

Sudio tecnico di geologia
Dott. Geol. Stefano Boccarossa
Via Piave, 70 - 60019 Senigallia (An) Tel. FAx 071/64894 Cell. 339-4754219

Geol. Stefano Boccarossa

IL RICHIEDENTE:

FIRMA PER PRESA VISIONE ED ACCETTAZIONE:

F.LLI NIGRA ed altri

F.LLI RENZI ed altri

PROGETTO DI:

VARIANTE AL P.R.G. AI SENSI DELL'ART. 26 E 15 COMMA 4 DELLA L.R.
34/92 PER RIPERIMETRAZIONE DEL COMPARTO "ST3_P14"
COMPARTO TERZIARIO " EX MULINO ALBANI "
IN VIA PISACANE ___ COMUNE DI FANO

**VALUTAZIONE DEL CARATTERE LITOLOGICO,
IDROGEOLOGICO E SISMICO DEL SITO**

INDAGINE SISICA MASW

Elaborato:

**DOC.
03**

Parere Urbanistico

Rif.: MULINO

Rev. Agg.

DATA: 30 Settembre 2010

Redazione

03/06/2011

A termini delle vigenti leggi sui diritti d'autore, questo disegno non può essere copiato, riprodotto o comunicato ad altre persone o Ditte senza l'autorizzazione dello studio dell'architetto Bursi (art. 2578 C.C.)

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

Dott. Geol. STEFANO BOCCAROSSA

60019 SENIGALLIA (AN) – Via Piave n. 70

Tel./Fax 071-64894 – Cell. 339-4754219

*Geologia,
Geotecnica,
Idrogeologia,
Geologia Ambientale*

C.F. BCCSFN55M08H809X P. IVA 00790430417

COMUNE DI FANO – PROVINCIA DI PESARO-URBINO

***PIANO DI LOTTIZZAZIONE COMPARTO EDIFICATORIO ST3_P14
COMPARTO TERZIARIO "EX MULINO ALBANI" IN VIA PISACANE,
COMUNE DI FANO***

**IL RICHIEDENTE: F.LLI NIGA ed Altri
F.LLI RENZI ed Altri**

RELAZIONE GEOLOGICA

Il Geologo

Senigallia, lì OTTOBRE/2010

I N D I C E

| | |
|--|---------|
| 1) PREMESSA- METODOLOGIA D'INDAGINE | PAG. 2 |
| 2) CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGIA E GEOLOGICA DEL SITO – Verifica P.A.I. | PAG. 4 |
| 3) LITOLOGIA – CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA | PAG. 5 |
| 4) IDROLOGIA – IDROGEOLOGIA | PAG. 7 |
| 5) LIQUEFAZIONE | PAG. 7 |
| 6) CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO | PAG. 8 |
| 6.1 – Risposta Sismica Locale - Considerazioni relativamente alle Norme Tecniche D.M. 14/Gennaio/2008 | PAG. 8 |
| 6.2 – Valutazione dell'azione sismica - Considerazioni relativamente alle Norme Tecniche D.M. 14/Gennaio/2008 | PAG. 11 |
| 7) CONCLUSIONI | PAG. 12 |

1) PREMESSA – METODOLOGIA D'INDAGINE

Su incarico dei Tecnici Progettisti e per conto dei Sig.ri Richiedenti, questo Studio ha redatto la presente relazione a carattere geognostico, relativamente all'area denominata Comparto Edificatorio ST3_P14 – Comparto Terziario "Ex Mulino Albani", lungo Via Pisacane Nella Città di Fano (PU), per la quale è previsto un progetto di demolizione dei fabbricati esistenti, con realizzazione di un nuovo edificio dotato di piano interrato e piani fuori terra, come da elaborati grafici dei Progettisti.

Dato il carattere "preliminare" della presente relazione, redatta ai fini di un parere urbanistico per l'area in esame e la sostanziale uniformità litologica che caratterizza la fascia alluvionale costiera in cui ricade l'area in esame, in questa fase il riconoscimento della successione litologica locale e la relativa caratterizzazione geotecnica per analogia dei terreni, sono scaturiti oltre che dai dati bibliografici disponibili, da una indagine geognostica mediante prova penetrometrica dinamica super pesante DPSH, ubicata come indicato nelle allegate planimetrie TAV.3 e TAV.4.

La prova DPSH consiste nella misurazione della resistenza a penetrazione di una punta conica della misura standard, infissa per battitura nel terreno per mezzo di idoneo dispositivo di percussione (vedere grafici allegati).

Le informazioni che la prova fornisce permettono di ricostruire il profilo geotecnico dei litotipi attraversati.

La prova è stata integrata con l'esecuzione di un'indagine geofisica mediante procedura M.A.S.W. per la determinazione del parametro $V_{s,30}$ secondo quanto prescritto dalla normativa sismica nazionale vigente (NTC).

I risultati ottenuti dalla metodologia MASW sono riportati nell'allegato a cura della TECNOSONDAGGI di Osimo (AN).

I dati così acquisiti ci permettono pertanto di fornire indicazioni sulla natura litotecnica dei terreni, sulla presenza della falda idrica e classificazione sismica del sito, quali elementi preliminari alla progettazione della nuova struttura.

Naturalmente in fase di progettazione esecutiva, si procederà all'esecuzione di una più approfondita e già preventivata indagine geognostica nell'area, mediante l'esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo spinti a profondità significativa, con eventuale prelievo di campioni litologici indisturbati da sottoporre a prove geotecniche di laboratorio e di prove SPT in foro, con redazione dell'apposita "relazione geologica".

Alle relazione si allegano:

- Stralcio Carta Geologica d'Italia, Foglio 110 - Senigallia, scala 1:50.000 (ingrandimento) – TAV.1;
- Carta del Rischio Idrogeologico - Stralcio da Piano Assetto Idrogeologico (PAI) Regione Marche, scala 1:10.000 – TAV.2;
- Estratto Catastale, scala 1:2000 – TAV.3;
- Planimetria Generale (Distanze Confini), scala 1:1000 – TAV.4;
- Sezione Geologica Indicativa, scala 1:500 – TAV.5;
- Grafici Prova Penetrometrica dinamica super pesante DPSH;
- Documentazione Fotografica, esecuzione prova DPSH;
- Indagine Sismica MASW.

2) GEOMORFOLOGIA – Verifica P.A.I. Regione Marche

Dal punto di vista geomorfologico, l'area di Comparto in cui insiste l'attuale complesso denominato "Ex Mulino Albani" ricade in un terrazzo alluvionale del IV ordine dei terrazzi del sistema fluviale Torrente Arzilla, Fiume Metauro, con altezza da 5 a 8 metri rispetto al fondovalle, in prossimità del contatto morfologico con la fascia di spiaggia attuale e con il soprastante terrazzo alluvionale di III ordine (vedere TAV.1).

Ai rilievi di superficie, l'area risulta perfettamente pianeggiante e pertanto non interessata da problemi di instabilità geomorfologica.

Dall'esame del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Marche (TAV. RI 07c.pdf – Fano, vedere TAV.1), l'area in esame e per un intorno significativo non ricade all'interno di aree cartografate a rischio esondazione.

I sedimenti che si rinvengono nell'immediato sottosuolo sono costituiti da alluvioni e depositi litoranei di natura ghiaioso – sabbiosa e/o miscela di ghiaie e sabbie con terreno limoso - argilloso – sabbioso di copertura e localmente intercalato alle ghiaie, soprastanti la formazione in posto argilloso - marnosa plio – pleistocenica.

3) LITOLOGIA – CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Dall'interpretazione ed analisi della prova dinamica DPSH, comparata con i dati bibliografici disponibili, nell'area risulta la seguente successione litologica dall'alto verso il basso, a partire dal piano di calpestio attuale.

0.00 m / -0.80 m – Coltre di copertura di terreno di riporto eterogeneo (**Litotipo R.**).

| |
|------------------|
| γ (g/cmc) |
| 1.87 |

-0.80 m / -4.60 m – Terreno di natura prevalentemente coesiva, rappresentato da un aggregato limoso – argilloso - sabbioso, poco consistente, interessato da falda idrica riscontrata a -2.40 m circa dal p.c. (**Litotipo LAS**).

| N spt | Cu (Kg/cmq) | γ (g/cmc) | Eed (Kg/cmq) |
|-------|-------------|------------------|--------------|
| 10 | 0.63 | 1.90 | 50 |

-4.60 m / -10.20 m – Terreno di natura granulare costituito verosimilmente da ghiaia e sabbia e/o miscela di ghiaia e sabbia a granulometria variabile, ben addensato, saturo per la presenza della falda idrica superficiale a -2.40 m circa di profondità rispetto al p.c. (**Litotipo G-S**).

| N spt | Dr % | γ (g/cmc) | ϕ' (gradi) | Eed (Kg/cmq) |
|-------|------|------------------|-----------------|--------------|
| 40 | 75.0 | 2.10 | 39° | 456.40 |

La prova DPSH è stata interrotta alla profondità di -10.20 m dal p.c., comunque sufficiente allo scopo della presente indagine, dato l'elevato addensamento del terreno riscontrato.

N spt = correlazione colpi Standard Penetration Test

C_u = coesione non drenata

γ = peso di volume

φ' = angolo di attrito

E_{ed} = modulo edometrico

D_r = densità relativa

I parametri geotecnici sopra riportati (**parametri nominali**) che caratterizzano le proprietà fisico – meccaniche dei litotipi descritti, sono derivati dall'interpretazione della prova penetrometrica DPSH convertiti in valori N_{spt} (vedere grafici Prova DPSH e Tabelle allegati) e per analogia con campioni simili esaminati in laboratorio e con la corrente letteratura tecnica.

Per la valutazione del modulo edometrico per terreni incoerenti si è fatto riferimento al metodo di Menzebac e Malcev valido per le sabbie in genere (indicativamente sabbia + ghiaia: $M \text{ (Kg/cmq)} = 10.46 N_{spt} + 38$) (e/o grafico allegato).

Per la valutazione del modulo edometrico per terreni coesivi si è fatto riferimento al metodo di Stroud e Butler valido per argille di media e bassa plasticità (indicativamente argille a media plasticità: $E_d \text{ (Kg/cmq)} = 5 N_{spt}$).

