

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE

Dott. Geol. Luca SALCUNI

Via Mazzaccara 1 - 71036 Lucera (FG)

Tel./fax 0881 547108 – cell. 3498161003

P.IVA 03440580714

Pec: geologosalcuni@pec.it E-Mail: lucasalcuni@yahoo.it

Comune di
CANOSA di Puglia

PROVINCIA BAT



RELAZIONE GEOLOGICA ART.89 DPR 380/2001 RELAZIONE MODELLAZIONE SISMICA

PROGETTO

PIANO URBANISTICO ESECUTIVO

AMBITO PEREQUATIVO AP. AS/R 12

COMMITTENTE

**CIVITAS SRL
SINESI LEONARDA**

APEILE 2022



Studio di geologia Tecnica e Ambientale
Dott. Luca Salcuni

INDICE

1 PREMESSA	2
2 LOCALIZZAZIONE INTERVENTO	3
3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO	4
3.1 GEOLOGIA.....	4
3.2 GEOMORFOLOGIA	7
3.3 SISMICITÀ.....	8

1 PREMESSA

Nella presente relazione vengono riportati i risultati dello studio sismico compiuto sui terreni interessati dalla realizzazione di una lottizzazione in agro del comune di Canosa. A tal proposito lo scrivente **Dott. Luca Salcuni, Geologo**, iscritto all'**O.R.G. PUGLIA** con il **n. 649**, su incarico della committenza ha eseguito i necessari approfondimenti ed ha redatto la presente relazione volta alla definizione del quadro sismico del substrato geologico funzionale e di ausilio alla più congrua valutazione ingegneristica e tecnica degli elementi oggetto di intervento.

Si sono così effettuati diversi sopralluoghi nella zona di interesse ed è stato portato a termine il seguente piano di lavoro:

1. ricerca di studi e pubblicazioni di carattere geologico effettuati sull'area di studio comprensivi di tutto quanto già precedentemente prodotto per conto della committenza da altri professionisti;
2. rilevamento geologico e geomorfologico di un'area sufficientemente ampia e della zona specificatamente interessata dalla struttura oggetto di studio con particolare riferimento alle condizioni delle cavità ipogee presenti nel substrato geologico;
3. realizzazione di uno stendimento sismico di superficie con elaborazione dei dati con tecnica MASW per la definizione sperimentale del parametro $V_{s,eq}$ e conseguente caratterizzazione sismica della categoria di suolo;

Il lavoro svolto è stato reso in ossequio alla legislazione di settore applicabile ed alle indicazioni programmatiche e tecniche, oltre che alle norme cogenti, contenute nei seguenti provvedimenti:

Decreto 17 gennaio 2018	Aggiornamento delle “ Norme tecniche per le costruzioni ”
Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 C.S.LL.PP.	Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008
Decreto 14 gennaio 2008	Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni
Ordinanza P.C.M. n. 3274 20/03/03 e s.m. e i.	"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica
Circ. Min. LL. PP. n. 30483 del 24/09/1988	“Norme di attuazione del D.M. 11.03.1988”;
DM LL.PP. 11/03/88	"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", G.U. 01/06/88, n.127 Suppl.
NTA del PAI –Puglia del 30/11/05	Norme Tecniche di attuazione del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Puglia
NTA PUG –Canosa di Puglia del 02/09/2013	Norme Tecniche di attuazione del Piano Urbanistico Generale del Comune di Canosa di Puglia

2 LOCALIZZAZIONE INTERVENTO

Il comune di Canosa di Puglia (fig.1) confina con i comuni di Cerignola (Fg), San Ferdinando di Puglia, Minervino Murge, Andria, Barletta e Lavello (Pz); esso si estende per una superficie complessiva di circa 150 Km² con delle quote topografiche molto variabili e in genere comprese tra 100 e 200 m.s.l.m.

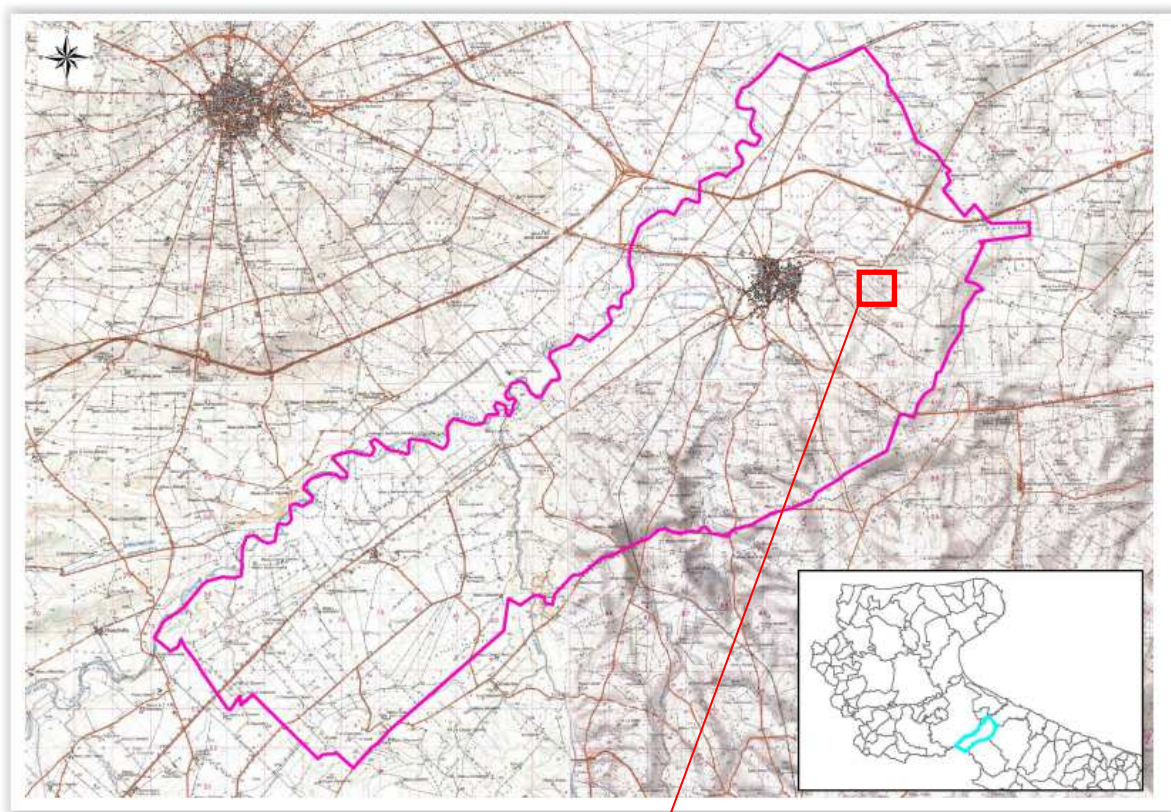



Fig. 1 – Localizzazione geografica
del comune di Canosa di Puglia e area di
intervento 



3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

3.1 GEOLOGIA

Il territorio comunale di Canosa di Puglia si estende lungo il bordo settentrionale delle Murge, in corrispondenza del confine tra il dominio geologico dell'Avampaese apulo con la Fossa bradanica.

Una zona di cerniera tra i due domini paleogeografici che li separa attraverso una struttura tettonica a gradinata rapidamente digradante al di sotto dei depositi Plio-Pleistocenici della Fossa Bradanica segnata dal Fiume Ofanto.

