



REGIONE PUGLIA
CITTA' DI SQUINZANO
Provincia di Lecce



PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI DI ATTENUAZIONE
RISCHIO IDROGEOLOGICO SUL TERRITORIO COMUNALE -
MESSA IN SICUREZZA E ADEGUAMENTO NORMATIVO
DEL RECAPITO FINALE EST

CUP: E73H20000370006 CIG: 8614455925

PROGETTO ESECUTIVO

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Ing. Michele ZACCARIA

PROGETTAZIONE:
RTP:

Mandataria



Vi.Tra Engineering S.r.l.
Sede Legale: Via Lupiae, 12 - 73100 Lecce

Mandanti

Ing. Marco BARBARA
Ing. Carmelo ORTISI
Geol. Luca ORLANDUCCI
Arch. Livia MANTOVANO
Ing. Marco Virgilio FILOGRANA

B - RELAZIONI
SPECIALISTICHE

TAVOLA:
ELABORATO:
SCALA:

B02

Relazione geologica

-

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data
1	Progetto esecutivo	Mazzotta	08/2022	Barbara	08/2022	Prato	08/2022



PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI DI ATTENUAZIONE RISCHIO
IDROGEOLOGICO SUL TERRITORIO COMUNALE - MESSA IN SICUREZZA E
ADEGUAMENTO NORMATIVO DEL RECAPITO FINALE EST

CUP: E73H20000370006 CIG: 8614455925

PROGETTO ESECUTIVO

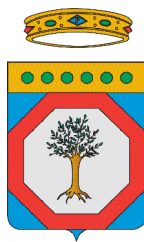


RELAZIONI SPECIALISTICHE
B02 – Relazione geologica

FOGLIO 1 di 1

NOTA ESPLICATIVA PRELIMINARE

Il progetto esecutivo a firma dello Scrivente recepisce totalmente i contenuti riportati nella progettazione definitiva. Pertanto, a seguito di una scrupolosa verifica degli elaborati a base di gara, il progettista fa proprio e allega di seguito **elaborato B02 rev.01 del 01/2022** del progetto definitivo in quanto non sono necessarie ulteriori modifiche o approfondimenti dello stesso ai fini della corretta esecuzione delle opere.



REGIONE PUGLIA
CITTA' DI SQUINZANO
Provincia di Lecce



PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI DI ATTENUAZIONE
RISCHIO IDROGEOLOGICO SUL TERRITORIO COMUNALE -
MESSA IN SICUREZZA E ADEGUAMENTO NORMATIVO
DEL RECAPITO FINALE EST

CUP: E73H20000370006 CIG: 8614455925

PROGETTO DEFINITIVO

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Ing. Michele ZACCARIA

PROGETTAZIONE:
RTP:

Mandataria



Vi.Tra Engineering S.r.l.
Sede Legale: Via Lupiae, 12 - 73100 Lecce

Mandanti

Ing. Marco BARBARA
Ing. Carmelo ORTISI
Geol. Luca ORLANDUCCI
Arch. Livia MANTOVANO
Ing. Marco Virgilio FILOGRANA

B - RELAZIONI
SPECIALISTICHE

TAVOLA:
ELABORATO:
SCALA:

B02
Relazione geologica

-

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data
1	Prima emissione	Mazzotta	01/2022	Barbara	01/2022	Prato	01/2022

Premessa

Si redige la presente relazione geologica, idrogeologica, morfologica e sismica relativa agli “interventi di attenuazione rischio idrogeologico sul territorio comunale – messa in sicurezza e adeguamento normativo del recapito finale Est” del Comune di Squinzano (LE).

L’area in esame, è compresa tra la strada comunale vecchia Brindisi Lecce e la SP 96, a NE del centro abitato di Squinzano.

Lo studio preliminare ha contemplato il rilevamento geologico di superficie dell’area, cfr. tav.3 (in scala 1:15.000); la topografia è ottenuta dallo stralcio dal CTPN 496130 “Squinzano”, in essa sono riportate con diverse colorazioni le aree di affioramento delle formazioni geologiche rilevate.

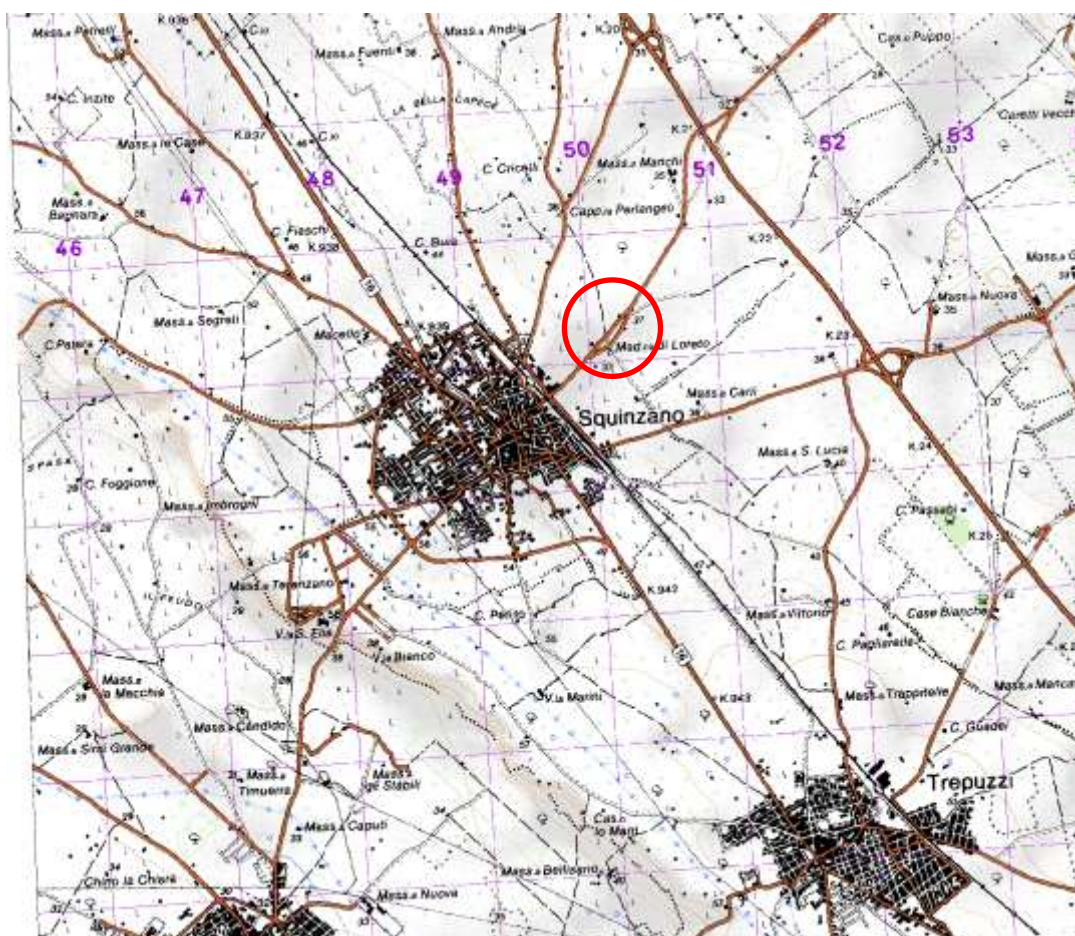
La successione stratigrafica, il modello geologico di dettaglio, e quindi la valutazione dal punto di vista fisico meccanico dei sedimenti al di sotto del piano campagna, è stata verificata in fase definitiva ed esecutiva fase attraverso n° 5 sondaggi geognostici a carotaggio continuo in ciascuno dei quali è stata eseguita una prova di permeabilità per totali n° 5 prove tipo “Lefranc” (AGI 1977) e n° 5 prove Standard Penetration Test in ciascun foro di sondaggio al fine di caratterizzare i sedimenti attraversati dal punto di vista fisico meccanico. Ad integrazione dell’indagine è stato eseguito una indagine sismica in situ per la determinazione delle $V_{s,eq}$ in ottemperanza alle NTC 2018, infine in tre dei cinque sondaggi sono stati prelevati i campioni da sottoporre ad analisi chimiche per la caratterizzazione delle terre e rocce da scavo.

I dati a disposizione hanno consentito di elaborare un modello geologico ed idrogeologico per la determinazione di parametri fisico-meccanici del substrato interessato dalle opere idrauliche di progetto.

Il presente studio è stato effettuato nel rispetto della normativa vigente:

D.M. 17 gennaio 2018 “*Norme tecniche per le costruzioni*”; D.Lgs. n. 152/2006; Decreto 282/CD/A 21/11/2003; RR 26/2013; RR 7/2016

TAV.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO



AREA DI INTERVENTO

TAV.2 LOTTO INTERESSATO



1 · CARATTERI MORFOLOGICI E GEOLOGICI

L'area di studio si inquadra nell'ambito del territorio comunale di Squinzano e precisamente a NE del centro abitato, caratterizzata da una morfologia pianeggiante confermata da differenze di quote poco significative e quantificabili nell'ordine di pochi metri di differenza, le isoipse mostrano infatti quote che si attestano intorno a +35,0÷40,0 m s.l.m.

Ne consegue che i piegamenti che hanno interessato le formazioni in affioramento, sono piuttosto blandi, o perlomeno così sembrerebbe dalle evidenze superficiali, non bisogna dimenticare infatti, che i fenomeni plicativi, sono relativamente intensi solo nelle formazioni cretache, e seppur in misura minore coinvolgono comunque le formazioni del Miocene.

In genere infatti si nota una concordanza tra morfologia e tettonica dove gli alti morfologici coincidono con gli alti strutturali, nelle zone più interne tali rilievi costituiti da rocce calcaree sono di forma allungata e sono delimitati da faglie di tipo distensivo, che si sviluppano con direzione prevalente NO–SE generando una serie di gradonature digradanti verso il mare Adriatico, i cui fenomeni dislocativi procedendo in quella direzione, risultano evidenti solo in profondità, nell'area di nostro interesse infatti non sono state rilevate faglie in superficie.

Nell'area in oggetto, al di sotto di un terreno vegetale composto da sabbie limose marroni-rossastre, si ritrova un substrato litologicamente costituito da sabbie debolmente limose, giallo-arancio con intercalati livelli eterogenei di arenarie calcaree contenenti silice più addensate, che talora mettono in evidenza l'andamento stratigrafico passando lateralmente, in eteropia di facies e verso il basso, ad arenarie a grana medio-fine di colore nocciola-giallastro a stratificazione indistinta; laddove distinguibile, si presentano in strati o in banchi.

Facendo riferimento alla letteratura geologica, si tratta di sedimenti ascrivibili alla Formazione delle **Calcareni del Salento** (Q¹ P³) (Pliocene).

La cementazione è scarsa o irregolare e tende ad aumentare lungo i bordi degli affioramenti; la formazione è quindi caratterizzata da frequenti variazioni diagenetiche sia laterali che verticali.

Lo spessore, varia da nord verso sud presentando una potenza estremamente variabile, ma che in questa zona raggiunge almeno i 20 metri di spessore.

Tali sedimenti al momento della loro deposizione hanno ricoperto e attenuato i gradienti topografici di preesistenti depressioni tettoniche, che si sviluppa arealmente secondo direttrici generalmente NO-SE o NNO-SSE.

Sono sovrapposti o appoggiati lateralmente a formazioni più antiche, sulle quali sono in trasgressione ed in discordanza stratigrafica, e deposti in banchi dallo spessore variabile.