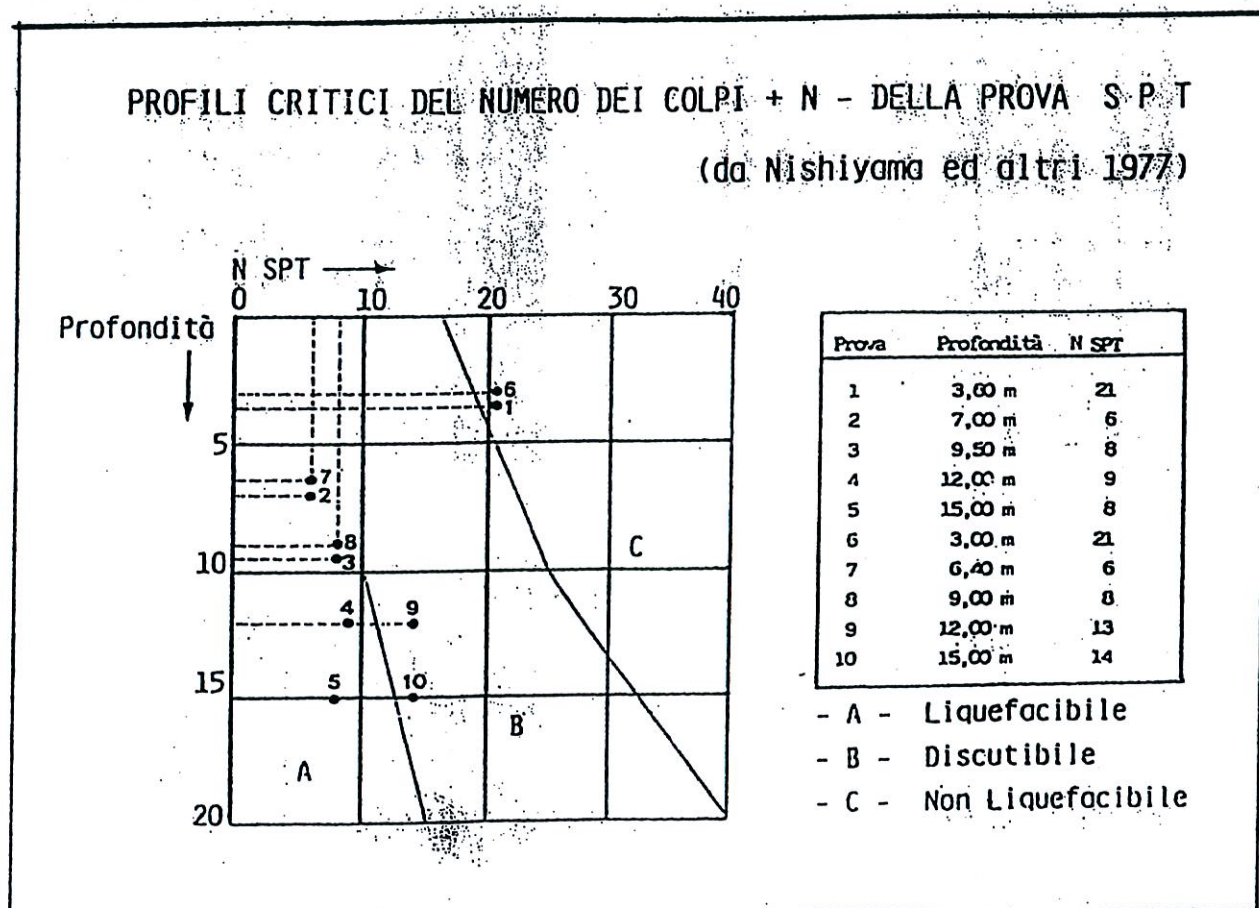
4) IDROGRAFIA – IDROGEOLOGIA

Il reticolo idrografico superficiale della zona non è più ben riconoscibile in quanto modificato dall'urbanizzazione attuata.

Nel sottosuolo, durante l'esecuzione della prova penetrometrica è stata rilevata la presenza di una falda idrica superficiale alla profondità di circa -2.40 m dal p.c., suscettibili di variazioni di livello legato alle condizioni meteorologiche stagionali e probabile escursioni di marea.

5) LIQUEFAZIONE DELLA GHIAIA E SABBIA SUPERFICIALE SATURA

Indicativamente, in relazione al grado di addensamento riscontrato in sito mediante prova DPSH, convertita in valori SPT, nel terreno ghiaioso - sabbioso superficiale interessato da falda idrica con un valore medio di $N_{spt} = 40$, si escludono fenomeni di liquefazione, come risulta anche dall'esame del grafico elaborato da Nishiyama ed altri, 1977, in cui il terreno in esame ricade nei quadranti - C - Non Liquefacibile.



6) CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO

Il territorio comunale di Fano ricade in zona sismica classificata come **Zona 2**, con valore di accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro elastico (Norme Tecniche) $a_g/g = 0.25$ e con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni $a_g/g = 0.15-0.25$.

In riferimento all'Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b, si allega al testo la Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (da Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

Nella mappa è graficamente rappresentata la pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo, con probabilità di accelerazione del 10% in 50 anni, riferita ai suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005).

Nel contesto descritto, il territorio comunale di Fano, in via generale è caratterizzato da un'accelerazione (a_g) orizzontale massima convenzionale sul suolo di tipo A, compresa tra **0.175 e 0.200 g**.

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da "una pericolosità sismica di base" in considerazioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A nelle NTC).

Il Progettista valuterà la *pericolosità sismica* sulla base di quanto disposto dalle Tabelle A e B delle NTC.

6.1 – Risposta Sismica Locale - Considerazioni relativamente alle Norme Tecniche D.M. 14/Gennaio/2008

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, è necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale, in considerazione delle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi, non che delle proprietà fisico – meccaniche dei materiali che li costituiscono, che possono

modificare il moto sismico atteso nel sito rispetto a quello che si avrebbe su roccia affiorante.

Pertanto nel caso in esame oltre ad una sommaria caratterizzazione geotecnica dei terreni, si è attuata la classificazione della categoria di sottosuolo in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio, entro i primi 30 metri di profondità riferiti al piano di fondazione per fondazioni superficiali o testa dei pali per fondazioni profonde, per la definizione della categoria di sottosuolo, come riportato nella Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo delle suddette Norme, nel caso specifico ricavata da una indagine geofisica mediante procedura M.A.S.W..

I metodi di prospezione sismica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) consentono di ottenere un modello verticale delle V_s , a partire dalla modalità di propagazione delle onde di superficie, in particolare le onde di Rayleigh e non attraverso quelle di volume come invece accade per i metodi più propri della sismica più tradizionale.

Nel caso in esame le analisi eseguite conducono a valori di $V_{s,30}$ pari a circa **663 m/s** (modello medio MASW 1) e di $V_{s,30}$ pari a circa **565 m/s** (modello medio MASW 2) che corrispondono ad un sottosuolo di **Categoria "B"** della Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo delle Norme Tecniche D.M. 14/Gennaio/2008.

Condizioni Topografiche - Tabella 3.2.IV – Categorie Topografiche: **T1** .

(vedere Tabelle di seguito allegate)

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

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

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|---|
| T1 | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ |
| T2 | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ |
| T3 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ |
| T4 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$ |

6.2 – Valutazione dell'azione sismica - Considerazioni relativamente alle Norme Tecniche D.M. 14/Gennaio/2008

Nella valutazione dello spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali, per la definizione del coefficiente S_s (coefficiente di amplificazione stratigrafica) e del coefficiente S_T (coefficiente di amplificazione topografica), si fa riferimento ai valori riportati nelle relative Tabella 3.2.V – *Espressioni di S_s e C_c* e Tabella 3.2.VI – *Valori Massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T* delle Norme Tecniche D.M. 14/Gennaio/2008, in cui il parametro F_0 (fattore di amplificazione massima su suolo A) e a_g (accelerazione), sono deducibili dal reticolo sismico delle NTC.

(vedere Tabelle di seguito allegate)

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

| Categoria sottosuolo | S_s | C_c |
|----------------------|---|------------------------------|
| A | 1,00 | 1,00 |
| B | $1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$ | $1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$ |
| C | $1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$ | $1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$ |
| D | $0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$ | $1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$ |
| E | $1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$ | $1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$ |

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

| Categoria topografica | Ubicazione dell'opera o dell'intervento | S_T |
|-----------------------|--|-------|
| T1 | | 1,0 |
| T2 | In corrispondenza della sommità del pendio | 1,2 |
| T3 | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1,2 |
| T4 | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1,4 |

7) CONCLUSIONI

Sulla base dei dati in nostro possesso, per l'area in esame risulta quanto segue.

- L'area si presenta perfettamente pianeggiante e pertanto non interessata da problematiche connesse alla stabilità della zona.

- Nella zona è presente una falda idrica superficiale riscontrabile a profondità di -2.40 m rispetto al p.c., suscettibile di variazioni stagionali e probabile escursioni di marea.

- Nella zona il terreno di natura ghiaiosa e sabbiosa e/o ghiaia e sabbia frammisti, così come descritto nei paragrafi precedenti presenta parametri geomeccanici che lo classificano come ottimo e/o buon terreno di fondazione (CASAGRANDE). Questo terreno è facilmente raggiungibile in fase di scavo (vedere TAV.5), data la realizzazione di un piano interrato e nel caso in esame la tipologia idonea per la nuova struttura è orientata verso la realizzazione di una platea di fondazione, data l'interferenza con la falda idrica superficiale.

- Per la realizzazione del piano interrato, nelle fasi di sbancamento e di costruzione si dovrà prevedere l'impiego di metodologie operative che consentano di mantenere lo scavo asciutto (tipo well points).

- Il piano interrato dovrà essere inoltre adeguatamente impermeabilizzato con materiali aventi le caratteristiche di tenuta dell'acqua.

- Il sito ricade nell'ambito della categoria di sottosuolo "**B**" (Tabella 3.2.II NTC).

- Le condizioni topografiche sono riconducibili alla categoria "T1" (Tabella 3.2.IV NTC).

- I terreni granulari saturi non sono liquefacibili.

- In fase di progettazione esecutiva, si rimanda all'approfondimento di indagine geognostica già prevista, mediante l'esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo, prelievo di eventuali campioni da sottoporre a prove geotecniche di laboratorio, di prove SPT in foro ed alla redazione di una specifica "Relazione Geologica", nel rispetto del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni", entrate in vigore dal 01 luglio 2009.