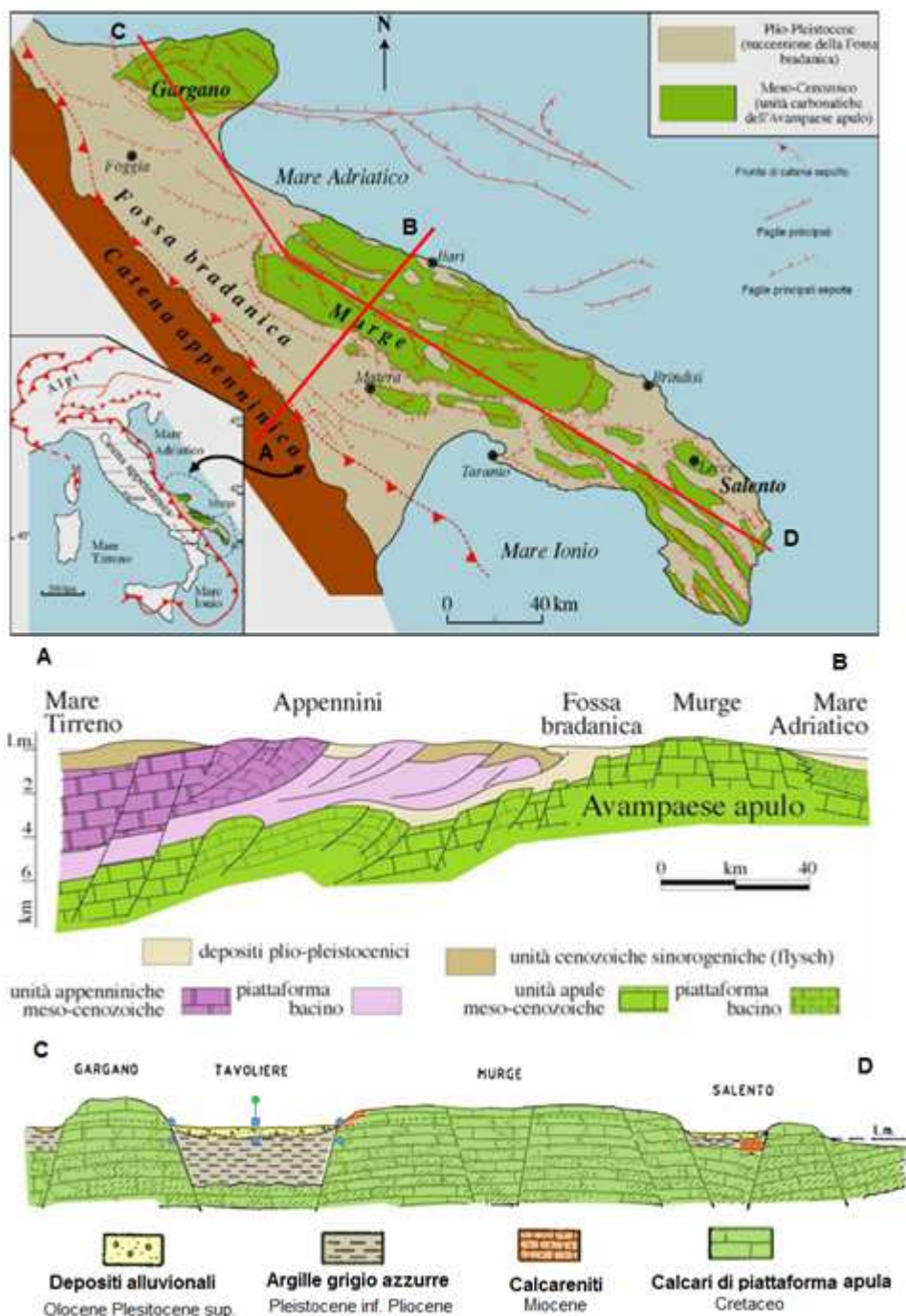


Figura 2 Schema dei domini geodinamici

Con riferimento alla Carta geologica del Foglio 176 “Barletta” Ad un substrato carbonatico mesozoico non affiorante (Calcare di Bari), segue in trasgressione una estesa copertura di calcareniti pliopleistoceniche (Calcarenite di Gravina), di spessore massimo non superiore ai 50 m, che si dispongono a quote via via decrescenti, a ridosso della scarpata murgiana, nel settore più occidentale.

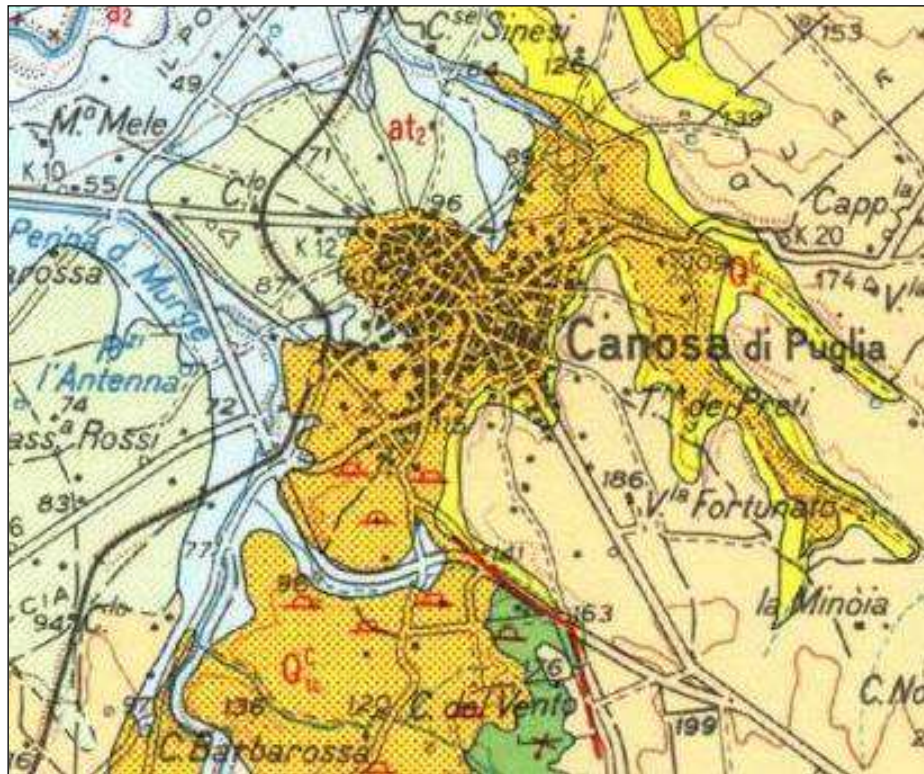
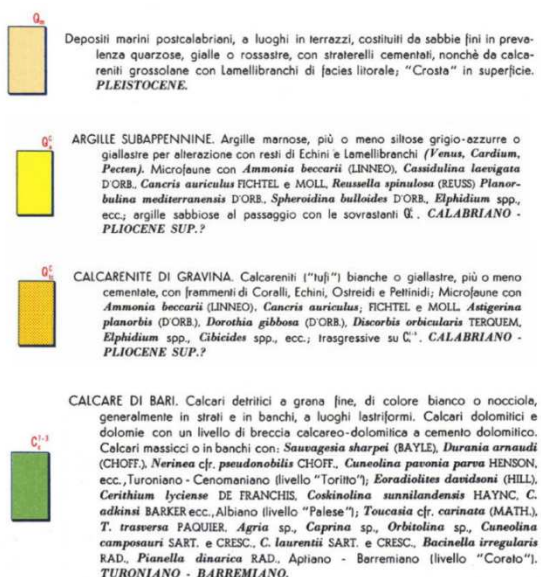


Figura 3 Stralcio Carta geologica F. 176 Barletta



Così il substrato geologico dell'area urbana del comune di Canosa di Puglia è costituita essenzialmente dalla formazione delle **Calcareniti di Gravina**.