Tale accostamento si presume dovuto alla presenza di terre emerse delimitate da scarpate marine appena inclinate e dall'andamento sinuoso attive nel periodo di tempo corrispondente all'età di sedimentazione di queste formazioni.

Molto frequenti sono i fossili che si presentano dispersi nel sedimento ed, a luoghi, particolarmente concentrati in livelli di spessore variabile da pochi centimetri ad alcune decine di cm.

Fra questi, ricorrenti, sono Lamellibranchi, Pettinidi, Gasteropodi, questi fossili danno una ulteriore conferma riguardo al paleoambiente di sedimentazione.

Anche questa formazione ai bordi esterni dei lembi, è spesso tagliata da una superficie di erosione, che rappresenta un'antica linea di costa contro la quale si è addossato in discordanza uno degli orizzonti successivi (più recenti). In continuità stratigrafica e talvolta in eteropia laterale, si rinvencono in affioramento sedimenti attribuiti alla **Formazione di Gallipoli (Q_s^1/Q_c^1)** Pleistocenica.

Sabbie calcaree limo-argillose di colore giallo-nocciola costituiscono l'orizzonte Q_s^1 , spesso intercalate e seguite da banchi arenacei e calcarenitici ben cementati Q_c^1 , presenti in quest'area.

Le sabbie affioranti in superficie risultano debolmente cementate e con grado di cementazione variabile sia lateralmente che verticalmente. All'interno della serie stratigrafica, è possibile rinvenire delle calcareniti e calcari grossolani organogeni tipo "panchina".

La stratificazione se presente è "interna" ed irregolare, è rappresentata da strati di spessore variabile da qualche cm ad oltre un metro.

Sono sedimenti di origine marina, trasgressivi sui calcari cretatici e nel loro insieme non superano la potenza di circa 25m.

Il substrato carbonatico dell'intera Penisola Salentina è rappresentato dai **Calcari di Melissano (C^{11-7})**. La successione stratigrafica di questa formazione comprende calcari bianchi e nocciola a frattura irregolare o concoide ben stratificati. A volte si presentano

porcellanacei e di colore chiaro, intercalati ad essi si rinvencono calcari dolomitici grigiastri e dolomie vacuolari nocciola.

Il passaggio alla formazione più antica delle **Dolomie di Galatina**(C⁷⁻⁶) è in continuità stratigrafica ed è difficile individuarlo in quanto avviene con un graduale aumento nella composizione chimico-mineralogica e della composizione dolomitica rispetto a quella calcarea.

Nell'insieme il substrato di base, è costituito da una monotona successione di calcari-dolomitici e dolomie del Cretaceo superiore. Si presentano ben stratificati e tenaci, blandamente piegati ed interessati da una fitta rete di fratture talora parzialmente ricristallizzate.

TAV.3 – RILEVAMENTO GEOLOGICO DI DETTAGLIO



CTPN n. 496130 “Squinzano”

scala 1: 15.000

LEGENDA

Q¹-P³ Calcareniti del Salento (Pliocene)



Area interessata

2 · IDROGEOLOGIA DELL'AREA

Lo studio idrogeologico condotto, i cui aspetti rivestono carattere di particolare interesse ai fini della presente, è stato integrato con i dati provenienti dai pozzi per l'approvvigionamento idrico, e dalla bibliografia esistente.

Le linee temporanee di deflusso superficiale si sviluppano seguendo i gradienti topografici, si tratta comunque di drenaggio temporaneo legato alle acque di precipitazione meteorica.

A questo reticolo idrografico superficiale modesto, fa riscontro la presenza nel sottosuolo della falda idrica “profonda”, il cui sviluppo è fortemente condizionato dalle condizioni geostretturali e di tessitura dei sedimenti ospitanti.

2.1 FALDA SUPERFICIALE

Nell'area investigata non è stata rilevata una falda superficiale come anche riportato in tav.5 stralcio del Piano Tutela Acque della Regione Puglia. Nell'area a NNE del centro abitato, si è constatata invero la presenza di pozzi scavati a mano, per la maggior parte cementati, segno di effimeri livelli idrici ormai esauriti o comunque dalla limitata capacità produttiva. Nel centro abitato invece si riscontra la presenza nel sottosuolo della falda idrica, di cui una “superficiale” il cui sviluppo è fortemente condizionato dalle condizioni geostretturali e di tessitura dei sedimenti ospitanti.

Si attesta ad una profondità con quote variabili da 8 a 12,0 m di profondità dal p.c. ; sostenuta dai livelli limosi presenti in profondità. Tale escursione è fortemente legata alle occorrenze pluviometriche e di conseguenza la differente capacità produttiva varia nel corso dei mesi aumentando nel periodo autunno vernino.

2.2 FALDA PROFONDA

Il sottosuolo è caratterizzato dalla presenza della “falda profonda” sostenuta dalle acque marine di invasione continentale e contenuta nel basamento mesozoico.

La tav. 4, stralcio del Piano Tutela Acque della Regione Puglia riporta le isopieze" della falda profonda.

Come si evince, nella zona in esame il carico piezometrico è compreso tra 2,0 e 3,0 metri s.l.m.m., ciò comporta, che i pozzi localizzati attingono alla falda presente a profondità non inferiori a -34,0 m dal p.c..

La fitta rete di fessure e cavità che interessa i calcari cretacicci, fa sì che al loro interno possa aversi circolazione idrica. Le acque dolci continentali contenute all'interno del basamento calcareo presente in tutto il territorio salentino, trovano il loro naturale equilibrio attraverso gli sversamenti che avvengono in corrispondenza della linea di costa, dove arrivano in virtù di un gradiente idraulico diretto dalle zone interne verso la stessa costa.

Il livello di base è rappresentato in questo caso dalla superficie delle acque marine di invasione continentale, sulle quali l'acqua dolce di falda galleggia grazie alla sua minore densità.

L'interfaccia di contatto acqua dolce - acqua salata, si trova ad una profondità che aumenta andando dalla costa verso l'interno ed è possibile calcolarla per mezzo della formula di Ghyben - Herzberg:

$$H = [\rho_f / (\rho_m - \rho_f)] * h$$

dove:

H = Profondità dell'interfaccia;

ρ_f = Densità dell'acqua dolce ($\sim 1000 \text{ kg/m}^3$);

ρ_m = Densità dell'acqua marina ($\sim 1027 \text{ g/cm}^3$);

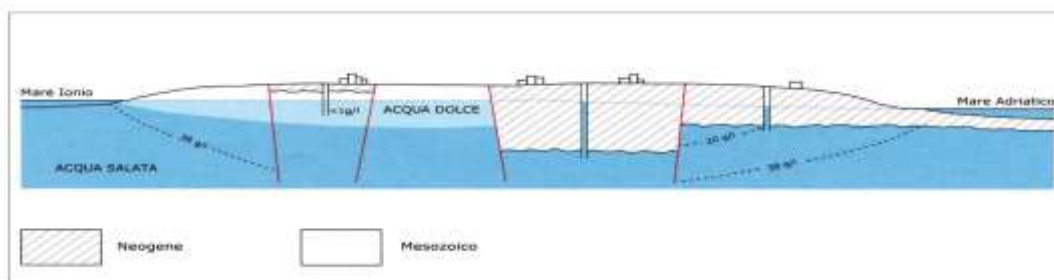
h = Livello statico sul livello del mare.

$$H = 37 * h = 37 * 2,5\text{m} = 92,5\text{m}$$

$$H (\text{dal p.c.}) = 92,5 + 36 \sim 128\text{m} \text{ (profondità dell'interfaccia dal piano campagna)}$$

Questo contatto non avviene attraverso una superficie netta, ma attraverso una zona più o meno estesa detta zona di diffusione. In questa zona, man mano che aumenta la profondità, si passa da acque con un contenuto salino di $4 \div 5 \text{ g/l}$ sino ad acque con salinità di $41 \div 42 \text{ g/l}$.

Sezione idrologica schematica della Penisola Salentina.



2.3 CARATTERI DI PERMEABILITÀ

Sulla base delle caratteristiche litologiche osservate ed in precedenza descritte, è possibile valutare la permeabilità media delle formazioni presenti nel territorio studiato:

2.3.1 Formazioni permeabili per porosità

Appartengono a questa categoria i sedimenti a grana grossa, media e medio fine, più precisamente quelli affioranti in quest'area:

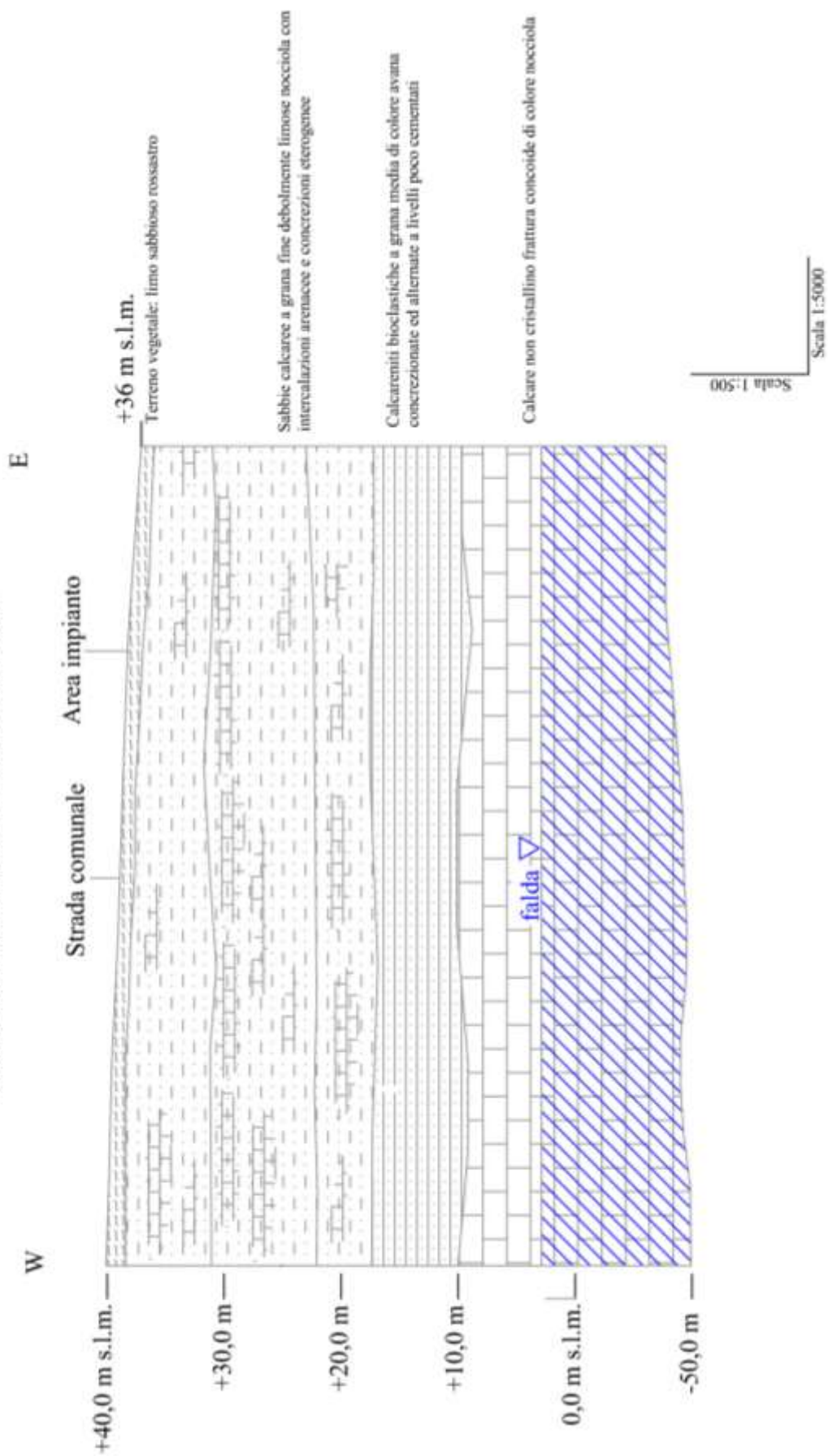
- le sabbie e le calcareniti plio-pleistoceniche

Il litotipo a maggiore permeabilità ($K = 10^{-5}$ m/s) è dato dalle calcareniti plio-pleistoceniche seguito dalle sabbie ($K = 10^{-5} \div 10^{-6}$ m/s).