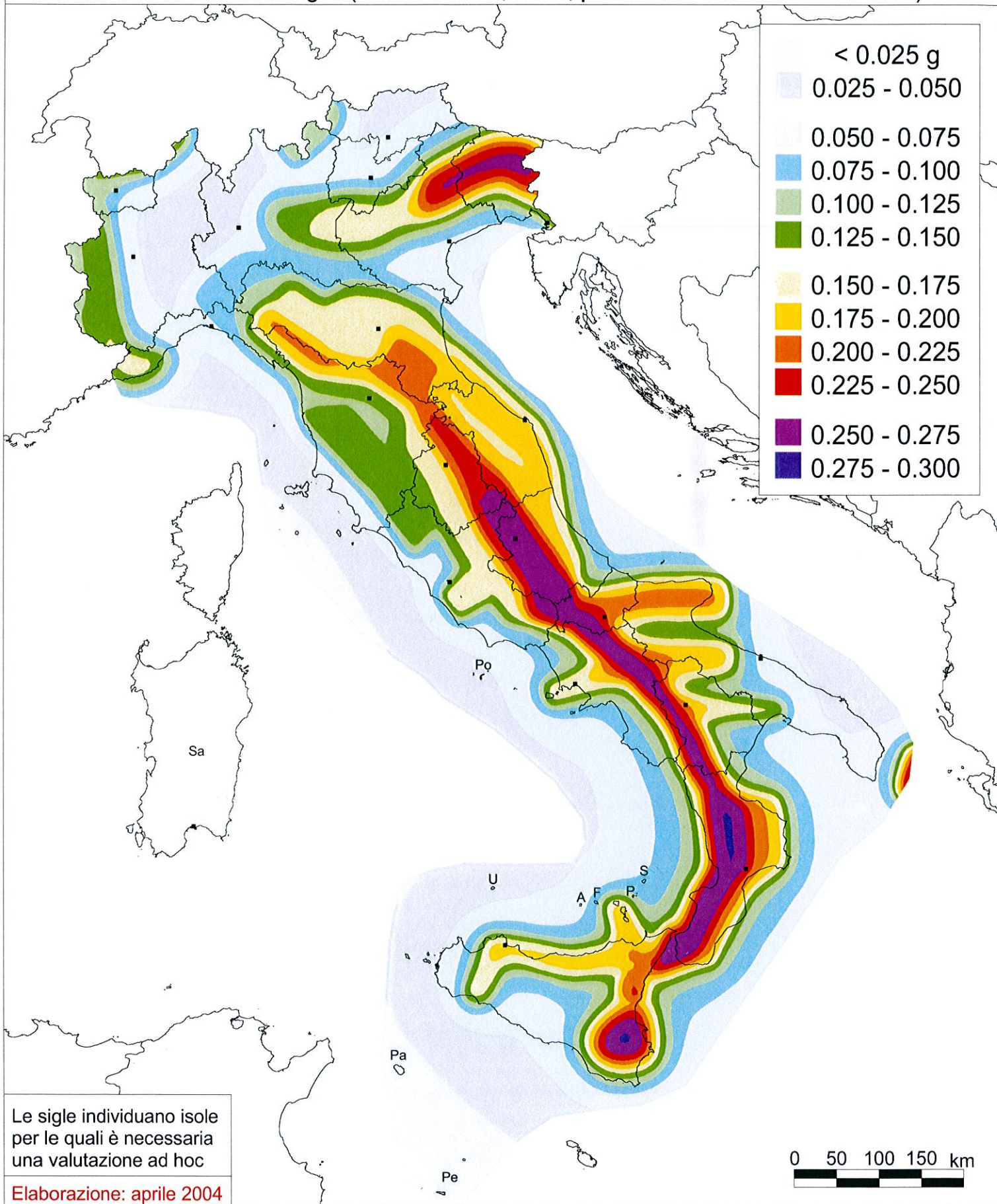


Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

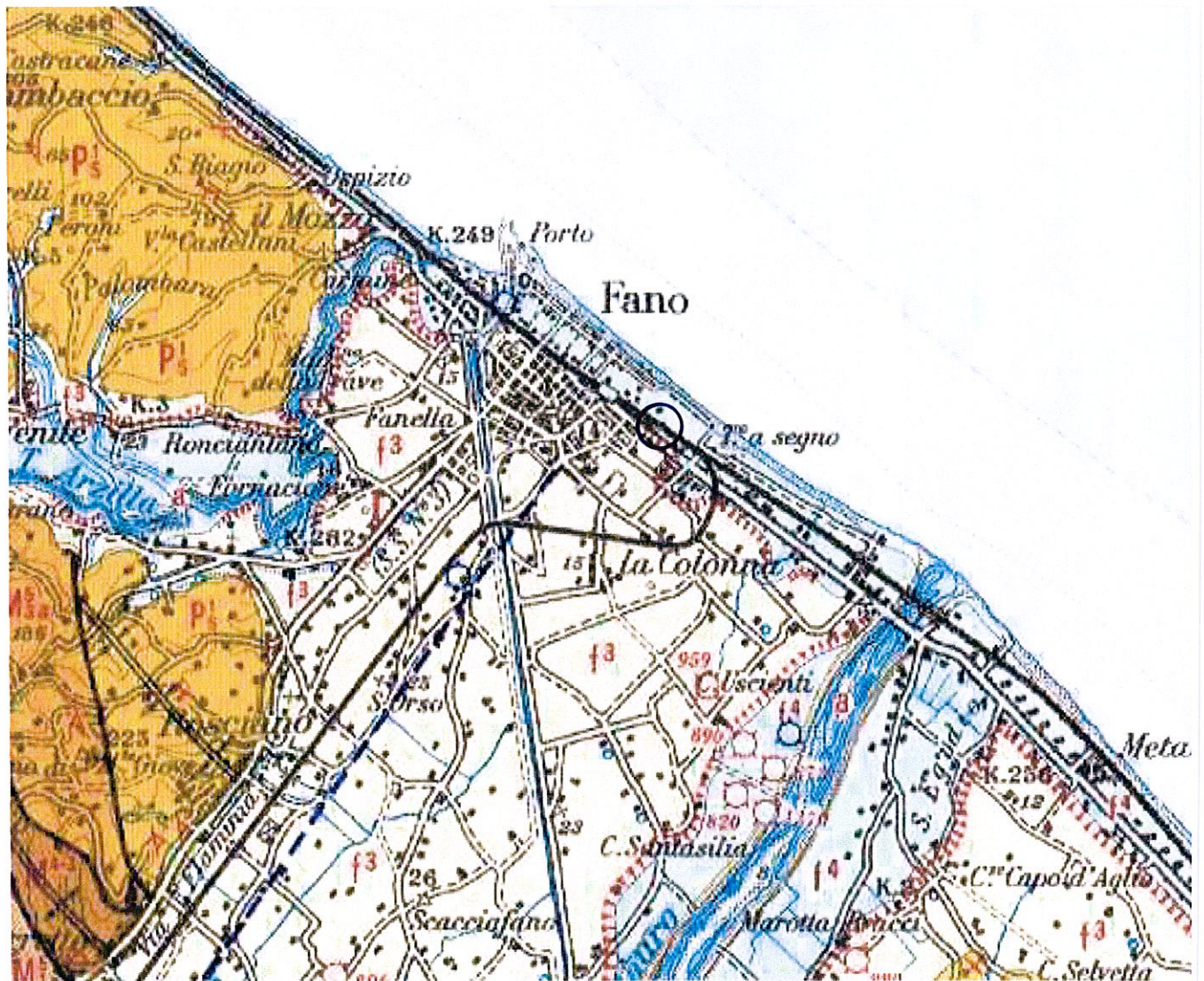
espressa in termini di accelerazione massima del suolo
con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)



TAV.1

STRALCIO INQUADRAMENTO GEOLOGICO – SCALA 1:50.000 Carta Geologica d'Italia – Foglio n.110 - SENIGALLIA



- a - Alluvioni recenti e attuali. Sabbie e ghiaie delle spiagge attuali (Olocene)**
- f⁴ - Alluvioni e depositi litoranei ghiaiosi e talora parzialmente sabbiosi del IV ordine dei terrazzi, a 5- 8 metri sul fondovalle (Pleistocene Medio – Sup.)**
- f³ - Alluvioni e depositi litoranei ghiaiosi e talora parzialmente sabbiosi del III ordine dei terrazzi, a 15 - 20 metri sul fondovalle (Pleistocene Medio – Sup.)**
- Area in esame**

STRALCIO DA PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) - REGIONE MARCHE -

**CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO – da Tav. RI 07c.pdf - Fano,
sc. 1:10.000**

Area a rischio frana (Codice F – xx-yyyy)

Area a rischio esondazione (Codice E – xx-yyyy)