Q^c_{tc} - Calcareniti di Gravina

Date da calcareniti bianche o giallastre (Calabriano-Pliocene sup.) il cui spessore raggiunge valori massimi di circa 50 m. Si tratta di calcareniti e a luoghi di bioclastiti biancastre o giallastre, di ambiente litorale, generalmente prive di stratificazione; solo in alcuni affioramenti (ad es. negli immediati dintorni di Canosa di Puglia) la parte superiore della formazione appare clinostratificata. L'appoggio sul Calcare di Bari è segnato in genere da un livello di conglomerato con elementi provenienti dallo stesso Calcare; tale conglomerato, che a luoghi può anche mancare, è scarsamente cementato da una matrice calcarenitica. La Formazione appare in più punti riccamente fossilifera; si riconoscono in essa due livelli a macrofossili, uno in prossimità della base (a Ostreidi, in prevalenza) e uno al contatto con le soprastanti Argille subappennine (a Pectinidi, Terebratulidi, Coralli, ecc.); nidi di macrofossili (a Ostreidi, Pettinidi, Echinidi, ecc.) sono anche presenti qua e là nel corpo della formazione stessa.

La formazione ha comunque la medesima posizione stratigrafica ed è pressoché in continuità con le calcareniti affioranti a Gravina Foglio 188 "Gravina di Puglia"

Sulle Calcareniti di Gravina seguono in continuità stratigrafica i depositi argillosi delle **Argille Subappennine** e sabbiosi **Sabbie di Monte Marano** del pleistocene inferiore. In trasgressione sulle varie formazioni succitate, si rinvencono infine le sabbie dei **Depositi marini terrazzati del Pleistocene**.

Localmente affiorano ancora lembi di coperture più recenti rappresentate da depositi alluvionali terrazzati e recenti ascrivibili al periodo compreso tra il Pleistocene superiore e l'Olocene.

Nell'abitato di Canosa e nelle aree circostanti, gli affioramenti calcarenitici a grana medio-grossolana, di tipo grainstone o packstone, mostrano clinostratificazione ad assetto progradante e poggiano, tramite una netta superficie di erosione, su calcareniti fini bioturbate a stratificazione indistinta e tessitura packstone.

In generale si tratta di rocce "tenere" costituite per la quasi totalità da carbonati con un colore variabile dal bianco al giallino meglio note localmente con il nome improprio di "tufi". Si tratta di rocce che si lasciano facilmente tagliare e squadrare in conci parallelepipedi che hanno trovato e trovano larga utilizzazione nel campo dell'ingegneria civile.

Tradizionalmente la coltivazione della calcarenite, sovente localizzata in sotterraneo, avveniva in pieno centro della città, per ricavare conci utili alla costruzione di edifici, in alcuni casi realizzati proprio in corrispondenza dell'ipogeo prodotto. Al termine delle attività di estrazione, all'inizio del secolo scorso, alcune delle cavità sotterranee sono state utilizzate per la conservazione di vino, olio e derrate alimentari. L'estrazione della calcarenite in cave sotterranee, era agevolata dalla realizzazione di cunicoli a varie profondità: le cavità più

superficiali (5-6 m di profondità) erano destinate alla costruzione dell'abitazione sovrastante ed erano "a conduzione familiare"; al contrario, gallerie poste a 15-20 m di profondità erano riservate ad attività estrattive più intense e ad uso edilizio e commerciale (Cherubini & Pagliarulo, 2006).

Per le loro proprietà petro-fisiche e meccaniche tali rocce sono classificabili come "soft" rock (sensu Andriani & Walsh, 2010). Le aree di affioramento più significative si riscontrano nel settore più depresso del centro abitato, lungo le incisioni naturali e nell'area più a S-SW, laddove si è sviluppata nel tempo una intensa attività estrattiva.

3.2 GEOMORFOLOGIA

Da un punto di vista morfologico, il territorio comunale si sviluppa ad una quota di circa 150 m sul livello medio del mare e si eleva al contempo di circa 110 m rispetto alla piana alluvionale dell'Ofanto, dal cui alveo il centro abitato dista quasi 3 km.

Nel complesso la morfologia dell'agro di Canosa si presenta dolce e poco accidentata anche se sono da evidenziare le rotture di pendio che si riscontrano a sud e sud-est della città.

I rilievi presenti digradano in direzione della piana del fiume Ofanto a cui si raccordano attraverso una serie di spianate poste a quote decrescenti che rappresentano vecchi terrazzi alluvionali orientati parallelamente al letto del suddetto corso d'acqua. Presenti, anche, estese aree sub-pianeggianti corrispondenti a ripiani di antichi terrazzi marini che digradano debolmente verso l'attuale linea di costa, posta a nord est, a circa 20 km dal territorio comunale.

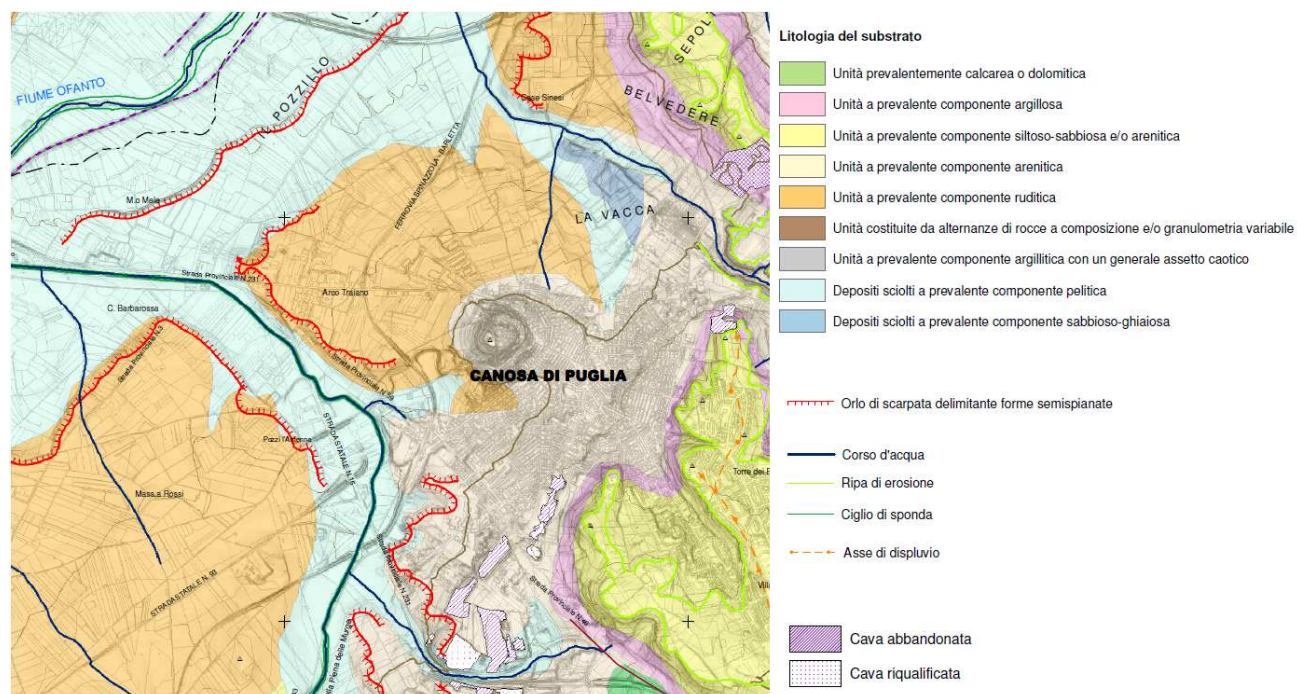


Figura 4 Stralcio carta Idrogeomorfologica AdB Regione Puglia

Con riferimento alla Carta Idrogeomorfologica dell'AdB per l'area di interesse non sussistono elementi di particolare rilievo.