2.3.2 Formazioni praticamente impermeabili


Rientrano in questa categoria le argille e limi argillosi grigio azzurri e i depositi eluviali di "terra rossa". Il coefficiente di permeabilità è dell'ordine dei $10^{-7 \div -8}$ m/s.

SEZIONE GEOLOGICA - IDROGEOLOGICA

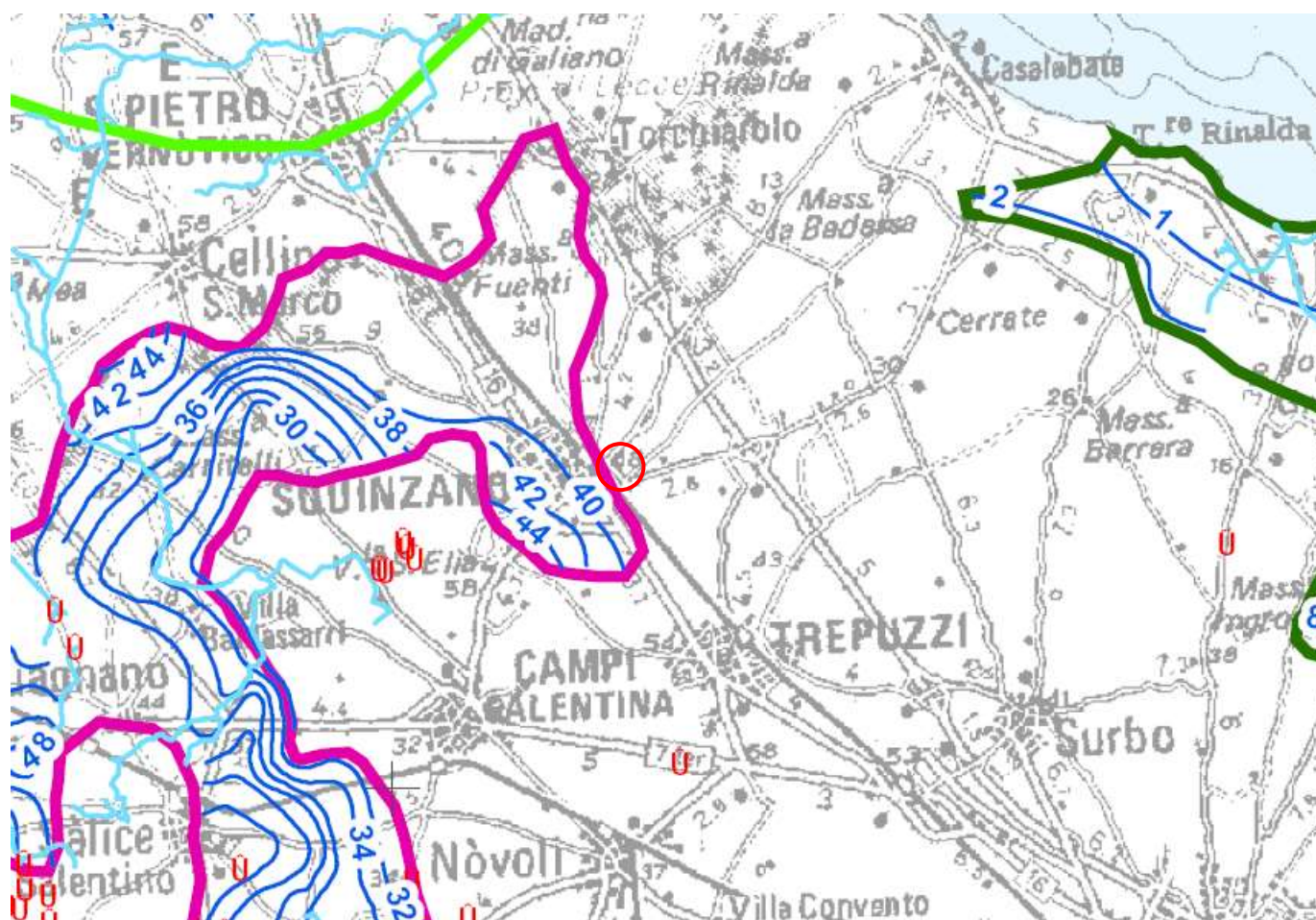


TAV. 4 – CARTA DELL'ACQUIFERO PROFONDO (STRALCIO PTA)



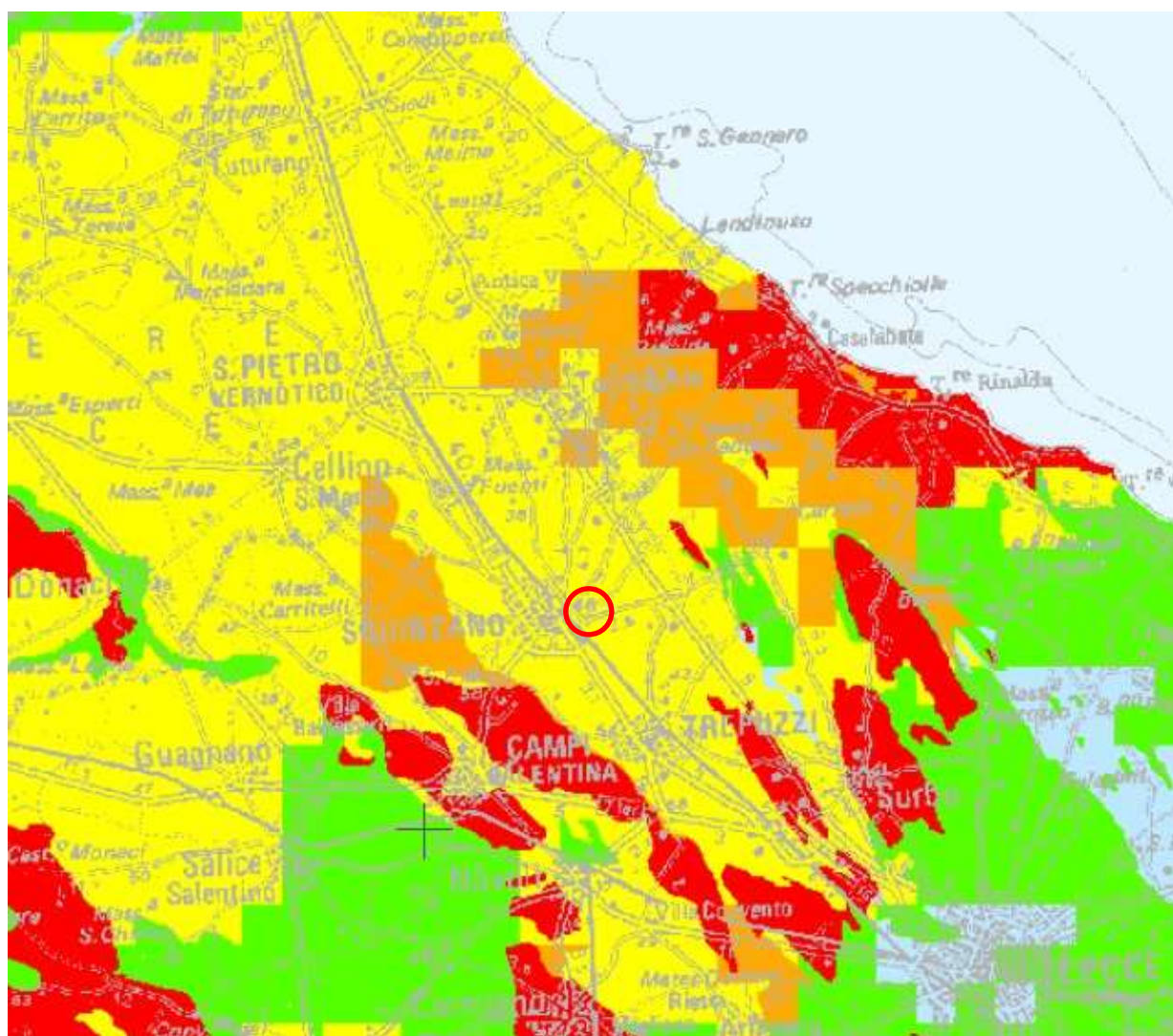
 *Isopieze (metri s.l.m.)*

TAV. 5 – CARTA DELLA FALDA SUPERFICIALE (STRALCIO PTA)



 *Isofreatiche (metri s.l.m.)*

TAV. 6 CARTA DELLA VULNERABILITÀ (STRALCIO PTA)



Legenda

ZONIZZAZIONE DELLA VULNERABILITA' INTEGRATA DAL FATTORE PLUVIOMETRICO

(Metodo COP modificato_AE COST 620)



3 · **VULNERABILITA' DELLA FALDA IDRICA**

Nel sottosuolo del territorio in studio, come precisato nelle pagine precedenti, è presente una falda idrica detta profonda o di base circolante con continuità nella formazione carbonatica mesozoica, ad una profondità del livello statico pari a +2,5 m s.l.m.

La vulnerabilità di un corpo idrico sotterraneo è funzione di diversi parametri, tra i quali prevalgono la litologia, la struttura e la geometria del sistema idrogeologico, la natura del suolo e la geometria della copertura, il processo di ricarica-discardica del sistema ed i processi di interazione fisica e idrogeochimica che determinano la qualità naturale dell'acqua sotterranea e la mitigazione di eventuali inquinanti che penetrano il sistema.

Lo studio della vulnerabilità della falda idrica presente nell'area in studio è stato eseguito secondo **“Le Linee Guida APAT per la redazione e l'uso delle carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento”** dove vengono descritte le modalità per la redazione e l'uso delle carte della vulnerabilità secondo i criteri e gli indirizzi previsti dall'Allegato 7 del Decreto Legislativo 152/99, relativo alla tutela delle risorse idriche.

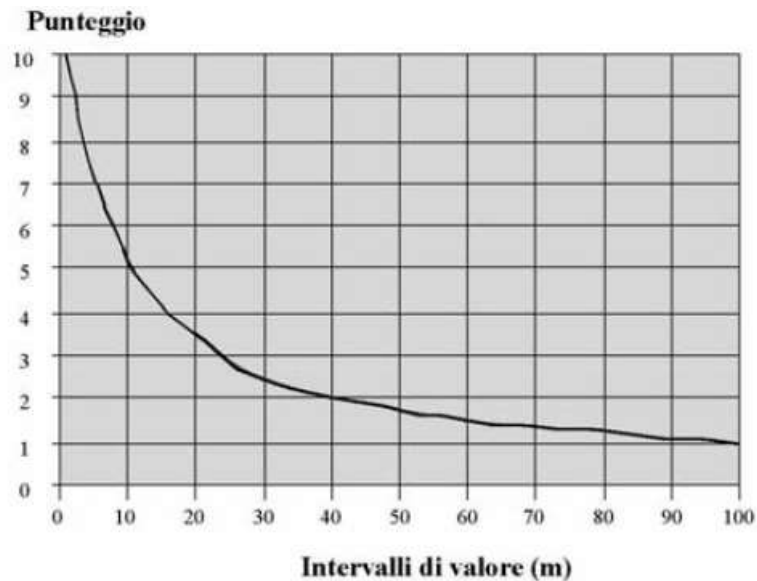
La metodologia utilizzata per la valutazione della vulnerabilità dell'acquifero presente è quella denominata SINTACS (Civita e De Maio, 1997). Per l'applicazione del metodo si è preso in considerazione un'area di 500m di lato con al centro l'area di intervento.

