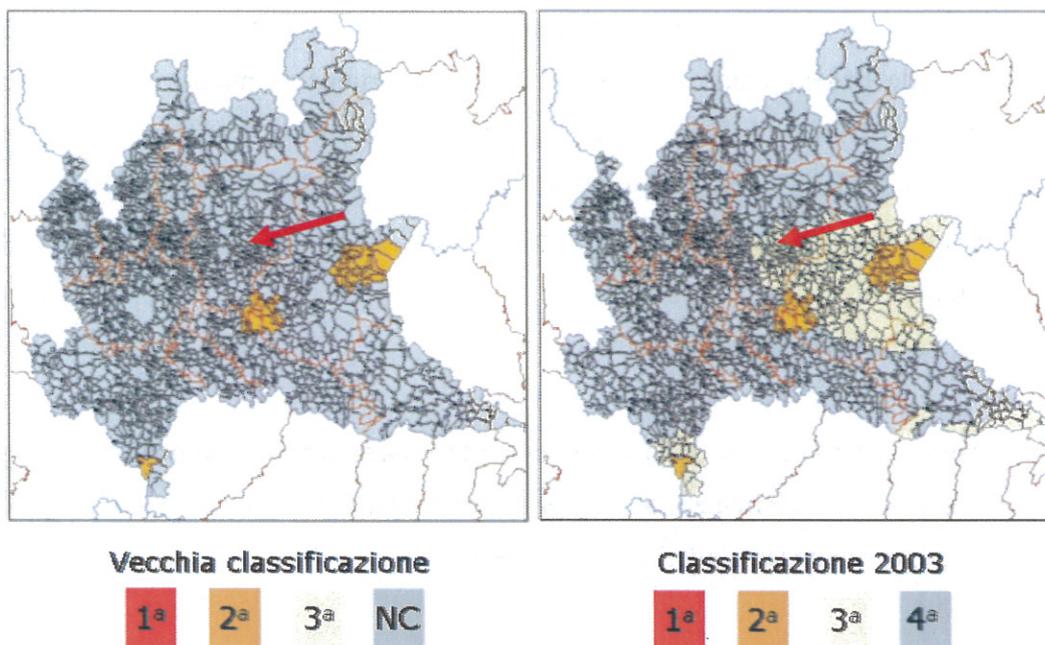


Figura 10 - Attuale classificazione sismica della Regione Lombardia.

La nuova proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale deriva dagli sviluppi e dai risultati delle ricerche nel campo della determinazione della pericolosità di base, con la continua revisione ed aggiornamento dei cataloghi storici, dei modelli e calcoli dell'attenuazione al sito e dalle nuove determinazioni nel campo della zonazione geologico-strutturale del territorio. In base alla nuova proposta risulterebbe che in Lombardia diminuirebbe la pericolosità di base (terremoti con intensità probabilistica minore), ma aumenterebbero i comuni sismici, specie nell'area dell'Oltrepò Pavese, dove peraltro attualmente solo Varzi è classificato come sismico. Anche nell'area bresciana è previsto un aumento del numero di comuni sismici e, inoltre, a differenza della classificazione attuale, saranno individuate le tre categorie sismiche già determinate a livello nazionale ma non ancora individuate sul territorio regionale. Gli scenari di rischio in caso di evento per la nostra regione sono molto differenziati in funzione dell'entità del fenomeno sismico atteso: si passerebbe da danni minimi agli edifici per valori di intensità basse, al crollo di strutture per edifici antichi o strutturalmente già precari e danni alle infrastrutture.



Contenuti dell'indagine sismica

Una particolare attenzione è stata rivolta, nell'ambito delle elaborazioni e delle interpretazioni tecniche, all'applicazione della nuova normativa in materia di rischio sismico sezione 3.2.2 del DM 14 gennaio 2008 "Categorie di suolo e condizioni topografiche" che sostituisce integralmente l'OPCM 3274/2003 (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del marzo 2003).

In particolare, sono state affrontate le problematiche relative:

- alla caratterizzazione del sito da un punto di vista sismico;
- alla stima degli effetti di sito, in particolare al calcolo dell'amplificazione sismica e degli spettri di risposta elastici del terreno;
- alla valutazione dell'influenza del sisma sul comportamento meccanico del terreno.

La caratterizzazione del sito consente di valutare qualitativamente la vulnerabilità sismica dell'area indagata, mentre la classificazione a livello comunale viene formalmente mantenuta. Il calcolo del terremoto di progetto permette di stimare la massima intensità sismica prevedibile nel sito in corrispondenza di un determinato tempo di ritorno. Combinando la caratterizzazione del sito con il terremoto di progetto è possibile valutare in modo quantitativo o semi-quantitativo gli effetti di sito e in particolare l'accelerazione sismica in superficie. Nota questa grandezza si può precedere alla stima delle forze dinamiche agenti sull'opera e agli effetti del sisma sul comportamento meccanico del terreno.

Per quanto riguarda l'azione sismica, il DM 14 gennaio 2008 prevede l'impiego dei valori di base considerando una griglia di lato di circa 5 km. Secondo quanto disposto dalla precedente Ordinanza 3274, **il territorio di Albano Sant'Alessandro viene classificato nella Zona 3 di rischio sismico.**



RELAZIONE GEOTECNICA

PREMESSA

Per rispondere agli obiettivi indicati in premessa, al fine di adeguare le indagini eseguite nel Maggio 2008 alle nuove normative vigenti, i risultati delle indagini eseguite sono stati rielaborati in modo opportuno.

INDAGINI GEOTECNICHE

Parametri di base

Per definire la successione stratigrafico - litotecnica dei terreni in situ erano state dunque eseguite specifiche indagini che hanno consentito di attribuire a ciascun livello di terreno attraversato i parametri fisico - meccanici caratteristici.

Le elaborazioni ed interpretazioni dei dati forniti dalle prove penetrometriche avevano consentito di attribuire a ciascun livello i parametri litotecnici significativi. Le indagini eseguite avevano mostrato che la stratigrafia dei terreni presenti nell'area è relativamente semplice entro i primi metri di profondità; l'interpretazione dei dati forniti dalle prove consente infatti di riconoscere la presenza, al di sotto di un primo orizzonte superficiale costituito da argille, di livelli costituiti da ghiaie in abbondante matrice limo-argillosa che si alternano a strati leggermente più argillose.

L'interpretazione e l'elaborazione dei dati forniti delle prove penetrometriche ha consentito di attribuire in prima analisi agli orizzonti attraversati i seguenti parametri litotecnici relativi alla prova n. 2 considerata come rappresentativa.

I parametri indicati sono stati ottenuti usando le correlazioni di letteratura di seguito riportate.

Angolo d'attrito drenato

Kenney ('59)

Schmertmann ('78)

Meyerhof

De Mello ('71)



Stroud ('88)

Densità relativa

Skempton ('86)

Stroud ('88)

Modulo elastico Es

Valutato sulla base delle correlazioni dirette con i valori di N_{spt} (da Bowles)

Coesione non drenata Cu

Sempre considerata nulla

Coesione drenata

Sempre considerata nulla

Peso di volume naturale

Stimato sulla base della granulometria prevalente

<i>Coltre superficiale argillosa</i>	
N. colpi medi	7
Angolo d'attrito	-
Gamma	1,73 t/m ³
Mod. Edom. inc.	-

<i>Ghiaia e trovanti in matrice argillosa</i>	
N. colpi medi	14
Angolo d'attrito	29
Gamma	1,83 t/m ³
Mod. Edom. inc.	99

Durante l'esecuzione del sondaggio erano state eseguite, a diversi livelli di profondità, le prove SPT in foro, che avevano consentito di valutare le caratteristiche litotecniche dei terreni attraversati durante la prova e di tarare i risultati delle prove penetrometriche.



Le prove Spt effettuate evidenziano valori pressappoco costanti fino a una profondità di 9 metri dove risulta evidente e notevole la diminuzione dei valori medi di SPT. Il ridimensionamenti indica il passaggio a livelli più argillosi.

L'elaborazione dei dati di terreno, implementati dalle prove geotecniche eseguite, hanno permesso di definire il substrato attraversato, sotto forma di unità geotecniche, descrivendo i terreni secondo il sistema USCS mediante dati bibliografici e formule tecniche; ai dati geotecnici si sono aggiunti i risultati delle prove geofisiche che hanno consentito di definire con maggior dettaglio le unità geotecniche attraversate.

Per quanto riguarda i parametri di deformazione, vista la mancanza di dati diretti, si è considerato l'assunto che correla direttamente i valori di Es con gli Nspt, da Bowles 1988.

<i>orizzonte</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>
<i>denominazione</i>	Materiali di riporto-argille (S1)	Argille con ghiaie in matrice S1)	Sabbia-argille sabbiose(S1)	Ghiaie in matrice argillosa (S1)	Argille sciolte con ghiaia (S1)	Limo grigio con ciottoli
<i>spessore</i>	0-5-1m (S1)	1-7m (S1)	7,8-8,30m S1)	8,30m-12m	12m-14,90m (S1)*	14,90-15 m
<i>coerenza</i>	Incoerente-sub-coerente	coesivo	coesivo	coesivo	coesivo	coesivo
<i>Consistenza</i>	media	media	scarsa	media	media-scarsa	media
¹ <i>Cu (Kg/cm²)</i> <i>Dm7-Sanglerat</i>	1,3	1,5	0,2	1,6	1,4	1,5
² <i>Angolo di resistenza al taglio φ drenato</i>	31°	33°	20°-23°	30°	30°-33°	35°
³ <i>Dr %</i>	30-40	50-50	20	40	40-50	50
<i>γ (KN/m³)</i>	16	17	15	18	15	15



orizzonte	A	B	C	D	E	F
denominazione	Materiali di riporto-argille (S1)	Argille con ghiaie in matrice (S1)	Sabbia-argille sabbiose (S1)	Ghiaie in matrice argillosa (S1)	Argille sciolte con ghiaia (S1)	Limo grigio con ciottoli
spessore	0-5-1m (S1)	1-7m (S1)	7,8-8,30m (S1)	8,30m-12m	12m-14,90m (S1)*	14,90-15 m
coerenza	Incoerente-sub-coerente	coesivo	coesivo	coesivo	coesivo	coesivo
⁴Es	7800-8000 Kpa	15000-16800 KPa	2700-5000 KPa	2459 KPa	2314 KPa	1100-1330 KPa

Tabella 1. Parametri geotecnici

¹Idm7=Design manual for soil mechanics (argille a bassa plasticità)

Japanese National Railway

²Angolo d'attrito drenato correlazioni da Nspt Thombun Meyerhof

³Metodo di Schulze e Menzenbach

⁴Modulo di elasticità dinamica (volume di terreno)

La stratigrafia dettagliata precedentemente esposta può essere schematizzata più semplicisticamente in tre litozone che verranno usate nella successiva elaborazione.

Gli orizzonti A e B costituiscono la litozona 1; l'orizzonte C costituisce la litozona 2 ed infine la litozona 3 sarà caratterizzata dai terreni degli orizzonti D,E ed F.



Parametri caratteristici

Per la scelta dei valori da utilizzare nei calcoli geotecnici sono state applicate le specifiche dell'Eurocodice 7 che applicano un metodo statistico per la determinazione dei valori caratteristici.

Si ricorda che il valore caratteristico rappresenta la soglia al di sotto della quale si colloca non più del 5% dei valori desumibili da una serie teoricamente illimitata di prove

I valori caratteristici sono stati determinati con la seguente relazione:

$$f_k = f_m (1 + X \cdot V_f)$$

dove:

f_k = valore caratteristico;

f_m = valore medio;

V_f = coefficiente di variazione di f , definito come il rapporto fra lo scarto quadratico

medio e la media dei valori di f ;

X = parametro dipendente dalla legge di distribuzione della probabilità e dalla probabilità di non superamento adottata.

L'Eurocodice 7 fissa, per i parametri geotecnici, una probabilità di non superamento del 5%, alla quale corrisponde, per una distribuzione di tipo gaussiano, un valore di X uguale a $-1,645$.

In virtù dei dati ottenuti con la campagna geognostica si è deciso di applicare la funzione geostatistica solo ai livelli coesivi, mantenendo per il livelli incoerenti (Litozona A) valori di riferimento dedotti dalle prove.

Si ricorda che i valori caratteristici (f_k) andranno a loro volta, in sede progettuale, modellati in valori di progetto (f_v), in funzione dell'approccio di calcolo utilizzato.

Litozona A (Spessori da 0-7 metri)

Argilla con ghiaia in matrice

NSPT	2.7
Y_n (Kn/m ³)	16.0
D_r (%)	32.3
Phi	29.5
E_y (Mpa)	-



Litozona B (strato da circa 7 a 9 metri)

Sabbie – argille sabbiose

NSPT	7
Yn (Kn/m ³)	14.8
Dr (%)	20
Phi	19.3
Ey (Mpa)	-

Litozona C (profondità oltre 9 metri)

Ghiaie con matrice argillosa

NSPT	11.9
Yn (Kn/m ³)	14.9
Dr (%)	36.2
Phi	27.8
Ey (Mpa)	-

Maggiori informazioni sono riportate nelle tabelle e nei grafici allegati alla presente relazione. Risulta a carico del progettista l'accertamento delle reali condizioni geotecniche specificate nella seguente relazione; qualora si riscontrassero difformità si dovrà immediatamente avvisare lo scrivente e provvedere alle necessarie integrazioni dell'indagine.

VALUTAZIONE DEGLI STATI LIMITE ULTIMI E DI ESERCIZIO (SLU, SLE)

Premessa

Per il calcolo dei parametri meccanici dei terreni e della capacità portante, si sono per semplicità ipotizzate fondazioni a platea; si ricorda, in ogni caso, che in ultima analisi è specifica competenza del tecnico strutturista la scelta e il dimensionamento delle tipologie di fondazioni ritenute più idonee alla soluzione ottimale del problema geotecnico specifico.

In ottemperanza alle Nuove Norme Tecniche, per le verifiche allo Stato Limite Ultimo (S.L.U.) dovrà necessariamente essere verificata la seguente relazione:



$$Ed \leq Rd \quad (1)$$

dove:

Rd: valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico;

Ed: valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni;

Per verificare la suddetta disequazione (1), è stata utilizzato, su indicazione dello strutturista, **l'APROCCIO 2 combinazione unica (GEO) (A1+ M1+R3).**

Dove Rd è il valore di resistenza del terreno o sistema geotecnico e Ed è valore di progetto dell'azione.

Lo stesso per quanto riguarda la verifica agli SLE (stati limite di esercizio) con riferimento alle Nuove Norme Tecniche, per le verifiche allo SLE dovrà necessariamente essere verificata la seguente relazione:

$$Ed \leq Cd \quad (2)$$

con:

Ed: valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni di esercizio;

Cd: azioni di progetto applicabili per ottenere un cedimento massimo compatibile con la funzionalità dell'opera.

I carichi usati per la verifica delle uguaglianze sono stati forniti dal tecnico strutturista.

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.



- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

- Circolare 617 del 02/02/2009

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi sul terreno di fondazione deve essere superiore a η_q . Cioè, detto Q_u , il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$Q_u / R \geq \eta_q$$

Terzaghi ha proposto la seguente espressione per il calcolo della capacità portante di una fondazione superficiale.

$$q_u = cN_{cs} + qN_q + 0.5B\gamma N_\gamma s_\gamma$$



La simbologia adottata è la seguente:

- c coesione del terreno in fondazione;
- ϕ angolo di attrito del terreno in fondazione;
- γ peso di volume del terreno in fondazione;
- B larghezza della fondazione;
- D profondità del piano di posa;
- q pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I fattori di capacità portante sono espressi dalle seguenti relazioni:

$$N_q = \frac{e^{2(0.75\pi - \phi/2)\text{tg}(\phi)}}{2\cos^2(45 + \phi/2)}$$

$$c = (N_q - 1)\text{ctg}\phi$$

$$N_\gamma = \frac{\text{tg}\phi}{2} \left(\frac{K_{py}}{\cos^2\phi} - 1 \right)$$

I fattori di forma s_c e s_γ che compaiono nella espressione di q_u dipendono dalla forma della fondazione. In particolare valgono 1 per fondazioni nastriformi o rettangolari allungate e valgono rispettivamente 1.3 e 0.8 per fondazioni quadrate. termine K_{py} che compare nell'espressione di N_γ non ha un'espressione analitica. Pertanto si assume per N_γ l'espressione proposta da Vesic

$$N_\gamma = 2(N_q + 1)\text{tg}\phi$$

Per tenere conto del sisma, si può ridurre l'angolo d'attrito del terreno secondo il criterio di Vesic. Il valore che propone Vesic è $d\phi = 2,00^\circ$. Questo valore può però variare in funzione dell'esperienza.



Cedimenti della fondazione

Metodo Elastico

Il metodo dell'elasticità per il calcolo dei cedimenti, così come implementato, fornisce due valori:

- uno per deformazione laterale impedita (**w_{imp}**)
- uno in condizioni di deformazione laterale libera (**w_{lib}**)

L'espressione di **w_{imp}** è la seguente:

$$\Delta H = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \sigma_i (1 - \nu - 2 \nu^2)}{E_i (1 - \nu)} \Delta z_i$$

dove

$\Delta \sigma$ è la tensione indotta nel terreno, alla profondità **z**, dalla pressione di contatto della fondazione;

E è il modulo elastico relativo allo strato **i-esimo**;

Δz rappresenta lo spessore dello strato **i-esimo** in cui è stato suddiviso lo strato compressibile e per il quale si conosce il modulo elastico;

ν è il coefficiente di **Poisson**.

L'espressione di **w_{lib}** è la seguente:

$$\Delta H = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \sigma_i}{E_i} \Delta z_i$$

dove i termini sono stati già descritti sopra.

Lo spessore dello strato compressibile considerato nell'analisi dei cedimenti è stato determinato in funzione della percentuale della tensione di contatto. I valori del cedimento ottenuti dalle due relazioni rappresentano un valore minimo **w_{imp}** e un valore massimo **w_{lib}** del cedimento in condizioni elastiche della fondazione analizzata.



Base ridotta $B' = B - 2 e_x = 1.50$ [m]
Lunghezza ridotta $L' = L - 2 e_y = 5.00$ [m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 16.30$ $N_q = 6.54$ $N_\gamma = 5.12$
 $s_c = 1.30$ $s_q = 1.00$ $s_\gamma = 0.80$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$\begin{aligned}q_u &= 0.00 + 4.18 + 0.49 = 4.68 \text{ [kg/cmq]} \\Q_u &= 350670.69 \text{ [kg]} \\Q_d &= 152465.52 \text{ [kg]} \\V &= 75000.00 \text{ [kg]} \\ \eta &= Q_u / V = 350670.69 / 75000.00 = 4.68\end{aligned}$$

Indici rigidezza
 $I_c = 1.00$ $I_{rc} = 87.50$

Combinazione n° 3

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato $H = 0.38$ [m]
Peso specifico terreno $\gamma = 1600.00$ [kg/mc]
Angolo di attrito $\phi = 18.76$ [°]
Coesione $c = 0.00$ [kg/cmq]
Modulo di taglio $G = 0.00$ [kg/cmq]
Base ridotta $B' = B - 2 e_x = 1.50$ [m]
Lunghezza ridotta $L' = L - 2 e_y = 5.00$ [m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 16.30$ $N_q = 6.54$ $N_\gamma = 5.12$
 $s_c = 1.30$ $s_q = 1.00$ $s_\gamma = 0.80$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$\begin{aligned}q_u &= 0.00 + 4.18 + 0.49 = 4.68 \text{ [kg/cmq]} \\Q_u &= 350670.69 \text{ [kg]} \\Q_d &= 152465.52 \text{ [kg]} \\V &= 210000.00 \text{ [kg]} \\ \eta &= Q_u / V = 350670.69 / 210000.00 = 1.67\end{aligned}$$

Indici rigidezza



$$I_c = 1.00$$

$$I_{rc} = 87.50$$

Combinazione n° 4 (SISMICA)

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 0.38$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 16.53$	[°]
Coesione	$c = 0.00$	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	$G = 0.00$	[kg/cm ²]
Base ridotta	$B' = B - 2 e_x = 1.50$	[m]
Lunghezza ridotta	$L' = L - 2 e_y = 5.00$	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$$N_c = 14.14$$

$$N_q = 5.20$$

$$N_\gamma = 3.68$$

$$s_c = 1.30$$

$$s_q = 1.00$$

$$s_\gamma = 0.80$$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0.00 + 3.33 + 0.35 = 3.68 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 275901.05 \text{ [kg]}$$

$$Q_d = 119956.98 \text{ [kg]}$$

$$V = 75000.00 \text{ [kg]}$$

$$\eta = Q_u / V = 275901.05 / 75000.00 = 3.68$$

Indici rigidità

$$I_c = 1.00$$

$$I_{rc} = 87.50$$

Combinazione n° 5 (SISMICA)

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 0.38$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 16.53$	[°]
Coesione	$c = 0.00$	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	$G = 0.00$	[kg/cm ²]
Base ridotta	$B' = B - 2 e_x = 1.50$	[m]
Lunghezza ridotta	$L' = L - 2 e_y = 5.00$	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.



Hattusas s.r.l.