3.3 SISMICITÀ

La Puglia è interessata da una sismicità di sicuro rilievo nell'area del massiccio del Gargano, nel Tavoliere e nei Monti della Daunia, dove si sono verificati alcuni terremoti di forte intensità con gravi danni e numerose vittime, come in occasione della scossa del 30 luglio 1627 e del 30 marzo 1731.

Il territorio Pugliese risente, inoltre, degli effetti dei centri sismici del mateo, del beneventano e dell'irpinia, aree nelle quali si sono verificati alcuni dei maggiori terremoti della storia sismica italiana. Essa è altresì interessata anche dal risentimento degli eventi sismici con epicentro nella regione ellenica del Mar Egeo.

La storia sismica del territorio di Canosa di Puglia, a partire dall'anno mille ad oggi, la si può riassumere consultando il data base delle osservazioni macrosismiche utilizzate per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani che riporta complessivamente 49 eventi sismici.

Di questi ben 24 risultano avere una intensità di sito superiore a 4° MCS con 12 eventi la cui intensità di sito è risultata superiore a 7° MCS (*Int., in gradi secondo la scala Mercalli-Cancani-Siedberg, MCS*)

(<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>)

Canosa di Puglia

PlaceID IT_62310
 Coordinate (lat, lon) 41.223, 16.067
 Comune (ISTAT 2015) Canosa di Puglia
 Provincia Barletta-Andria-Trani
 Regione Puglia
 Numero di eventi riportati 49

Effetti

Int. = intensità di sito in MCS;

NMDP = numero di osservazioni;

Io = intensità massima in MCS;

Mw = magnitudo
 (Zona Epicentro)

Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io Mw
8	🔗	1361	07	17	17	15	Subappennino dauno	2	9 6.03
9	🔗	1456	12	05			Appennino centro-meridionale	199	11 7.19
8	🔗	1627	07	30	10	50	Capitanata	64	10 6.66
10	🔗	1646	05	31			Gargano	35	10 6.72
7	🔗	1694	09	08	11	40	Irpinia-Basilicata	251	10 6.73
8-9	🔗	1731	03	20	03		Tavoliere delle Puglie	49	9 6.33
7-8	🔗	1731	10	17	11		Tavoliere delle Puglie	6	6-7 4.86
8	🔗	1743	02	20			Ionio settentrionale	84	9 6.68
7-8	🔗	1851	08	14	13	20	Vulture	103	10 6.52
5-6	🔗	1856	05	12	01	45	Barese	5	5-6 4.40
8	🔗	1857	12	16	21	15	Basilicata	340	11 7.12
4-5	🔗	1889	12	08			Gargano	122	7 5.47
5	🔗	1905	09	08	01	43	Calabria centrale	895	10-11 6.95
7	🔗	1930	07	23	00	08	Irpinia	547	10 6.67
4-5	🔗	1931	12	03	09	32	Tavoliere delle Puglie	12	6 4.59
6	🔗	1948	08	18	21	12 20	Gargano	58	7-8 5.55
7	🔗	1956	09	22	03	19 39	Gargano	57	6 4.64
5-6	🔗	1962	08	21	18	19	Irpinia	562	9 6.15
6	🔗	1980	11	23	18	34 52	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.81
5-6	🔗	1990	05	05	07	21 2	Potentino	1375	5.77
5	🔗	1991	05	26	12	25 5	Potentino	597	7 5.08
5-6	🔗	1995	09	30	10	14 3	Gargano	145	6 5.15
2-3	🔗	1996	04	03	13	04 3	Irpinia	557	6 4.90
4	🔗	1998	04	07	21	36 0	Valle dell'Ofanto	45	5 4.31

Tabella. Storia degli eventi sismici di maggior intensità al sito per il Comune di Canosa

Dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani.

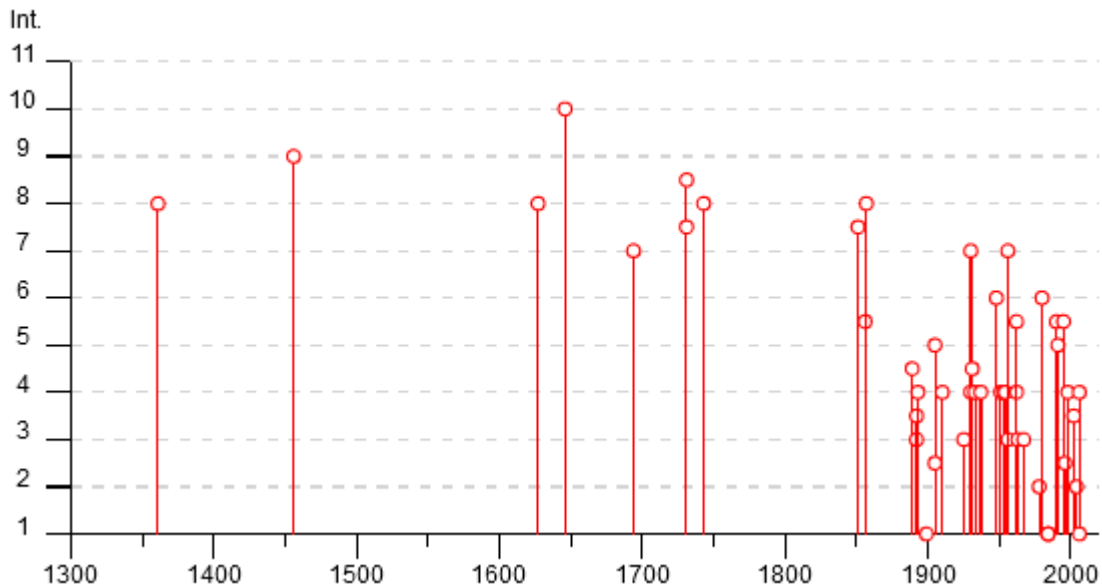


Figura 5 - Grafico delle intensità di sito (Int.) risentite nel comune di Canosa

Il valore max di 10° è fatto registrare nel 1646 e per esso non si hanno notizie cronachistiche.