 **Area in esame**



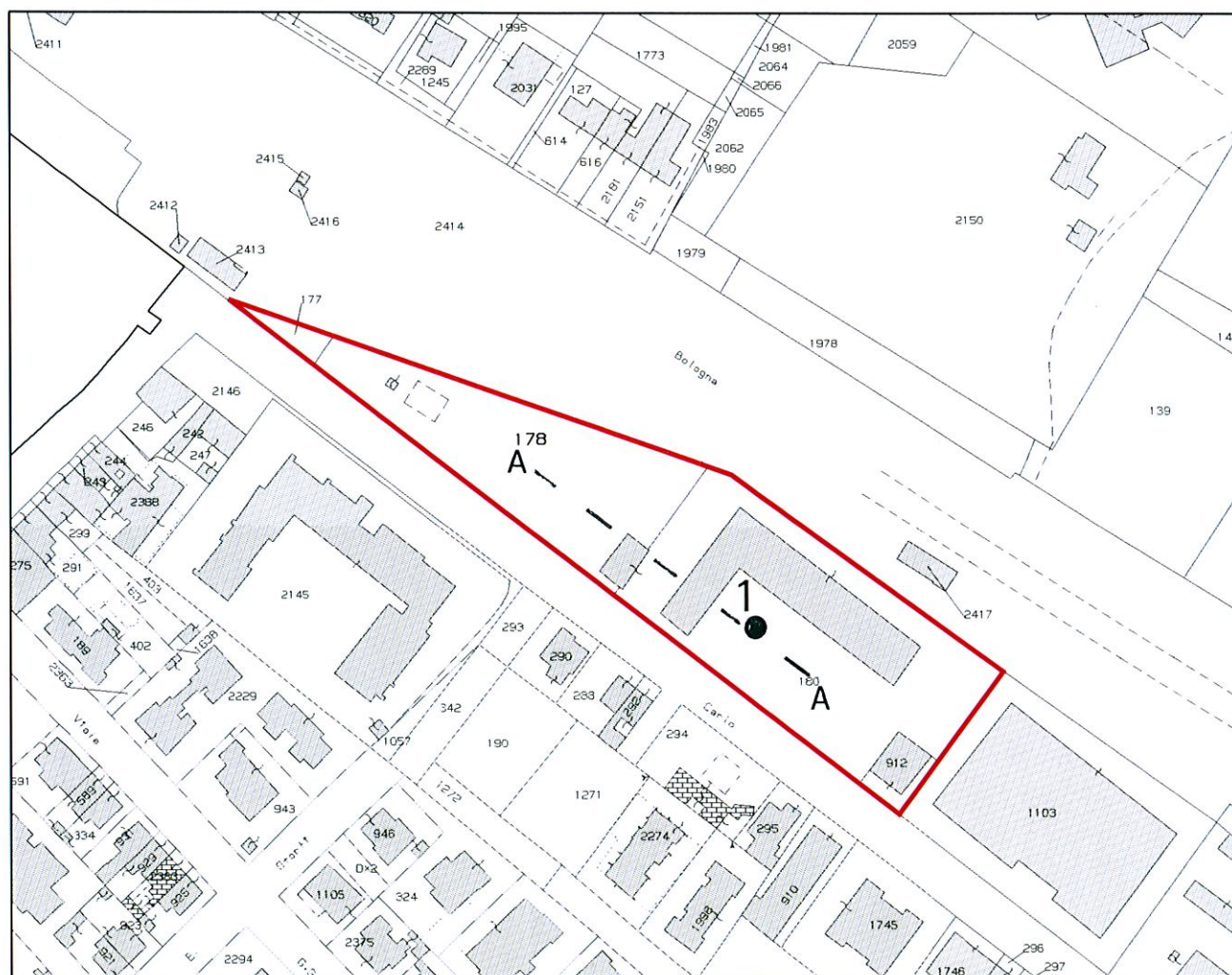
ESTRATTO CATASTALE – SC. 1:2000

Comune di Fano - Foglio n° 38 - mappali n° 177-178-180-912

— Area in esame

● Ubicazione prova penetrometrica DPSH

↑_ _↑ Sezione geologica indicativa





DISTANZE DAL CONFINE R.F.I. E DALLA 1° ROTAIA

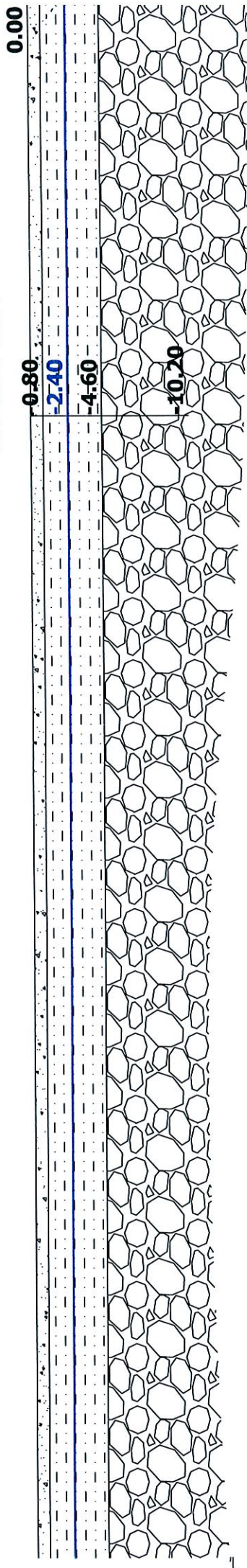
TAV.4

PLANIMETRIA GENERALE (Distanze Confini) – SC. 1:1000

- Ubicazione prova penetrometrica DPSH

SEZIONE GEOLOGICA INDICATIVA - SEZ A - A, SCALA 1:250 - TAV.5

DPSH n.1

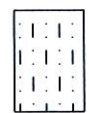


(Litotipo R.) - COLTRE DI COPERTURA DI TERRENO DI RIPIORTO ETEROGENEO

(Litotipo LAS) - TERRENO COESIVO: AGGREGATO LIMOSO - ARGILLOSO - SABBIOSO, POCO CONSISTENTE

(Litotipo G-S) - TERRENO GRANULARE: GHIAIA E SABBIA E/O MISCELA DI GHIAIA E SABBIA; MATERIALE BEN ADDENSATO

FALDA IDRICA



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 1

- indagine : F.Ili Nigra - F.Ili Renzi e altri
- cantiere : FANO
- località : PU
- note :

- data : 23/09/2010
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 2,40 m da quota inizio
- pagina : 1

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------------|------|---------------|------------|--------------------------|------------|------|
| 0,00 - 0,20 | 27 | 283,7 | ---- | 1 | 5,20 - 5,40 | 22 | 159,7 | ---- | 6 |
| 0,20 - 0,40 | 10 | 105,1 | ---- | 1 | 5,40 - 5,60 | 25 | 170,9 | ---- | 7 |
| 0,40 - 0,60 | 7 | 67,5 | ---- | 2 | 5,60 - 5,80 | 23 | 157,2 | ---- | 7 |
| 0,60 - 0,80 | 17 | 163,9 | ---- | 2 | 5,80 - 6,00 | 34 | 232,4 | ---- | 7 |
| 0,80 - 1,00 | 7 | 67,5 | ---- | 2 | 6,00 - 6,20 | 36 | 246,0 | ---- | 7 |
| 1,00 - 1,20 | 3 | 28,9 | ---- | 2 | 6,20 - 6,40 | 32 | 218,7 | ---- | 7 |
| 1,20 - 1,40 | 3 | 28,9 | ---- | 2 | 6,40 - 6,60 | 30 | 193,7 | ---- | 8 |
| 1,40 - 1,60 | 3 | 26,7 | ---- | 3 | 6,60 - 6,80 | 30 | 193,7 | ---- | 8 |
| 1,60 - 1,80 | 4 | 35,6 | ---- | 3 | 6,80 - 7,00 | 23 | 148,5 | ---- | 8 |
| 1,80 - 2,00 | 4 | 35,6 | ---- | 3 | 7,00 - 7,20 | 27 | 174,4 | ---- | 8 |
| 2,00 - 2,20 | 4 | 35,6 | ---- | 3 | 7,20 - 7,40 | 27 | 174,4 | ---- | 8 |
| 2,20 - 2,40 | 3 | 26,7 | ---- | 3 | 7,40 - 7,60 | 17 | 104,1 | ---- | 9 |
| 2,40 - 2,60 | 4 | 33,1 | ---- | 4 | 7,60 - 7,80 | 24 | 146,9 | ---- | 9 |
| 2,60 - 2,80 | 4 | 33,1 | ---- | 4 | 7,80 - 8,00 | 29 | 177,5 | ---- | 9 |
| 2,80 - 3,00 | 3 | 24,8 | ---- | 4 | 8,00 - 8,20 | 34 | 208,1 | ---- | 9 |
| 3,00 - 3,20 | 4 | 33,1 | ---- | 4 | 8,20 - 8,40 | 18 | 110,2 | ---- | 9 |
| 3,20 - 3,40 | 4 | 33,1 | ---- | 4 | 8,40 - 8,60 | 21 | 122,2 | ---- | 10 |
| 3,40 - 3,60 | 6 | 46,4 | ---- | 5 | 8,60 - 8,80 | 43 | 250,1 | ---- | 10 |
| 3,60 - 3,80 | 8 | 61,9 | ---- | 5 | 8,80 - 9,00 | 37 | 215,2 | ---- | 10 |
| 3,80 - 4,00 | 8 | 61,9 | ---- | 5 | 9,00 - 9,20 | 21 | 122,2 | ---- | 10 |
| 4,00 - 4,20 | 7 | 54,1 | ---- | 5 | 9,20 - 9,40 | 23 | 133,8 | ---- | 10 |
| 4,20 - 4,40 | 8 | 61,9 | ---- | 5 | 9,40 - 9,60 | 26 | 144,1 | ---- | 11 |
| 4,40 - 4,60 | 10 | 72,6 | ---- | 6 | 9,60 - 9,80 | 33 | 182,9 | ---- | 11 |
| 4,60 - 4,80 | 15 | 108,9 | ---- | 6 | 9,80 - 10,00 | 30 | 166,3 | ---- | 11 |
| 4,80 - 5,00 | 18 | 130,6 | ---- | 6 | 10,00 - 10,20 | 31 | 171,8 | ---- | 11 |
| 5,00 - 5,20 | 21 | 152,4 | ---- | 6 | | | | | |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 ISM.C**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