Via Roma, 37 – 24060 Tagliuno (Castelli Calepio, BG)

Tel. e fax 035 4425112 E-mail info@hattusas.it

$$\begin{array}{lll} N_c = 14.14 & N_q = 5.20 & N_\gamma = 3.68 \\ s_c = 1.30 & s_q = 1.00 & s_\gamma = 0.80 \end{array}$$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$\begin{aligned} q_u &= 0.00 + 3.33 + 0.35 = 3.68 \text{ [kg/cmq]} \\ Q_u &= 275901.05 \text{ [kg]} \\ Q_d &= 119956.98 \text{ [kg]} \\ V &= 75000.00 \text{ [kg]} \\ \eta &= Q_u / V = 275901.05 / 75000.00 = 3.68 \end{aligned}$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1.00 \quad I_{rc} = 87.50$$

Combinazione n° 6 (SISMICA)

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0.38	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 16.53$	[°]
Coesione	c = 0.00	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	G = 0.00	[kg/cm ²]
Base ridotta	B' = B - 2 ex = 1.50	[m]
Lunghezza ridotta	L' = L - 2 ey = 5.00	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$$\begin{array}{lll} N_c = 14.14 & N_q = 5.20 & N_\gamma = 3.68 \\ s_c = 1.30 & s_q = 1.00 & s_\gamma = 0.80 \end{array}$$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$\begin{aligned} q_u &= 0.00 + 3.33 + 0.35 = 3.68 \text{ [kg/cmq]} \\ Q_u &= 275901.05 \text{ [kg]} \\ Q_d &= 119956.98 \text{ [kg]} \\ V &= 90000.00 \text{ [kg]} \\ \eta &= Q_u / V = 275901.05 / 90000.00 = 3.07 \end{aligned}$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1.00 \quad I_{rc} = 87.50$$

Combinazione n° 7

**Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente**

Spessore dello strato	H = 0.38	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 18.76$	[°]
Coesione	c = 0.00	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	G = 0.00	[kg/cm ²]
Base ridotta	B' = B - 2 ex = 1.50	[m]
Lunghezza ridotta	L' = L - 2 ey = 5.00	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 16.30$	$N_q = 6.54$	$N_\gamma = 5.12$
$s_c = 1.30$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 0.80$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0.00 + 4.18 + 0.49 = 4.68 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 350670.69 \text{ [kg]}$$

$$Q_d = 350670.69 \text{ [kg]}$$

$$V = 90000.00 \text{ [kg]}$$

$$\eta = Q_u / V = 350670.69 / 90000.00 = 3.90$$

Indici rigidezza

$I_c = 1.00$	$I_{rc} = 87.50$
--------------	------------------

Combinazione n° 8**Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente**

Spessore dello strato	H = 0.38	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 18.76$	[°]
Coesione	c = 0.00	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	G = 0.00	[kg/cm ²]
Base ridotta	B' = B - 2 ex = 1.50	[m]
Lunghezza ridotta	L' = L - 2 ey = 5.00	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 16.30$	$N_q = 6.54$	$N_\gamma = 5.12$
$s_c = 1.30$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 0.80$

Il valore della capacità portante è dato da:



3	Terreno 3	0.30	0.0048	0.0035
Totale		5.30	0.5953	0.6362

Fondazione 2 x 5 metri

Geometria della fondazione

Simbologia adottata

Descrizione Destrizione della fondazione

Forma Forma della fondazione (N=Nastriforme, R=Rettangolare, C=Circolare)*X* Ascissa del baricentro della fondazione espressa in [m]*Y* Ordinata del baricentro della fondazione espressa in [m]*B* Base/Diametro della fondazione espressa in [m]*L* Lunghezza della fondazione espressa in [m]*D* Profondità del piano di posa in [m]*α* Inclinazione del piano di posa espressa in [°]*ω* Inclinazione del piano campagna espressa in [°]

Descrizione	Forma	X	Y	B	L	D	α	ω
Fondazione	(R)	0.00	0.00	2.00	5.00	4.00	0.00	0.00

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

<i>Fondazione</i>	Nome identificativo della fondazione
<i>N</i>	Sforzo normale totale espressa in [kg]
<i>Mx</i>	Momento in direzione X espressa in [kgm]
<i>My</i>	Momento in direzione Y espresso in [kgm]
<i>ex</i>	Eccentricità del carico lungo X espressa in [m]
<i>ey</i>	Eccentricità del carico lungo Y espressa in [m]
<i>β</i>	Inclinazione del taglio nel piano espressa in [°]
<i>T</i>	Forza di taglio espressa in [kg]

Condizione n° 1 (Condizione n° 1) [PERMANENTE]



Hattusas s.r.l.

Via Roma, 37 – 24060 Tagliuno (Castelli Calepio, BG)

Tel. e fax 035 4425112 E-mail info@hattusas.it

Fondazione	N	Mx	My	ex	ey	β	T
Fondazione	85000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	90.0	0.0

Condizione n° 2 (Condizione n° 2) [VARIABILE]

Fondazione	N	Mx	My	ex	ey	β	T
Fondazione	85000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	90.0	0.0

Combinazione n° 1

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0.51	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 18.76$	[°]
Coesione	c = 0.00	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	G = 0.00	[kg/cm ²]
Base ridotta	$B' = B - 2 ex = 2.00$	[m]
Lunghezza ridotta	$L' = L - 2 ey = 5.00$	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 16.30$	$N_q = 6.54$	$N_\gamma = 5.12$
$s_c = 1.30$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 0.80$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$\begin{aligned}q_u &= 0.00 + 4.18 + 0.66 = 4.84 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \\Q_u &= 483947.31 \text{ [kg]} \\Q_d &= 210411.88 \text{ [kg]} \\V &= 110500.00 \text{ [kg]} \\\eta &= Q_u / V = 483947.31 / 110500.00 = 4.38\end{aligned}$$

Indici rigidezza

$I_c = 1.00$	$I_{rc} = 81.31$
--------------	------------------

Combinazione n° 2

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente



Spessore dello strato	$H = 0.51$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 18.76$	[°]
Coesione	$c = 0.00$	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	$G = 0.00$	[kg/cm ²]
Base ridotta	$B' = B - 2 e_x = 2.00$	[m]
Lunghezza ridotta	$L' = L - 2 e_y = 5.00$	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 16.30$	$N_q = 6.54$	$N_\gamma = 5.12$
$s_c = 1.30$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 0.80$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0.00 + 4.18 + 0.66 = 4.84 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 483947.31 \text{ [kg]}$$

$$Q_d = 210411.88 \text{ [kg]}$$

$$V = 85000.00 \text{ [kg]}$$

$$\eta = Q_u / V = 483947.31 / 85000.00 = 5.69$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1.00 \quad I_{rc} = 81.31$$

Combinazione n° 3

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 0.51$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 18.76$	[°]
Coesione	$c = 0.00$	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	$G = 0.00$	[kg/cm ²]
Base ridotta	$B' = B - 2 e_x = 2.00$	[m]
Lunghezza ridotta	$L' = L - 2 e_y = 5.00$	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 16.30$	$N_q = 6.54$	$N_\gamma = 5.12$
$s_c = 1.30$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 0.80$

Il valore della capacità portante è dato da:



$$q_u = 0.00 + 4.18 + 0.66 = 4.84 \text{ [kg/cmq]}$$

$$Q_u = 483947.31 \text{ [kg]}$$

$$Q_d = 210411.88 \text{ [kg]}$$

$$V = 238000.00 \text{ [kg]}$$

$$\eta = Q_u / V = 483947.31 / 238000.00 = 2.03$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1.00$$

$$I_{rc} = 81.31$$

Combinazione n° 4 (SISMICA)

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0.51	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 16.53$	[°]
Coesione	c = 0.00	[kg/cmq]
Modulo di taglio	G = 0.00	[kg/cmq]
Base ridotta	B' = B - 2 ex = 2.00	[m]
Lunghezza ridotta	L' = L - 2 ey = 5.00	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$$N_c = 14.14$$

$$N_q = 5.20$$

$$N_\gamma = 3.68$$

$$s_c = 1.30$$

$$s_q = 1.00$$

$$s_\gamma = 0.80$$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0.00 + 3.33 + 0.47 = 3.80 \text{ [kg/cmq]}$$

$$Q_u = 379638.62 \text{ [kg]}$$

$$Q_d = 165060.27 \text{ [kg]}$$

$$V = 85000.00 \text{ [kg]}$$

$$\eta = Q_u / V = 379638.62 / 85000.00 = 4.47$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1.00$$

$$I_{rc} = 81.31$$

Combinazione n° 5 (SISMICA)

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente



Spessore dello strato	$H = 0.51$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 16.53$	[°]
Coesione	$c = 0.00$	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	$G = 0.00$	[kg/cm ²]
Base ridotta	$B' = B - 2 e_x = 2.00$	[m]
Lunghezza ridotta	$L' = L - 2 e_y = 5.00$	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 14.14$	$N_q = 5.20$	$N_\gamma = 3.68$
$s_c = 1.30$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 0.80$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$\begin{aligned}q_u &= 0.00 + 3.33 + 0.47 = 3.80 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \\Q_u &= 379638.62 \text{ [kg]} \\Q_d &= 165060.27 \text{ [kg]} \\V &= 85000.00 \text{ [kg]} \\ \eta &= Q_u / V = 379638.62 / 85000.00 = 4.47\end{aligned}$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1.00 \quad I_{rc} = 81.31$$

Combinazione n° 6 (SISMICA)

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 0.51$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 16.53$	[°]
Coesione	$c = 0.00$	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	$G = 0.00$	[kg/cm ²]
Base ridotta	$B' = B - 2 e_x = 2.00$	[m]
Lunghezza ridotta	$L' = L - 2 e_y = 5.00$	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 14.14$	$N_q = 5.20$	$N_\gamma = 3.68$
$s_c = 1.30$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 0.80$

Il valore della capacità portante è dato da:



$$\begin{aligned}q_u &= 0.00 + 3.33 + 0.47 = 3.80 \text{ [kg/cmq]} \\Q_u &= 379638.62 \text{ [kg]} \\Q_d &= 165060.27 \text{ [kg]} \\V &= 102000.00 \text{ [kg]} \\ \eta &= Q_u / V = 379638.62 / 102000.00 = 3.72\end{aligned}$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1.00$$

$$I_{rc} = 81.31$$

Combinazione n° 7

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0.51	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 18.76$	[°]
Coesione	c = 0.00	[kg/cmq]
Modulo di taglio	G = 0.00	[kg/cmq]
ase ridotta	B' = B - 2 ex = 2.00	[m]
Lunghezza ridotta	L' = L - 2 ey = 5.00	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$$N_c = 16.30$$

$$N_q = 6.54$$

$$N_\gamma = 5.12$$

$$s_c = 1.30$$

$$s_q = 1.00$$

$$s_\gamma = 0.80$$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$\begin{aligned}q_u &= 0.00 + 4.18 + 0.66 = 4.84 \text{ [kg/cmq]} \\Q_u &= 483947.31 \text{ [kg]} \\Q_d &= 483947.31 \text{ [kg]} \\V &= 102000.00 \text{ [kg]} \\ \eta &= Q_u / V = 483947.31 / 102000.00 = 4.74\end{aligned}$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1.00$$

$$I_{rc} = 81.31$$

Combinazione n° 8

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente



Spessore dello strato	H = 0.51	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 18.76$	[°]
Coesione	c = 0.00	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	G = 0.00	[kg/cm ²]
Base ridotta	B' = B - 2 ex = 2.00	[m]
Lunghezza ridotta	L' = L - 2 ey = 5.00	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 16.30$	$N_q = 6.54$	$N_\gamma = 5.12$
$s_c = 1.30$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 0.80$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$\begin{aligned}q_u &= 0.00 + 4.18 + 0.66 = 4.84 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \\Q_u &= 483947.31 \text{ [kg]} \\Q_d &= 483947.31 \text{ [kg]} \\V &= 127500.00 \text{ [kg]} \\ \eta &= Q_u / V = 483947.31 / 127500.00 = 3.80\end{aligned}$$

Indici rigidezza

$I_c = 1.00$	$I_{rc} = 81.31$
--------------	------------------

Combinazione n° 9

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0.51	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 18.76$	[°]
Coesione	c = 0.00	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	G = 0.00	[kg/cm ²]
Base ridotta	B' = B - 2 ex = 2.00	[m]
Lunghezza ridotta	L' = L - 2 ey = 5.00	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 16.30$	$N_q = 6.54$	$N_\gamma = 5.12$
$s_c = 1.30$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 0.80$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$\begin{aligned}q_u &= 0.00 + 4.18 + 0.66 = 4.84 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \\Q_u &= 483947.31 \text{ [kg]}\end{aligned}$$



$$Q_d = 483947.31 \text{ [kg]}$$
$$V = 170000.00 \text{ [kg]}$$
$$\eta = Q_u / V = 483947.31 / 170000.00 = 2.85$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1.00$$

$$I_{rc} = 81.31$$

Combinazione n° 10 (SISMICA)

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0.51	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 16.53$	[°]
Coesione	c = 0.00	[kg/cmq]
Modulo di taglio	G = 0.00	[kg/cmq]
Base ridotta	B' = B - 2 ex = 2.00	[m]
Lunghezza ridotta	L' = L - 2 ey = 5.00	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$$N_c = 14.14 \quad N_q = 5.20 \quad N_\gamma = 3.68$$
$$s_c = 1.30 \quad s_q = 1.00 \quad s_\gamma = 0.80$$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0.00 + 3.33 + 0.47 = 3.80 \text{ [kg/cmq]}$$
$$Q_u = 379638.62 \text{ [kg]}$$
$$Q_d = 379638.62 \text{ [kg]}$$
$$V = 102000.00 \text{ [kg]}$$
$$\eta = Q_u / V = 379638.62 / 102000.00 = 3.72$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1.00$$

$$I_{rc} = 81.31$$

Combinazione n° 11 (SISMICA)

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0.51	[m]
-----------------------	----------	-----



Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 16.53$	[°]
Coesione	$c = 0.00$	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	$G = 0.00$	[kg/cm ²]
Base ridotta	$B' = B - 2 e_x = 2.00$	[m]
Lunghezza ridotta	$L' = L - 2 e_y = 5.00$	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 14.14$	$N_q = 5.20$	$N_\gamma = 3.68$
$s_c = 1.30$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 0.80$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0.00 + 3.33 + 0.47 = 3.80 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$
$$Q_u = 379638.62 \text{ [kg]}$$
$$Q_d = 379638.62 \text{ [kg]}$$
$$V = 102000.00 \text{ [kg]}$$
$$\eta = Q_u / V = 379638.62 / 102000.00 = 3.72$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1.00 \quad I_{rc} = 81.31$$

Combinazione n° 12 (SISMICA)

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 0.51$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 16.53$	[°]
Coesione	$c = 0.00$	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	$G = 0.00$	[kg/cm ²]
Base ridotta	$B' = B - 2 e_x = 2.00$	[m]
Lunghezza ridotta	$L' = L - 2 e_y = 5.00$	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 14.14$	$N_q = 5.20$	$N_\gamma = 3.68$
$s_c = 1.30$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 0.80$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0.00 + 3.33 + 0.47 = 3.80 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$
$$Q_u = 379638.62 \text{ [kg]}$$
$$Q_d = 379638.62 \text{ [kg]}$$



Hattusas s.r.l.

Via Roma, 37 – 24060 Tagliuno (Castelli Calepio, BG)

Tel. e fax 035 4425112 E-mail info@hattusas.it

$$V = 102000.00 \text{ [kg]}$$

$$\eta = Q_u / V = 379638.62 / 102000.00 = 3.72$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1.00$$

$$I_{rc} = 81.31$$



Cedimenti

Il calcolo dei cedimenti è stato eseguito con il metodo Elastico.

Per il calcolo dei cedimenti, è stata impostata un'altezza dello strato compressibile legato alla percentuale tensionale.

In particolare la percentuale impostata è: 0.05 (%)

E' stato richiesto di tenere in conto della fondazione compensata.

Cedimento complessivo

Simbologia adottata

Comb Identificativo della combinazione

w_i Cedimento elastico espresso in [cm]

w_{imp} Cedimento elastico ad espansione laterale impedita espresso in [cm]

H Spessore strato compressibile espresso in [m]

X coordinata X punto di calcolo cedimento espressa in [m]

Y coordinata Y punto di calcolo cedimento espressa in [m]

Fondazione

Comb	w_i	w_{imp}	H	X	Y
1	0.60	0.63	9.50	0.00	0.00
2	0.21	0.22	7.60	0.00	0.00
3	2.39	2.47	14.10	0.00	0.00
4	0.21	0.22	7.60	0.00	0.00
5	0.21	0.22	7.60	0.00	0.00
6	0.48	0.51	9.00	0.00	0.00
7	0.48	0.51	9.00	0.00	0.00
8	0.83	0.87	10.40	0.00	0.00
9	1.43	1.49	12.20	0.00	0.00
10	0.48	0.51	9.00	0.00	0.00
11	0.48	0.51	9.00	0.00	0.00
12	0.48	0.51	9.00	0.00	0.00

Cedimento dei singoli strati

Simbologia adottata

Strato Identificativo dello strato

Terreno Terreno dello strato

ΔH Spessore dello strato espresso in [m]

Δw_i Cedimento elastico espresso in [cm]

Δw_{imp} Cedimento elastico ad espansione laterale impedita espresso in [cm]

**Fondazione** (Combinazione n° 1)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.3747	0.4182
2	Terreno 2	2.00	0.2141	0.2055
3	Terreno 3	0.50	0.0085	0.0062
Totale		5.50	0.5973	0.6299

Fondazione (Combinazione n° 2)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.1692	0.1889
2	Terreno 2	0.60	0.0370	0.0356
Totale		3.60	0.2062	0.2244

Fondazione (Combinazione n° 3)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	1.4022	1.5648
2	Terreno 2	2.00	0.8011	0.7690
3	Terreno 3	5.10	0.1898	0.1372
Totale		10.10	2.3932	2.4710

Fondazione (Combinazione n° 4)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.1692	0.1889
2	Terreno 2	0.60	0.0370	0.0356
Totale		3.60	0.2062	0.2244

Fondazione (Combinazione n° 5)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.1692	0.1889
2	Terreno 2	0.60	0.0370	0.0356
Totale		3.60	0.2062	0.2244

Fondazione (Combinazione n° 6)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.3062	0.3417
2	Terreno 2	2.00	0.1750	0.1680



Hattusas s.r.l.

Via Roma, 37 – 24060 Tagliuno (Castelli Calepio, BG)

Tel. e fax 035 4425112 E-mail info@hattusas.it

Totale	5.00	0.4812	0.5097
---------------	-------------	---------------	---------------

Fondazione (Combinazione n° 7)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.3062	0.3417
2	Terreno 2	2.00	0.1750	0.1680
Totale		5.00	0.4812	0.5097

Fondazione (Combinazione n° 8)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.5117	0.5711
2	Terreno 2	2.00	0.2924	0.2807
3	Terreno 3	1.40	0.0286	0.0207
Totale		6.40	0.8327	0.8724

Fondazione (Combinazione n° 9)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.8542	0.9533
2	Terreno 2	2.00	0.4880	0.4685
3	Terreno 3	3.20	0.0877	0.0635
Totale		8.20	1.4300	1.4853

Fondazione (Combinazione n° 10)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.3062	0.3417
2	Terreno 2	2.00	0.1750	0.1680
Totale		5.00	0.4812	0.5097

Fondazione (Combinazione n° 11)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.3062	0.3417
2	Terreno 2	2.00	0.1750	0.1680
Totale		5.00	0.4812	0.5097

**Fondazione** (Combinazione n° 12)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.3062	0.3417
2	Terreno 2	2.00	0.1750	0.1680
Totale		5.00	0.4812	0.5097

Fondazione 2,5 x 5 metri

Geometria della fondazione

*Simbologia adottata**Descrizione* Destrizione della fondazione*Forma* Forma della fondazione (N=Nastriforme, R=Rettangolare, C=Circolare)*X* Ascissa del baricentro della fondazione espressa in [m]*Y* Ordinata del baricentro della fondazione espressa in [m]*B* Base/Diametro della fondazione espressa in [m]*L* Lunghezza della fondazione espressa in [m]*D* Profondità del piano di posa in [m] *α* Inclinazione del piano di posa espressa in [°] *ω* Inclinazione del piano campagna espressa in [°]

Descrizione	Forma	X	Y	B	L	D	α	ω
Fondazione	(R)	0.00	0.00	2.50	5.00	4.00	0.00	0.00

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

Fondazione Nome identificativo della fondazione*N* Sforzo normale totale espressa in [kg]*M_x* Momento in direzione X espressa in [kgm]*M_y* Momento in direzione Y espresso in [kgm]*e_x* Eccentricità del carico lungo X espressa in [m]*e_y* Eccentricità del carico lungo Y espressa in [m] *β* Inclinazione del taglio nel piano espressa in [°]*T* Forza di taglio espressa in [kg]

Condizione n° 1 (Condizione n° 1) [PERMANENTE]

Fondazione	N	Mx	My	ex	ey	β	T
Fondazione	100000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	90.0	0.0

Condizione n° 2 (Condizione n° 2) [VARIABILE]

Fondazione	N	Mx	My	ex	ey	β	T
Fondazione	100000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	90.0	0.0

Combinazione n° 1

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0.63	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 18.76$	[°]
Coesione	c = 0.00	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	G = 0.00	[kg/cm ²]
Base ridotta	B' = B - 2 ex = 2.50	[m]
Lunghezza ridotta	L' = L - 2 ey = 5.00	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 16.30$	$N_q = 6.54$	$N_\gamma = 5.12$
$s_c = 1.30$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 0.80$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0.00 + 4.18 + 0.82 = 5.00 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$
$$Q_u = 625417.14 \text{ [kg]}$$
$$Q_d = 271920.50 \text{ [kg]}$$
$$V = 130000.00 \text{ [kg]}$$
$$\eta = Q_u / V = 625417.14 / 130000.00 = 4.81$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1.00 \quad I_{rc} = 75.55$$

Combinazione n° 2

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0.63	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 18.76$	[°]
Coesione	c = 0.00	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	G = 0.00	[kg/cm ²]
Base ridotta	B' = B - 2 ex = 2.50	[m]
Lunghezza ridotta	L' = L - 2 ey = 5.00	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 16.30$	$N_q = 6.54$	$N_\gamma = 5.12$
$s_c = 1.30$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 0.80$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$\begin{aligned}q_u &= 0.00 + 4.18 + 0.82 = 5.00 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \\Q_u &= 625417.14 \text{ [kg]} \\Q_d &= 271920.50 \text{ [kg]} \\V &= 100000.00 \text{ [kg]} \\ \eta &= Q_u / V = 625417.14 / 100000.00 = 6.25\end{aligned}$$

Indici rigidità

$I_c = 1.00$	$I_{rc} = 75.55$
--------------	------------------

Combinazione n° 3

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0.63	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 18.76$	[°]
Coesione	c = 0.00	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	G = 0.00	[kg/cm ²]
Base ridotta	B' = B - 2 ex = 2.50	[m]
Lunghezza ridotta	L' = L - 2 ey = 5.00	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 16.30$	$N_q = 6.54$	$N_\gamma = 5.12$
$s_c = 1.30$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 0.80$



Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0.00 + 4.18 + 0.82 = 5.00 \text{ [kg/cmq]}$$

$$Q_u = 625417.14 \text{ [kg]}$$

$$Q_d = 271920.50 \text{ [kg]}$$

$$V = 280000.00 \text{ [kg]}$$

$$\eta = Q_u / V = 625417.14 / 280000.00 = 2.23$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1.00$$

$$I_{rc} = 75.55$$

Combinazione n° 4 (SISMICA)

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0.63	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 16.53$	[°]
Coesione	c = 0.00	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	G = 0.00	[kg/cm ²]
Base ridotta	B' = B - 2 ex = 2.50	[m]
Lunghezza ridotta	L' = L - 2 ey = 5.00	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$$N_c = 14.14$$

$$N_q = 5.20$$

$$N_\gamma = 3.68$$

$$s_c = 1.30$$

$$s_q = 1.00$$

$$s_\gamma = 0.80$$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0.00 + 3.33 + 0.59 = 3.91 \text{ [kg/cmq]}$$

$$Q_u = 489261.46 \text{ [kg]}$$

$$Q_d = 212722.38 \text{ [kg]}$$

$$V = 100000.00 \text{ [kg]}$$

$$\eta = Q_u / V = 489261.46 / 100000.00 = 4.89$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1.00$$

$$I_{rc} = 75.55$$

Combinazione n° 5 (SISMICA)

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0.63	[m]
-----------------------	----------	-----



Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 16.53$	[°]
Coesione	$c = 0.00$	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	$G = 0.00$	[kg/cm ²]
Base ridotta	$B' = B - 2 e_x = 2.50$	[m]
Lunghezza ridotta	$L' = L - 2 e_y = 5.00$	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 14.14$	$N_q = 5.20$	$N_\gamma = 3.68$
$s_c = 1.30$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 0.80$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$\begin{aligned}q_u &= 0.00 + 3.33 + 0.59 = 3.91 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \\Q_u &= 489261.46 \text{ [kg]} \\Q_d &= 212722.38 \text{ [kg]} \\V &= 100000.00 \text{ [kg]} \\ \eta &= Q_u / V = 489261.46 / 100000.00 = 4.89\end{aligned}$$