L'acronimo deriva dalle denominazioni dei parametri che vengono presi in considerazione:

- Soggiacenza;
- Infiltrazione efficace;
- Non - saturo (effetto di autodepurazione);
- Tipologia della copertura;
- Acquifero (caratteristiche idrogeologiche);
- Conducibilità idraulica dell'acquifero;
- Superficie topografica (acclività);

I parametri di ingresso per i dati valutati a punteggio sono stati:

- **soggiacenza (S)** : è dato dalla profondità (in m) del livello di saturazione idrica e il punteggio è valutabile dal grafico seguente:



La falda idrica circola in condizioni freatiche ad una profondità non inferiore a -35,0 m dal p.c. (falda profonda). Per cui, come si evince dal grafico, il punteggio da attribuire al parametro relativo alla soggiacenza **S** è pari a 2 (falda profonda).

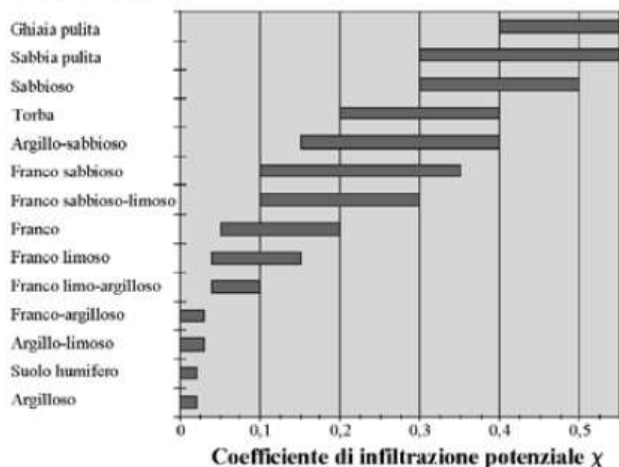
- **Infiltrazione efficace (I)** : l'infiltrazione efficace (mm/anno) determina il trasporto nel sottosuolo degli inquinanti e viene ottenuto in diversi passaggi:

$$Q_m = P_m - E_{rm} \text{ (mm/annno)}$$

Dove P_m e E_{rm} sono rispettivamente la precipitazione e l'evapotraspirazione media su una determinata area discretizzata a maglie. $I_e = Q_m * X$ (mm/anno) in cui X viene ricavato da grafici riportati di seguito.

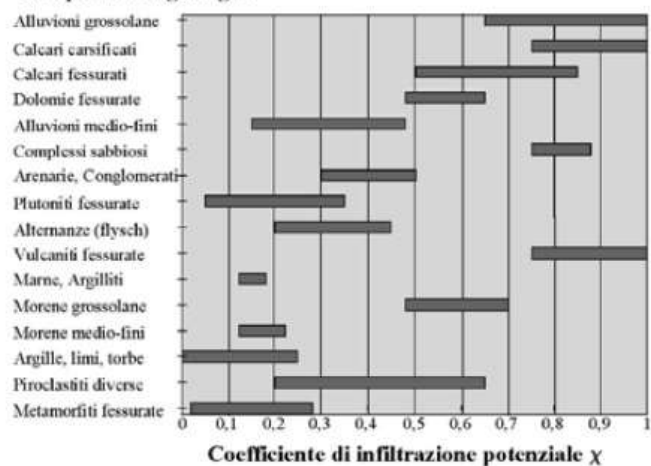
Il valore Q_m determinato per l'area in esame è pari a 670 mm/anno, mentre il valore X determinato graficamente è pari a 0,3. Il parametro infiltrazione efficace è pari a 201 e quindi il punteggio è pari a 8.

Tessitura dei suoli



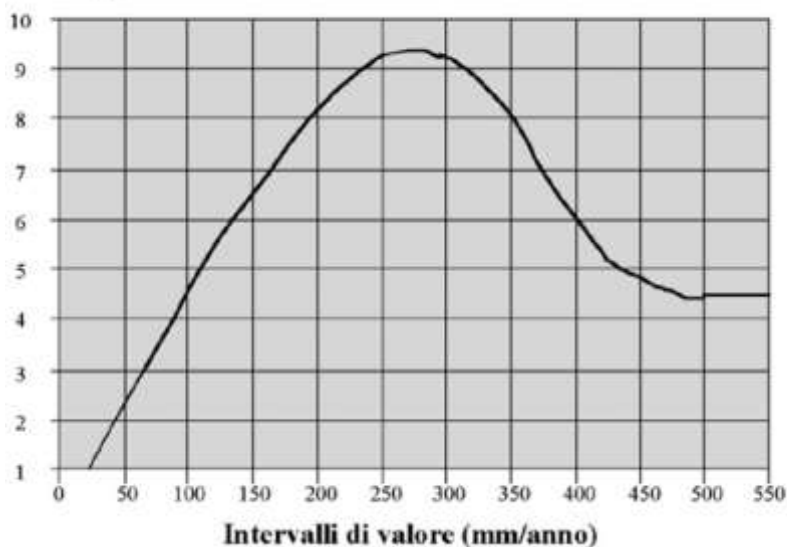
a)

Complessi idrogeologici



b)

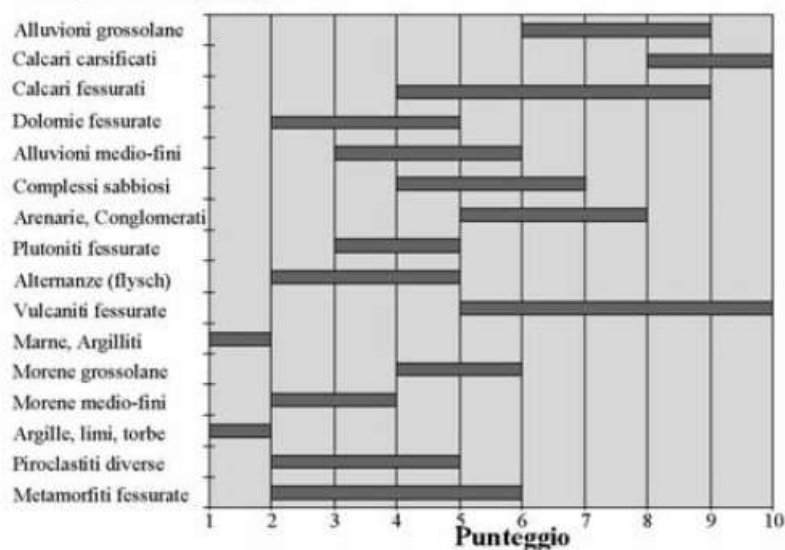
Punteggio



c)

- **Potere autodepurante del mezzo non saturo (N):** indica la possibile autodepurazione svolta dal mezzo non saturo mediante l'assegnazione di un punteggio derivato dal grafico sottostante.

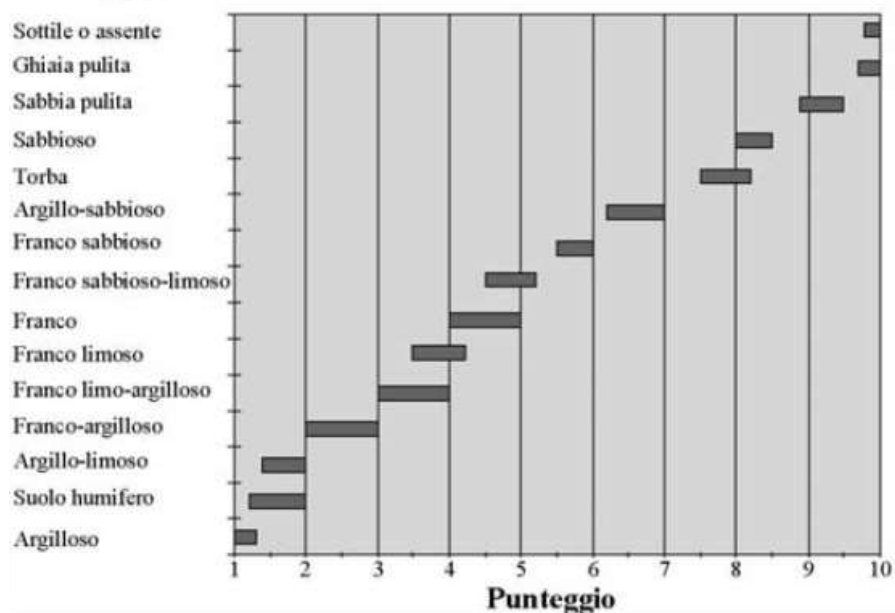
Complessi idrogeologici



Considerando il complesso idrogeologico rappresentato da sedimenti calcarei presenti in profondità, questo parametro è pari a 5.

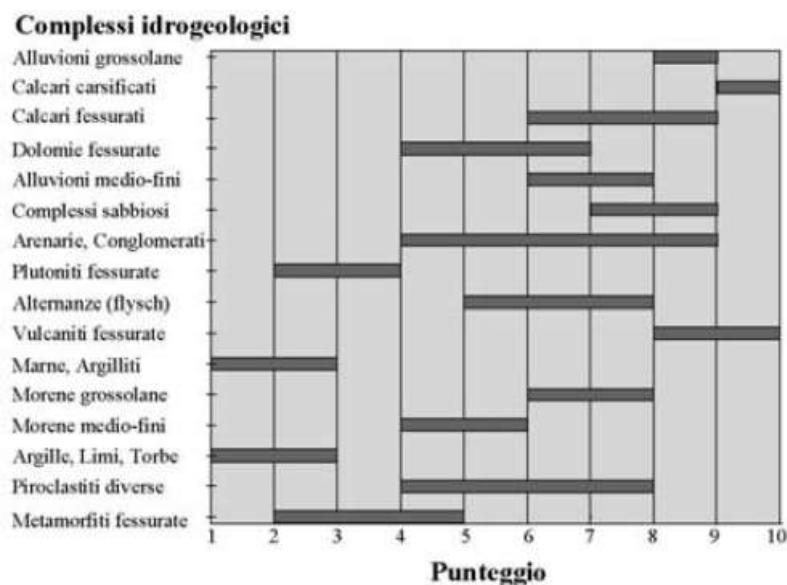
- **Tipologia della copertura superficiale (T):** anche l'azione del suolo superficiale contribuisce all'attenuazione del carico inquinante ed è determinabile dalla seguente tabella:

Suoli



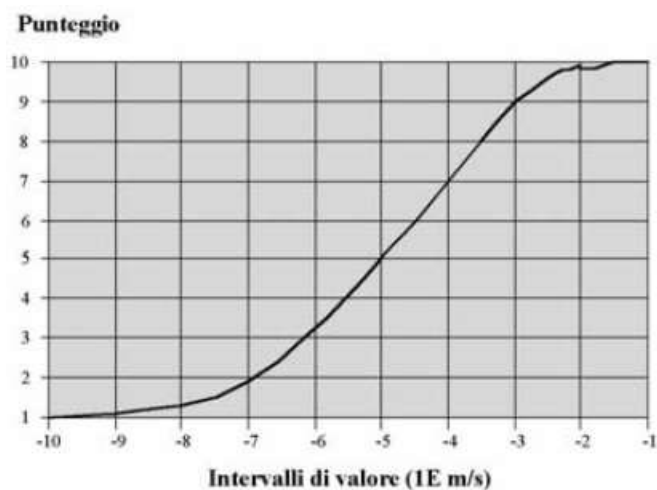
Nel caso in esame, la copertura costituita da limi sabbiosi rossastri, per cui il relativo valore ricavato dal grafico è pari a 4.