Ad ogni modo a titolo esemplificativo il catalogo dei Forti Terremoti in Italia [CFTI⁵ med <http://storing.ingv.it/cfti/cfti5/locality.php?062310.00IT#>] riporta per Canosa i seguenti effetti sul contesto antropico relativamente ai seguenti eventi:

terremoto del 20 marzo 1731

Si registrano nel foggiano 3600 vittime, di cui più di 500 a Foggia, 18 a Manfredonia e Tressanti, 7 a Cerignola, 3 a Molfetta, alcune a Canosa di Puglia. Sempre a Canosa il terremoto fu rovinoso e causò crolli parziali e lesioni gravi in gran parte degli edifici; in seguito alla scossa morirono alcune persone.

terremoto del 14 agosto 1851

Il terremoto causò danni agli edifici: furono danneggiate gravemente 376 case, la cattedrale, l'arco di Diomede; la chiesa di S.Francesco con l'annesso monastero, la caserma, il municipio e l'orologio pubblico; fu lesionato anche il castello.

terremoto del 23 luglio 1930

Il censimento ISTAT del 1931 riporta che il paese aveva una popolazione di 27.341 abitanti. La scossa causò 1 ferito e lesioni in molti fabbricati: il Municipio riportò lesioni nei muri delle scale d'accesso al primo piano e nelle volte dei locali del lato nord; l'ufficio postale fu gravemente danneggiato al piano terra e al primo piano; la chiesa di San Francesco riportò gravi lesioni in senso longitudinale nella volta di copertura; la chiesa di San Sabino fu lesa nelle navate laterali, la torre campanaria della chiesa del Carmine, che ebbe lesioni leggere, risultò pericolante; la chiesa del Purgatorio riportò gravi lesioni lungo la volta di copertura a botte, l'ufficio del Registro e il Carcere mandamentale e la caserma dei carabinieri furono danneggiati in vari punti; la sezione del lato sud del palazzo della Pretura subì gravi lesioni nei pié dritti e nelle volte di

copertura per cui fu sgomberata e dichiarata inagibile; il fabbricato dell'ex asilo infantile fu fortemente danneggiato (2, 3). Crollarono dei comignoli, dei cornicioni e qualche volta .

Dovettero essere puntellate quasi 300 abitazioni (il 4,2% dell'intero abitato); 225 (3,2%) necessitarono di piccole riparazioni; 198 (2,8%) di riparazioni più estese; 135 (1,9%) divennero inagibili (2, 7, 8, 9, 10, 4, 11, 12). Secondo altre fonti si ebbero 110 case pericolanti, 90 da puntellare, 100 più leggermente lesionate.

terremoto del 18 agosto 1948

La scossa del 18 agosto (ore 21:12 GMT) fu sentita fortemente da tutta la popolazione e causò leggere lesioni negli edifici; alcuni secondi prima del terremoto ci fu un'interruzione della corrente elettrica che tornò regolare qualche minuto dopo (1, 2, 3). Il comune fu inserito nell'elenco delle località danneggiate a cui erano applicabili le disposizioni della legge 14 febbraio 1949, n.39.

terremoto del 23 novembre 1980

Il terremoto causò la caduta di alcuni cornicioni.

I terremoti sopra menzionati sono stati ricondotti nella letteratura perlopiù alle zone sismogenetiche 927 e 924 della zonazione sismogenetica ZS9 di Meletti & Valensise (2004).

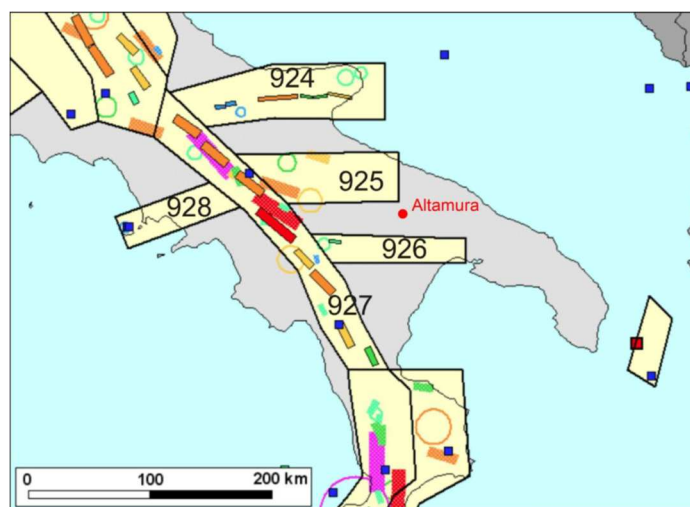


Figura 6 – Zonazione sismo genetica ZS9 Meletti & Valensise (2004).

Ciò evidenziato, il progresso delle conoscenze realizzatosi nel corso degli ultimi decenni ha portato ad una complessiva revisione critica dei concetti legati alla pericolosità ed al rischio sismico, da cui è scaturita la nuova normativa tecnica vigente.

Tutto ciò evidenziato il territorio del comune di Canosa di Puglia secondo la nuova classificazione sismica (O.P.C.M. 20.03.2003 e succ. mod. ed integr.) ricade in Zona 2, con un'accelerazione orizzontale massima convenzionale (a_g), su suolo di categoria A, di 0,25 g. come si evince dalla tabella.

Zona	Intervallo di pertinenza della PGA (10% in 50 anni)	Ag max
1	$0,25 < a_g \leq 0,35 g$	$0,35 g$
2	$0,15 < a_g \leq 0,25 g$	$0,25 g$
3	$0,05 < a_g \leq 0,15 g$	$0,15 g$
4	$\leq 0,05 g$	$0,05 g$

Dove:

- PGA (g)=accelerazione orizzontale di picco del terreno (estimatore dello scuotimento alle alte frequenze), valore atteso con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 457 anni).
- $g=981 \text{ cm/sec}^2$ (accelerazione di gravità).

Le recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (2018) e l'OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519 superano il concetto della classificazione del territorio in zone, impongono nuovi e precisi criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere e nell'adeguamento di quelle esistenti, valutata mediante una **analisi della risposta sismica locale** (*Zonazione Sismica*).

In assenza di queste analisi, *la stima "semplificata"* dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle **"categorie di sottosuolo"** di riferimento e della definizione di una **"pericolosità di base"** fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di **ag** e dei principali **"parametri spettrali"** riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima F_0 e periodo di inizio del tratto a velocità costante T_{C^*}).

Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica sono ricavabili attraverso la consultazione di un foglio di calcolo, reso disponibile dal Ministero dei LL. PP., che permette di calcolare agevolmente i parametri sismici richiesti dalle NTC in base al Comune o, in maniera più precisa, alle coordinate geografiche dell'opera da realizzare.

L'**identificazione della categoria del sottosuolo** è basata sulla descrizione stratigrafica e sui valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s rilevata attraverso specifiche indagini geofisiche che consentono di determinare sperimentalmente i valori della Velocità equivalente $V_{S,eq}$ definita mediante la media armonica dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1] \text{ delle NTC 2018}$$

con:

hi spessore dell'*i*-esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

La velocità equivalente è ottenuta imponendo l'equivalenza tra i tempi di arrivo delle onde di taglio in un terreno omogeneo equivalente, di spessore pari ad H dove H è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido caratterizzato da valori di V_s non inferiori ad 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$ ottenuto ponendo $H = 30$ m nell'equazione [3. 2.1] e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Circa la categoria di sottosuolo, l'indagine sismica effettuata ha consentito di ricavare valori di VS_{30} sperimentali che ci permettono di attribuire, ai sensi dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 e succ. mod. e int. e delle NTC 2018, i suoli indagati alla **categoria B** ($360 \text{ m/s} < VS_{30} < 800 \text{ m/s}$).

B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).

Tale dato trova conferma nelle indagini geofisiche condotte per la realizzazione del PUG, che hanno portato ad una distinzione cartografica delle categorie sismiche di suolo che, per l'area di interesse risulta A e B.

Pertanto, con riferimento al D.M. 17/01/2018 NTC, atteso che le azioni sismiche di progetto e gli spettri di risposta rappresentativi della componente delle azioni sismiche possono essere definite considerando che il terreno di fondazione è classificabile come **Categoria B**.

Per le verifiche ingegneristiche tale elemento andrà tenuto in debita considerazione così come da Normativa Tecnica.