Indici rigidezza	
$I_c = 1.00$	$I_{rc} = 75.55$

Combinazione n° 6 (SISMICA)

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 0.63$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 16.53$	[°]
Coesione	$c = 0.00$	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	$G = 0.00$	[kg/cm ²]
Base ridotta	$B' = B - 2 e_x = 2.50$	[m]
Lunghezza ridotta	$L' = L - 2 e_y = 5.00$	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 14.14$	$N_q = 5.20$	$N_\gamma = 3.68$
$s_c = 1.30$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 0.80$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$\begin{aligned}q_u &= 0.00 + 3.33 + 0.59 = 3.91 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \\Q_u &= 489261.46 \text{ [kg]} \\Q_d &= 212722.38 \text{ [kg]}\end{aligned}$$



$$V = 120000.00 \text{ [kg]}$$

$$\eta = Q_u / V = 489261.46 / 120000.00 = 4.08$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1.00$$

$$I_{rc} = 75.55$$

Combinazione n° 7

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0.63	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 18.76$	[°]
Coesione	c = 0.00	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	G = 0.00	[kg/cm ²]
Base ridotta	B' = B - 2 ex = 2.50	[m]
Lunghezza ridotta	L' = L - 2 ey = 5.00	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$$N_c = 16.30$$

$$N_q = 6.54$$

$$N_\gamma = 5.12$$

$$s_c = 1.30$$

$$s_q = 1.00$$

$$s_\gamma = 0.80$$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0.00 + 4.18 + 0.82 = 5.00 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 625417.14 \text{ [kg]}$$

$$Q_d = 625417.14 \text{ [kg]}$$

$$V = 120000.00 \text{ [kg]}$$

$$\eta = Q_u / V = 625417.14 / 120000.00 = 5.21$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1.00$$

$$I_{rc} = 75.55$$

Combinazione n° 8

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0.63	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 18.76$	[°]
Coesione	c = 0.00	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	G = 0.00	[kg/cm ²]



Base ridotta $B' = B - 2 ex = 2.50$ [m]
Lunghezza ridotta $L' = L - 2 ey = 5.00$ [m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 16.30$ $N_q = 6.54$ $N_\gamma = 5.12$
 $s_c = 1.30$ $s_q = 1.00$ $s_\gamma = 0.80$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0.00 + 4.18 + 0.82 = 5.00 \text{ [kg/cmq]}$$
$$Q_u = 625417.14 \text{ [kg]}$$
$$Q_d = 625417.14 \text{ [kg]}$$
$$V = 150000.00 \text{ [kg]}$$
$$\eta = Q_u / V = 625417.14 / 150000.00 = 4.17$$

Indici rigidezza
 $I_c = 1.00$ $I_{rc} = 75.55$

Combinazione n° 9

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato $H = 0.63$ [m]
Peso specifico terreno $\gamma = 1600.00$ [kg/mc]
Angolo di attrito $\phi = 18.76$ [°]
Coesione $c = 0.00$ [kg/cmq]
Modulo di taglio $G = 0.00$ [kg/cmq]
Base ridotta $B' = B - 2 ex = 2.50$ [m]
Lunghezza ridotta $L' = L - 2 ey = 5.00$ [m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 16.30$ $N_q = 6.54$ $N_\gamma = 5.12$
 $s_c = 1.30$ $s_q = 1.00$ $s_\gamma = 0.80$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0.00 + 4.18 + 0.82 = 5.00 \text{ [kg/cmq]}$$
$$Q_u = 625417.14 \text{ [kg]}$$
$$Q_d = 625417.14 \text{ [kg]}$$
$$V = 200000.00 \text{ [kg]}$$
$$\eta = Q_u / V = 625417.14 / 200000.00 = 3.13$$



Indici rigidezza

$$I_c = 1.00$$

$$I_{rc} = 75.55$$

Combinazione n° 10 (SISMICA)

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 0.63$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 16.53$	[°]
Coesione	$c = 0.00$	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	$G = 0.00$	[kg/cm ²]
Base ridotta	$B' = B - 2 e_x = 2.50$	[m]
Lunghezza ridotta	$L' = L - 2 e_y = 5.00$	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$$N_c = 14.14$$

$$N_q = 5.20$$

$$N_\gamma = 3.68$$

$$s_c = 1.30$$

$$s_q = 1.00$$

$$s_\gamma = 0.80$$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0.00 + 3.33 + 0.59 = 3.91 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 489261.46 \text{ [kg]}$$

$$Q_d = 489261.46 \text{ [kg]}$$

$$V = 120000.00 \text{ [kg]}$$

$$\eta = Q_u / V = 489261.46 / 120000.00 = 4.08$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1.00$$

$$I_{rc} = 75.55$$

Combinazione n° 11 (SISMICA)

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 0.63$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 16.53$	[°]
Coesione	$c = 0.00$	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	$G = 0.00$	[kg/cm ²]
Base ridotta	$B' = B - 2 e_x = 2.50$	[m]
Lunghezza ridotta	$L' = L - 2 e_y = 5.00$	[m]



Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$$\begin{array}{lll} N_c = 14.14 & N_q = 5.20 & N_\gamma = 3.68 \\ s_c = 1.30 & s_q = 1.00 & s_\gamma = 0.80 \end{array}$$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$\begin{aligned} q_u &= 0.00 + 3.33 + 0.59 = 3.91 \text{ [kg/cmq]} \\ Q_u &= 489261.46 \text{ [kg]} \\ Q_d &= 489261.46 \text{ [kg]} \\ V &= 120000.00 \text{ [kg]} \\ \eta &= Q_u / V = 489261.46 / 120000.00 = 4.08 \end{aligned}$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1.00 \quad I_{rc} = 75.55$$

Combinazione n° 12 (SISMICA)

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0.63	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 16.53$	[°]
Coesione	c = 0.00	[kg/cmq]
Modulo di taglio	G = 0.00	[kg/cmq]
Base ridotta	$B' = B - 2 \text{ ex} = 2.50$	[m]
Lunghezza ridotta	$L' = L - 2 \text{ ey} = 5.00$	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$$\begin{array}{lll} N_c = 14.14 & N_q = 5.20 & N_\gamma = 3.68 \\ s_c = 1.30 & s_q = 1.00 & s_\gamma = 0.80 \end{array}$$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$\begin{aligned} q_u &= 0.00 + 3.33 + 0.59 = 3.91 \text{ [kg/cmq]} \\ Q_u &= 489261.46 \text{ [kg]} \\ Q_d &= 489261.46 \text{ [kg]} \\ V &= 120000.00 \text{ [kg]} \\ \eta &= Q_u / V = 489261.46 / 120000.00 = 4.08 \end{aligned}$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1.00 \quad I_{rc} = 75.55$$



Cedimenti

Il calcolo dei cedimenti è stato eseguito con il metodo Elastico.

Per il calcolo dei cedimenti, è stata impostata un'altezza dello strato compressibile legato alla percentuale tensionale.

In particolare la percentuale impostata è: 0.05 (%)

E' stato richiesto di tenere in conto della fondazione compensata.

Cedimento complessivo

Simbologia adottata

Comb Identificativo della combinazione

w_i Cedimento elastico espresso in [cm]

w_{imp} Cedimento elastico ad espansione laterale impedita espresso in [cm]

H Spessore strato compressibile espresso in [m]

X coordinata X punto di calcolo cedimento espressa in [m]

Y coordinata Y punto di calcolo cedimento espressa in [m]

Fondazione

Comb	w_i	w_{imp}	H	X	Y
1	0.59	0.62	9.70	0.00	0.00
2	0.16	0.18	7.40	0.00	0.00
3	2.53	2.59	14.70	0.00	0.00
4	0.16	0.18	7.40	0.00	0.00
5	0.16	0.18	7.40	0.00	0.00
6	0.46	0.49	9.10	0.00	0.00
7	0.46	0.49	9.10	0.00	0.00
8	0.84	0.88	10.70	0.00	0.00
9	1.49	1.53	12.60	0.00	0.00
10	0.46	0.49	9.10	0.00	0.00
11	0.46	0.49	9.10	0.00	0.00
12	0.46	0.49	9.10	0.00	0.00

Cedimento dei singoli strati

Simbologia adottata

Strato Identificativo dello strato

Terreno Terreno dello strato

ΔH Spessore dello strato espresso in [m]

Δw_i Cedimento elastico espresso in [cm]

Δw_{imp} Cedimento elastico ad espansione laterale impedita espresso in [cm]

**Fondazione** (Combinazione n° 1)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.3520	0.3915
2	Terreno 2	2.00	0.2239	0.2151
3	Terreno 3	0.70	0.0122	0.0089
Totale		5.70	0.5881	0.6155

Fondazione (Combinazione n° 2)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.1408	0.1566
2	Terreno 2	0.40	0.0235	0.0227
Totale		3.40	0.1643	0.1793

Fondazione (Combinazione n° 3)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	1.4080	1.5659
2	Terreno 2	2.00	0.8957	0.8604
3	Terreno 3	5.70	0.2288	0.1654
Totale		10.70	2.5325	2.5918

Fondazione (Combinazione n° 4)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.1408	0.1566
2	Terreno 2	0.40	0.0235	0.0227
Totale		3.40	0.1643	0.1793

Fondazione (Combinazione n° 5)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.1408	0.1566
2	Terreno 2	0.40	0.0235	0.0227
Totale		3.40	0.1643	0.1793

Fondazione (Combinazione n° 6)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.2816	0.3132
2	Terreno 2	2.00	0.1791	0.1721



3	Terreno 3	0.10	0.0015	0.0011
Totale		5.10	0.4623	0.4864

Fondazione (Combinazione n° 7)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.2816	0.3132
2	Terreno 2	2.00	0.1791	0.1721
3	Terreno 3	0.10	0.0015	0.0011
Totale		5.10	0.4623	0.4864

Fondazione (Combinazione n° 8)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.4928	0.5481
2	Terreno 2	2.00	0.3135	0.3012
3	Terreno 3	1.70	0.0363	0.0263
Totale		6.70	0.8426	0.8756

Fondazione (Combinazione n° 9)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.8448	0.9396
2	Terreno 2	2.00	0.5374	0.5163
3	Terreno 3	3.60	0.1058	0.0766
Totale		8.60	1.4880	1.5324

Fondazione (Combinazione n° 10)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.2816	0.3132
2	Terreno 2	2.00	0.1791	0.1721
3	Terreno 3	0.10	0.0015	0.0011
Totale		5.10	0.4623	0.4864

Fondazione (Combinazione n° 11)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.2816	0.3132
2	Terreno 2	2.00	0.1791	0.1721
3	Terreno 3	0.10	0.0015	0.0011
Totale		5.10	0.4623	0.4864

**Fondazione** (Combinazione n° 12)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.2816	0.3132
2	Terreno 2	2.00	0.1791	0.1721
3	Terreno 3	0.10	0.0015	0.0011
Totale		5.10	0.4623	0.4864

Fondazione 3 x 5 metri

Geometria della fondazione

*Simbologia adottata**Descrizione* Descrizione della fondazione*Forma* Forma della fondazione (N=Nastriforme, R=Rettangolare, C=Circolare)*X* Ascissa del baricentro della fondazione espressa in [m]*Y* Ordinata del baricentro della fondazione espressa in [m]*B* Base/Diametro della fondazione espressa in [m]*L* Lunghezza della fondazione espressa in [m]*D* Profondità del piano di posa in [m] *α* Inclinazione del piano di posa espressa in [°] *ω* Inclinazione del piano campagna espressa in [°]

Descrizione	Forma	X	Y	B	L	D	α	ω
Fondazione	(R)	0.00	0.00	3.00	5.00	4.00	0.00	0.00

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

<i>Fondazione</i>	Nome identificativo della fondazione
<i>N</i>	Sforzo normale totale espressa in [kg]
<i>M_x</i>	Momento in direzione X espressa in [kgm]
<i>M_y</i>	Momento in direzione Y espresso in [kgm]
<i>e_x</i>	Eccentricità del carico lungo X espressa in [m]
<i>e_y</i>	Eccentricità del carico lungo Y espressa in [m]
<i>β</i>	Inclinazione del taglio nel piano espressa in [°]
<i>T</i>	Forza di taglio espressa in [kg]

Condizione n° 1 (Condizione n° 1) [PERMANENTE]

Fondazione	N	Mx	My	ex	ey	β	T
Fondazione	105000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	90.0	0.0

Condizione n° 2 (Condizione n° 2) [VARIABILE]

Fondazione	N	Mx	My	ex	ey	β	T
Fondazione	105000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	90.0	0.0

Combinazione n° 1

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0.76	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 18.76$	[°]
Coesione	c = 0.00	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	G = 0.00	[kg/cm ²]
Base ridotta	B' = B - 2 ex = 3.00	[m]
Lunghezza ridotta	L' = L - 2 ey = 5.00	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 16.30$	$N_q = 6.54$	$N_\gamma = 5.12$
$s_c = 1.30$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 0.80$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0.00 + 4.18 + 0.98 = 5.17 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$
$$Q_u = 775080.16 \text{ [kg]}$$
$$Q_d = 336991.38 \text{ [kg]}$$
$$V = 136500.00 \text{ [kg]}$$
$$\eta = Q_u / V = 775080.16 / 136500.00 = 5.68$$

Indici rigidezza

$I_c = 1.00$	$I_{rc} = 70.20$
--------------	------------------

Combinazione n° 2

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0.76	[m]
-----------------------	----------	-----



Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 18.76$	[°]
Coesione	$c = 0.00$	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	$G = 0.00$	[kg/cm ²]
Base ridotta	$B' = B - 2 e_x = 3.00$	[m]
Lunghezza ridotta	$L' = L - 2 e_y = 5.00$	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 16.30$	$N_q = 6.54$	$N_\gamma = 5.12$
$s_c = 1.30$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 0.80$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0.00 + 4.18 + 0.98 = 5.17 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$
$$Q_u = 775080.16 \text{ [kg]}$$
$$Q_d = 336991.38 \text{ [kg]}$$
$$V = 105000.00 \text{ [kg]}$$
$$\eta = Q_u / V = 775080.16 / 105000.00 = 7.38$$

Indici rigidezza	
$I_c = 1.00$	$I_{rc} = 70.20$

Combinazione n° 3

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 0.76$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 18.76$	[°]
Coesione	$c = 0.00$	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	$G = 0.00$	[kg/cm ²]
Base ridotta	$B' = B - 2 e_x = 3.00$	[m]
Lunghezza ridotta	$L' = L - 2 e_y = 5.00$	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 16.30$	$N_q = 6.54$	$N_\gamma = 5.12$
$s_c = 1.30$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 0.80$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0.00 + 4.18 + 0.98 = 5.17 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$
$$Q_u = 775080.16 \text{ [kg]}$$
$$Q_d = 336991.38 \text{ [kg]}$$



$$V = 294000.00 \text{ [kg]}$$

$$\eta = Q_u / V = 775080.16 / 294000.00 = 2.64$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1.00$$

$$I_{rc} = 70.20$$

Combinazione n° 4 (SISMICA)

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0.76	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 16.53$	[°]
Coesione	c = 0.00	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	G = 0.00	[kg/cm ²]
Base ridotta	B' = B - 2 ex = 3.00	[m]
Lunghezza ridotta	L' = L - 2 ey = 5.00	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$$N_c = 14.14$$

$$N_q = 5.20$$

$$N_\gamma = 3.68$$

$$s_c = 1.30$$

$$s_q = 1.00$$

$$s_\gamma = 0.80$$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0.00 + 3.33 + 0.71 = 4.03 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 604769.59 \text{ [kg]}$$

$$Q_d = 262943.30 \text{ [kg]}$$

$$V = 105000.00 \text{ [kg]}$$

$$\eta = Q_u / V = 604769.59 / 105000.00 = 5.76$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1.00$$

$$I_{rc} = 70.20$$

Combinazione n° 5 (SISMICA)

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0.76	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 16.53$	[°]
Coesione	c = 0.00	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	G = 0.00	[kg/cm ²]
Base ridotta	B' = B - 2 ex = 3.00	[m]



Lunghezza ridotta $L' = L - 2 e_y = 5.00$ [m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 14.14$	$N_q = 5.20$	$N_\gamma = 3.68$
$s_c = 1.30$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 0.80$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$\begin{aligned}q_u &= 0.00 + 3.33 + 0.71 = 4.03 \text{ [kg/cmq]} \\Q_u &= 604769.59 \text{ [kg]} \\Q_d &= 262943.30 \text{ [kg]} \\V &= 105000.00 \text{ [kg]} \\\eta &= Q_u / V = 604769.59 / 105000.00 = 5.76\end{aligned}$$

Indici rigidezza

$I_c = 1.00$ $I_{rc} = 70.20$

Combinazione n° 6 (SISMICA)

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 0.76$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 16.53$	[°]
Coesione	$c = 0.00$	[kg/cmq]
Modulo di taglio	$G = 0.00$	[kg/cmq]
Base ridotta	$B' = B - 2 e_x = 3.00$	[m]
Lunghezza ridotta	$L' = L - 2 e_y = 5.00$	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 14.14$	$N_q = 5.20$	$N_\gamma = 3.68$
$s_c = 1.30$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 0.80$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$\begin{aligned}q_u &= 0.00 + 3.33 + 0.71 = 4.03 \text{ [kg/cmq]} \\Q_u &= 604769.59 \text{ [kg]} \\Q_d &= 262943.30 \text{ [kg]} \\V &= 126000.00 \text{ [kg]} \\\eta &= Q_u / V = 604769.59 / 126000.00 = 4.80\end{aligned}$$

Indici rigidezza

$I_c = 1.00$ $I_{rc} = 70.20$



Combinazione n° 7

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0.76	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 18.76$	[°]
Coesione	c = 0.00	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	G = 0.00	[kg/cm ²]
Base ridotta	B' = B - 2 ex = 3.00	[m]
Lunghezza ridotta	L' = L - 2 ey = 5.00	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 16.30$	$N_q = 6.54$	$N_\gamma = 5.12$
$s_c = 1.30$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 0.80$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0.00 + 4.18 + 0.98 = 5.17 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$
$$Q_u = 775080.16 \text{ [kg]}$$
$$Q_d = 775080.16 \text{ [kg]}$$
$$V = 126000.00 \text{ [kg]}$$
$$\eta = Q_u / V = 775080.16 / 126000.00 = 6.15$$

Indici rigidezza

$I_c = 1.00$	$I_{rc} = 70.20$
--------------	------------------

Combinazione n° 8

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0.76	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 18.76$	[°]
Coesione	c = 0.00	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	G = 0.00	[kg/cm ²]
Base ridotta	B' = B - 2 ex = 3.00	[m]
Lunghezza ridotta	L' = L - 2 ey = 5.00	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 16.30$	$N_q = 6.54$	$N_\gamma = 5.12$
$s_c = 1.30$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 0.80$



Il valore della capacità portante è dato da:

$$\begin{aligned}q_u &= 0.00 + 4.18 + 0.98 = 5.17 \text{ [kg/cmq]} \\Q_u &= 775080.16 \text{ [kg]} \\Q_d &= 775080.16 \text{ [kg]} \\V &= 157500.00 \text{ [kg]} \\ \eta &= Q_u / V = 775080.16 / 157500.00 = 4.92\end{aligned}$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1.00$$

$$I_{rc} = 70.20$$

Combinazione n° 9

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0.76	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 18.76$	[°]
Coesione	c = 0.00	[kg/cmq]
Modulo di taglio	G = 0.00	[kg/cmq]
Base ridotta	B' = B - 2 ex = 3.00	[m]
Lunghezza ridotta	L' = L - 2 ey = 5.00	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$$N_c = 16.30$$

$$N_q = 6.54$$

$$N_\gamma = 5.12$$

$$s_c = 1.30$$

$$s_q = 1.00$$

$$s_\gamma = 0.80$$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$\begin{aligned}q_u &= 0.00 + 4.18 + 0.98 = 5.17 \text{ [kg/cmq]} \\Q_u &= 775080.16 \text{ [kg]} \\Q_d &= 775080.16 \text{ [kg]} \\V &= 210000.00 \text{ [kg]} \\ \eta &= Q_u / V = 775080.16 / 210000.00 = 3.69\end{aligned}$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1.00$$

$$I_{rc} = 70.20$$

Combinazione n° 10 (SISMICA)

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0.76	[m]
-----------------------	----------	-----



Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 16.53$	[°]
Coesione	$c = 0.00$	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	$G = 0.00$	[kg/cm ²]
Base ridotta	$B' = B - 2 e_x = 3.00$	[m]
Lunghezza ridotta	$L' = L - 2 e_y = 5.00$	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 14.14$	$N_q = 5.20$	$N_\gamma = 3.68$
$s_c = 1.30$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 0.80$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$\begin{aligned}q_u &= 0.00 + 3.33 + 0.71 = 4.03 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \\Q_u &= 604769.59 \text{ [kg]} \\Q_d &= 604769.59 \text{ [kg]} \\V &= 126000.00 \text{ [kg]} \\ \eta &= Q_u / V = 604769.59 / 126000.00 = 4.80\end{aligned}$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1.00 \quad I_{rc} = 70.20$$

Combinazione n° 11 (SISMICA)

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 0.76$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 16.53$	[°]
Coesione	$c = 0.00$	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	$G = 0.00$	[kg/cm ²]
Base ridotta	$B' = B - 2 e_x = 3.00$	[m]
Lunghezza ridotta	$L' = L - 2 e_y = 5.00$	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 14.14$	$N_q = 5.20$	$N_\gamma = 3.68$
$s_c = 1.30$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 0.80$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$\begin{aligned}q_u &= 0.00 + 3.33 + 0.71 = 4.03 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \\Q_u &= 604769.59 \text{ [kg]} \\Q_d &= 604769.59 \text{ [kg]}\end{aligned}$$



Hattusas s.r.l.

Via Roma, 37 – 24060 Tagliuno (Castelli Calepio, BG)

Tel. e fax 035 4425112 E-mail info@hattusas.it

$$V = 126000.00 \text{ [kg]}$$

$$\eta = Q_u / V = 604769.59 / 126000.00 = 4.80$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1.00$$

$$I_{rc} = 70.20$$

Combinazione n° 12 (SISMICA)

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0.76	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 1600.00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 16.53$	[°]
Coesione	c = 0.00	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	G = 0.00	[kg/cm ²]
Base ridotta	B' = B - 2 ex = 3.00	[m]
Lunghezza ridotta	L' = L - 2 ey = 5.00	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$$N_c = 14.14$$

$$N_q = 5.20$$

$$N_\gamma = 3.68$$

$$s_c = 1.30$$

$$s_q = 1.00$$

$$s_\gamma = 0.80$$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0.00 + 3.33 + 0.71 = 4.03 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 604769.59 \text{ [kg]}$$

$$Q_d = 604769.59 \text{ [kg]}$$

$$V = 126000.00 \text{ [kg]}$$

$$\eta = Q_u / V = 604769.59 / 126000.00 = 4.80$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1.00$$

$$I_{rc} = 70.20$$



Cedimenti

Il calcolo dei cedimenti è stato eseguito con il metodo Elastico.