- **Litologia dell'acquifero (A):** allo stesso modo questo parametro può contribuire all'attenuazione del carico inquinante secondo la seguente tabella:



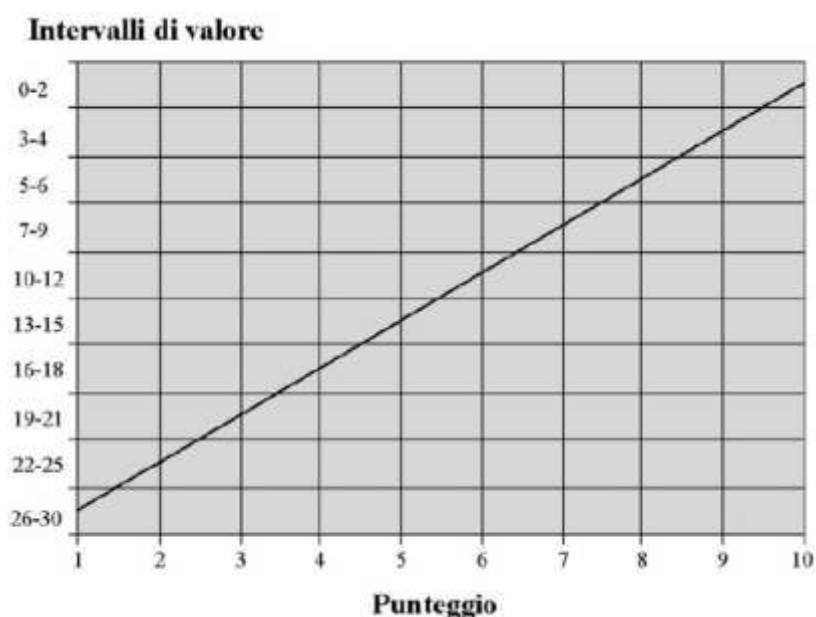
Considerando la litologia dell'acquifero costituita da calcari fessurati, il relativo parametro è pari a 6.

- **Conducibilità idraulica delle rocce (C):** determina i valori assunti dalla portata e dalla velocità di spostamento delle acque nel sottosuolo. Il punteggio relativo è riportato nella tabella seguente:



I valori di conducibilità idraulica relativi all'area in esame, sono da considerarsi buone, essendo le rocce sabbioso-calcarenitiche, con valori generalmente intorno a 10^{-5} m/sec. Il valore relativo a questo parametro è 5.

- **Acclività (S):** la pendenza dell'area sulla quale viene eseguito il calcolo comporta una maggiore o minore possibilità di infiltrazione dell'inquinante secondo i punteggi attribuibili dalla tabella seguente:



L'area in esame presenta una morfologia pianeggiante, per cui il valore relativo a tale parametro è pari a 10.

A ciascuno dei parametri precedenti viene attribuito un diverso peso, per cui l'indice SINTACS non è altro che la somma pesata dei vari punteggi:

$$\text{SINTACS} = \sum \text{Punteggio (J)} * \text{peso (js)}.$$

I set di pesi possono però variare a seconda delle diverse situazioni di impatto: le prime due, impatto normale e rilevante si applicano dove si riconoscono scenari di antropizzazione, distinguendo con la seconda le zone industriali e interessate da agricoltura intensiva; la stringa fessurato si applica a quelle zone prive di suolo e dove il calcare è affiorante e non carsificato o con carsismo sviluppato solo in superficie; l'ultima stringa, carsismo profondo C, è applicabile nelle aree estremamente carsificate e in quelle caratterizzate da pozzi carsici e inghiottitoi.

Nelle celle dove concorre l'applicabilità di più stringhe di pesi si sviluppa quella che prevede un impatto relativamente più severo e comunque una situazione idrogeologica più aderente alla realtà.

Stringhe di pesi moltiplicatori previste per SINTACS					
Parametro	I. Normale	I. Rilevante	Drenaggio	Carsismo	Fessurato
S	5	5	4	2	3
I	4	5	4	5	3
N	5	4	4	1	3
T	3	5	2	3	4
A	3	3	5	5	4
C	3	2	5	5	5
S	3	2	2	5	4

Aree soggette a impatto normale

Riunisce tutte quelle situazioni, collegate in genere ad aree a scarso gradiente topografico (pianura, pedemonte, pianalto, conche intramontane, ecc.), con insaturo composto prevalentemente da rocce a permeabilità matriciale, ove non sussistono particolari situazioni d'impatto antropico e con utilizzo reale del territorio contenuto e scarsamente trasformato. Si tratta di aree sterili, incolte o con colture spontanee o che, comunque, non richiedono uso di fitofarmaci, concimi chimici, se non eccezionalmente e/o in dosi modeste, né pratiche irrigue. In tali aree è realizzato sovente l'allevamento brado, sia stagionale che stanziale. Mentre è evidente che un numero limitato di capi non comporta particolari impatti, si lascia alla discrezione dell'analista la scelta di attribuire a questi ambiti territoriali la classificazione normale oppure quella successivamente descritta (impatti rilevanti). Gli insediamenti, anche se limitati, non possono essere inclusi in questo tipo di scenario.

La stringa specifica esalta al massimo il peso relativo della soggiacenza e dell'insaturo, strettamente collegati all'effettiva penetrabilità del sistema da parte di un inquinante fluido. valori bassi di soggiacenza, ricordiamolo, corrispondono a punteggi alti che vengono quintuplicati dallo specifico peso di stringa influenzando pesantemente sull'indice di vulnerabilità. Analogamente, un insaturo capace di una forte azione di mitigazione darà un prodotto basso anche se il moltiplicatore è elevato mentre insaturi facilmente penetrabili incrementeranno fortemente l'indice di vulnerabilità. Appena minore è l'enfasi attribuita, in queste

condizioni, alla ricarica attiva, minore ancora risulta l'azione di prima barriera della copertura, considerando la buona azione di drenaggio esterno che caratterizza i suoli naturali

indisturbati, ove presenti. Stessa importanza assumono il tipo d'acquifero, la sua conducibilità idraulica nonché l'acclività della superficie topografica.

Aree soggette a impatto rilevante

Questa linea di pesi serve a modellare situazioni territoriali che favoriscono impatti importanti da fonti diffuse d'inquinamento potenziale. Si tratta di territori, con insaturo costituito in prevalenza da mezzi a permeabilità matriciale, morfologicamente adatti ad antropizzazione estensiva, con colture che prevedono abbondanti trattamenti con fitofarmaci, concimi chimici, applicazioni di fert-irrigazione, spargimento di liquami; aree a discarica incontrollata, lagoni, vasche di dispersione, oleodotti, collettori fognari, ecc.; aree industriali attive e dismesse, aree urbanizzate e assimilabili.

In queste condizioni è evidente che il sottosistema insaturo giuoca un ruolo altamente preponderante, qualsiasi sia la tipologia dell'acquifero soggiacente e la sua conducibilità idraulica.

La stringa è stata, dunque, strutturata in modo da esaltare notevolmente la funzione della soggiacenza e dell'insaturo combinati, ma anche quella fondamentale del suolo come primo e potente baluardo contro l'inquinamento chimico e batteriologico idroveicolato da fonti sia diffuse che puntuali. Notevole enfasi viene tributata anche al parametro infiltrazione per tenere conto delle pratiche irrigue che forniscono un potente vettore agli inquinanti sparsi o/e applicati sulla superficie del suolo; e delle perdite da strutture di accumulo o di condottamento di inquinanti (discariche, lagoni, serbatoi, sistemi fognari, oleodotti, etc.).

Aree soggette a drenaggio

Uno scenario particolare è stato identificato per quelle aree ove avviene un continuo o, comunque, frequente drenaggio da corpi idrici superficiali a quelli sotterranei soggiacenti. Questa linea di pesi è stata calibrata fondamentalmente sulla forte riduzione se non sull'annullamento della soggiacenza in corrispondenza dei punti (o delle zone) nei quali può sussistere un collegamento tra acquifero e reticolo drenante superficiale, sia naturale che artificiale. Tali zone devono comprendere, oltre alle parti direttamente connesse al suddetto reticolo, le aree abitualmente esondabili dai corsi d'acqua in regime di piena e le aree soggette ad esondazione frequente; le aree di irrigazione con grandi volumi d'acqua (irrigazione per sommersione e per scorrimento); le aree di affioramento continuo o periodico della superficie piezometrica libera (stagni, marcite, paludi). È evidente che le aree ove applicare la stringa in discussione devono essere accuratamente selezionate in funzione di indicazioni idrologiche

presenti nei Piani di Bacino e nelle Carte dell'uso reale del territorio. In situazioni del tipo

descritto, i parametri fondamentali che caratterizzano l'insaturo ed i processi che in esso avvengono sono meno esaltati dai moltiplicatori, mentre forte rilevanza viene attribuita al tipo

di acquifero ed alla sua conducibilità idraulica. Ciò per esaltare l'importanza di tempi di

transito veloci, l'alta capacità d'ingestione e di diluizione del corpo idrico sotterraneo.

Il suo lo giuoca un ruolo secondario in questo scenario come pure l'acclività, per altro sempre molto limitata.

Aree carsiche

Il quarto scenario selezionato è destinato a quelle zone ove sussistono condizioni di carsismo profondo e completo. Si tratta di aree estesamente carsificate in superficie ed in profondità, con collegamenti rapidissimi tra superficie e acquifero attraverso punti di perdita dei dreni superficiali, pozzi carsici, inghiottitoi, ecc. Aree di questo tipo sono abbastanza diffuse nel territorio italiano, prevalentemente nelle zone alpine e prealpine (includendo in queste ultime il Carso triestino) ma anche in Appennino e nelle isole maggiori. È consigliabile applicare la relativa stringa anche alle aree a ruscellamento endoreico concentrico, tanto frequenti nei massicci carbonatici appenninici.

La stringa descrive tempi di transito (TOT) molto veloci: l'azione di mitigazione della soggiacenza combinata con l'insaturo è pressoché nulla poiché le acque superficiali si riversano nel sottosuolo percorrendo condotti anche molto profondi con velocità incomparabilmente maggiori di quelle che caratterizzano i processi infiltrativi normali. In queste situazioni, anche l'azione di attenuazione degli inquinanti prodotta, generalmente dal suolo, risulta quasi nulla. La massima enfasi viene attribuita, attraverso il valore dei moltiplicatori, all'infiltrazione efficace, che spesso corrisponde al totale delle precipitazioni efficaci; alle caratteristiche dell'acquifero ed alla sua permeabilità. Un elevato valore di moltiplicatore viene attribuito anche all'acclività, in modo da tenere nel massimo conto le zone assorbenti o perdenti a scarsa pendenza che favoriscono il ristagno se non l'allagamento temporaneo o continuativo.