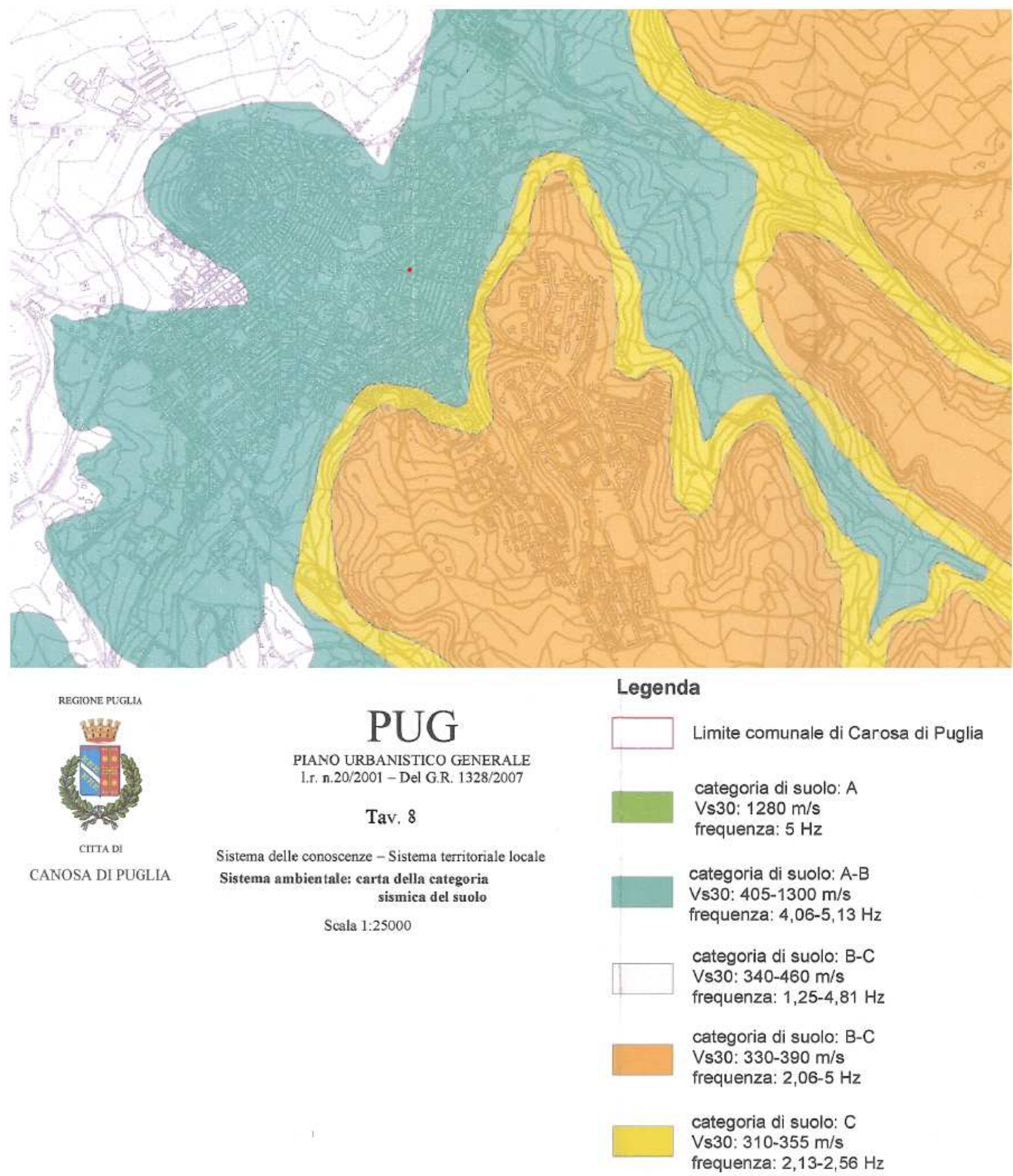


Figura 7 – Zonazione categorie di suolo dal PUG di Canosa

REPORT SISMICO

Easy MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – "R"

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (onde P, onde S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

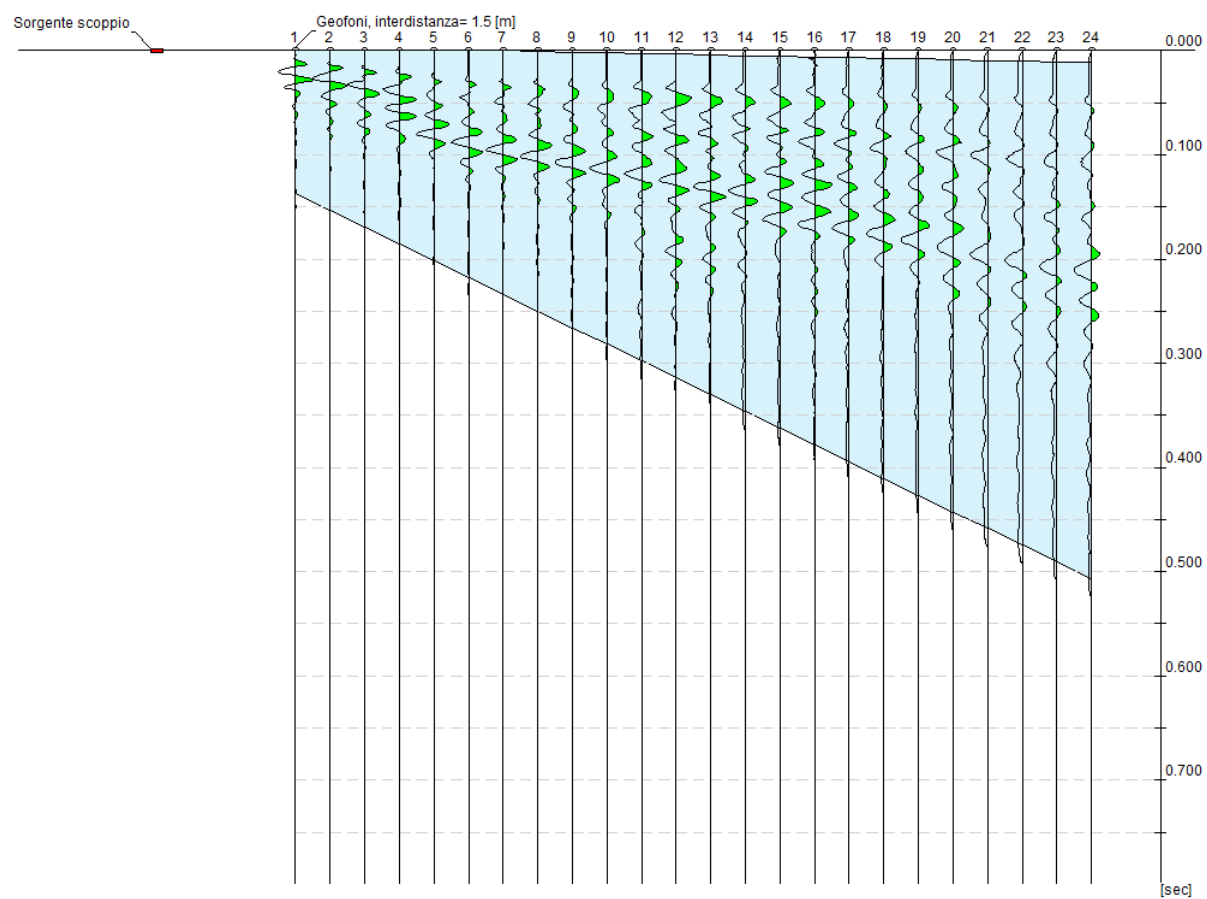
Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