Per il calcolo dei cedimenti, è stata impostata un'altezza dello strato compressibile legato alla percentuale tensionale.

In particolare la percentuale impostata è: 0.05 (%)

E' stato richiesto di tenere in conto della fondazione compensata.

Cedimento complessivo

Simbologia adottata

Comb Identificativo della combinazione

w_i Cedimento elastico espresso in [cm]

w_{imp} Cedimento elastico ad espansione laterale impedita espresso in [cm]

H Spessore strato compressibile espresso in [m]

X coordinata X punto di calcolo cedimento espressa in [m]

Y coordinata Y punto di calcolo cedimento espressa in [m]

Fondazione

Comb	w_i	w_{imp}	H	X	Y
1	0.43	0.45	9.10	0.00	0.00
2	0.03	0.04	5.70	0.00	0.00
3	2.31	2.36	14.60	0.00	0.00
4	0.03	0.04	5.70	0.00	0.00
5	0.03	0.04	5.70	0.00	0.00
6	0.28	0.30	8.30	0.00	0.00
7	0.28	0.30	8.30	0.00	0.00
8	0.67	0.70	10.30	0.00	0.00
9	1.30	1.33	12.40	0.00	0.00
10	0.28	0.30	8.30	0.00	0.00
11	0.28	0.30	8.30	0.00	0.00
12	0.28	0.30	8.30	0.00	0.00

Cedimento dei singoli strati

Simbologia adottata

Strato Identificativo dello strato

Terreno Terreno dello strato

ΔH Spessore dello strato espresso in [m]

Δw_i Cedimento elastico espresso in [cm]

Δw_{imp} Cedimento elastico ad espansione laterale impedita espresso in [cm]

**Fondazione** (Combinazione n° 1)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.2517	0.2802
2	Terreno 2	2.00	0.1756	0.1689
3	Terreno 3	0.10	0.0015	0.0011
Totale		5.10	0.4289	0.4502

Fondazione (Combinazione n° 2)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	1.70	0.0336	0.0418
Totale		1.70	0.0336	0.0418

Fondazione (Combinazione n° 3)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	1.2308	1.3698
2	Terreno 2	2.00	0.8587	0.8256
3	Terreno 3	5.60	0.2217	0.1605
Totale		10.60	2.3112	2.3558

Fondazione (Combinazione n° 4)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	1.70	0.0336	0.0418
Totale		1.70	0.0336	0.0418

Fondazione (Combinazione n° 5)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	1.70	0.0336	0.0418
Totale		1.70	0.0336	0.0418

Fondazione (Combinazione n° 6)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.1865	0.2075
2	Terreno 2	1.30	0.0943	0.0907
Totale		4.30	0.2808	0.2983

**Fondazione** (Combinazione n° 7)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.1865	0.2075
2	Terreno 2	1.30	0.0943	0.0907
Totale		4.30	0.2808	0.2983

Fondazione (Combinazione n° 8)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.3823	0.4255
2	Terreno 2	2.00	0.2667	0.2564
3	Terreno 3	1.30	0.0252	0.0184
Totale		6.30	0.6742	0.7003

Fondazione (Combinazione n° 9)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.7086	0.7887
2	Terreno 2	2.00	0.4944	0.4753
3	Terreno 3	3.40	0.0955	0.0693
Totale		8.40	1.2986	1.3333

Fondazione (Combinazione n° 10)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.1865	0.2075
2	Terreno 2	1.30	0.0943	0.0907
Totale		4.30	0.2808	0.2983

Fondazione (Combinazione n° 11)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.1865	0.2075
2	Terreno 2	1.30	0.0943	0.0907
Totale		4.30	0.2808	0.2983

Fondazione (Combinazione n° 12)

Strato	Terreno	ΔH	Δw_i	Δw_{imp}
1	Terreno	3.00	0.1865	0.2075
2	Terreno 2	1.30	0.0943	0.0907
Totale		4.30	0.2808	0.2983



Hattusas s.r.l.

Via Roma, 37 – 24060 Tagliuno (Castelli Calepio, BG)

Tel. e fax 035 4425112 E-mail info@hattusas.it

Conclusioni

Fondazione largh(B)– lung(L) (m²)	Superficie fondazione (m²)	Qamm (Kg/cm²)	Qamm (Kg/cm²) verifica cedimenti	Carico applicato (Kg)	Cedimenti (cm)
1,5 x 5	7,5	1,6	1	75000	2,45
2 x 5	10	1,65	0,85	85000	2,39
2,5 x 5	12,5	1,7	0,8	100000	2,53
3 x 5	15	1,75	0,7	150000	2,31

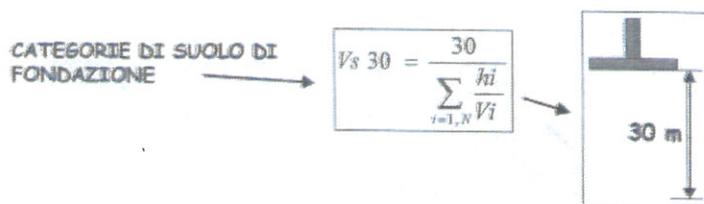


RELAZIONE SISMICA

Valutazione del rischio sismico

Al fine di valutare il rischio sismico dell'area in esame, con l'obiettivo di ottenere un modello di velocità in Vs fino a trenta metri di profondità, in modo da determinare il parametro Vs30 come previsto da normativa, si è scelto di utilizzare la metodologia *MASW ATTIVA*. Per tale motivo è stato eseguito un profilo sismico i cui risultati sono indicati nella relazione sismica allegata.

Non essendo stato possibile accedere all'area in esame, lo studio è stato eseguito in corrispondenza del campo di calcio dell'oratorio, a circa 100 metri dal sito in esame.



Il parametro Vs 30 è stato ragionevolmente stimato, secondo le evidenze di terreno, nella categoria B dei suoli di fondazione secondo la distinzione indicata dal N.T.C 14 Gennaio 2008 con il valore di Vs 30 < 800 m/s.

Merita essere ricordato che i parametri ricavati per via dinamica hanno in genere valori superiori a quelli ricavati da prove statiche in laboratorio proprio per il diverso campo di sollecitazione applicata e la diversa deformazione raggiunta.

I dati ottenuti dall'indagine sismica eseguita sono stati poi confrontati con i risultati delle indagini effettuate dal Dott. Geol. Diego Marsetti relativamente allo studio della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio.

L'indagine effettuata ha previsto l'esecuzione di n°3 profili stratigrafici delle onde orizzontali mediante l'esecuzione di indagine sismica passiva (REMI).

In particolare sono stati presi come riferimento le RIMI 1 e REMI 2 le quali si trovano in prossimità del sito in esame. Dalle indagini dirette di tipo geofisico effettuate, risulta che le aree indagate presentano una categoria di suolo di tipo B.



L'indagine del Dott. Marsetti ha previsto per l'area in esame una procedura di 2° livello ed i valore di soglia ottenuti risultano essere verificati.

Classificazione del sito

Per quanto riguarda la classificazione di base del sito, il DM 14 gennaio 2008, riprendendo quanto definito dall' Euro codice 8, fa essenzialmente riferimento alla velocità delle onde S nel substrato che allo spessore dello stesso. L'Euro codice 8 distingue 5 classi, A, B, C, D e E ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

Classe	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} 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_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT, $30 > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositati 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_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositati 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 $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30}$ 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).
S1	Depositati di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 100 metri al sec. (ovvero $10 < Cu_{30} < 20$ Kpa, che includono uno strato di almeno 8 metri di terreni a grana fine a bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 metri di torba.
S2	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti.



Per V_{s30} s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione. In generale il fenomeno dell'amplificazione sismica diventa più accentuato passando dalla classe A alla classe E.

Il concetto di V_{s30} è definito secondo la media pesata della velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa delle fondazioni, calcolata secondo la relazione:

CATEGORIA DEL SUOLO	S	Tb	Tc	Td
A	1	0,15	0,4	2
B, C, E	1,25	0,15	0,5	2
D	1,35	0,2	0,8	2

Componente orizzontale

E dalla componente verticale:

CATEGORIA DEL SUOLO	S	Tb	Tc	Td
A, B, C, D, E	1	0,05	0,15	1

Componente verticale

Secondo la normativa vigente si devono considerare 3 componenti traslazionali. Queste componenti possono essere descritte mediante le seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro attesi in superficie;
- accelerogramma.

Il parametro di riferimento per la caratterizzazione del sito è la velocità delle onde di taglio. Nel caso in esame con il substrato in posto caratterizzato da ghiaie alluvionali si sono correlati i valori di N_{spt} mediante la seguente relazione:



$$V_s = 75,4 N_{spt} 0,351$$

Per quanto riguarda l'edificio in questione si è valutato il periodo di riferimento per l'azione sismica attraverso la seguente relazione:

$$V_r = V_n * C_u$$

Dove V_n rappresenta la vita nominale dell'edificio pari a 50 (Tab. 2.4.I NTC) e C_u è il coefficiente d'uso dell'edificio, valutato in base alla classe d'uso dell'edificio considerato pari a I.

Utilizzando i criteri delle NTC sono stati introdotti nel software di calcolo Spettri NTC 2008 i seguenti parametri:

- a_g (g): 0,17
- latitudine e longitudine del sito in esame
- categoria del suolo pari B
- categoria topografica pari a T1
- vita nominale dell'edificio 100 anni
- classe d'uso IV

<i>Classe d'uso</i>	<i>Vita V_n [anni]</i>	<i>Coeff. Uso</i>	<i>Periodo V_r [anni]</i>
IV	100.0	2.0	200.0

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0.033	2.423	0.201
50	0.043	2.429	0.226
72	0.053	2.402	0.235
101	0.062	2.410	0.249
140	0.073	2.395	0.256
201	0.086	2.402	0.261
475	0.123	2.424	0.270
975	0.160	2.475	0.275
2475	0.216	2.518	0.290

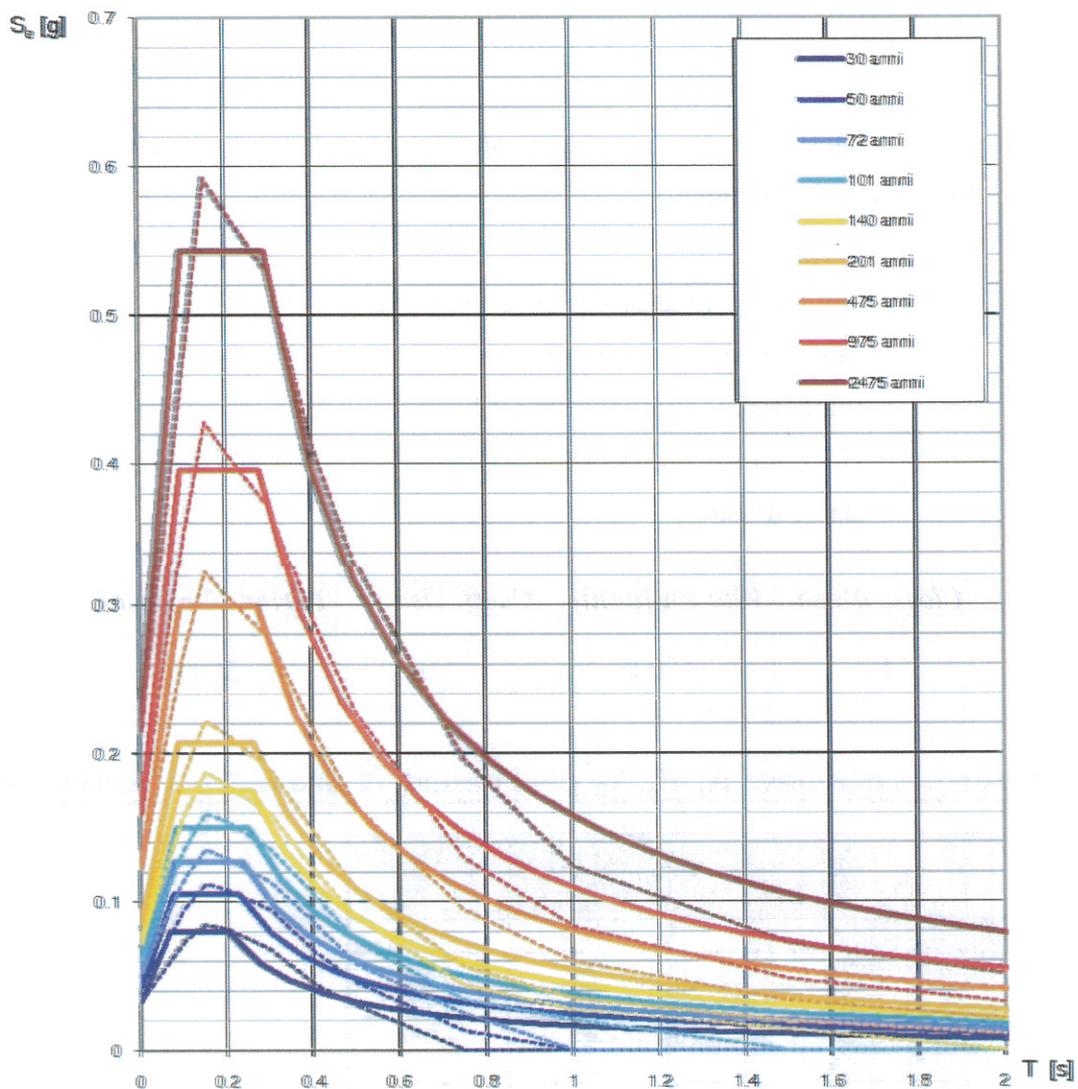


La combinazione di calcolo ha individuato accelerogrammi naturali riconducibili alle condizioni del sito in esame, da cui vengono dedotti i relativi parametri.

In base ai dati bibliografici in possesso e alle correlazioni con i dati di prova ottenuti la zona in esame si esclude il rischio di cedimenti permanenti causati da fenomeni di eccessivo addensamento o di liquefazione.

Le azioni sismiche di progetto su cui verificare il rispetto dei diversi stati limite considerati dalla normativa vigente, si definiscono a partire dalla “pericolosità

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.



sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria **E**).

STATI LIMITE D’ ESERCIZIO	SLO	“Stato limite operatività”
	SLD	“Stato limite del danno”
STATI LIMITE ULTIMI	SLV	“Stato limite di salvaguardia della vita”
	SLC	“Stato limite al collasso”

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C [s]
SLO	120	0.068	2.402	0.252
SLD	201	0.086	2.402	0.261
SLV	1938	0.138	2.506	0.266
SLC	2475	0.216	2.518	0.290

Parametri sismici in funzione degli stati limite considerati per l’area di progetto

L’azione sismica agente ha un possibilità di superamento nel determinato periodo di riferimento il P_{Vr} , lo stato limite considerato varia al variare del periodo di riferimento rispetto ad un valore percentuale che la normativa definisce. Ai fini della sicurezza è possibile variare e quindi ridurre le percentuali di riferimento in funzione del grado di importanza dell’opera; nel caso dell’opera in progetto non sono state effettuate riduzioni di percentuale, anche in considerazione della categoria di suolo assegnata.

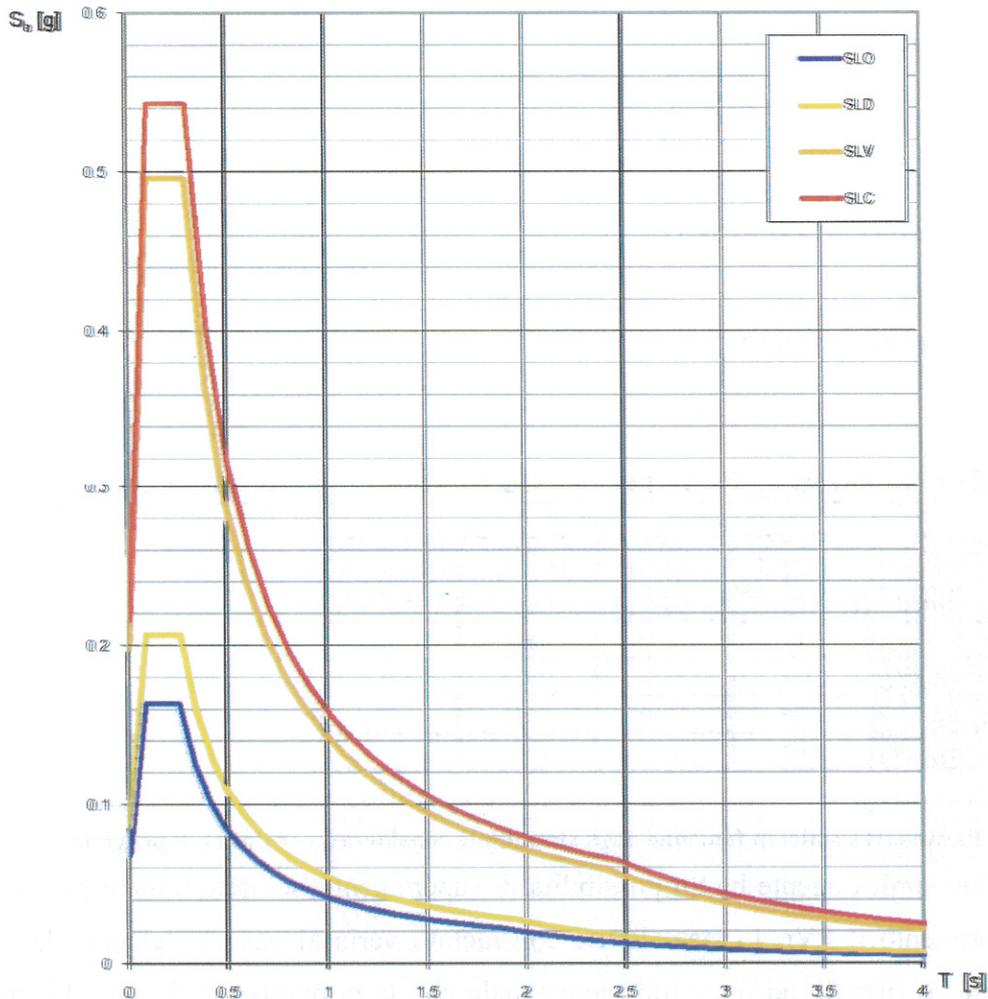
Si ha quindi:

- a_g , accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o , valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;



- TC*, periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite





PRESCRIZIONI DI CARATTERE GENERALE

In relazione a quanto sin qui riportato, per tutto lo sviluppo delle opere di progetto valgono le seguenti indicazioni tecniche di ordine generale:

- considerate le caratteristiche litologiche favorevoli del sito, non paiono esservi particolari problematiche tecniche per la realizzazione degli scavi;
- pur non dovendosi operare in aderenza ad un edificio esistente, sarà cura del Direttore dei Lavori controllare che gli scavi ed i getti non interferiscano con eventuali manufatti esistenti; là dove necessario, e in tutti i casi di eventuale superamento dell'angolo di natural declivio del terreno, dovranno porsi in opera accorgimenti opportuni e si dovranno realizzare i necessari presidi di difesa o tecniche di sbancamento particolari (e.g. setti limitati), sia provvisori (sostegni, sbadacchiature, armature...), sia definitivi, che andranno opportunamente valutati e dimensionati dallo Strutturista incaricato e/o dalla D.L. durante l'esecuzione dei lavori (D. Lgs.494/96 e D. Lgs. 626/94), per la salvaguardia del versante e dell'edificio;
- l'edificio dovrà essere dotato di un efficiente sistema di allontanamento delle acque meteoriche, così da ritenersi scongiurati i pericoli di infiltrazioni e dilavamenti alla quota (od a quote inferiori) del piano di posa alle fondazioni. Eventuali acque di infiltrazione intercettate durante gli scavi, così come eventuali acque di ruscellamento superficiale di origine meteorica, dovranno essere prontamente raccolte e smaltite, evitando qualsiasi dispersione incontrollata per non compromettere la stabilità dei fronti di scavo e l'insorgere di processi erosivi;
- l'esubero del materiale di sterro dovrà essere smaltito in idoneo sito;



CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente relazione viene redatta a supporto del progetto di realizzazione del nuovo centro amministrativo in Comune di Albano Sant'Alessandro (BG), con il fine di definirne le caratteristiche geotecniche e verificarne la fattibilità geologica.

L'indagine si è articolata in sopralluoghi in sito ed indagine bibliografica per la definizione della stratigrafia e delle caratteristiche geotecniche dei terreni affioranti, l'eventuale presenza di dissesti e, più in generale, l'assetto geologico dell'area e di un suo ragionevole intorno.

Per la caratterizzazione geognostica dei terreni, sono stati presi come riferimento i risultati dell'indagine preliminare effettuata dallo scrivente nel Maggio 2008 sui terreni in esame.

Le osservazioni di terreno hanno permesso di rilevare una stratigrafia costituita da terreni essenzialmente argillosi dotati di scadenti caratteristiche litotecniche che si spingono fino ad una profondità di circa 9 metri, seguiti da terreni costituiti da ghiaie e ciottoli.

L'indagine sismica (allegata alla presente) ha evidenziato valori di $V_s 30$ pari a **586 m/s.** valore compreso nella categoria B dei suoli di fondazione secondo la distinzione indicata dal N.T.C. 14 Gennaio 2008. Tuttavia, vista la disomogeneità del sito, i bassi valori di $V_s 30$ nei primi metri di suolo e la presenza di inversioni nell'andamento delle V_s , che possono generare effetti di amplificazione sismica, si consiglia di considerare la possibilità di adottare una categoria di suolo più cautelativa (classe C o E a discrezione del progettista strutturale), anche e soprattutto in considerazione della particolare categoria dell'edificio.



La cartografia disponibile e le osservazioni di terreno escludono altresì la presenza di significativi fenomeni destabilizzanti attivi.

Ad ogni modo, tutte le strutture di sbancamento dovranno essere scelte e dimensionate dallo Strutturista incaricato sotto la propria responsabilità, che dovrà altresì valutare e adottare, in accordo con la D.L., tutti i necessari presidi di difesa provvisori e definitivi secondo le disposizioni della vigente normativa in materia.

Le prescrizioni di carattere generale contenute nella presente relazione sono da considerarsi finalizzate alla sola espressione della fattibilità del progetto, e non vogliono prevaricare le competenze proprie dell'Ingegnere Strutturista incaricato; come tale, le stesse dovranno essere sottoposte al giudizio del professionista stesso.

Durante l'esecuzione delle opere, l'impresa esecutrice dovrà verificare la corrispondenza tra le caratteristiche dei terreni riscontrate e quelle prospettate nella presente relazione geologica; in presenza di difformità si dovranno tempestivamente avvisare la Direzione Lavori e lo scrivente, che si dichiara sin d'ora disponibile per eventuali sopralluoghi che dovessero rendersi necessari per l'adozione di nuove e/o diverse soluzioni. I carichi applicati sulle fondazioni sono state forniti dal tecnico strutturista. Si ricorda, in ogni caso che, in ultima analisi è specifica competenza del tecnico strutturista la scelta e il dimensionamento delle tipologie di fondazioni ritenute più idonee alla soluzione ottimale del problema geotecnico specifico, per tale motivo il tecnico strutturista dovrà effettuare le verifiche alle disequaglianze secondo gli stati limite ultimo e di esercizio previste dalla nuova normativa NTC 14 gennaio 2008.