Aree in rocce fessurate

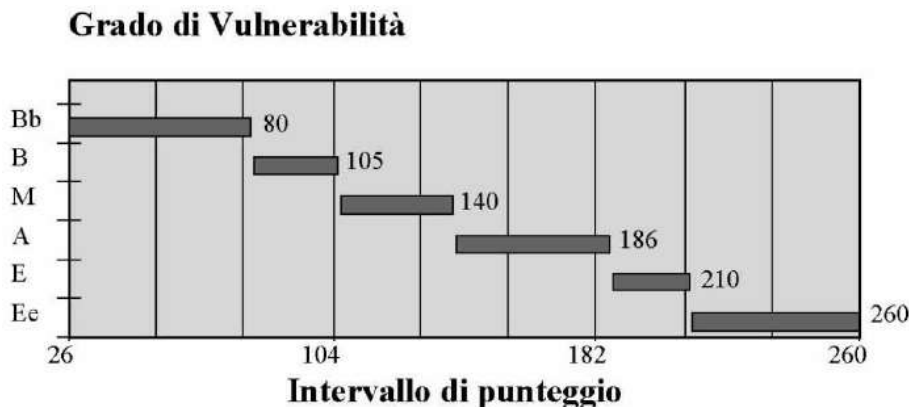
Questa stringa deve essere applicata alle aree ove il sistema idrogeologico è costituito in prevalenza da rocce permeabili per fessurazione, non carsificate o con carsismo

sviluppato solo in superficie, in assenza, quindi, di condotti e pozzi collegati direttamente ad un sistema di cavità evoluto.

In questo tipo di scenario il ruscellamento superficiale può essere scarso in assenza di suolo. I tempi di transito, anche se rilevanti nei primi metri di insaturo, si abbassano e si uniformano in profondità in funzione della conducibilità idraulica dell'insaturo prima e poi del saturo.

Per tanto, il massimo moltiplicatore della stringa in oggetto è quello relativo al parametro C, seguito da quello relativo al tipo di acquifero. Lo stesso valore attribuito a quest'ultimo moltiplicatore viene assegnato al suolo, se presente, ed all'acclività della superficie, data la notevole influenza di questi due parametri combinati sulla capacità di ingestione del sistema. Un peso minore è attribuito a parametri come la soggiacenza, l'infiltrazione e l'insaturo (in quanto tale) a testimonianza di un'azione di mitigazione globale dell'intero sistema e non strettamente connessa con i singoli parametri citati.

L'indice SINTACS può quindi variare da 26 a 260. A punteggi maggiori corrispondono vulnerabilità più elevate, classificabili in bassa B, media M, alta A, elevata E ed elevatissima Ee secondo la seguente tabella.



L'indice SINTACS determinato per l'area in studio è pari a 142, di conseguenza il sito oggetto dell'intervento ricade nell'intervallo "M" "A" classificato con **grado di vulnerabilità medio-alta.**

4 · INDAGINI IN SITU

4.1 SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO

Con una sonda idraulica a rotazione MAIT mod. T14, dotata di un sistema per il bilanciamento della spinta in maniera tale da avere sempre la stessa pressione sulla testa del carotiere, nell'area di intervento è stato eseguito n° 5 sondaggi geognostici a carotaggio continuo.

I campioni prelevati durante le terebrazioni mediante un carotiere del ϕ 101mm, hanno consentito di definire la successione stratigrafica in profondità.

Le stratigrafie con la documentazione fotografica sono riportate in allegato.

Così come è evidente dalle stratigrafie, il substrato presente al di sotto del terreno eluviale è costituito da sabbie calcaree limose di colore giallastro includenti concrezioni calcarenitiche eterometriche e livelletti arenacei dallo spessore centimetrico.

4.2 STANDARD PENETRATION TEST

E' una prova puntuale eseguita in profondità, in corrispondenza di un tratto di terreno prefissato. Lo strumento usato per tale prova è chiamato "martino", è costituito da un tubo lungo cui scorre(per un tratto di 76.2 cm) un maglio (M) del peso di 63,5Kg.

Durante la prova il tubo è tenuto sospeso fuori dal foro di sondaggio e con l'estremità superiore agganciata alla fune metallica dell'organo della sonda. All'estremità inferiore del "martino"(alla base di una piastra in ferro) sono avvitate delle aste usate solo per tale prova. Queste sono inserite all'interno del foro ed alla loro parte inferiore è montato un campionatore standard (Raymond) che poggia direttamente sul terreno all'interno del foro di sondaggio. Questa prova è puntuale ed interessa sempre il terreno alla base del foro liberato dalle aste di perforazione. Sono stati misurati il numero (N) dei colpi necessari per infiggere nel terreno il campionatore (a punta aperta).

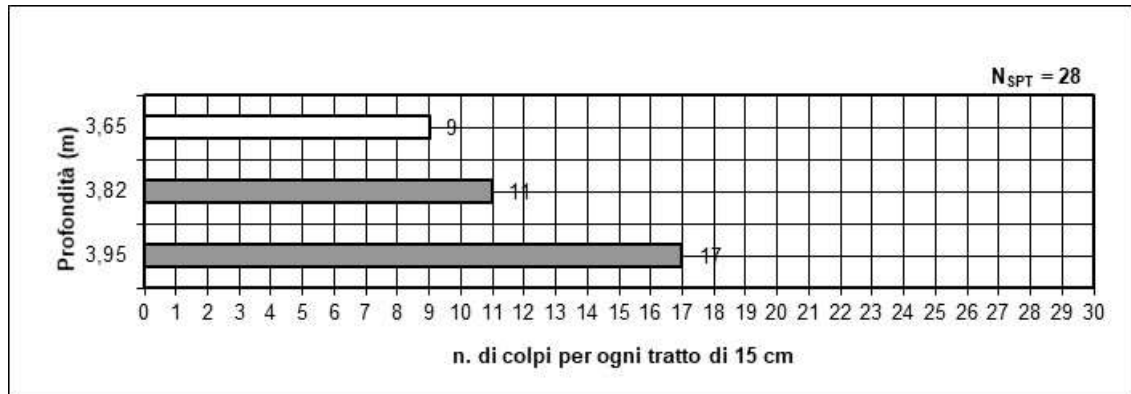
Tale operazione è stata eseguita battendo ripetutamente con il maglio M provvisto di dispositivo con sgancio automatico, su una piastra in ferro avvitata direttamente alle aste. Si è misurato il numero di colpi (n_1 ; n_2 ed n_3), necessari per ottenere l'avanzamento nel terreno per tre tratti successivi di 15 cm, del campionatore standard.

Ciascuna prova interessa il terreno alla base del foro per un tratto di 45cm. In effetti il valore di N_{SPT} che si ottiene ed utile al calcolo, esprime il numero dei colpi ottenuto

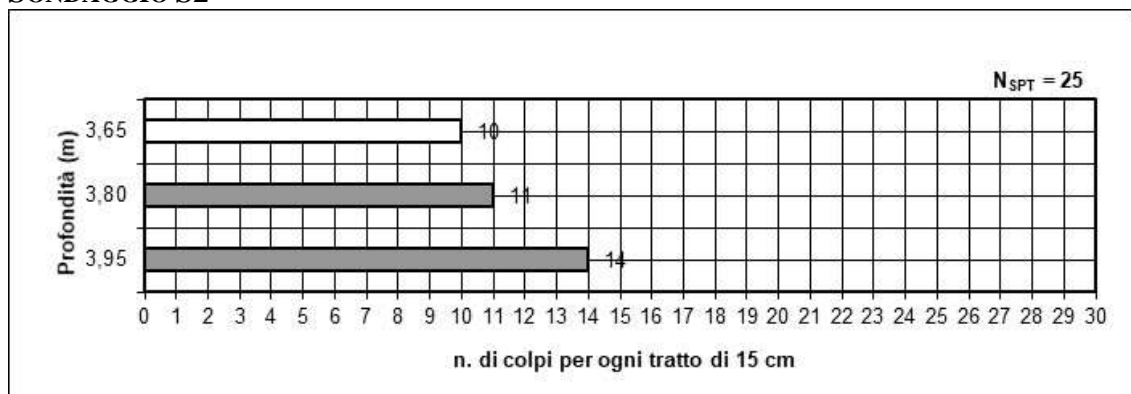
dalla somma dei colpi necessari solo per l'infissione nel 2°(n₂) e 3°(n₃) tratto, ossia per gli ultimi trenta centimetri.

La prova è standardizzata, non è continua, è puntuale e diretta, i dati ottenuti specie per i terreni sabbiosi e limosi, permettono valide correlazioni con importanti parametri geomeccanici del terreno riportati di seguito.