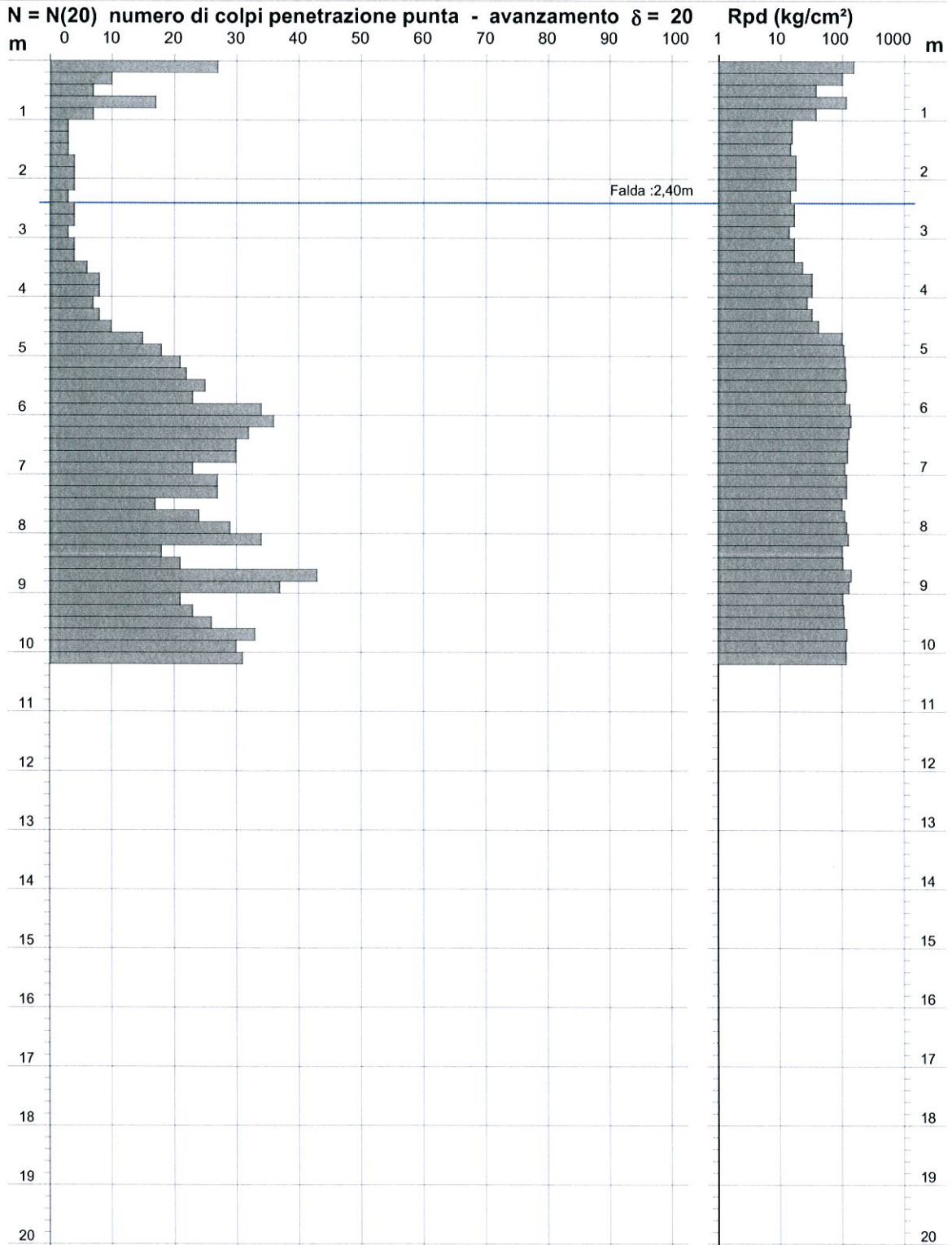
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 1

Scala 1: 100

- indagine : F.Ili Nigra - F.Ili Renzi e altri
- cantiere : FANO
- località : PU

- data : 23/09/2010
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 2,40 m da quota inizio



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 ISM.C**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

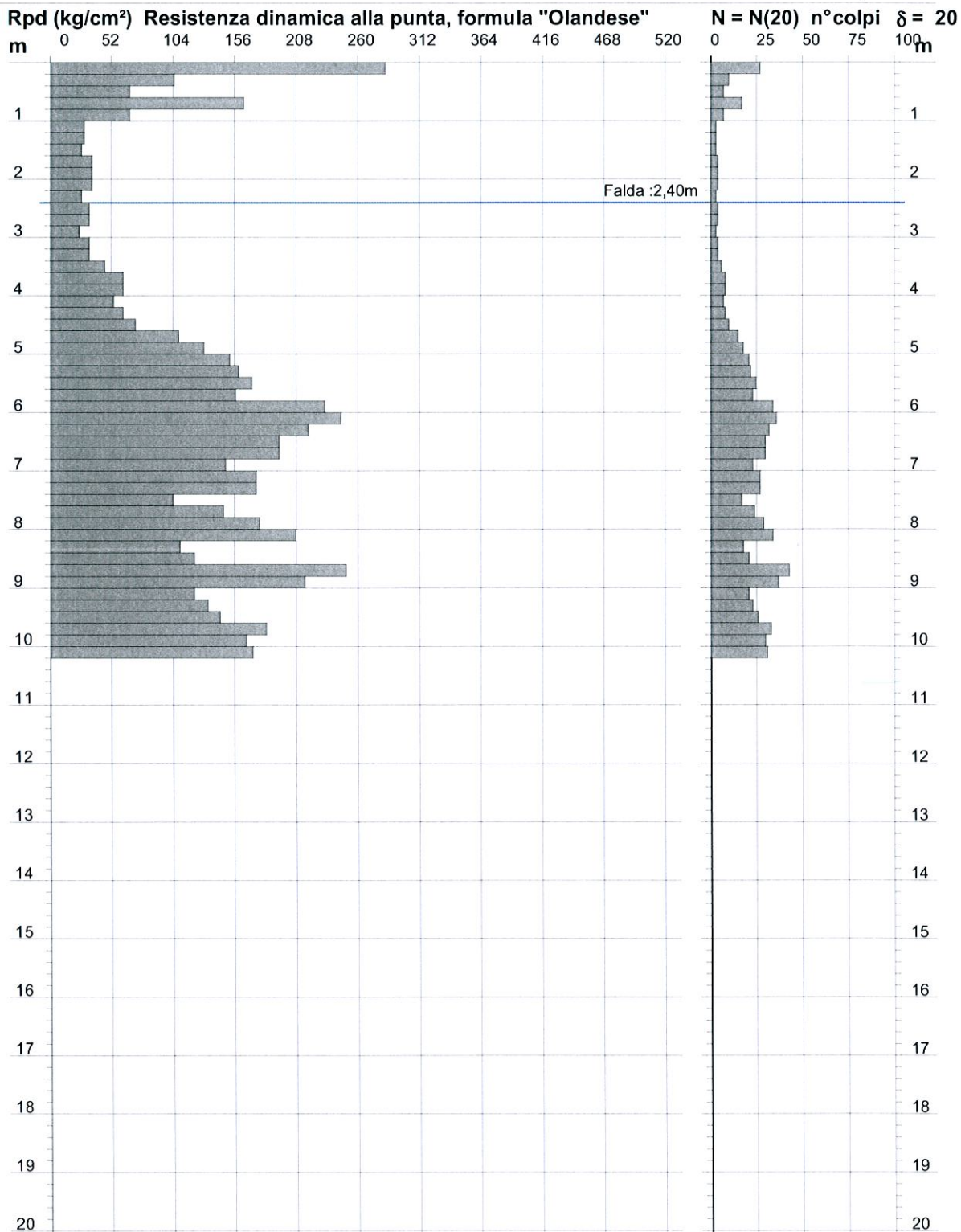
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

n° 1

Scala 1: 100

- indagine : F.Ili Nigra - F.Ili Renzi e altri
- cantiere : FANO
- località : PU

- data : 23/09/2010
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : 2,40 m da quota inizio



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 ISM.C**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

- indagine : F.Ili Nigra - F.Ili Renzi e altri
 - cantiere : FANO
 - località : PU
 - note :

- data : 23/09/2010
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : 2,40 m da quota inizio
 - pagina : 0

| n° | Prof.(m) | LITOLOGIA | Nspt | NATURA GRANULARE | | | | | NATURA COESIVA | | | |
|----|------------|-----------|------|------------------|---------|------|------|------|----------------|------|------|-------|
| | | | | DR | ϕ' | E' | Ysat | Yd | Cu | Ysat | W | e |
| 1 | 0.00 4.60 | | 10 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.63 | 1.90 | 33 | 0.892 |
| 2 | 4.60 10.20 | | 40 | 75.0 | 39.5 | 500 | 2.10 | 1.77 | ---- | ---- | ---- | ---- |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **TG 63-100 ISM.C**

| Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici | | |
|---|--------------------|-------------------------------|
| TIPO | Sigla riferimento | Peso Massa Battente M (kg) |
| Leggero | DPL (Light) | $M \leq 10$ |
| Medio | DPM (Medium) | $10 < M < 40$ |
| Pesante | DPH (Heavy) | $40 \leq M < 60$ |
| Super pesante | DPSH (Super Heavy) | $M \geq 60$ |

CARATTERISTICHE TECNICHE : TG 63-100 ISM.C

| | |
|-------------------------------------|--|
| PESO MASSA BATTENTE | M = 63,50 kg |
| ALTEZZA CADUTA LIBERA | H = 0,75 m |
| PESO SISTEMA BATTUTA | Ms = 0,63 kg |
| DIAMETRO PUNTA CONICA | D = 51,00 mm |
| AREA BASE PUNTA CONICA | A = 20,43 cm ² |
| ANGOLO APERTURA PUNTA | $\alpha = 90^\circ$ |
| LUNGHEZZA DELLE ASTE | La = 1,00 m |
| PESO ASTE PER METRO | Ma = 6,31 kg |
| PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA | P1 = 0,40 m |
| AVANZAMENTO PUNTA | $\delta = 0,20$ m |
| NUMERO DI COLPI PUNTA | N = N(20) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 20 cm |
| RIVESTIMENTO / FANGHI | SI |
| ENERGIA SPECIFICA x COLPO | Q = (MH)/(A δ) = 11,66 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²) |
| COEFF. TEORICO DI ENERGIA | $\beta t = Q/Q_{spt} = 1,489$ (teoricamente : Nspt = βt N) |

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm² = 0.098067 MPa
1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm²
1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

Parametri geotecnici dei terreni coerenti

| Stato di consistenza | Numero dei colpi | Indice di consistenza | Coesione non drenata |
|----------------------|------------------|-----------------------|----------------------|
| | NsPT | I_c | C_u |
| Molto soffice | <2 | circa 0 | <0.1 |
| Soffice | 2-4 | 0-0.25 | 0.1-0.25 |
| Plastico | 4-8 | 0.25-0.5 | 0.25-0.5 |
| Compatto | 8-15 | 0.5-0.75 | 0.5-1.0 |
| Molto compatto | 15-30 | 0.75-1.0 | 1.0-2.0 |
| Estrem. compatto | >30 | >1.0 | >2.0 |

Parametri geotecnici dei terreni incoerenti

| Stato di consistenza | Numero dei colpi | Densità relativa | Angolo di attrito |
|----------------------|------------------|------------------|-------------------|
| | NsPT | D_r | ϕ' |
| Molto sciolto | <4 | <2 | <30° |
| Sciolto | 4-10 | 0.2-0.4 | 30°-35° |
| Medio | 10-30 | 0.4-0.6 | 35°-40° |
| Denso | 30-50 | 0.6-0.8 | 40°-45° |
| Molto denso | >50 | >0.8 | >45° |