Hattusas s.r.l.

Via Roma, 37 – 24060 Tagliuno (Castelli Calepio, BG)

Tel. e fax 035 4425112 E-mail info@hattusas.it

Nel rispetto delle condizioni sopra riportate e contenute nella presente relazione si ritiene che, eseguendo i lavori a regola d'arte, non vi siano controindicazioni di carattere geologico-geotecnico alla realizzazione delle opere di progetto.

Tagliuno (Castelli Calepio, BG), luglio 2010

Dott. Geol. Andrea Gritti

Iscriz. Ordine dei Geologi della Lombardia n. 1461



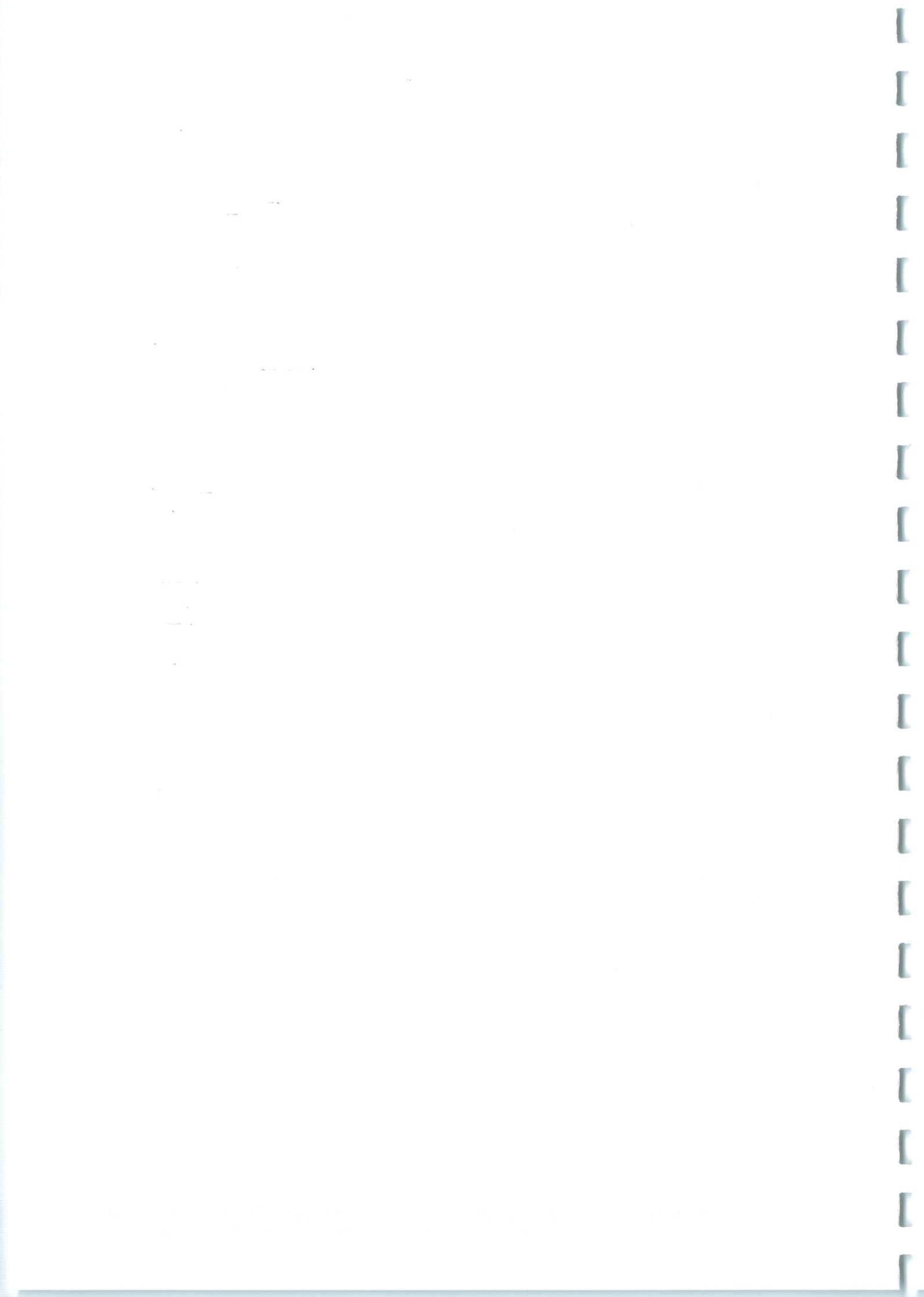


Hattusas s.r.l.

Via Roma, 37 – 24060 Tagliuno (Castelli Calepio, BG)
Tel. e fax 035 4425112 E-mail info@hattusas.it

ALLEGATI

1. Relazione sismica



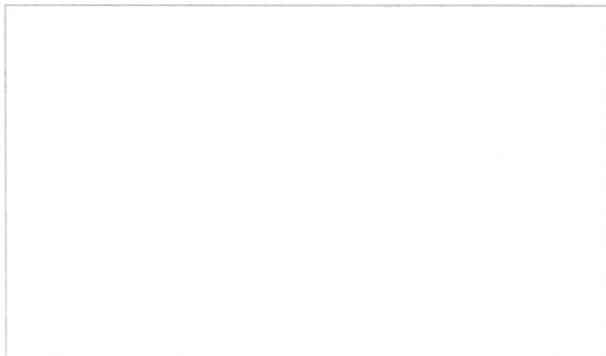
Valutazione Parametri caratteristici secondo EC7

Litozona A

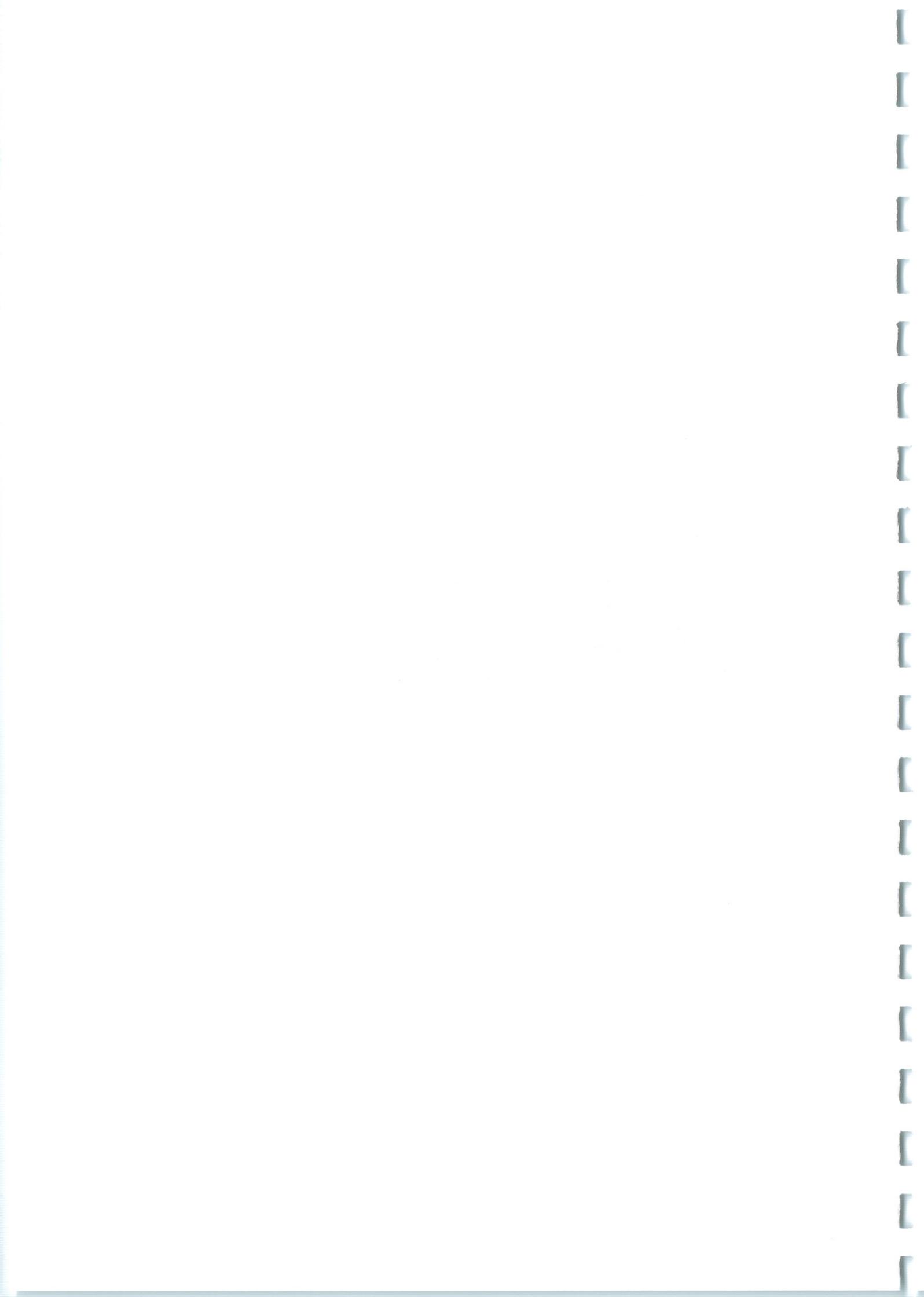
	DPSH 1	DPSH 2	DPSH 3	DPSH 4	DPSH 5	DPSH 6	DPSH 7	DPSH 8
NSPT	4	7	5	4				
Yn (KN/m3)	16.76	17.94	17.26	16.76				
Dr (%)	40	40	40	40				
Phi	31	30	30	30				
Ey (Mpa)								

	DPSH 8	DPSH 9	DPSH 10	S1	S2	S3	S4	S5
NSPT								
Yn (KN/m3)				16				
Dr (%)				30				
Phi				31				
Ey (Mpa)								

	media	dev. Stan.	MODA	Vf	fm	fk
NSPT	5	1.4142136		0.282843	5	2.7
Yn (Kn/m3)	16.944	0.7160168		0.042258	17.18	16.0
Dr (%)	38	4.472136		0.12	0.645	40
Phi	30.4	0.5477226		0.018017	30.4	29.5
Ey (Mpa)	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!





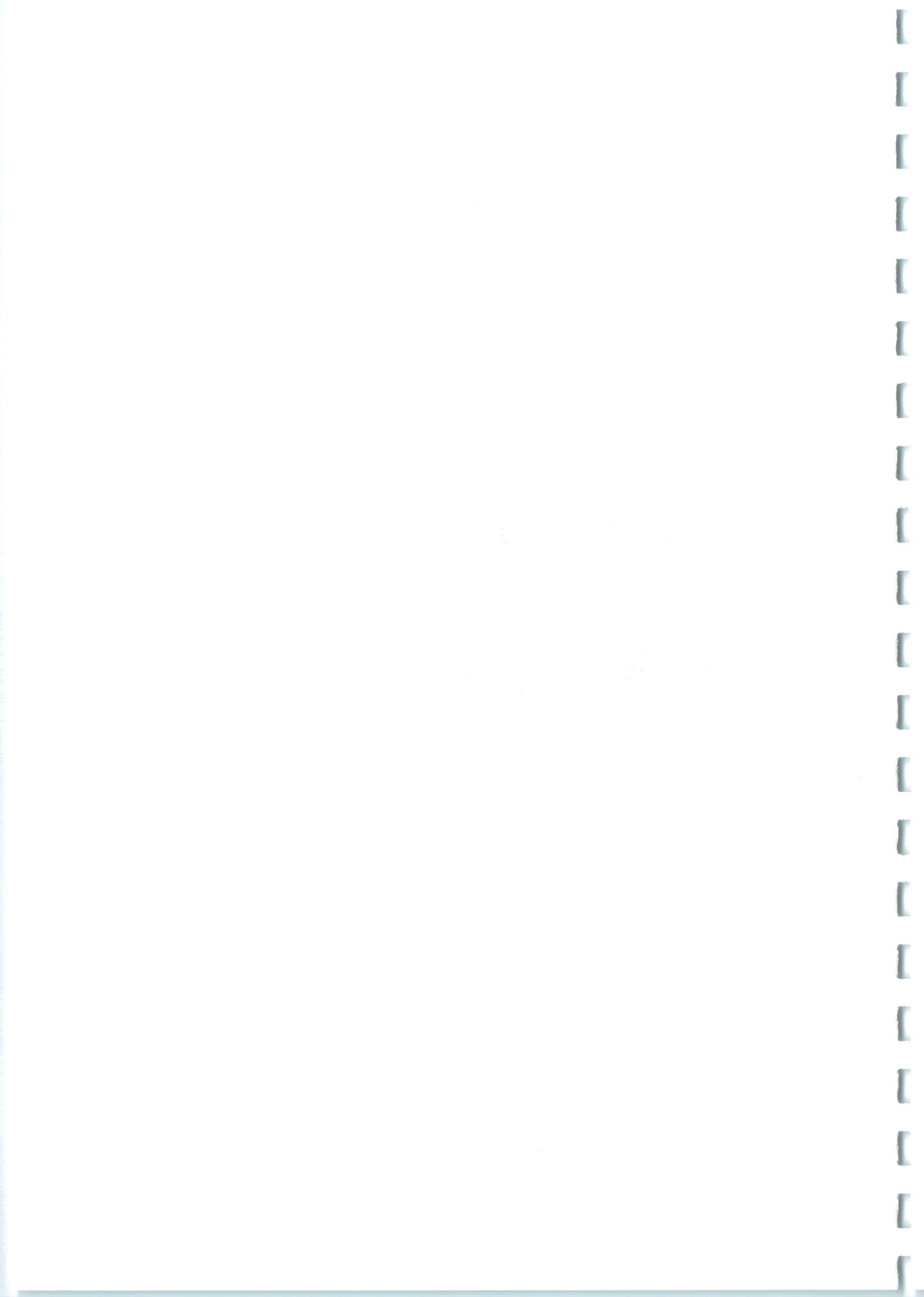


Litozona C

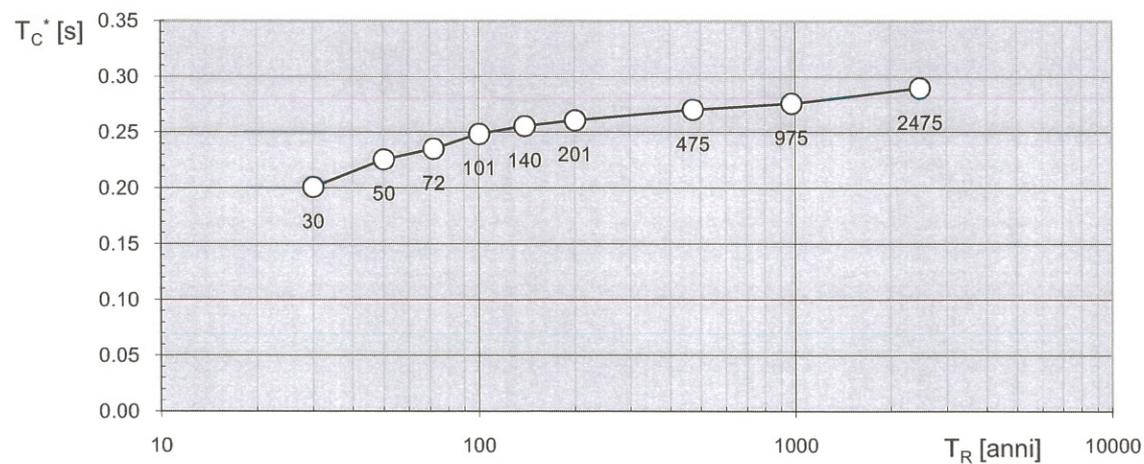
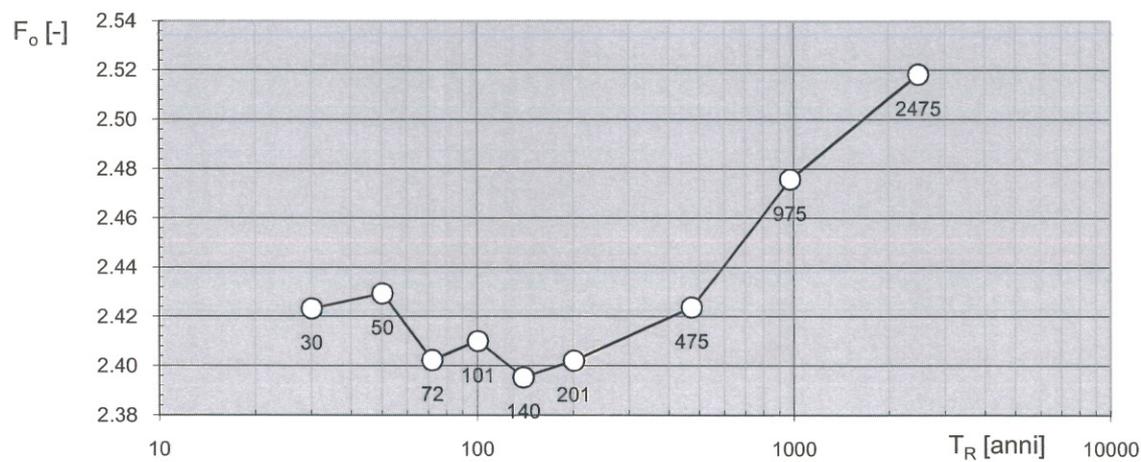
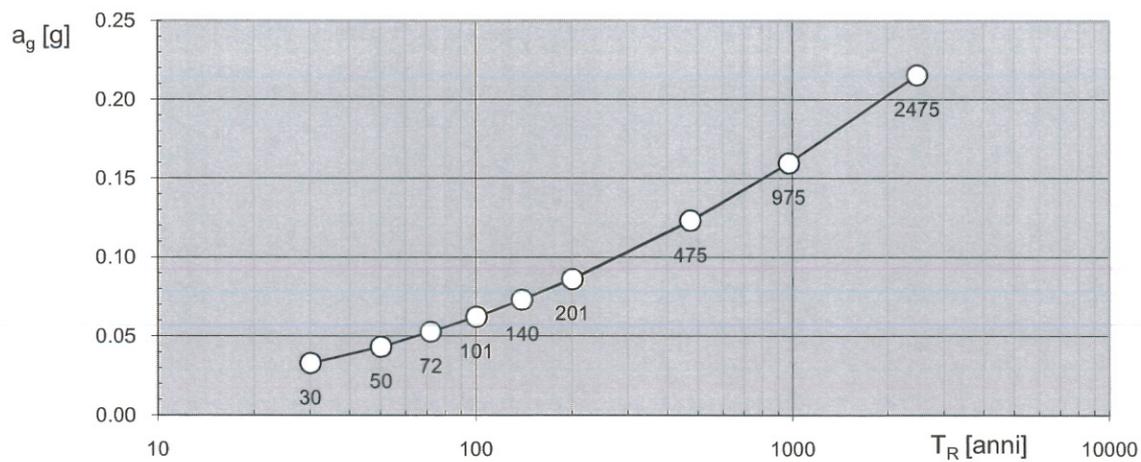
	DPSH 1	DPSH 2	DPSH 3	DPSH 4	DPSH 5	DPSH 6	DPSH 7	DPSH 8
NSPT	24	14	18	24				
Yn (KN/m3)	20.69	16.96	17.65	18.53				
Dr (%)	79	49	58	69				
Phi	34	29	31	34				
Ey (Mpa)								

	DPSH 8	DPSH 9	DPSH 10	S1	S2	S3	S4	S5
NSPT								
Yn (KN/m3)				15				
Dr (%)				40				
Phi				30				
Ey (Mpa)								

	media	dev. Stan.	MODA	Vf	fm	fk
NSPT	20	4.8989795		0.244949	20	11.9
Yn (Kn/m3)	17.766	2.0884995		0.117556	18.4575	14.9
Dr (%)	59	15.508062		0.26	0.645	63.75
Phi	31.6	2.3021729		0.0728536	31.6	27.8
Ey (Mpa)	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

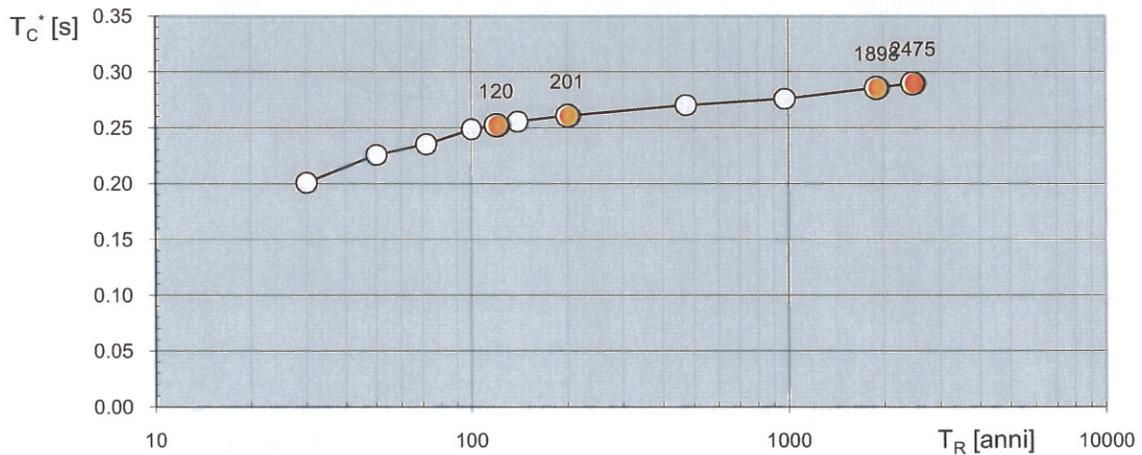
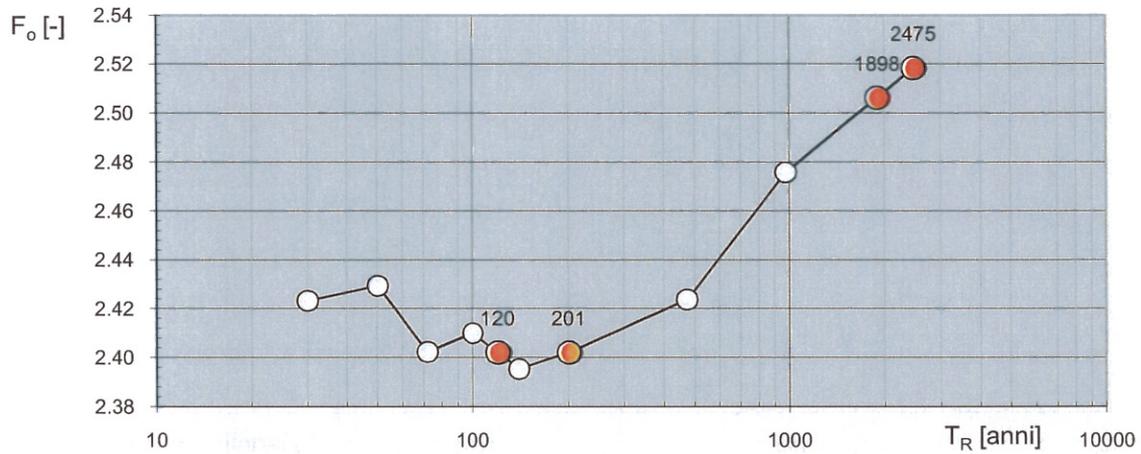
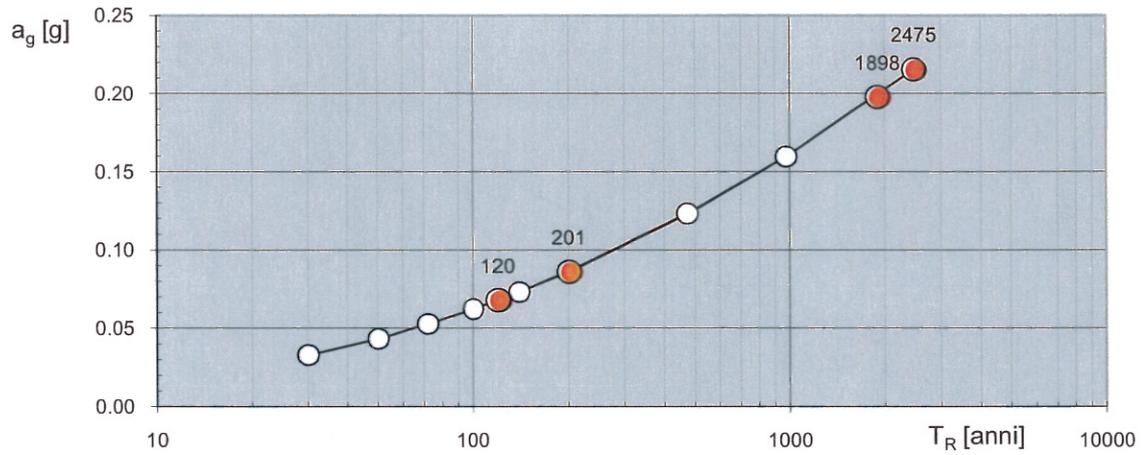


Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



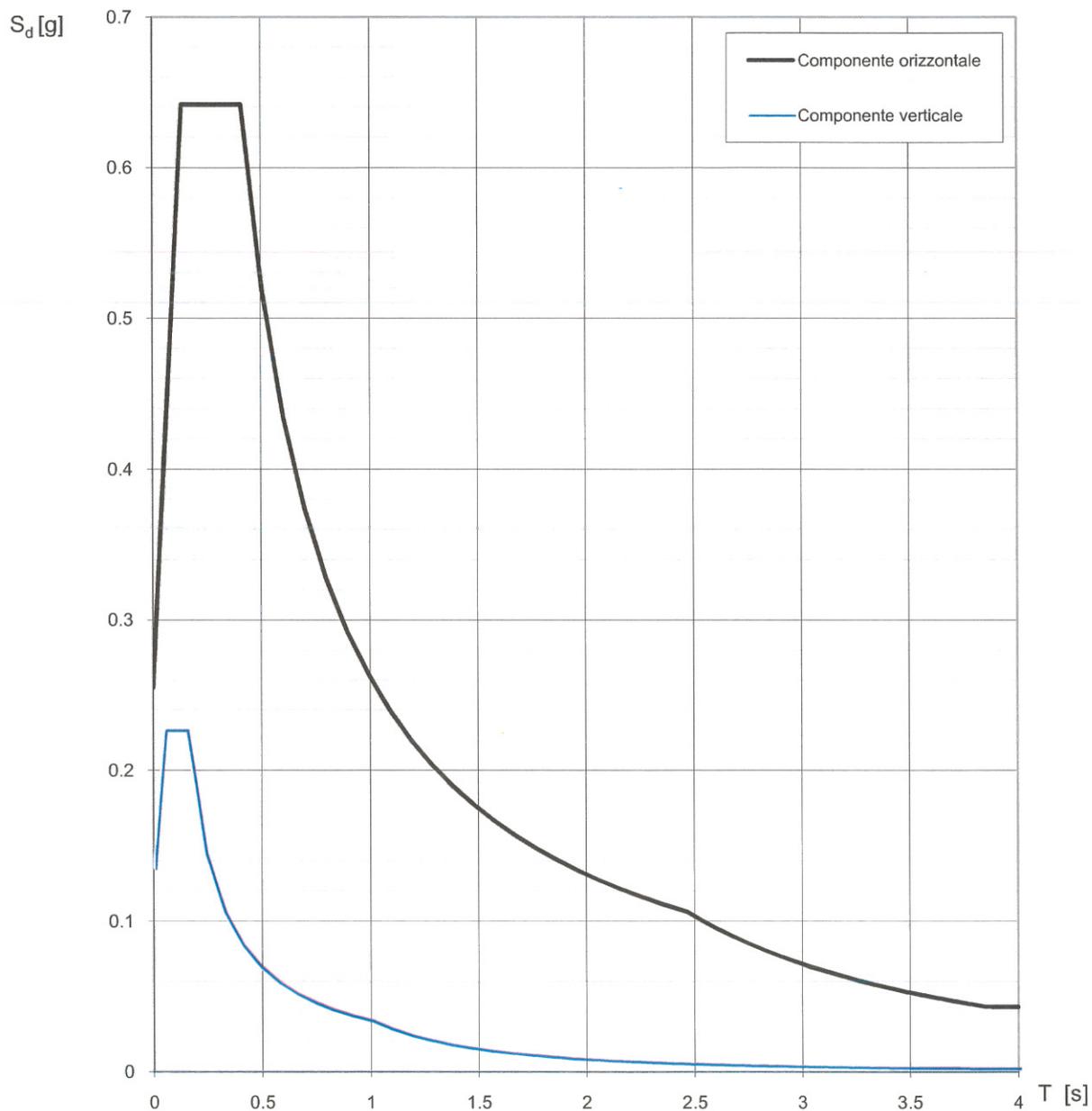
La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritorno T_R



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLC



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLC

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLC
a_g	0.216 g
F_o	2.518
T_c^*	0.290 s
S_s	1.183
C_c	1.409
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.183
η	1.000
T_B	0.136 s
T_C	0.408 s
T_D	2.462 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.255
$T_B \leftarrow$	0.136	0.642
$T_C \leftarrow$	0.408	0.642
	0.506	0.518
	0.604	0.434
	0.702	0.374
	0.800	0.328
	0.897	0.292
	0.995	0.263
	1.093	0.240
	1.191	0.220
	1.288	0.203
	1.386	0.189
	1.484	0.177
	1.582	0.166
	1.680	0.156
	1.777	0.147
	1.875	0.140
	1.973	0.133
	2.071	0.127
	2.169	0.121
	2.266	0.116
	2.364	0.111
$T_D \leftarrow$	2.462	0.106
	2.535	0.100
	2.609	0.095
	2.682	0.090
	2.755	0.085
	2.828	0.081
	2.901	0.077
	2.975	0.073
	3.048	0.069
	3.121	0.066
	3.194	0.063
	3.268	0.060
	3.341	0.058
	3.414	0.055
	3.487	0.053
	3.561	0.051
	3.634	0.049
	3.707	0.047
	3.780	0.045
	3.854	0.043
	3.927	0.043
	4.000	0.043

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLC

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLC
a_{gv}	0.135 g
S_S	1.000
S_T	1.000
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	1.578
S	1.000
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

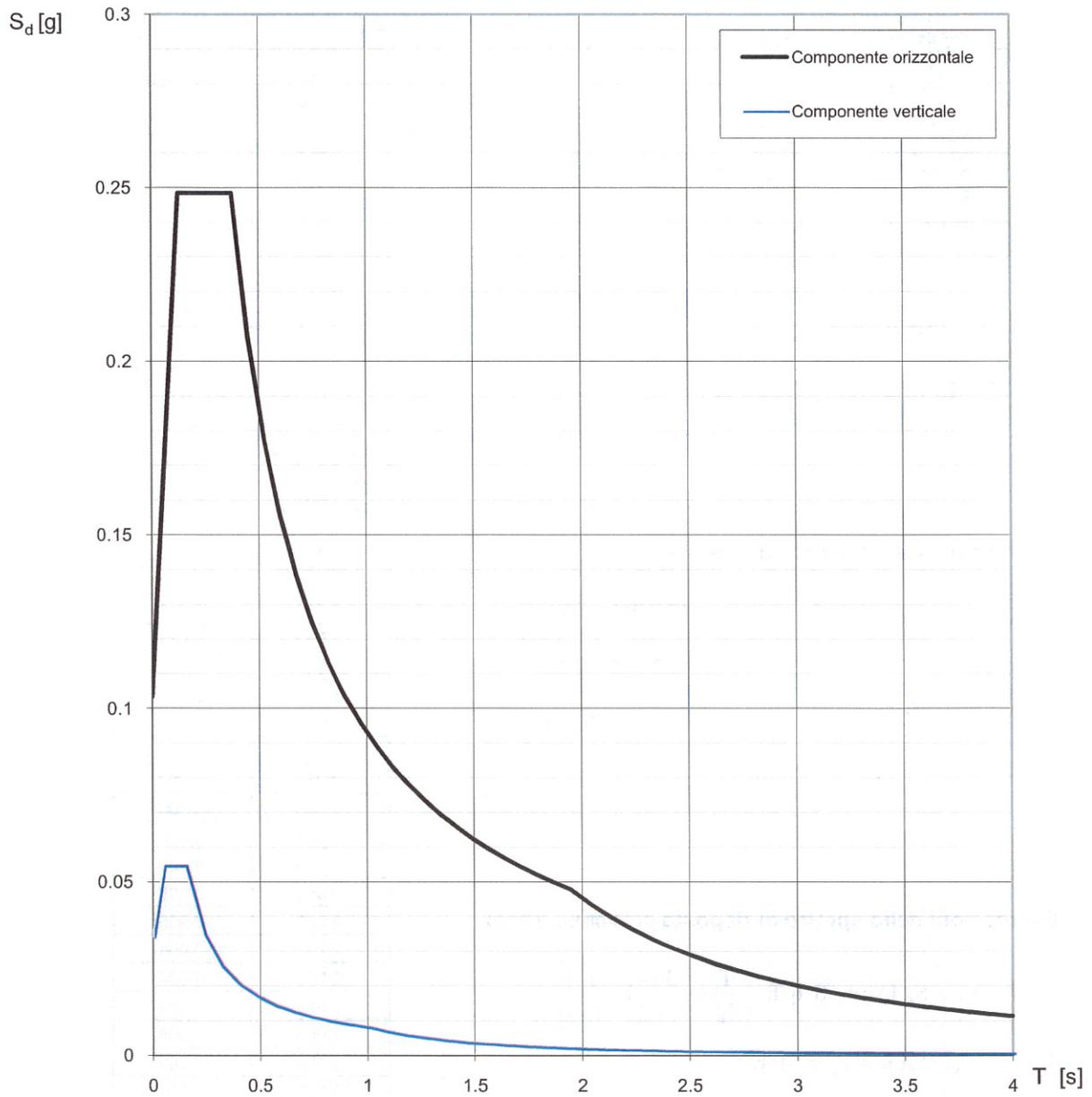
$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.135
$T_B \leftarrow$	0.050	0.227
$T_C \leftarrow$	0.150	0.227
	0.235	0.145
	0.320	0.106
	0.405	0.084
	0.490	0.069
	0.575	0.059
	0.660	0.052
	0.745	0.046
	0.830	0.041
	0.915	0.037
$T_D \leftarrow$	1.000	0.034
	1.094	0.028
	1.188	0.024
	1.281	0.021
	1.375	0.018
	1.469	0.016
	1.563	0.014
	1.656	0.012
	1.750	0.011
	1.844	0.010
	1.938	0.009
	2.031	0.008
	2.125	0.008
	2.219	0.007
	2.313	0.006
	2.406	0.006
	2.500	0.005
	2.594	0.005
	2.688	0.005
	2.781	0.004
	2.875	0.004
	2.969	0.004
	3.063	0.004
	3.156	0.003
	3.250	0.003
	3.344	0.003
	3.438	0.003
	3.531	0.003
	3.625	0.003
	3.719	0.002
	3.813	0.002
	3.906	0.002
	4.000	0.002

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD



La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.086 g
F_0	2.402
T_C^*	0.261 s
S_S	1.200
C_C	1.439
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.125 s
T_C	0.375 s
T_D	1.945 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.103
$T_B \leftarrow$	0.125	0.249
$T_C \leftarrow$	0.375	0.249
	0.450	0.207
	0.525	0.178
	0.600	0.156
	0.674	0.138
	0.749	0.125
	0.824	0.113
	0.899	0.104
	0.973	0.096
	1.048	0.089
	1.123	0.083
	1.197	0.078
	1.272	0.073
	1.347	0.069
	1.422	0.066
	1.496	0.062
	1.571	0.059
	1.646	0.057
	1.721	0.054
	1.795	0.052
	1.870	0.050
$T_D \leftarrow$	1.945	0.048
	2.043	0.043
	2.141	0.040
	2.238	0.036
	2.336	0.033
	2.434	0.031
	2.532	0.028
	2.630	0.026
	2.728	0.024
	2.826	0.023
	2.923	0.021
	3.021	0.020
	3.119	0.019
	3.217	0.018
	3.315	0.017
	3.413	0.016
	3.511	0.015
	3.609	0.014
	3.706	0.013
	3.804	0.013
	3.902	0.012
	4.000	0.011

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_{qv}	0.034 g
S_S	1.000
S_T	1.000
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	0.952
S	1.000
η	0.667

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.034
$T_B \leftarrow$	0.050	0.055
$T_C \leftarrow$	0.150	0.055
	0.235	0.035
	0.320	0.026
	0.405	0.020
	0.490	0.017
	0.575	0.014
	0.660	0.012
	0.745	0.011
	0.830	0.010
	0.915	0.009
$T_D \leftarrow$	1.000	0.008
	1.094	0.007
	1.188	0.006
	1.281	0.005
	1.375	0.004
	1.469	0.004
	1.563	0.003
	1.656	0.003
	1.750	0.003
	1.844	0.002
	1.938	0.002
	2.031	0.002
	2.125	0.002
	2.219	0.002
	2.313	0.002
	2.406	0.001
	2.500	0.001
	2.594	0.001
	2.688	0.001
	2.781	0.001
	2.875	0.001
	2.969	0.001
	3.063	0.001
	3.156	0.001
	3.250	0.001
	3.344	0.001
	3.438	0.001
	3.531	0.001
	3.625	0.001
	3.719	0.001
	3.813	0.001
	3.906	0.001
	4.000	0.001

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

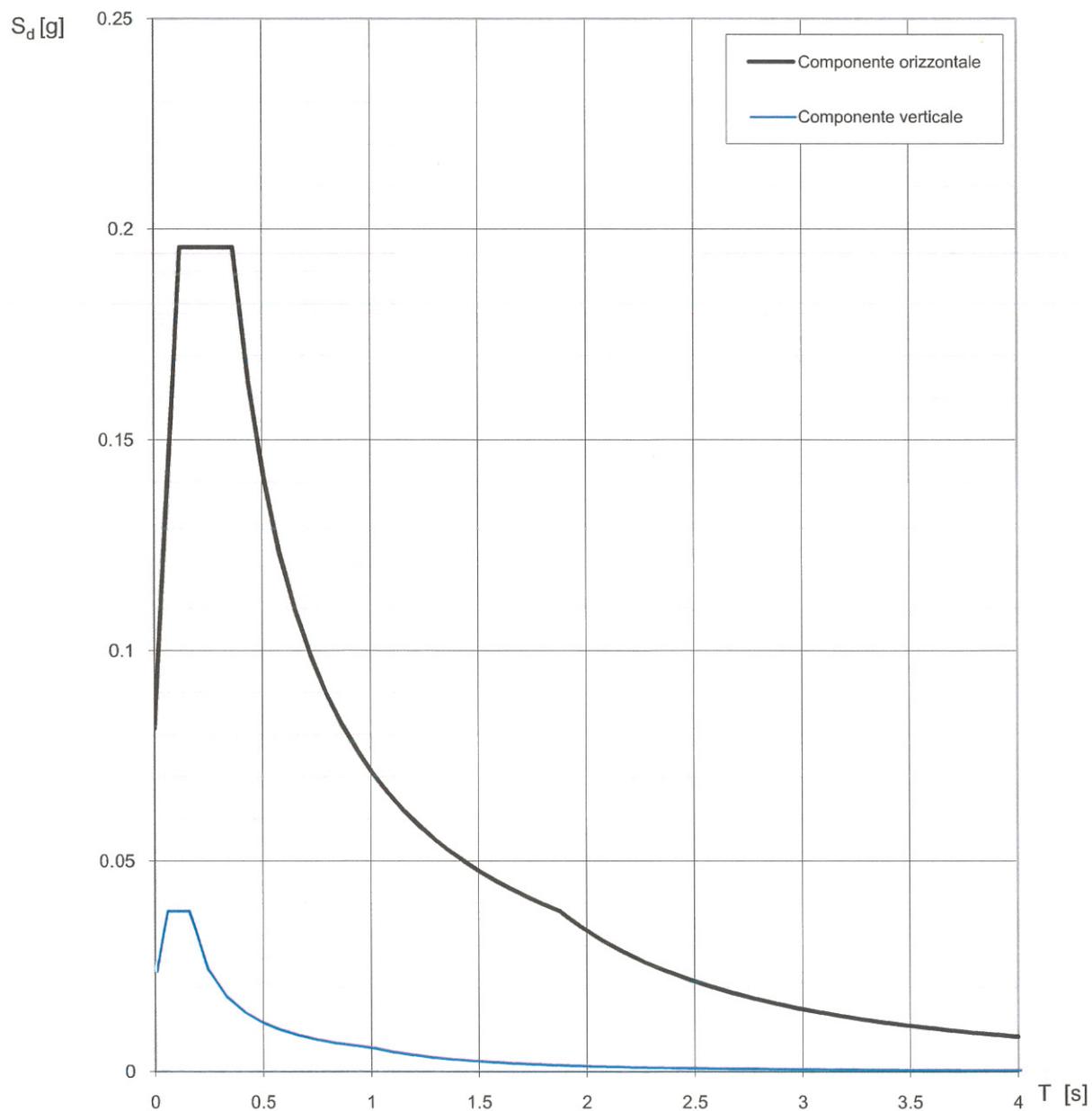
$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLO



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLO

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
a_g	0.068 g
F_o	2.402
T_c^*	0.252 s
S_s	1.200
C_c	1.449
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.122 s
T_C	0.366 s
T_D	1.872 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.081
$T_B \leftarrow$	0.122	0.196
$T_C \leftarrow$	0.366	0.196
	0.437	0.164
	0.509	0.141
	0.581	0.123
	0.652	0.110
	0.724	0.099
	0.796	0.090
	0.868	0.082
	0.939	0.076
	1.011	0.071
	1.083	0.066
	1.154	0.062
	1.226	0.058
	1.298	0.055
	1.370	0.052
	1.441	0.050
	1.513	0.047
	1.585	0.045
	1.656	0.043
	1.728	0.041
	1.800	0.040
$T_D \leftarrow$	1.872	0.038
	1.973	0.034
	2.074	0.031
	2.176	0.028
	2.277	0.026
	2.378	0.024
	2.480	0.022
	2.581	0.020
	2.682	0.019
	2.784	0.017
	2.885	0.016
	2.986	0.015
	3.088	0.014
	3.189	0.013
	3.291	0.012
	3.392	0.012
	3.493	0.011
	3.595	0.010
	3.696	0.010
	3.797	0.009
	3.899	0.009
	4.000	0.008

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLO

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
a_{qv}	0.024 g
S_S	1.000
S_T	1.000
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	0.845
S	1.000
η	0.667

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.024
$T_B \leftarrow$	0.050	0.038
$T_C \leftarrow$	0.150	0.038
	0.235	0.024
	0.320	0.018
	0.405	0.014
	0.490	0.012
	0.575	0.010
	0.660	0.009
	0.745	0.008
	0.830	0.007
	0.915	0.006
$T_D \leftarrow$	1.000	0.006
	1.094	0.005
	1.188	0.004
	1.281	0.003
	1.375	0.003
	1.469	0.003
	1.563	0.002
	1.656	0.002
	1.750	0.002
	1.844	0.002
	1.938	0.002
	2.031	0.001
	2.125	0.001
	2.219	0.001
	2.313	0.001
	2.406	0.001
	2.500	0.001
	2.594	0.001
	2.688	0.001
	2.781	0.001
	2.875	0.001
	2.969	0.001
	3.063	0.001
	3.156	0.001
	3.250	0.001
	3.344	0.001
	3.438	0.000
	3.531	0.000
	3.625	0.000
	3.719	0.000
	3.813	0.000
	3.906	0.000
	4.000	0.000

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

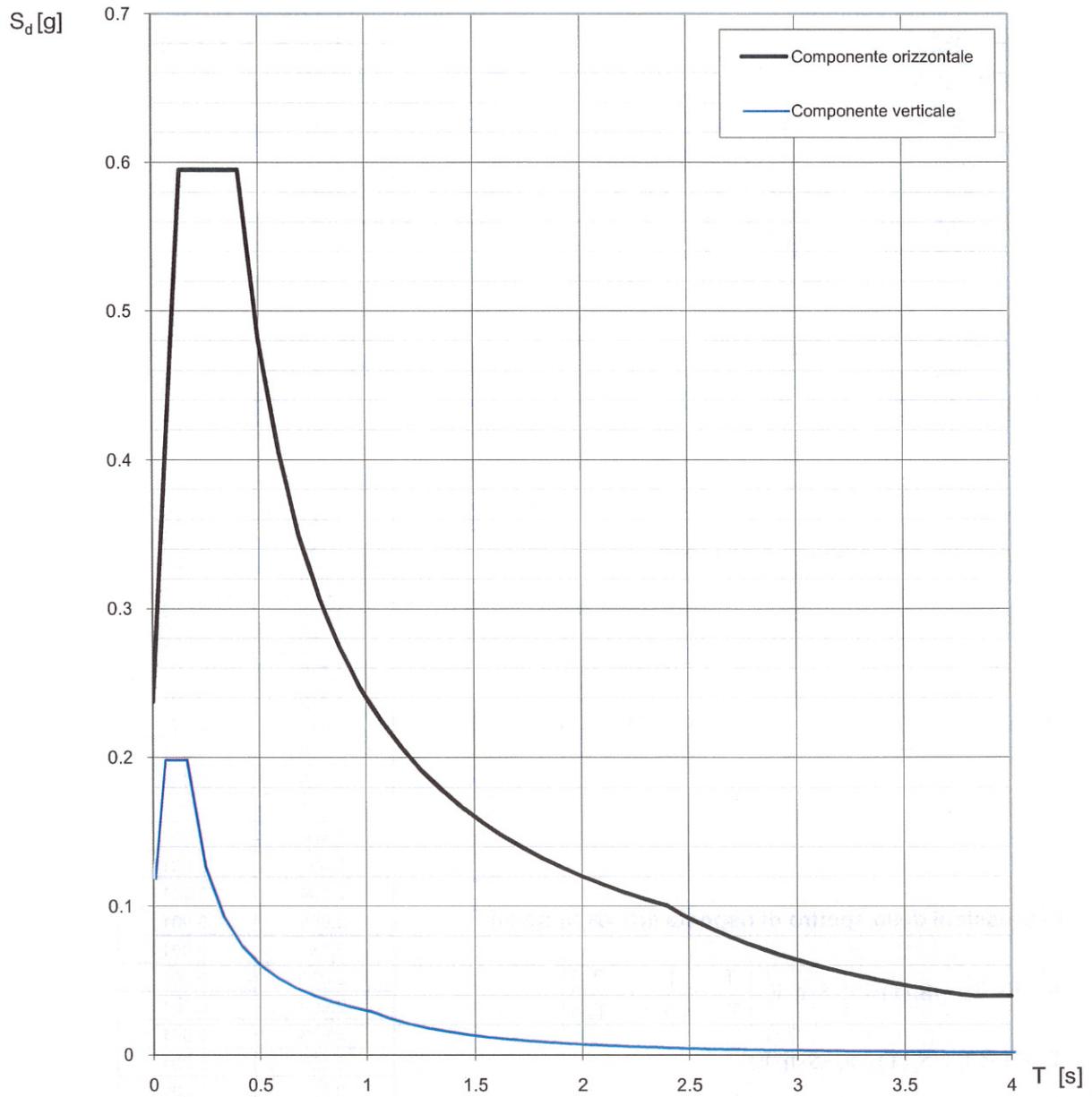
$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.198 g
F_0	2.506
T_C^*	0.286 s
S_S	1.200
C_C	1.413
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.135 s
T_C	0.404 s
T_D	2.392 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.237
$T_B \leftarrow$	0.135	0.595
$T_C \leftarrow$	0.404	0.595
	0.498	0.482
	0.593	0.405
	0.688	0.349
	0.782	0.307
	0.877	0.274
	0.972	0.247
	1.066	0.225
	1.161	0.207
	1.256	0.191
	1.350	0.178
	1.445	0.166
	1.540	0.156
	1.634	0.147
	1.729	0.139
	1.824	0.132
	1.918	0.125
	2.013	0.119
	2.108	0.114
	2.202	0.109
	2.297	0.105
$T_D \leftarrow$	2.392	0.100
	2.468	0.094
	2.545	0.089
	2.621	0.084
	2.698	0.079
	2.774	0.075
	2.851	0.071
	2.928	0.067
	3.004	0.064
	3.081	0.061
	3.157	0.058
	3.234	0.055
	3.311	0.052
	3.387	0.050
	3.464	0.048
	3.540	0.046
	3.617	0.044
	3.694	0.042
	3.770	0.040
	3.847	0.040
	3.923	0.040
	4.000	0.040