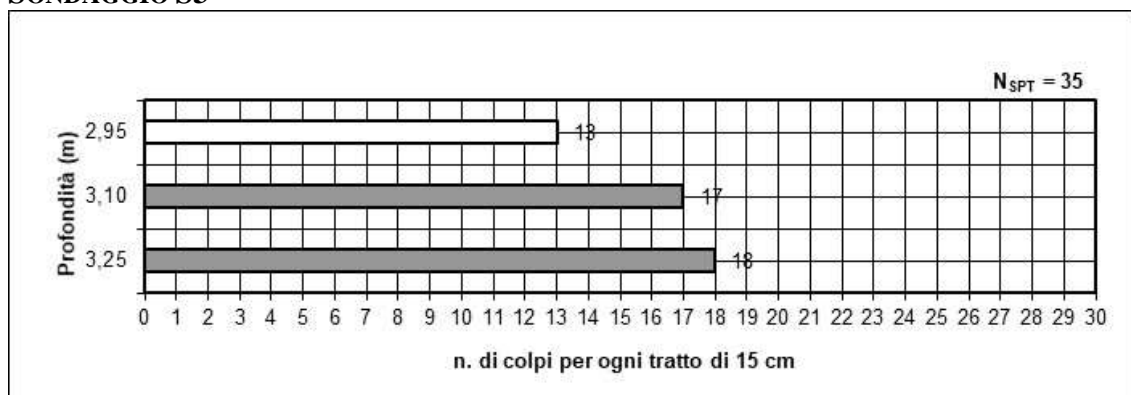
SONDAGGIO S1



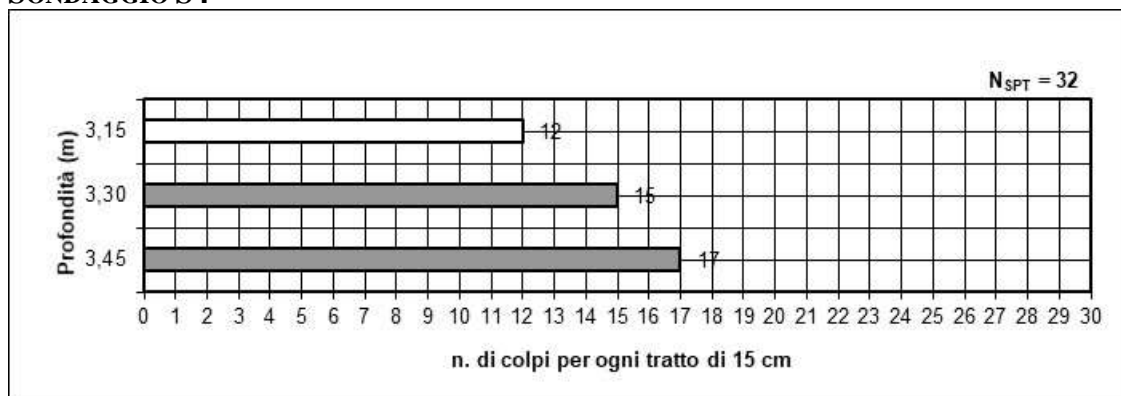
SONDAGGIO S2



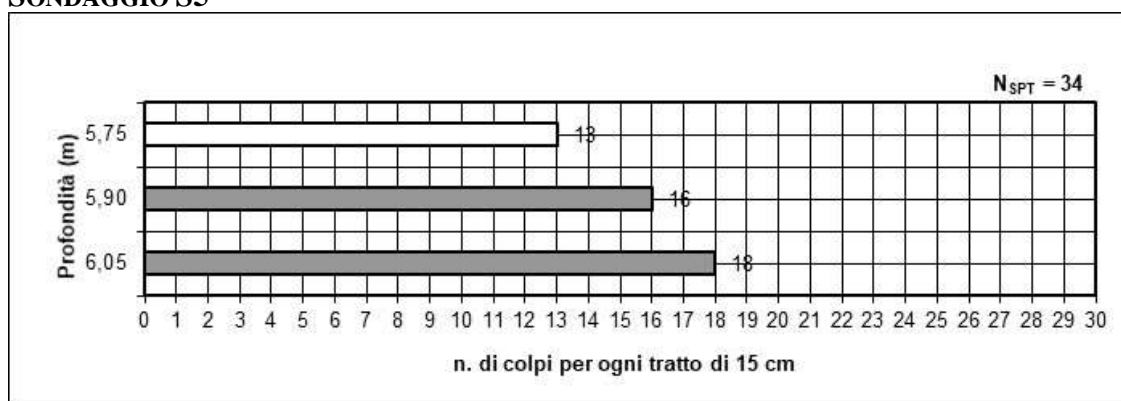
SONDAGGIO S3



SONDAGGIO S4



SONDAGGIO S5



4.3 PROVE DI PERMEABILITÀ IN FORO

Nel corso delle perforazioni sono state effettuate delle prove di permeabilità Lefranc a carico costante (A.G.I. 1977) così da determinare il coefficiente di permeabilità k a diverse profondità.

Con questa prova si misura quindi la conducibilità idraulica (permeabilità) del terreno nell'intorno del foro. Essa consiste nel raggiungere la quota di prova con una generica perforazione e quindi: creare la geometria adatta alla misura del tipo di permeabilità che si intende determinare; creare all'interno del foro un gradiente idraulico mediante immissione od estrazione di acqua, tale per cui si possa misurare la tendenza al ristabilirsi dell'equilibrio idraulico (prove a carico variabile), o come nel caso specifico prove a carico costante.

Tale prova si esegue misurando la portata necessaria per mantenere costante il livello dell'acqua nel foro di sondaggio. La misura deve essere eseguita in condizioni di regime.

Per tale tipo di prova a “**carico costante**” il coefficiente di permeabilità è dato dalla seguente espressione:

$$k = \frac{q}{C_F \cdot h \cdot d} \text{ ms}^{-1}$$

dove:

q = portata immessa [$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$]

h = livello acqua nel foro [m] (per prove sopra il livello di falda, h è misurato rispetto alla base del foro stesso)

d = diametro del foro [m] (101 mm)

$C_f = 2,85$ (coeff. di forma).

I valori calcolati nei grafici riportati in allegato possono sintetizzarsi come segue:

Sondaggio	Prova	Profondità	Coeff. di permeabilità (k)
S ₁	P ₁	-4,0 m	$6,2 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
S ₂	P ₂	- 4,0 m	$7,8 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
S ₃	P ₃	- 4,0 m	$1,0 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
S ₄	P ₄	- 4,5 m	$1,6 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
S ₅	P ₅	- 7,6 m	$7,4 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$

4.4 INDAGINE SISMICA

Il criterio di classificazione, è basato sul calcolo del valore medio della velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio: $V_{s,eq}$, nei terreni situati al di sotto del piano fondale e per una profondità che è funzione della profondità di rinvenimento del sismostrato con velocità superiore a $V_s > 800$ m/s, e comunque di almeno 30,0 metri.

Il rumore sismico ambientale: microtremori, presente sulla superficie terrestre, è generato oltre che dall'attività dinamica terrestre, dai fenomeni atmosferici e dall'attività antropica.

L'indagine sismica passiva sfrutta lo studio dei microtremori poiché si basa su oscillazioni più piccole rispetto a quelle che possono essere indotte da un terremoto.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non viene generato artificialmente come nel caso della sismica attiva.

Al rumore di fondo che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20Hz a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

I microtremori sono in parte costituiti da onde di volume **p** o **s**; in essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde **s**, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime.

Tra i metodi maggiormente consolidati per estrarre informazioni del sottosuolo risulta essere quello dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (HVSr o HV Horizontal to Vertical Spectral Ratio) applicato da Nogoshi e Igarashi (1970).

Nakamura (1989) utilizzò tale tecnica per determinare l'amplificazione sismica locale. La tecnica HVSr (o di Nakamura) è una tecnica sperimentale che consente di valutare alcune caratteristiche di depositi sedimentari (suoli). Il metodo ha comunque dimostrato di essere idoneo per valutare il periodo fondamentale di depositi sedimentari (in modo particolare quando l'impedenza di questi è in grande contrasto con l'impedenza del bedrock). La principale applicazione della tecnica del rapporto spettrale H/V è quindi quella di consentire in modo semplice e veloce l'identificazione della frequenza fondamentale f_0 di diverse zone.

La tecnica HVSR consente quindi di valutare la frequenza fondamentale di risonanza di uno strato soffice a partire dalle sole registrazioni del rumore in superficie. Se si considera la struttura geologica tipica di un deposito sedimentario (fig. 1), si vede come il tremore registrato in superficie si possa considerare come composto da onde superficiali e da onde di volume.

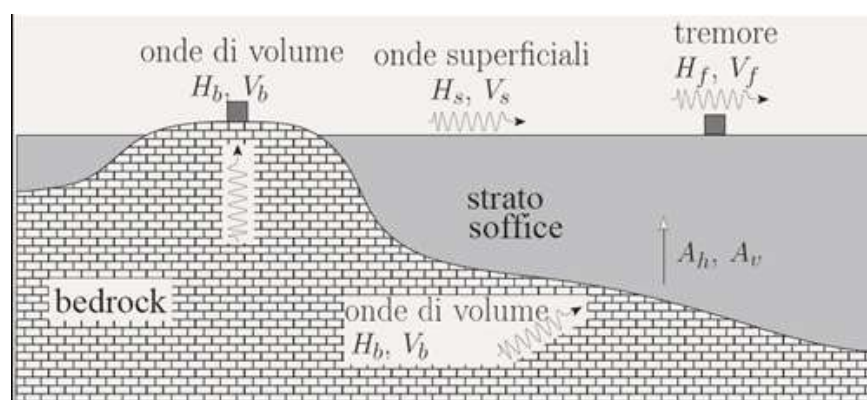


Fig. 1 Struttura geologica tipica di un deposito sedimentario.

Tali onde verranno modificate dall'azione filtrante dello strato soffice. Si possono definire due spettri relativi alle misure del moto superficiale orizzontale (H_f) e verticale (V_f). H_b e V_b sono gli spettri orizzontale e verticale del moto nel *bedrock* e H_s e V_s sono gli spettri del moto orizzontale e verticale delle onde di superficie.

Nakamura ha quindi definito il rapporto QTS come:

$$QTS = \frac{H_f}{V_f} = \frac{A_h * H_b + H_s}{A_v * V_b + V_s} = \frac{H_b}{V_b} \cdot \frac{\left[A_h + \frac{H_s}{H_b} \right]}{\left[A_v + \frac{V_s}{V_b} \right]}$$

Per basse frequenze ($f < (2-3)f_0$) non c'è amplificazione significativa del moto verticale; inoltre, gli spettri H_b e V_b nel *bedrock* non hanno ancora ricevuto alcuna rilevante amplificazione. Con l'ulteriore ipotesi di predominanza delle onde provenienti dal bedrock su quelle superficiali si può dimostrare che il QTS è una approssimazione per difetto del fattore di amplificazione orizzontale A_h cercato (fig. 2).

La tecnica dei rapporti spettrali HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è non invasiva, rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessuna perforazione, nè di stendimenti di cavi.

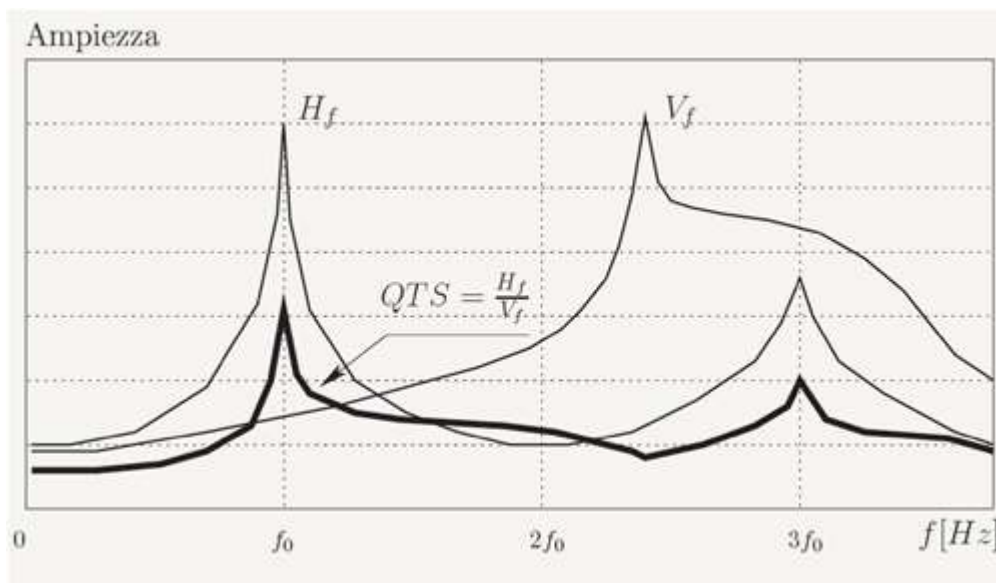
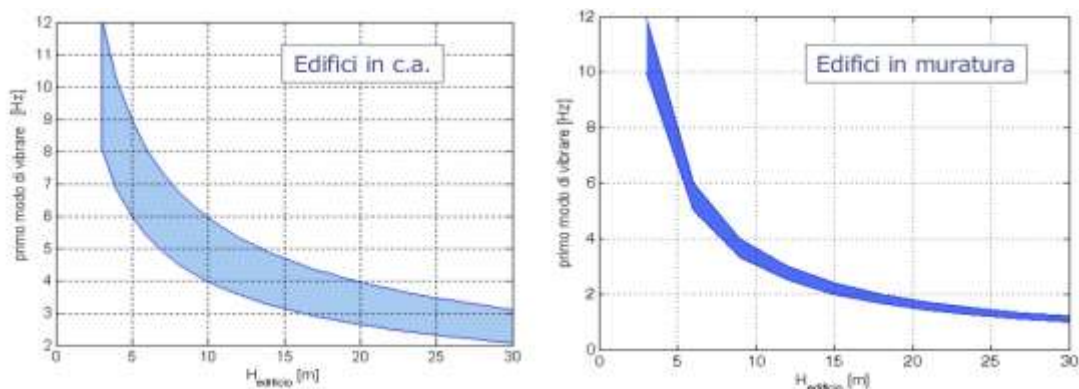


Fig.2-Confronto schematico tra gli spettri orizzontale(H_f), verticale(V_f) ed il rapporto $QTS = H_f/V_f$

Per la caratterizzazione sismica di un sito, la tecnica sismica passiva a stazione singola è verosimilmente quella che ha più aspetti positivi perché misura (non calcola) quello che interessa (le frequenze di risonanza), senza limiti di profondità nell'intervallo di interesse ingegneristico. Il parametro nel caso specifico viene **misurato** e non *derivato* da altre relazioni più o meno complicate con errori che si propagano ad ogni passaggio.