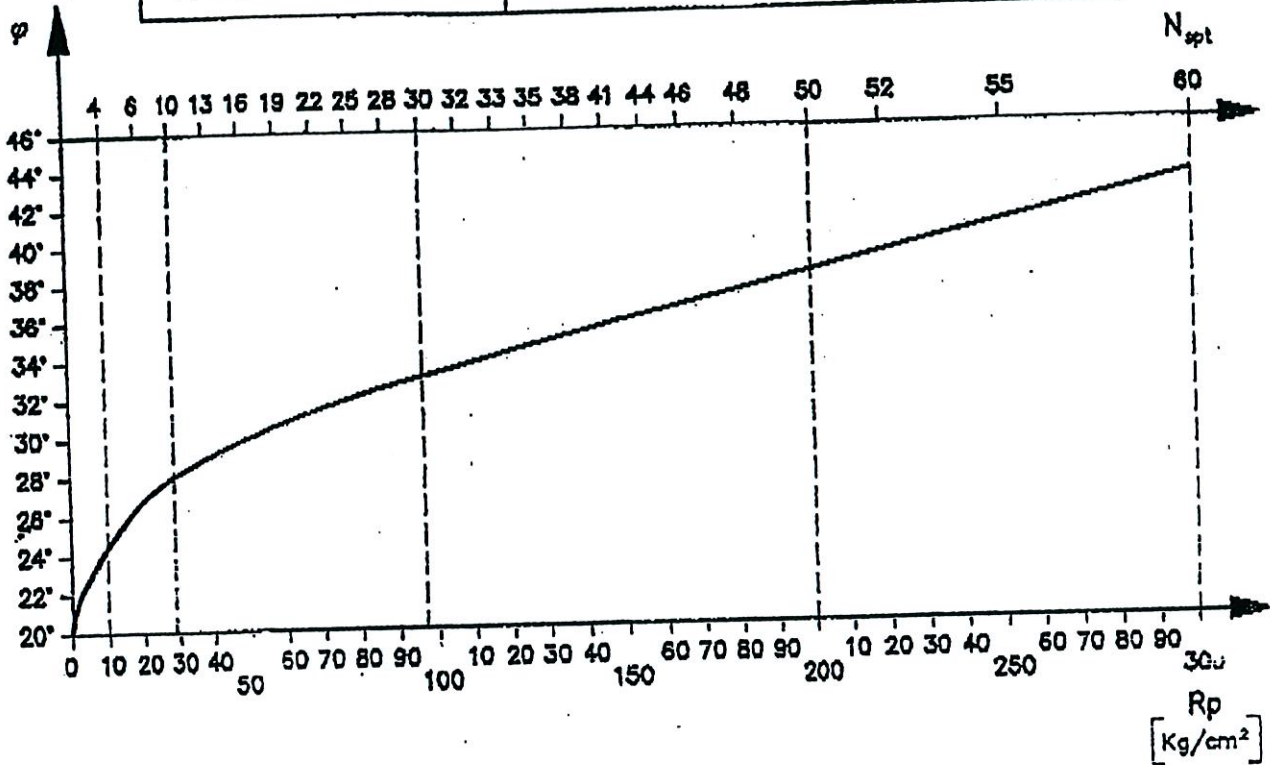
Rapporto tra resistenza alla punta (q_c in kg/cm²) e numero di colpi NsPT

| Litologia | Rapporto $q_c/NsPT$ |
|------------------------------|---------------------|
| Argilla sabbiosa o limosa | 2 |
| Limo sabbioso | 3 |
| Sabbia fine | 4 |
| Sabbia mediamente fine | 5 |
| Sabbia mediamente grossolana | 8 |
| Sabbia grossolana | 10 |
| Sabbia ghiaiosa | 8-18 |
| Ghiala sabbiosa | 12-18 |

Fonte: F. Cestari, corso Ova, Benevento 1988.

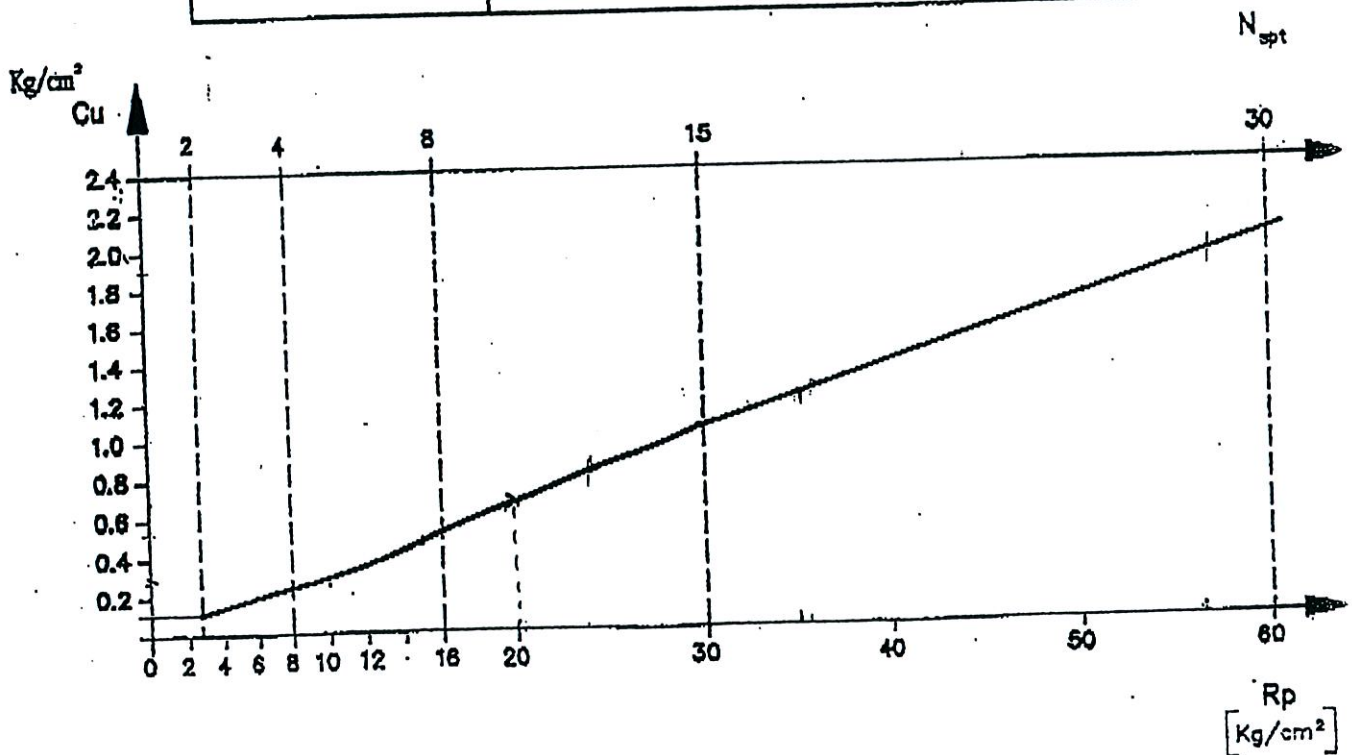
MATERIALI INCOERENTI

CORRELAZIONE TRA RESISTENZA DI PUNTA, N_{spt} ED ANGOLO D' ATRITO



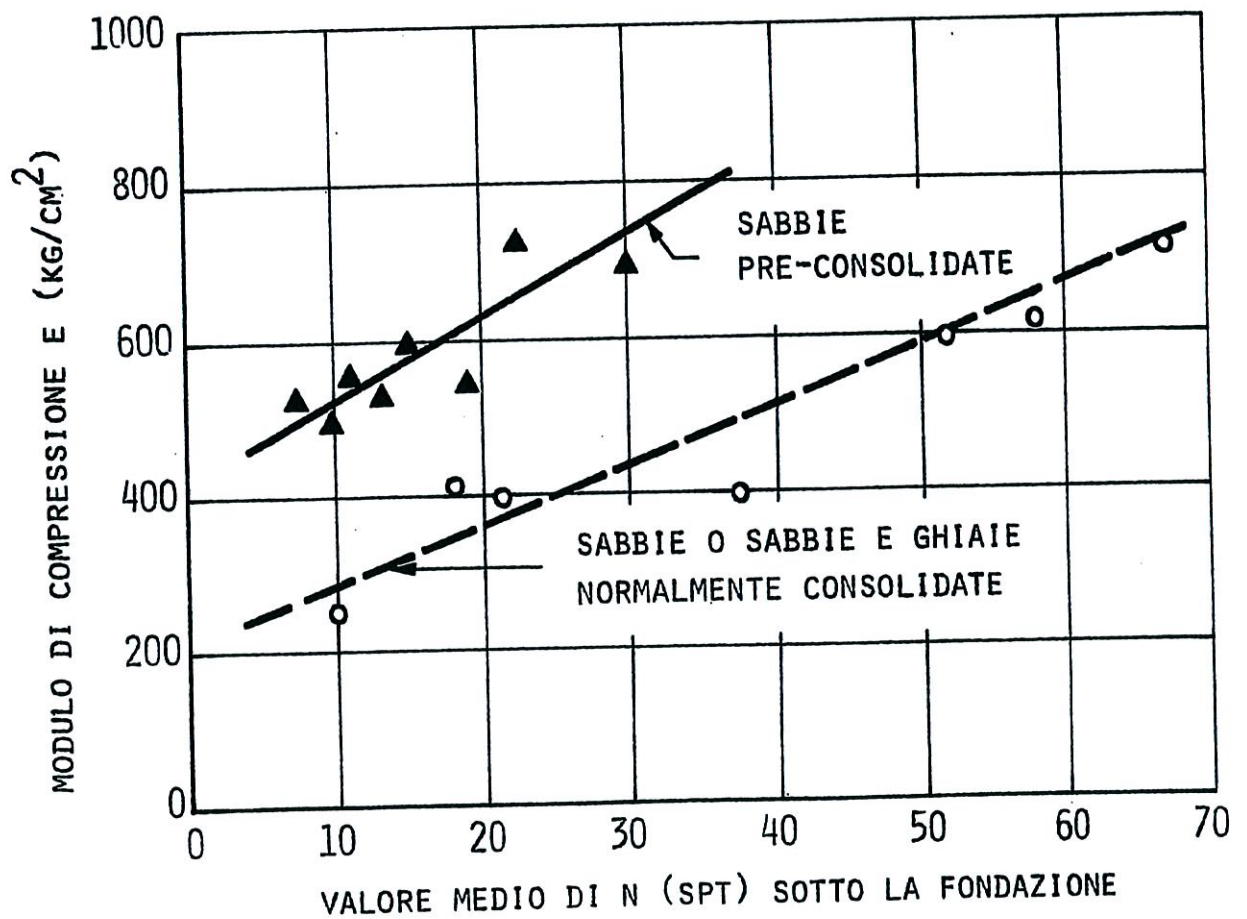
MATERIALI COERENTI

CORRELAZIONE TRA RESISTENZA DI PUNTA, N_{spt} E COESIONE NON DRENATA



STANDARD PENETRATION TEST

CORRELAZIONI COL MODULO DI COMPRESSIONE IN BASE AI
CEDIMENTI DI OPERE IN VERA GRANDEZZA
(D'APPOLONIA ET AL., 1970)