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{qv}	0.119 g
S_s	1.000
S_T	1.000
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	1.505
S	1.000
η	0.667

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.119
$T_B \leftarrow$	0.050	0.199
$T_C \leftarrow$	0.150	0.199
	0.235	0.127
	0.320	0.093
	0.405	0.074
	0.490	0.061
	0.575	0.052
	0.660	0.045
	0.745	0.040
	0.830	0.036
	0.915	0.033
$T_D \leftarrow$	1.000	0.030
	1.094	0.025
	1.188	0.021
	1.281	0.018
	1.375	0.016
	1.469	0.014
	1.563	0.012
	1.656	0.011
	1.750	0.010
	1.844	0.009
	1.938	0.008
	2.031	0.007
	2.125	0.007
	2.219	0.006
	2.313	0.006
	2.406	0.005
	2.500	0.005
	2.594	0.004
	2.688	0.004
	2.781	0.004
	2.875	0.004
	2.969	0.003
	3.063	0.003
	3.156	0.003
	3.250	0.003
	3.344	0.003
	3.438	0.003
	3.531	0.002
	3.625	0.002
	3.719	0.002
	3.813	0.002
	3.906	0.002
	4.000	0.002

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

COMUNE DI ALBANO SANT'ALESSANDRO

(Provincia di Bergamo)

INDAGINI GEOFISICHE: ANALISI DEL SOTTOSUOLO MEDIANTE L'USO DI ONDE SUPERFICIALI

Selvino, Luglio 2010

Geodes s.r.l.
Geofisica, geologia tecnica esplorazione del sottosuolo

Dott. Geol. Marco Cortinovis
Iscriz. Ord. dei Geol. della Lombardia n°1436 AP



Dott. Geol. Andrea Gritti
Iscriz. Ord. dei Geol. della Lombardia n°1461 AP



Faint header text at the top of the page, possibly containing a title or page number.

Main body of faint text, likely the primary content of the document.

Second section of faint text, possibly a continuation of the main content or a separate paragraph.

Faint text at the bottom of the page, which could be a footer or a concluding statement.

INDICE

PREMESSA.....	3
INDAGINI EFFETTUATE	3
INDAGINE DI MICROZONAZIONE SISMICA – METODOLOGIA MASW.....	4
Acquisizione dati.....	5
Elaborazione dei dati acquisiti	6
Risultati - Rappresentazione dei dati.....	7

ALLEGATI**1 All.0 – Ubicazione indagini****2 All.1_B1 – Risultati metodologia MASW**



PREMESSA

Il giorno martedì 27 luglio 2010 sono state eseguite delle indagini geofisiche in Comune di Albano Sant'Alessandro (BG) per conto dello studio Hattusas S.r.l. per il progetto di realizzazione di nuovo edificio comunale.

Lo scopo di queste indagini era valutare la risposta sismica del suolo oggetto di studio ai fini di una corretta microzonazione locale. Le indagini geofisiche realizzate si sono avvalse di prove di caratterizzazione basate sulla propagazione di onde sismiche superficiali mediante metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Nella presente relazione vengono riportati i risultati ottenuti dalla indagini eseguite.

INDAGINI EFFETTUATE

Nell'area oggetto d'indagine è stato eseguito un **profilo sismico** disposto come in Allegato 0.L'ubicazione della linea sismica è stata materializzata in sito da 24 geofoni a 4.5 Hz ad asse verticale.

Visto che l'obiettivo della prospezione sismica era quello di ottenere un modello di velocità in Vs fino a trenta metri di profondità, in modo da determinare il parametro Vs30 come previsto da normativa, si è scelto di utilizzare la metodologia *MASW ATTIVA*.

Si è così ottenuta una **curva di dispersione acquisita** che verrà di seguito discussa. Considerato la logistica e lo spazio limitato disponibile per la linea sismica, è stato effettuato uno stendimento lungo 46.5 m comprensivo dei tiri esterni per l'energizzazione del terreno.

Nella tabella seguente sono riassunte le caratteristiche della linea sismica: il numero della linea, il numero dei geofoni, la distanza tra un geofono ed il successivo (passo), la lunghezza totale della linea e la profondità raggiunta.

Profilo	Numero geofoni	Passo Geofoni (m)	Lunghezza tot. (m)	Profondità max (m)
Base B1	24	1.5	34.5 + 6 + 9 + 12	30

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes that this is crucial for ensuring transparency and accountability in the organization's operations.

2. The second part of the document outlines the various methods and tools used to collect and analyze data. It highlights the need for consistent and reliable data collection processes to support informed decision-making.

3. The third part of the document focuses on the role of technology in data management and analysis. It discusses how modern software solutions can streamline data collection, storage, and reporting, thereby improving efficiency and accuracy.

4. The fourth part of the document addresses the challenges associated with data management, such as data quality, security, and privacy. It provides strategies to mitigate these risks and ensure that data is used responsibly and ethically.

5. The fifth part of the document concludes by summarizing the key findings and recommendations. It stresses the importance of ongoing monitoring and evaluation to ensure that data management practices remain effective and aligned with the organization's goals.

6. The sixth part of the document provides a detailed overview of the data collection process, including the identification of data sources, the design of data collection instruments, and the implementation of data collection procedures.

7. The seventh part of the document discusses the various methods used for data analysis, such as descriptive statistics, inferential statistics, and regression analysis. It explains how these methods can be used to interpret the data and draw meaningful conclusions.

8. The eighth part of the document focuses on the importance of data visualization in presenting the results of data analysis. It discusses various visualization techniques, such as bar charts, line graphs, and pie charts, and their effectiveness in communicating complex data.

9. The ninth part of the document addresses the ethical considerations surrounding data management and analysis. It discusses the need for transparency, informed consent, and data protection to ensure that the organization's data practices are ethical and compliant with relevant regulations.

10. The tenth part of the document provides a final summary and concludes the report. It reiterates the key findings and recommendations and expresses the hope that the information provided will be helpful in improving the organization's data management practices.

11. The eleventh part of the document discusses the importance of data security and privacy in the context of data management. It highlights the need for robust security measures to protect sensitive data from unauthorized access and disclosure.

12. The twelfth part of the document addresses the challenges of data integration and interoperability. It discusses the need for standardized data formats and protocols to ensure that data from different sources can be effectively combined and analyzed.

13. The thirteenth part of the document focuses on the role of data in strategic decision-making. It discusses how data can provide valuable insights into market trends, customer behavior, and operational performance, enabling organizations to make more informed strategic choices.

14. The fourteenth part of the document discusses the importance of data literacy and training for employees. It emphasizes that all employees should have a basic understanding of data management and analysis to effectively utilize the organization's data resources.

15. The fifteenth part of the document provides a final summary and concludes the report. It reiterates the key findings and recommendations and expresses the hope that the information provided will be helpful in improving the organization's data management practices.

16. The sixteenth part of the document discusses the importance of data governance and the role of a data governance committee. It emphasizes that a clear framework of policies and procedures is essential for ensuring the effective and ethical use of data.

17. The seventeenth part of the document addresses the challenges of data retention and archiving. It discusses the need for clear policies on data retention periods and the use of secure archiving solutions to ensure that data is preserved for future reference.

18. The eighteenth part of the document provides a final summary and concludes the report. It reiterates the key findings and recommendations and expresses the hope that the information provided will be helpful in improving the organization's data management practices.

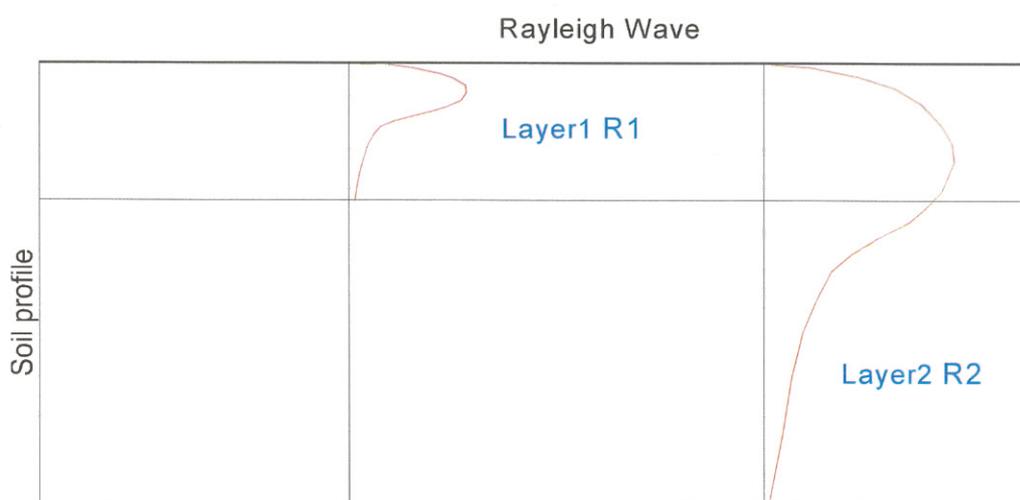
INDAGINE DI MICROZONAZIONE SISMICA – METODOLOGIA MASW

Le MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) sono una metodologia d'investigazione che permettono di ricavare le velocità delle onde di taglio verticali V_s dalla determinazione delle velocità delle onde superficiali.

La misura delle velocità delle onde superficiali viene calcolata grazie all'utilizzo di stendimenti di sensori posti in genere a distanze regolari sulla superficie del suolo da indagare.

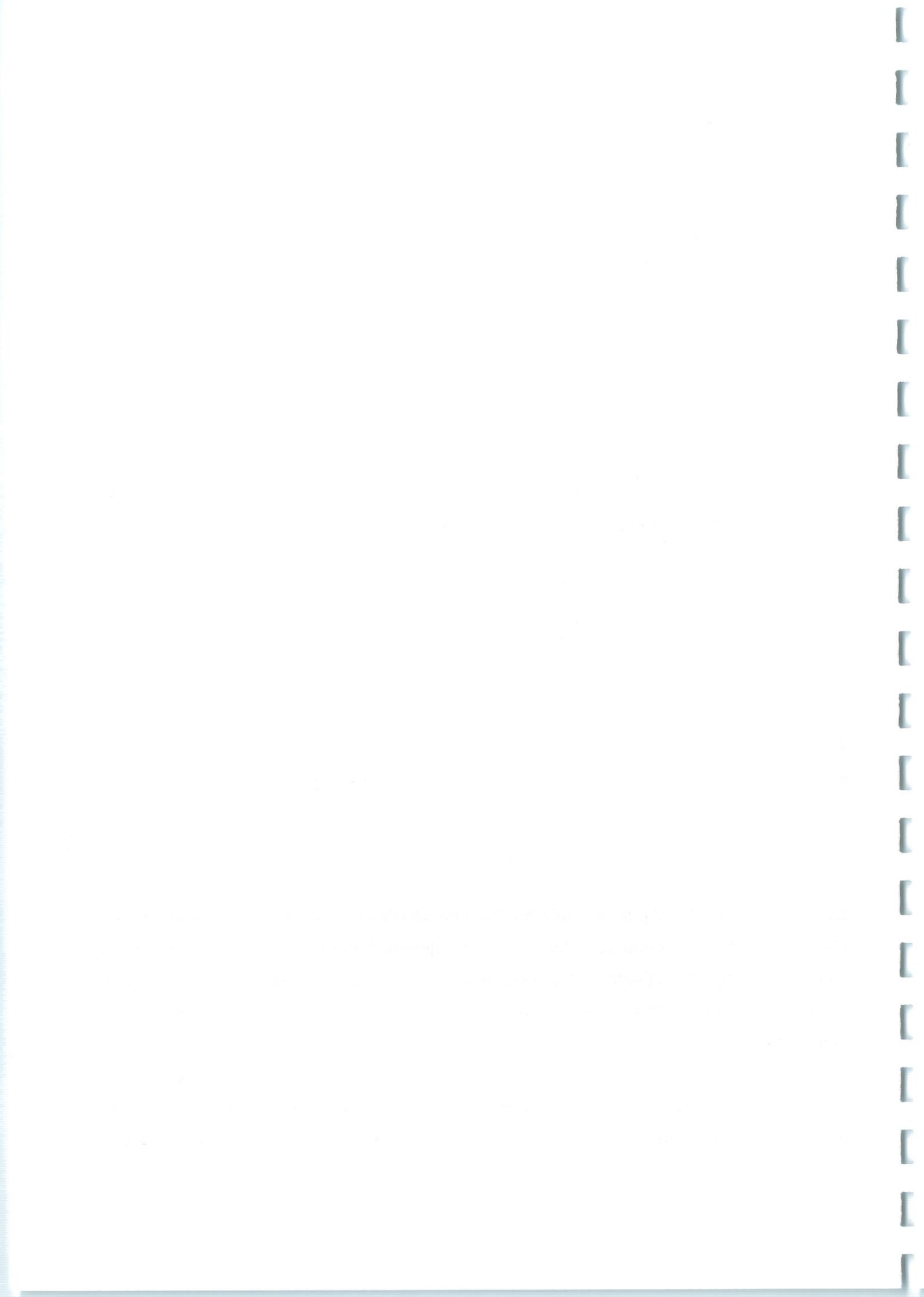
La porzione che predomina nelle onde superficiali è costituita dalle onde di Rayleigh la cui velocità è correlata alla rigidezza e ai parametri elastici dei suoli attraversati.

E' importante tenere presente che nei mezzi stratificati le onde di Rayleigh sono dispersive cioè, le alte frequenze e quindi con lunghezze d'onda corta, si propagano prevalentemente negli strati più superficiali del terreno, invece le onde con lunghezze maggiori tendono a coinvolgere gli strati più profondi così come di seguito illustrato.



La metodologia MASW può essere sia *attiva* che *passiva* o la combinazione di entrambe. Nel sistema attivo le onde superficiali vengono generate in un punto noto in modo non casuale e vengono registrate da stendimenti lineari di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento di ricezione può essere sia lineare che circolare e si misura il rumore di fondo ambientale esistente.

Il metodo attivo è quello che meglio permette la classificazione sismica dei suoli perché fornisce con un miglior dettaglio il profilo delle velocità sismiche nei primi 30 metri da piano campagna. Infatti si ottiene una curva dispersione per un range di frequenze



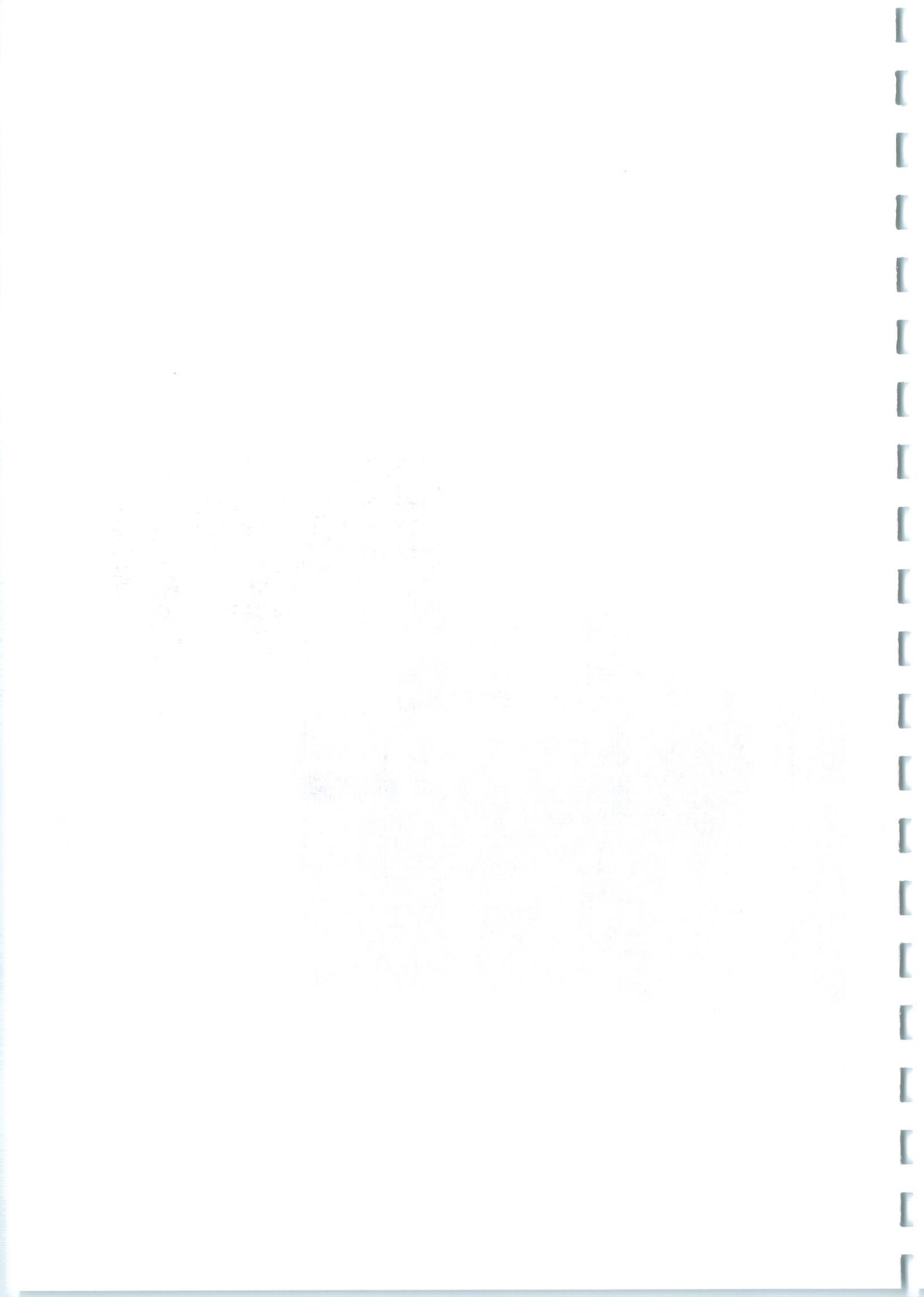
normalmente comprese tra 5 e i 70 Hz la cui propagazione avviene prevalentemente nella parte più superficiale del suolo in funzione anche delle sue caratteristiche elastiche. Dall'utilizzo del metodo passivo invece si ottiene una maggiore investigazione in termini di profondità ma una minore risoluzione delle velocità degli strati, soprattutto quelli più superficiali.

Acquisizione dati

L'acquisizione dei dati in campagna è stata ottenuta attraverso l'impiego dello strumento *Geode* (24 bit) prodotto dalla *Geometrics* (San Jose – CA).



Geode in fase di acquisizione dati;
Linea sismica.



Questo sismografo consente la rappresentazione degli impulsi sismici mediante visualizzazione su PC tramite apposito programma: le onde vengono registrate simultaneamente su 24 geofoni e risulta possibile sommare fra loro successivi impulsi sismici migliorando il rapporto fra segnale e rumore.

Si sono inoltre utilizzati:

- geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile che consentono di convertire in segnali elettrici gli spostamenti che si verificano nel terreno, e relativo cavo di collegamento a 24 fili;
- Energizzazione sismico (minibang) con cartucce calibro 8.

Elaborazione dei dati acquisiti

La procedura elaborativa, che prevede l'utilizzo del programma è sinteticamente descrivibile nei passi seguenti.

- Acquisizione dei dati trasformazione in formato compatibile
- Immissione delle geometrie di acquisizione dati (sorgente – ricettori)
(Encoding Field Geometry Field Setup)
- Generazione dell'immagine di dispersione (Analysis Dispersion Overtone)
- Estrazione della curva di dispersione (Curve extraction)
- Inversione (Analysis inversion)
- Estrazione del profilo delle velocità in onde S (S-Velocity Vs Profile)

In generale i sistemi di elaborazione dati prevedono una prima azione in cui si esegue il calcolo delle velocità di fase apparente sperimentale (curva di dispersione). Al termine della prima parte si passa al calcolo della velocità di fase apparente numerica

[Faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page]

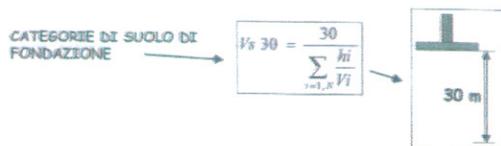
corrispondente al modello di suolo assegnato attraverso una procedura manuale o automatica.

Infine si estrapola il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s .

Risultati - Rappresentazione dei dati

L'allegato 1 riporta lo spettro e la curva di dispersione ottenute dalle acquisizioni registrate; l'allegato 2 mostra l'andamento delle velocità in onde S nel sottosuolo.

Il parametro **V_{s30}** si è mostrato compreso nella categoria **B** dei suoli di fondazione secondo la distinzione indicata dal N.T.C. 14 Gennaio 2008 con il valore di V_{s30} estrapolato di **586 m/s**.



Merita essere ricordato che i parametri ricavati per via dinamica hanno in genere valori superiori a quelli ricavati da prove statiche in laboratorio proprio per il diverso campo di sollecitazione applicata e la diversa deformazione raggiunta.