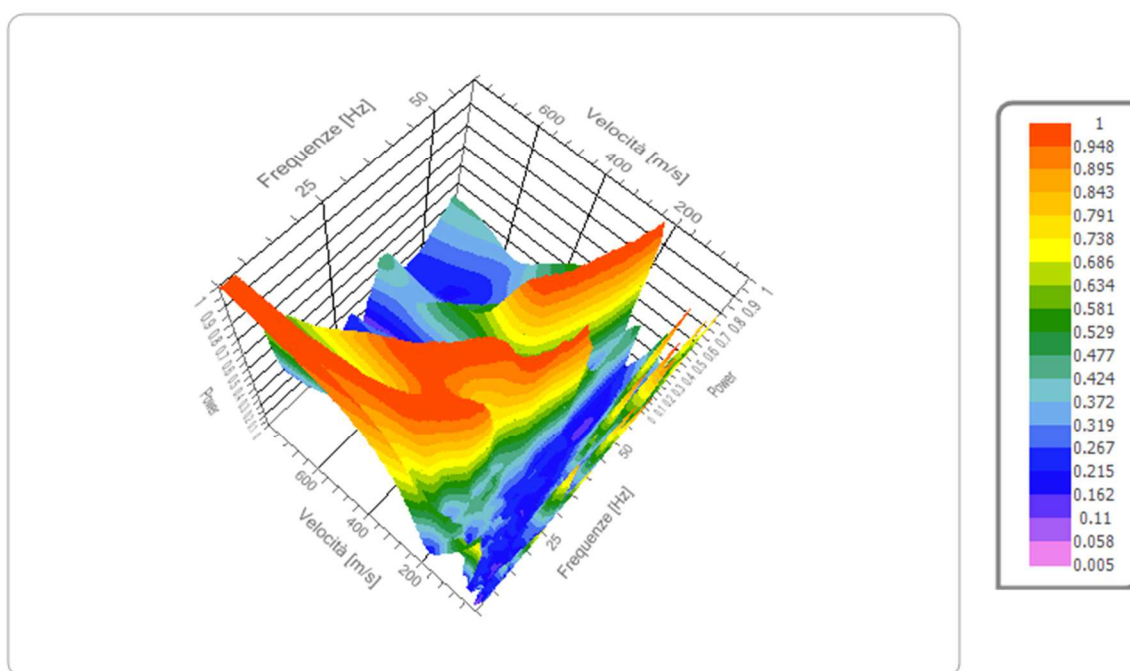
Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione	800.0
[msec]	
Interdistanza geofoni [m]	1.5
Periodo di	1.00
campionamento [msec]	

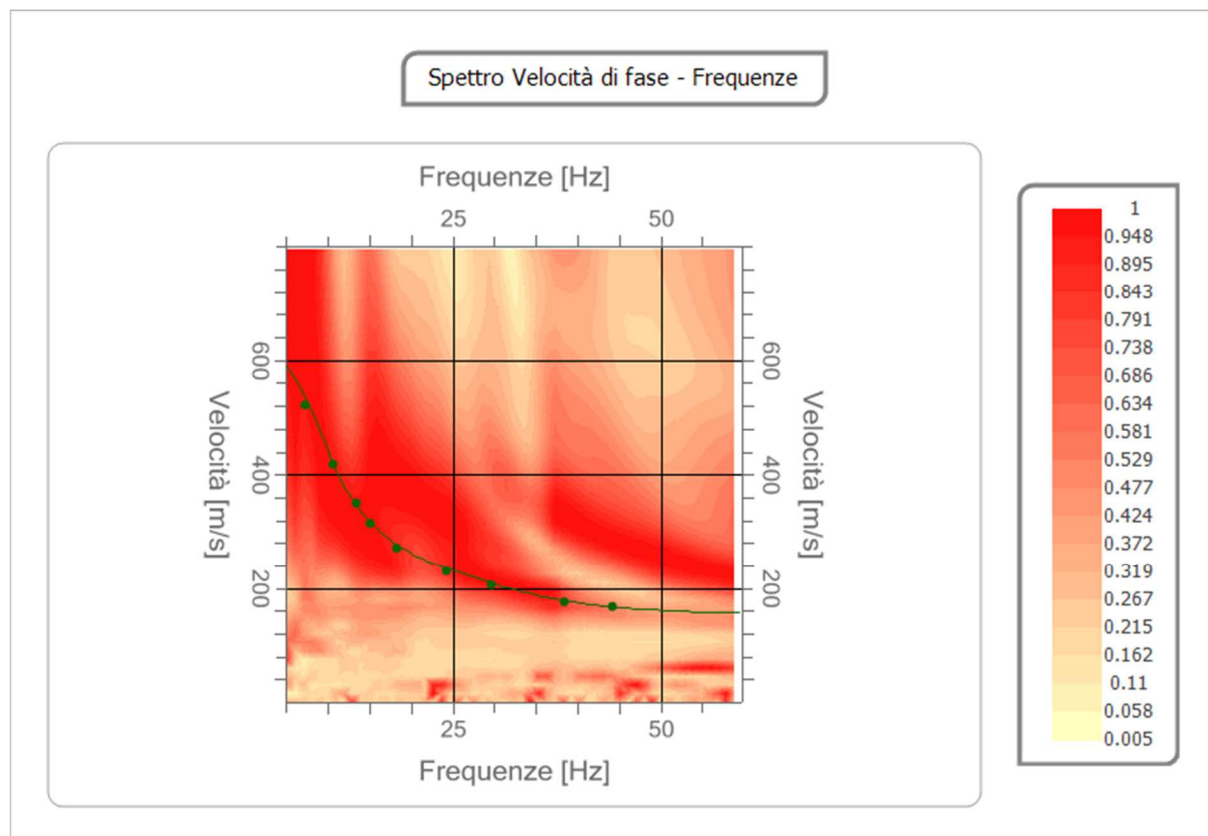


Analisi spettrale

**Frequenza minima di
elaborazione [Hz]** 5
**Frequenza massima di
elaborazione [Hz]** 60
**Velocità minima di
elaborazione [m/sec]** 1
**Velocità massima di
elaborazione [m/sec]** 800
**Intervallo velocità
[m/sec]** 1

Spettro Velocità di fase - Frequenze**Curva di dispersione**

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	7.2	522.0	0
2	10.6	419.5	0
3	13.4	349.3	0
4	15.0	314.2	0
5	18.2	270.3	0
6	24.2	229.3	0
7	29.6	205.9	0
8	38.5	176.6	0
9	44.3	167.8	0