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



FOTO N.1 – Attrezzatura impiegata per l'esecuzione della prova penetrometrica Dinamica DPSH – Area F.lli Nigra, F.lli Renzi

TECNOSONDAGGI
DI BRUGIAPAGLIA CLAUDIO
VIA ABBADIA 39 – OSIMO 60027 – ANCONA
TEL/FAX 071 781840 – CELL. 335 6686573
P.I. 01511970426 – WWW.TECNOSONDAGGI.IT

Vs30 DM 14-01-2008
LOTTIZZAZIONE ST3 P 14
EX MULINO ALBANI
VIA PISACANE - COMUNE DI FANO (PU)

INDAGINE SISMICA MASW

Committente: F.Ili Nigra e F.Ili Renzi

OSIMO, settembre 2010

1 PREMESSA

Il giorno 23 settembre 2010, su committenza dei : F.lli Nigra e F.lli Renzi sotto la direzione tecnica del Dott. Geol. Stefano Boccarossa si sono eseguite n. 2 indagini geofisiche MASW per il calcolo del valore Vs30 secondo il DM 14/01/2008.

2 INDAGINE EFFETTUATA

Nel caso in esame si sono realizzati due stendimenti:

1. 24 geofoni a passo di 2.0 metri e energizzazione a -5.00 m e a +5.00 m dagli estremi (Geofono 1 e Geofono 24).
2. 24 geofoni a passo di 1.0 metri e energizzazione a -2.00 m e a +2.00 m dagli estremi (Geofono 1 e Geofono 24).

La strumentazione utilizzata è costituita da :

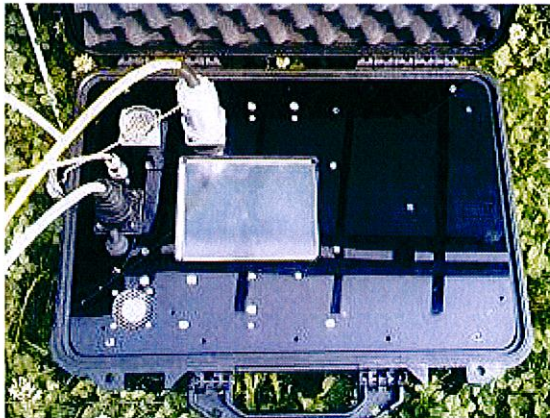
- un sismografo EEG BR24 24 canali
- 24 geofoni a 4.5Hz
- mazza da 5 Kg

3 CENNI TEORICI SULL'ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE SUPERFICIALI

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.



L'intero processo comprende tre passi successivi: L'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s .

Per ottenere un profilo V_s bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Reyleigh,

vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane.

Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni).



Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.

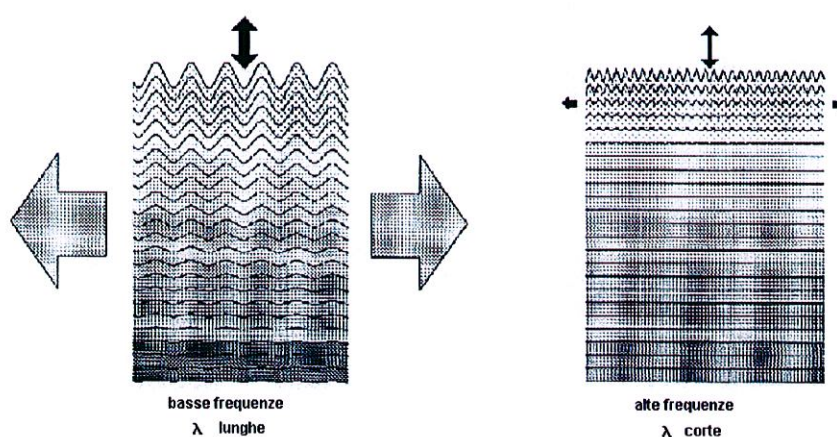
Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente.

Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza dipendentemente dalla distanza dalla sorgente. La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione. La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. Una volta scomposto il

sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza. La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili (x ; y), il cui legame costituisce la curva di dispersione. E' anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N. Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo V_s di inversione.

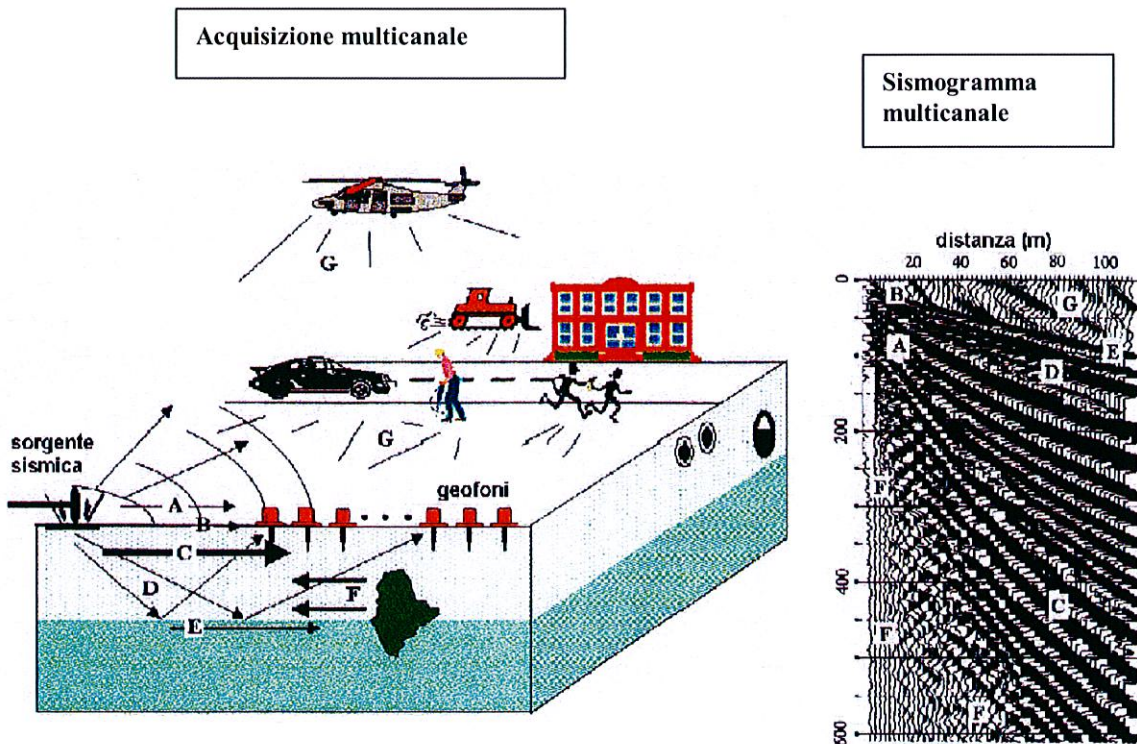
Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Però alcune regole operative per MASW sono incompatibili con l'ottimizzazione della riflessione. Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione. MASW può essere efficace con anche solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni singoli a bassa frequenza (<10Hz).



L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste

proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

VANTAGGI DELLA REGISTRAZIONE MULTICANALE

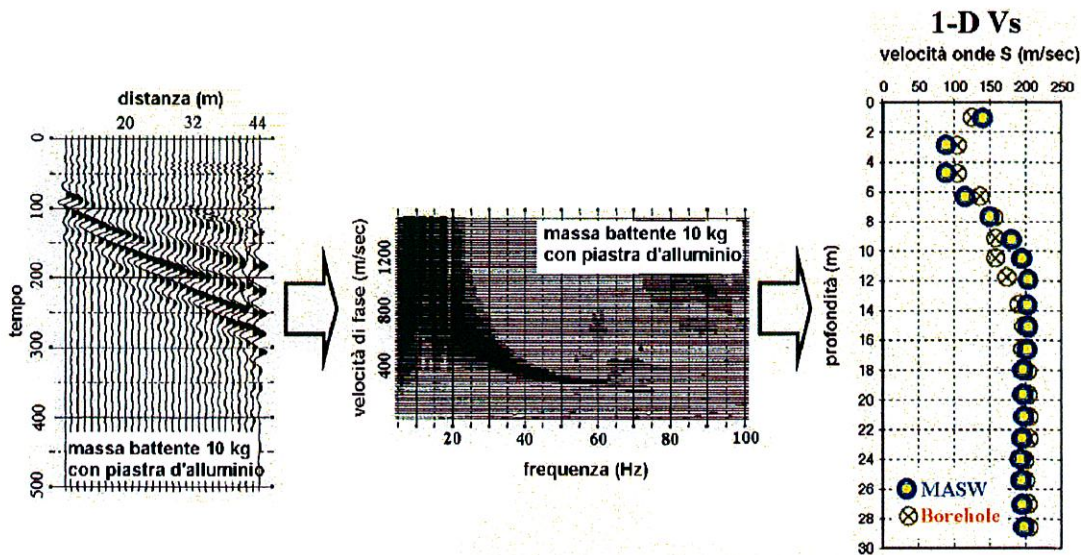


- A: onde in aria
- B: onde dirette
- C: onde di superficie
- D: onde riflesse
- E: onde rifratte
- F: onde riverberate
- G: rumore ambientale

Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti tipi di onde sismiche. Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno, tutte queste onde vengono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio

successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.