Selvino, Luglio 2010

Geodes s.r.l.
Geofisica, geologia tecnica esplorazione del sottosuolo

Dott. Geol. Marco Cortinovis
Iscriz. Ord. dei Geol. della Lombardia n°1436 AP



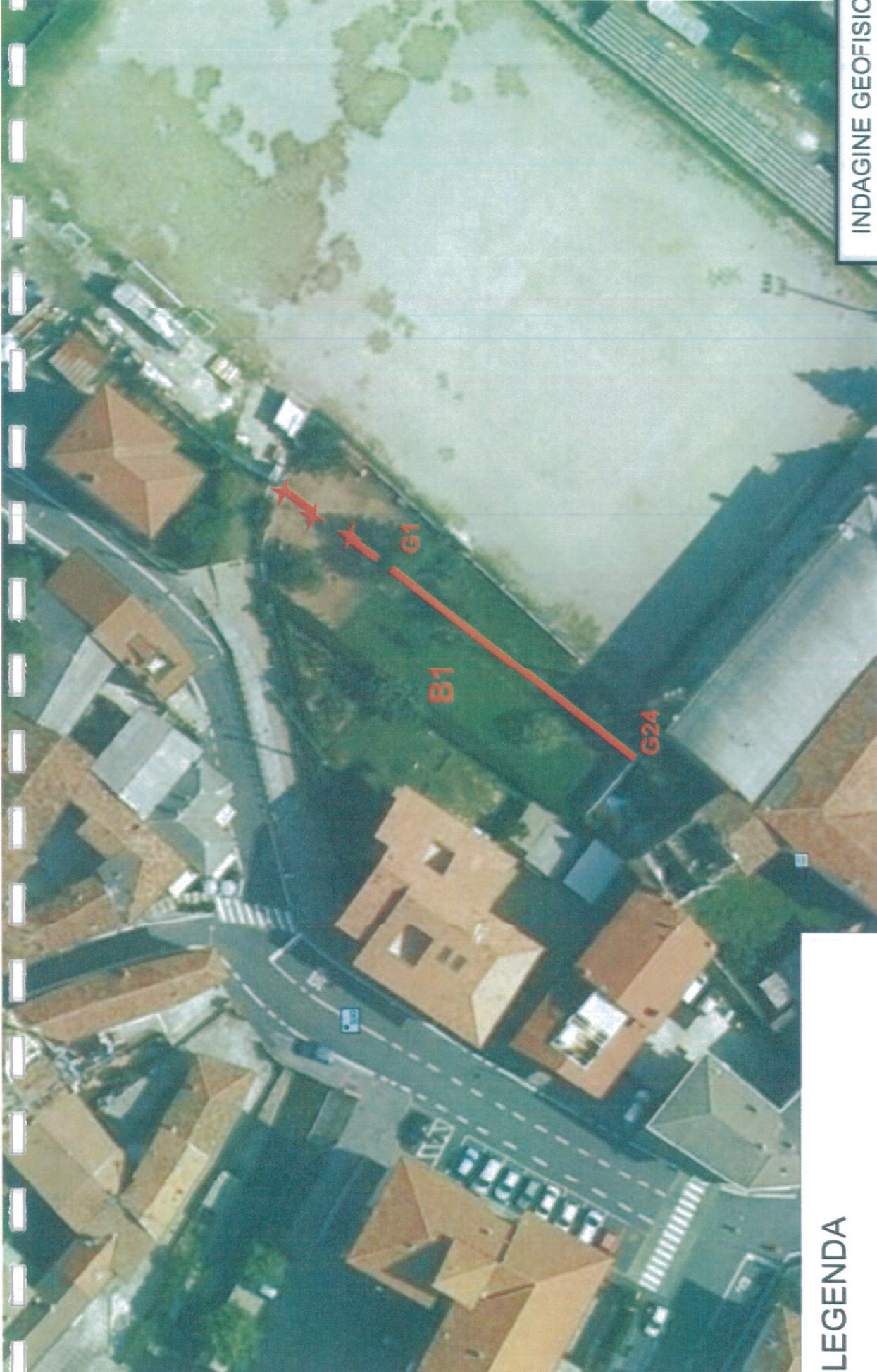
Dott. Geol. Andrea Gritti
Iscriz. Ord. dei Geol. della Lombardia n°1461 AP

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes that this is crucial for ensuring transparency and accountability in the organization's operations.

2. The second part of the document outlines the various methods and tools used to collect and analyze data. It highlights the need for consistent and reliable data collection processes to support informed decision-making.

3. The third part of the document focuses on the implementation of data-driven strategies. It provides practical examples and case studies to illustrate how data analysis can be used to identify trends, forecast future performance, and optimize resource allocation.

4. The final part of the document discusses the challenges and opportunities associated with data-driven decision-making. It emphasizes the importance of investing in technology, training, and infrastructure to overcome these challenges and fully leverage the power of data.

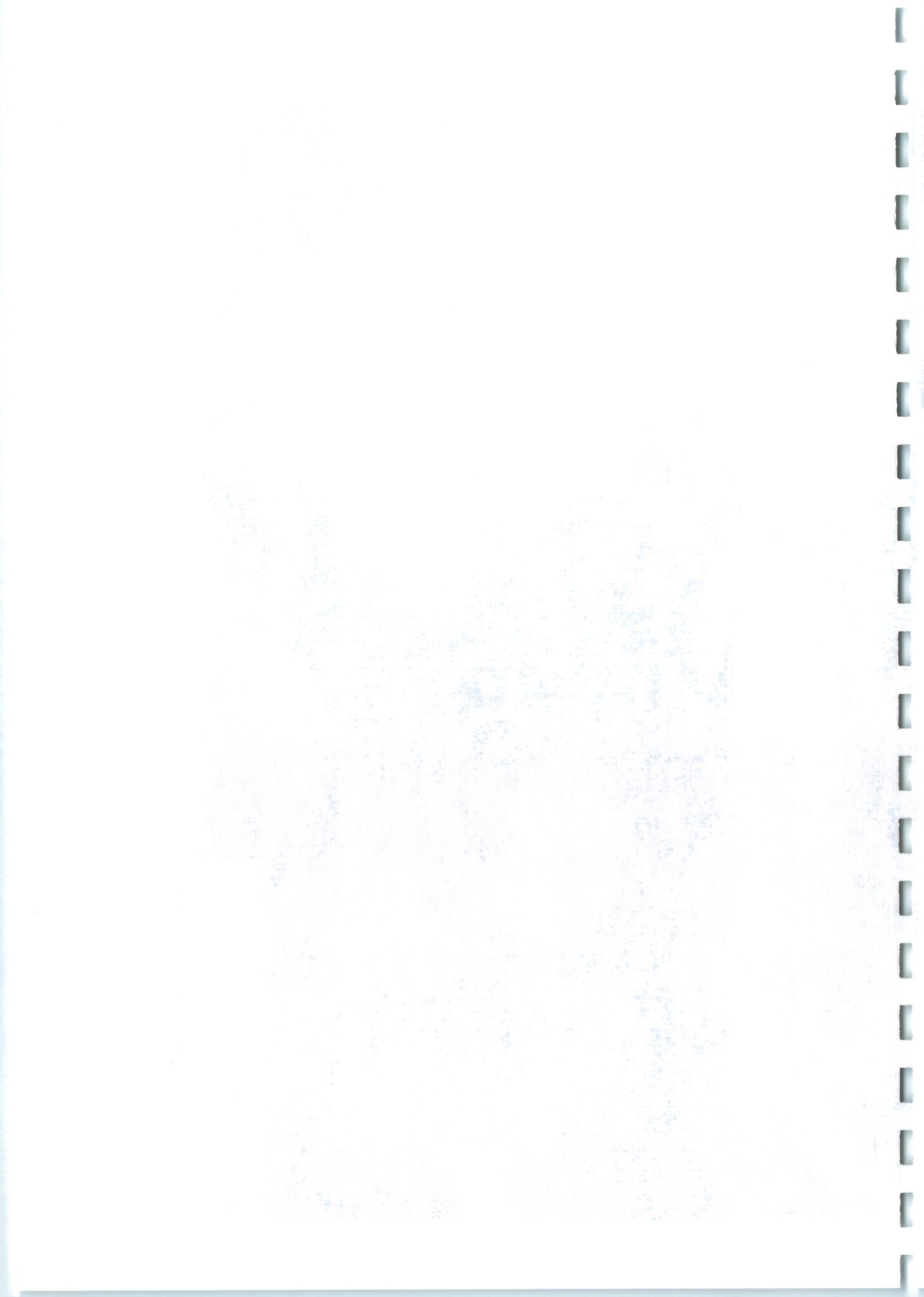


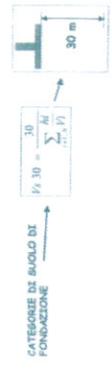
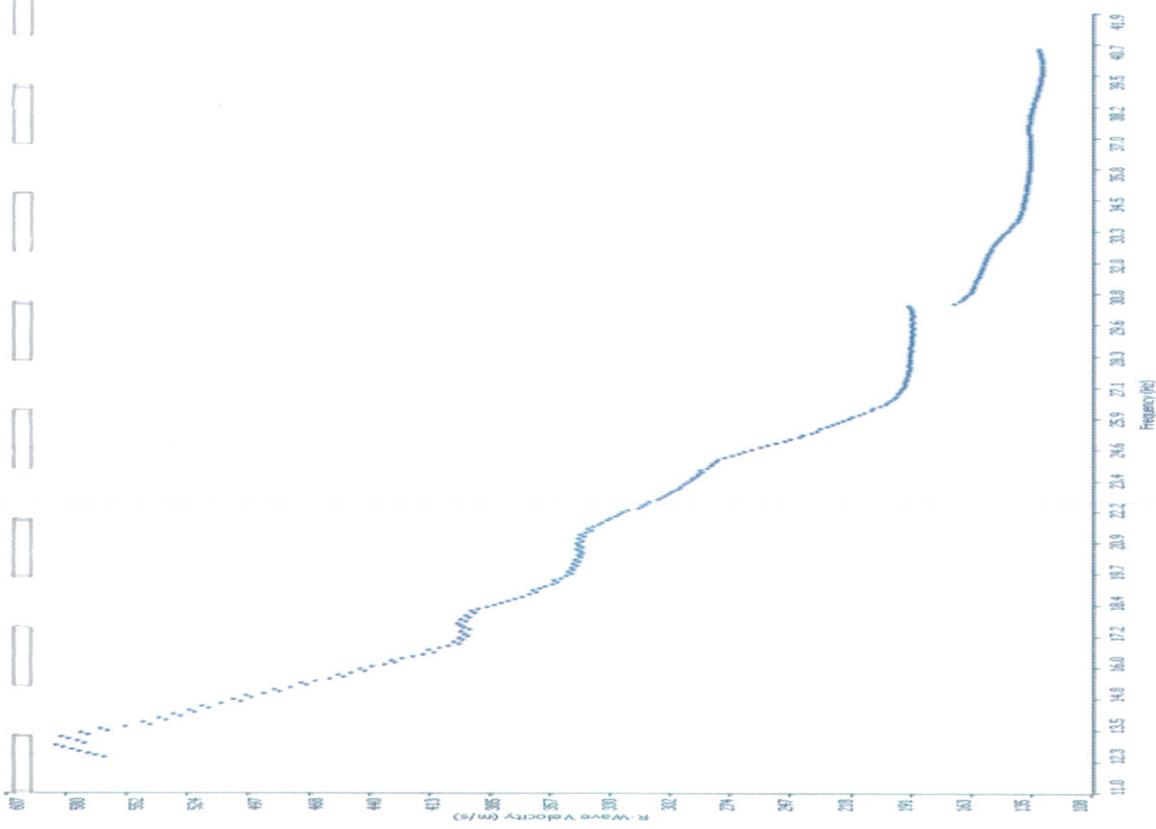
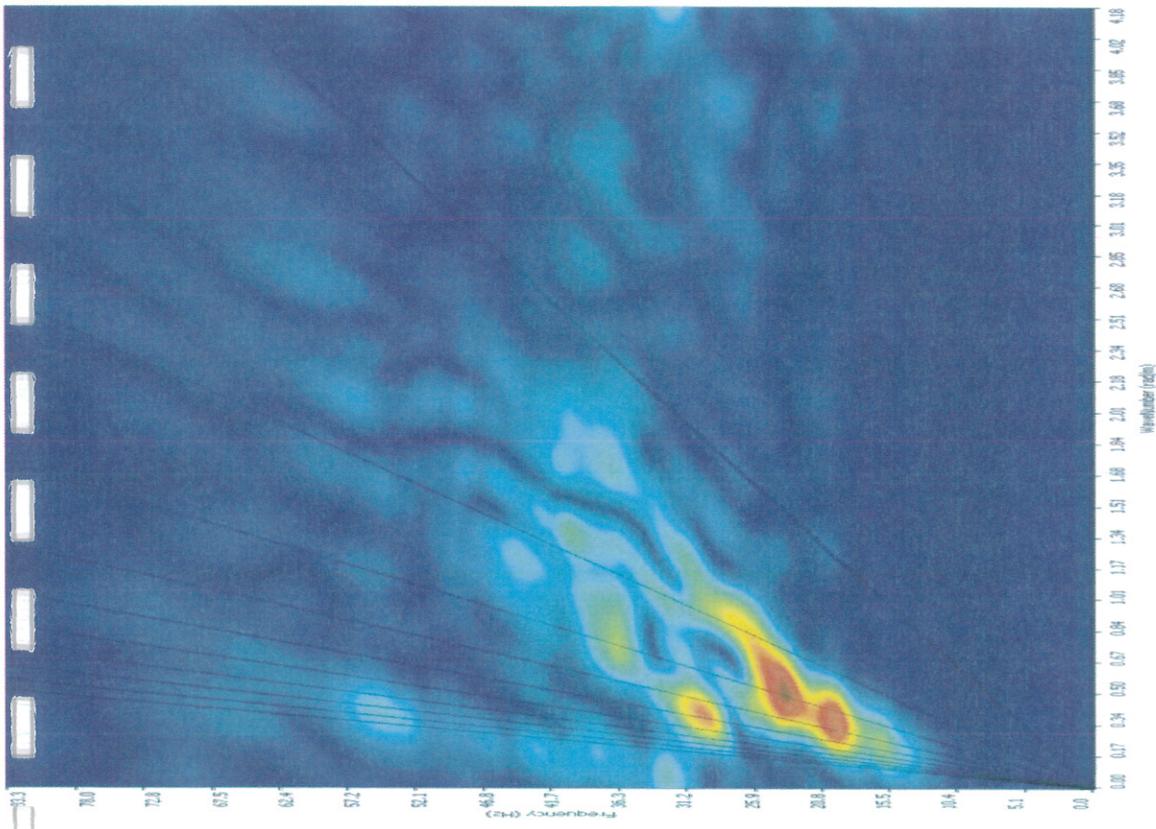
LEGENDA

Ubicazione della sezione sismica; loro numero e direzione



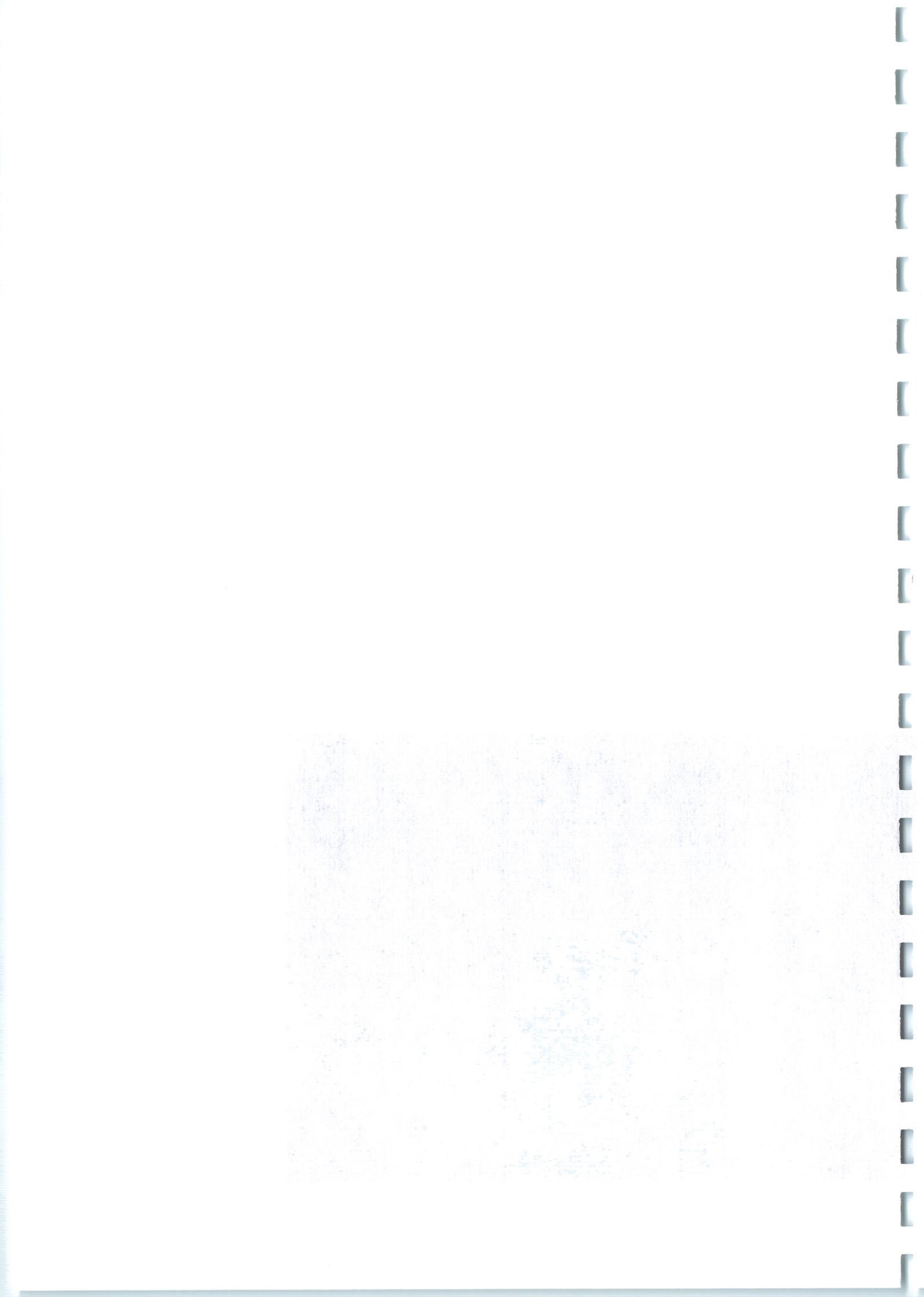
INDAGINE GEOFISICA	
AII. 0	
Comune di Albano Sant'Alessandro	
Ubicazione indagini	
Luglio 2010	 www.geodesbg.com



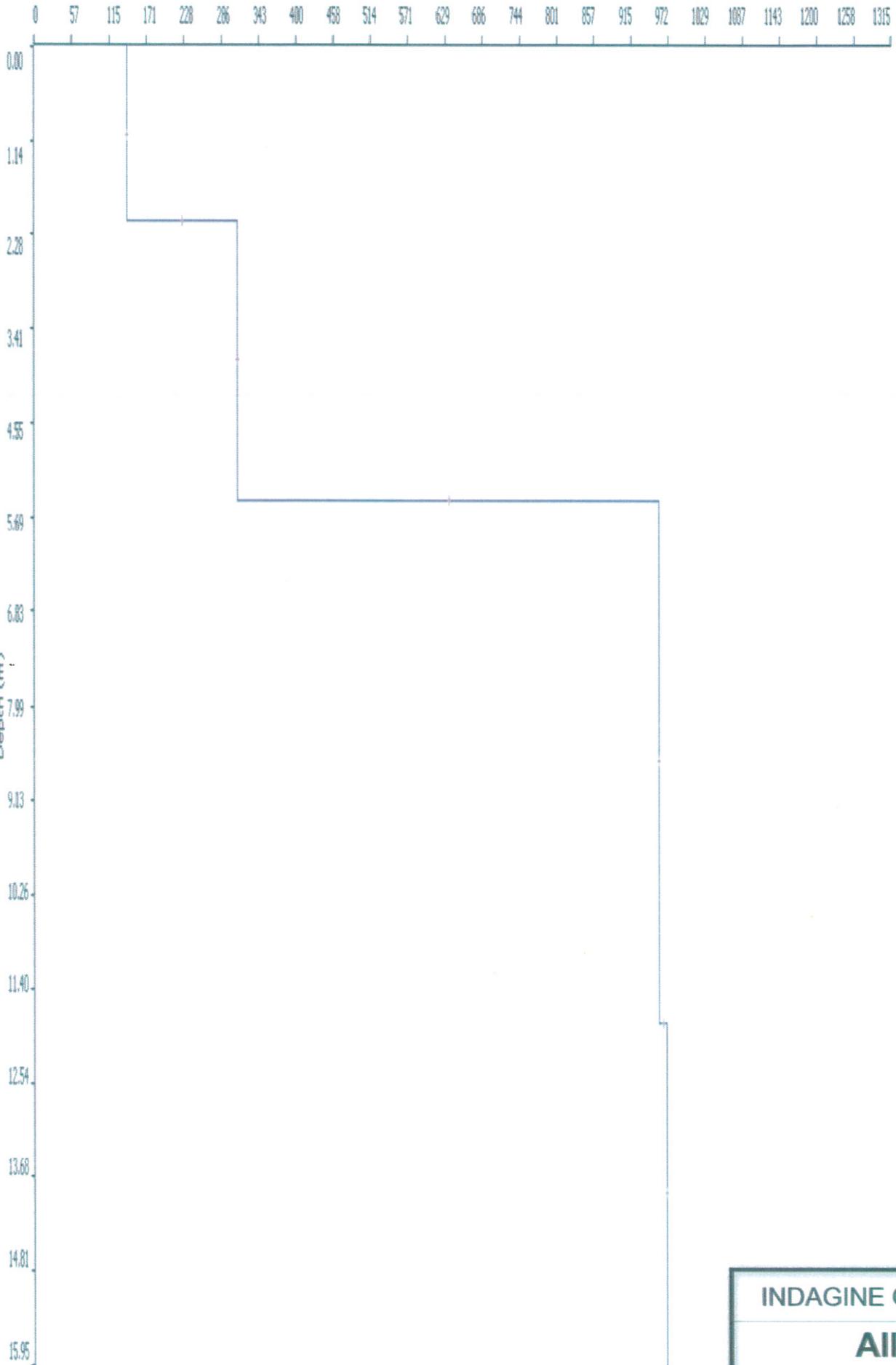


Valore di V30 estrapolato = 586 m/s

INDAGINE GEOFISICA	
All. 2 - B 1	
Comune di Albano Sant'Alessandro	
Metodologia Masw - spettro e curva di dispersione sperimentale	
Luglio 2010	 www.geodesbg.com



S-Wave Velocity (m/s)



INDAGINE GEOFISICA

All. 2

Comune di Albano Sant'Alessandro

Metodologia Masw
Grafico della velocità sismica onda S

Luglio 2010

GEODES
www.geodesbg.com