Inversione

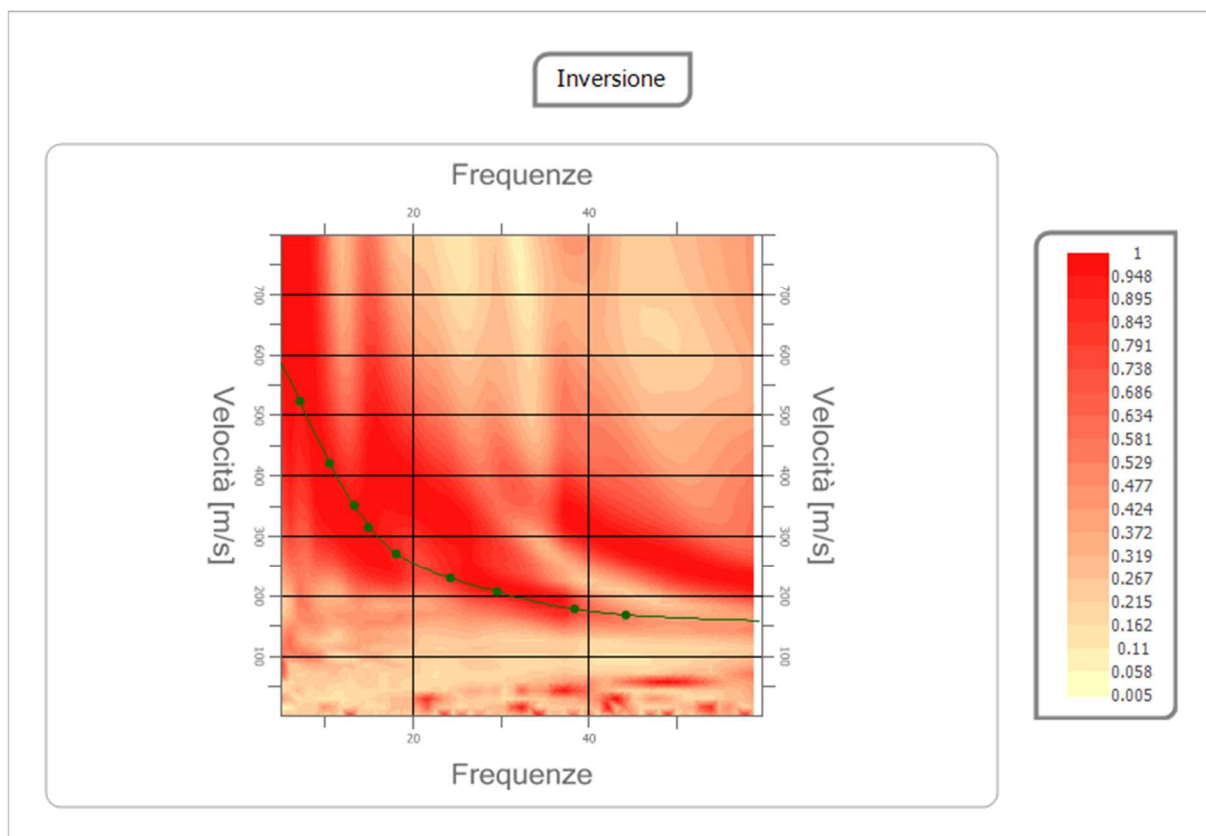
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficient e Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	Sismostrat o n.1	2.06	2.06	1800.0	0.30	No	310.1	165.8
2	Sismostrat o n.2	4.64	2.59	1900.0	0.35	No	570.6	274.1
3	Sismostrat o n.3	6.33	1.69	1950.0	0.35	No	598.2	287.3
4	Sismostrat o n.4	7.61	1.27	2000.0	0.35	No	668.6	321.2
5	Sismostrat o n.5	9.12	1.52	2050.0	0.35	No	828.0	397.8
6	Sismostrat o n.6	13.27	4.15	2100.0	0.35	No	920.0	442.0
7	Sismostrat o n.7	19.15	5.88	2150.0	0.35	No	1052.2	505.5
8	Sismostrat o n.8	26.54	7.38	2200.0	0.35	No	1257.4	604.0
9	Sismostrat o n.9	34.75	8.22	2200.0	0.35	No	1355.5	651.2
10	Sismostrat o n.10	oo	oo	2200.0	0.35	No	1502.7	721.9

Percentuale di errore

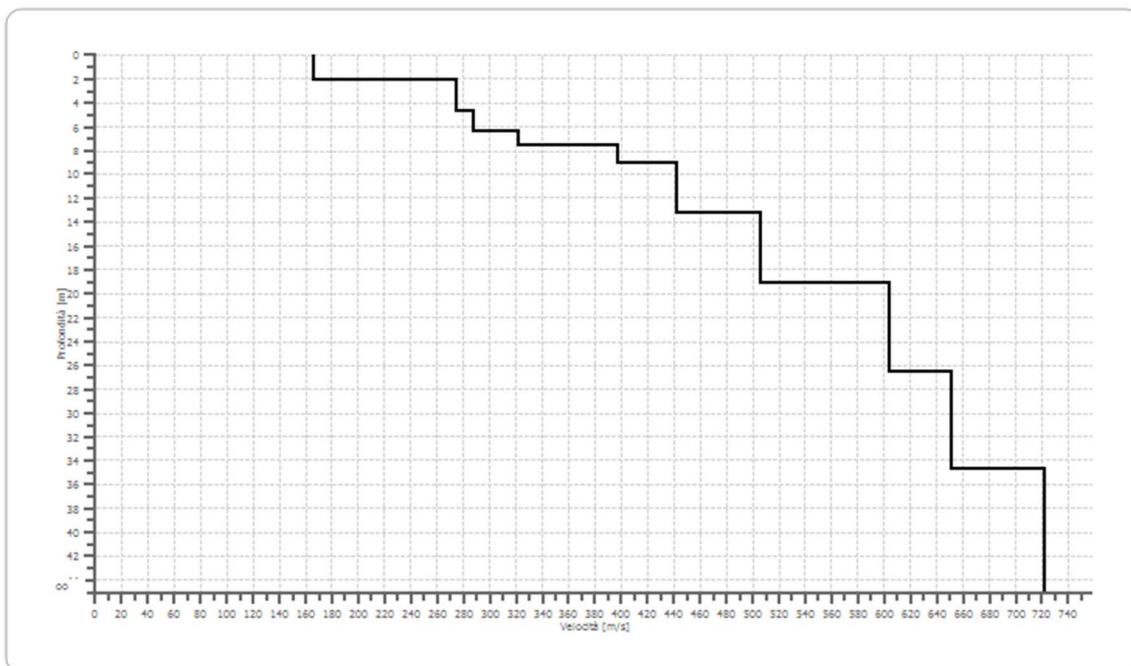
0.000 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.002



Profilo di velocità



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	407.02
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	2.06	2.06	165.76	310.10	1800.00	0.30	49.46	173.10	107.16	128.59	N/A	295.98
2	4.64	2.59	274.13	570.64	1900.00	0.35	142.78	618.70	428.33	385.50	N/A	3707.98
3	6.33	1.69	287.34	598.15	1950.00	0.35	161.00	697.69	483.01	434.71	N/A	4697.87
4	7.61	1.27	321.18	668.60	2000.00	0.35	206.32	894.04	618.95	557.06	N/A	N/A
5	9.12	1.52	397.76	828.01	2050.00	0.35	324.34	1405.48	973.02	875.72	N/A	N/A
6	13.27	4.15	441.96	920.01	2100.00	0.35	410.18	1777.47	1230.55	1107.50	N/A	N/A
7	19.15	5.88	505.48	1052.24	2150.00	0.35	549.35	2380.51	1648.05	1483.24	N/A	N/A
8	26.54	7.38	604.01	1257.35	2200.00	0.35	802.63	3478.06	2407.89	2167.10	N/A	N/A
9	34.75	8.22	651.18	1355.54	2200.00	0.35	932.88	4042.50	2798.65	2518.79	N/A	N/A
10	oo	oo	721.86	1502.66	2200.00	0.35	1146.37	4967.59	3439.10	3095.19	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

Tanto dovevasi per quanto di competenza.

Lucera, Aprile 2022


 STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE
 Dott. Luca Salcuni



ALEGATI FOTOGRAFICI MASW ESEGUITA



ALEGATI FOTOGRAFICI MASW ESEGUITA



ALEGATI FOTOGRAFICI MASW ESEGUITA