DESCRIZIONE GENERALE DELLA PROCEDURA MASW



La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- 1- acquisizione dei dati di campo;
- 2- estrazione della curva di dispersione;
- 3- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità

4 RISULTATI

In ALLEGATO sono riportati i risultati delle prove MASW.

Nel riquadro in alto a sinistra è riportata l'immagine di dispersione dell'energia sismica. Al di sotto è riportata l'estrazione della curva di dispersione eseguita sull'immagine precedente.

Ancora sotto sono riportati i grafici relativi al modello del terreno, sia sotto forma di stratificazione V_s (spezzata di colore blu) che di Modulo di Taglio (spezzata verde). Per il calcolo del modulo di taglio è stata usata una formula approssimata per la valutazione della densità, non nota. La formula utilizzata è la seguente:

$$\text{Densità} = 1,5 + V_s/1000$$

Poiché il valore del modulo di taglio G in MegaPascal si ottiene dalla formula

$$G = V_s \times V_s \times \text{Densità} / 10^3$$

è facile ricalcolare il modulo G esatto quando si disponesse di valori più precisi di densità.

Con una curva di colore rosso è stato tracciato il valore di V_s progressiva.

A destra è visibile il sismogramma mentre in basso è riportato il valore del parametro V_{s30} calcolato utilizzando la stratigrafia V_s e la formula

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

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i -esimo, per un total e di N strati presenti nei 30 m superiori.

Il sito verrà classificato sulla base del valore di V_{s30} come riportato nella seguente tabella:

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

Oltre a queste sono riconosciute ulteriori due categorie di suolo:

- S1 – Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($IP > 40$) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $VS30 < 100$ m/s ($10 < c_u < 20$ kPa).
- S2 – Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precede

La velocità calcolata è:

MASW 1

$V_{s30} = 633$ m/sec

MASW 2

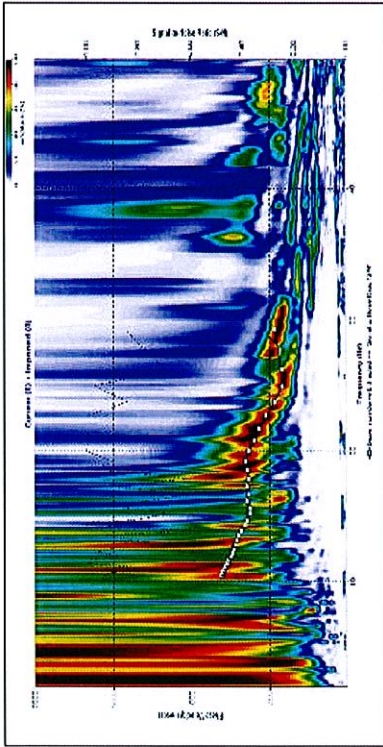
$V_{s30} = 565$ m/sec

PLANIMETRIA



-  Stendimento MASW 1
-  Stendimento MASW 2

INTERPRETAZIONE PROVA



LEGENDA

- + Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S
- Modulo di taglio (Mpascal)
- $V_s \times X$

Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula $D=1.5 + V_s/1000$

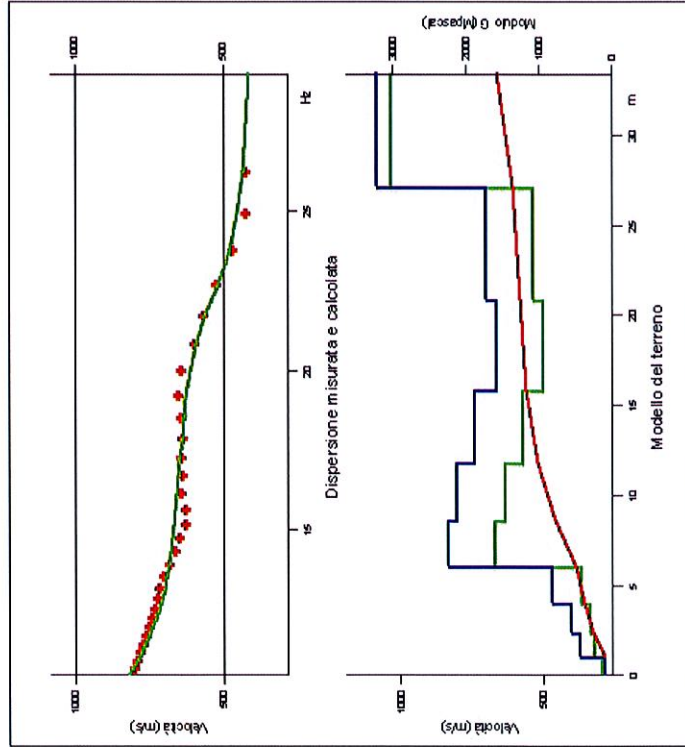


TABELLA DI CALCOLO

| Da Prof. | a Prof. | V_s | H/M | $V_s \times X$ | G |
|----------|---------|-------|-------|----------------|------|
| 0 | 1 | 282 | 0.037 | 282 | 141 |
| 1 | 2.4 | 372 | 0.035 | 325 | 258 |
| 2.4 | 4 | 400 | 0.041 | 362 | 304 |
| 4 | 6.1 | 467 | 0.044 | 394 | 400 |
| 6.1 | 8.6 | 532 | 0.031 | 468 | 1614 |
| 8.6 | 11.8 | 800 | 0.04 | 518 | 1472 |
| 11.8 | 15.8 | 742 | 0.054 | 600 | 1234 |
| 15.8 | 20.8 | 662 | 0.076 | 582 | 948 |
| 20.8 | 27.1 | 700 | 0.089 | 606 | 1078 |
| 27.1 | 33.3 | 1083 | 0.058 | 680 | 3031 |

VALORE CALCOLATO VS30 = 633 m/s

PROVA SISIMICA VS30

Via Pisacane - Fano

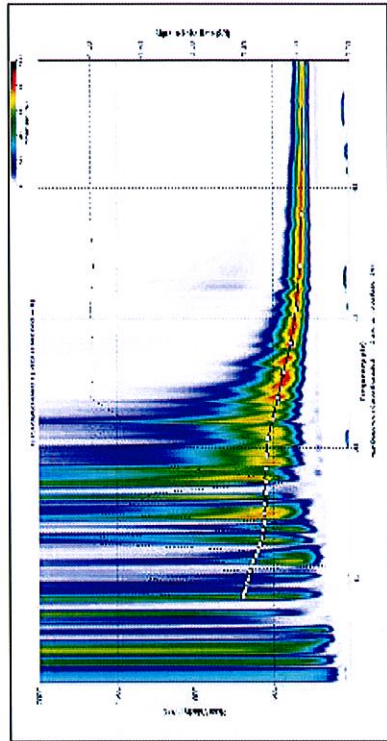
F.lli Nigra e F.lli Renzi - Ex mulino Albani 1

metodologia MASW

**VELOCITA' DELLE ONDE S
PROVA O1557**

Settembre 2010

EEG
S.p.A.



LEGENDA

- + Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S
- Modulo di taglio (Mpasca)
- VsX

Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è elaborata dalla formula $\rho = 1.5 + \sqrt{Vs/1000}$

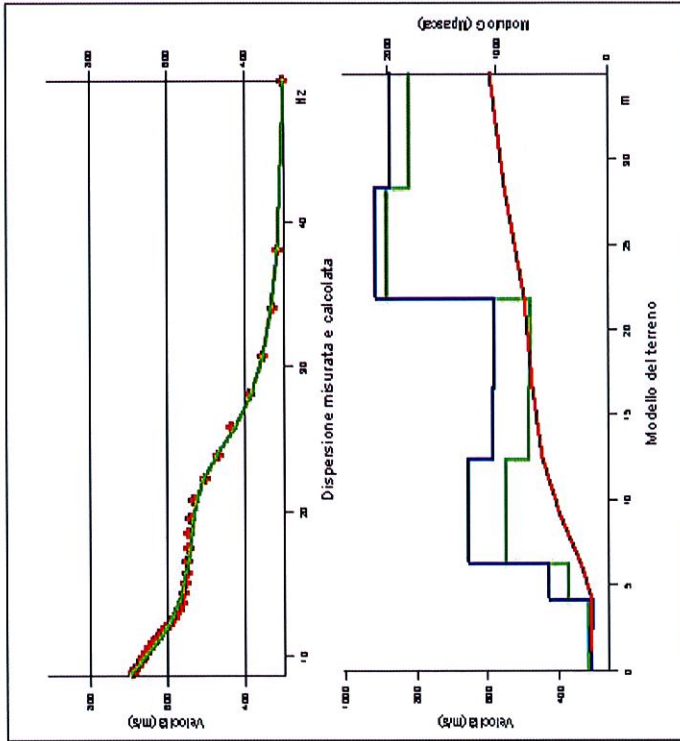


TABELLA DI CALCOLO

| Da Prof. | a Prof. | Vs | H/M | VsX | G |
|----------|---------|-----|------|-----|------|
| 0 | 1.1 | 311 | 0035 | 311 | 175 |
| 1.1 | 2.5 | 314 | 0044 | 312 | 178 |
| 2.5 | 4.2 | 308 | 0056 | 310 | 171 |
| 4.2 | 6.3 | 429 | 005 | 343 | 396 |
| 6.3 | 9 | 662 | 0041 | 369 | 914 |
| 9 | 12.4 | 663 | 0051 | 446 | 919 |
| 12.4 | 16.6 | 893 | 0072 | 474 | 708 |
| 16.6 | 21.8 | 877 | 0091 | 495 | 692 |
| 21.8 | 28.4 | 913 | 0072 | 564 | 2009 |
| 28.4 | 34.9 | 871 | 0075 | 594 | 1798 |

VALORE CALCOLATO VS30 = 565 m/s

| | |
|--|----------------|
| PROVA SISMICA VS30 | |
| Via Pisacane - Fano | |
| F.lli Nigra e F.lli Renzi - Ex mulino Albani 2 | |
| metodologia M ASW | |
| VELOCITA' DELLE ONDE S | |
| PROVA O1569 | |
| Att. 2 | Settembre 2010 |
| EEG S.p.A. | |