I risultati che si possono ottenere sono:

- la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosa per la stabilità degli stessi.
- la velocità media delle onde di taglio V_s calcolata tramite un apposito codice di calcolo.



E' necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia e riconoscibile nella curva H/V. E' inoltre possibile calcolare la $V_{S,eq}$ e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dalle NTC 2018.

Le misurazioni del rumore ambientale sono state effettuate con un **Vibralog** della M.A.E., un sismografo triassiale con geofoni da 4,5Hz dotato di 3 sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente. I segnali così acquisiti (sismogrammi) sono stati successivamente elaborati con un software basato su linee guida del progetto di ricerca SESAME (European Research Project- 2004) impostando i seguenti parametri:

- larghezza della finestra di analisi.;
- lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale;
- rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti;

Nei casi particolarmente semplici (copertura + bedrock) la profondità h della discontinuità sismica può essere ricavata dalla formula semplice della risonanza:

$$H = \{V_o(1-X)/4fr + 1\} 1/1-X - 1$$

Dove V_o è la velocità al tetto dello strato, X un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione, ecc.) e fr la frequenza fondamentale di risonanza.

Mediante l'elaborazione dei dati è stato possibile ottenere la curva H/V e partendo da questa calcolare la $V_{S,eq}$.

La stima del valore $V_{S,eq}$ a partire da misure H/V a stazione singola, è possibile se da misure dirette è nota la profondità H del bedrock o bedrock-like. E' immediato calcolare il valore di $V_{S,eq}$ attraverso misure di fr .

Se $H > 30$ m, il valore V_{s30} viene calcolato direttamente dalla

$$f_r = \frac{V_{s1}}{4H} \quad [1]$$

Se $H \leq 30\text{m}$, allora:

$$V_{S30} = \frac{30}{t_H + t_{30-H}} = \frac{30}{\frac{1}{4f_r} + \frac{(30-H)}{V_B}}$$

Dove, V_B è la velocità delle onde S nel bedrock o bedrock-like.

Nell'effettuare i sondaggi sismici nell'area interessata dal progetto, le fasi operative si sono così succedute:

- Predisposizione del sismografo e del contenitore dei geofoni sul piano campagna ed avvio della prova predisponendo la frequenza di campionamento (250Hz) e la durata (15 min.) della prova.

- I dati rilevati dal sismografo sono stati registrati in una scheda SD per la loro successiva elaborazione.

Lo studio ed interpretazione dei vari dati prevede l'analisi spettrale con l'individuazione della curva HVSR e quindi della frequenza di picco f_0 . Con i dati ottenuti è stato quindi possibile realizzare la modellazione del profilo delle $V_{S,eq}$.

Nelle pagine seguenti sono riportati i risultati dell'elaborazione.

Dalle registrazioni del rumore sismico, sono stati ricavati ed analizzati vari dati tra cui le curve (*sismogrammi*) dello spettro di velocità delle tre componenti del moto: verticale; Nord-Sud ed Est-Ovest.

Dalla inversione delle misure di tremore, si è ricostruito il modello del sottosuolo in termini di profili di velocità V_s . Attraverso l'analisi di più modelli teorici, sono state esaminate le variazioni dei rapporti tra V_s , V_p , f_r ed H .

E' così possibile calcolare il parametro $V_{S,eq}$ e di conseguenza caratterizzare il sito in una delle categorie di suolo di fondazione definite nella nuova normativa sismica. **Per la zona indagata la categoria risulta :**

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} = \text{"B"}, \text{ con } 360 < V_{S,eq} < 800 \text{ m/s.}$$

HVlab report

sito: Recapito finale Est – Squinzano (LE)

lat: -

lon: -

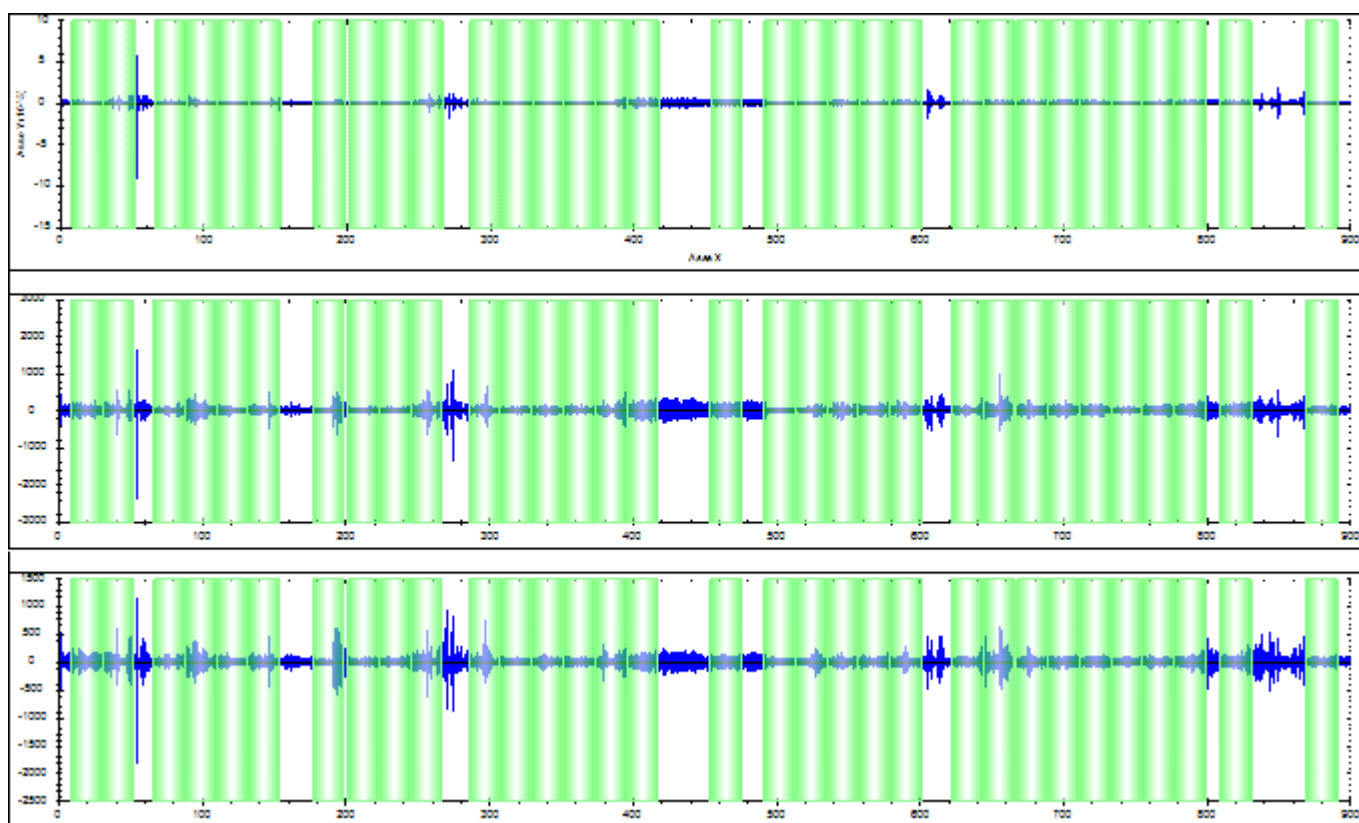
DETTAGLI ACQUISIZIONE

strumento: M.A.E. Vibralog

file: SQ0.BIN

data: 09/01/2022

durata: 00:15:00



ELABORAZIONE

frequenza di campionamento: 250 Hz

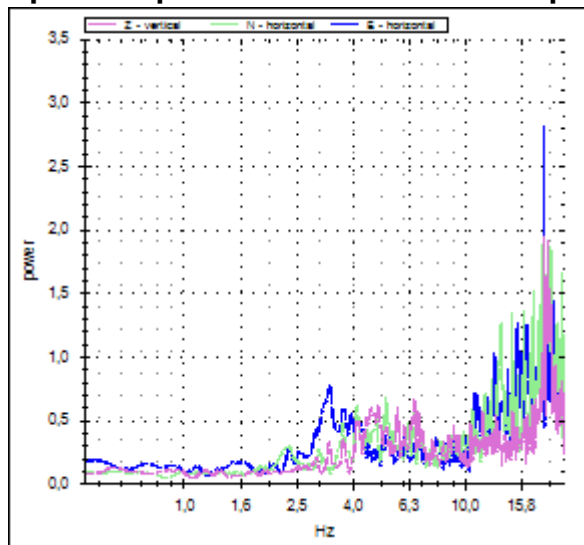
finestre temporali (nw): 32

tempo di ogni finestra (Lw): 22 s

intervallo di ricerca: 0,4-22,5 Hz

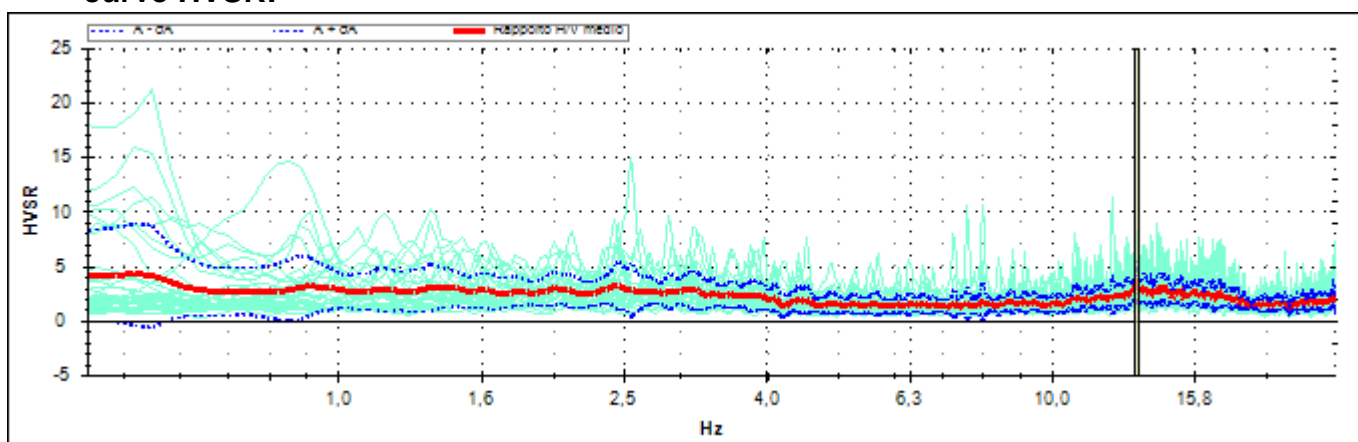
costante di lisciamiento: 5

Spettri di potenza della finestra temporale: 00:00:07-00:00:29



RISULTATI

curve HVSR:



frequenza di picco (f_0): $13,12 \pm 0,13$ Hz

classificazione picco: **evidente**

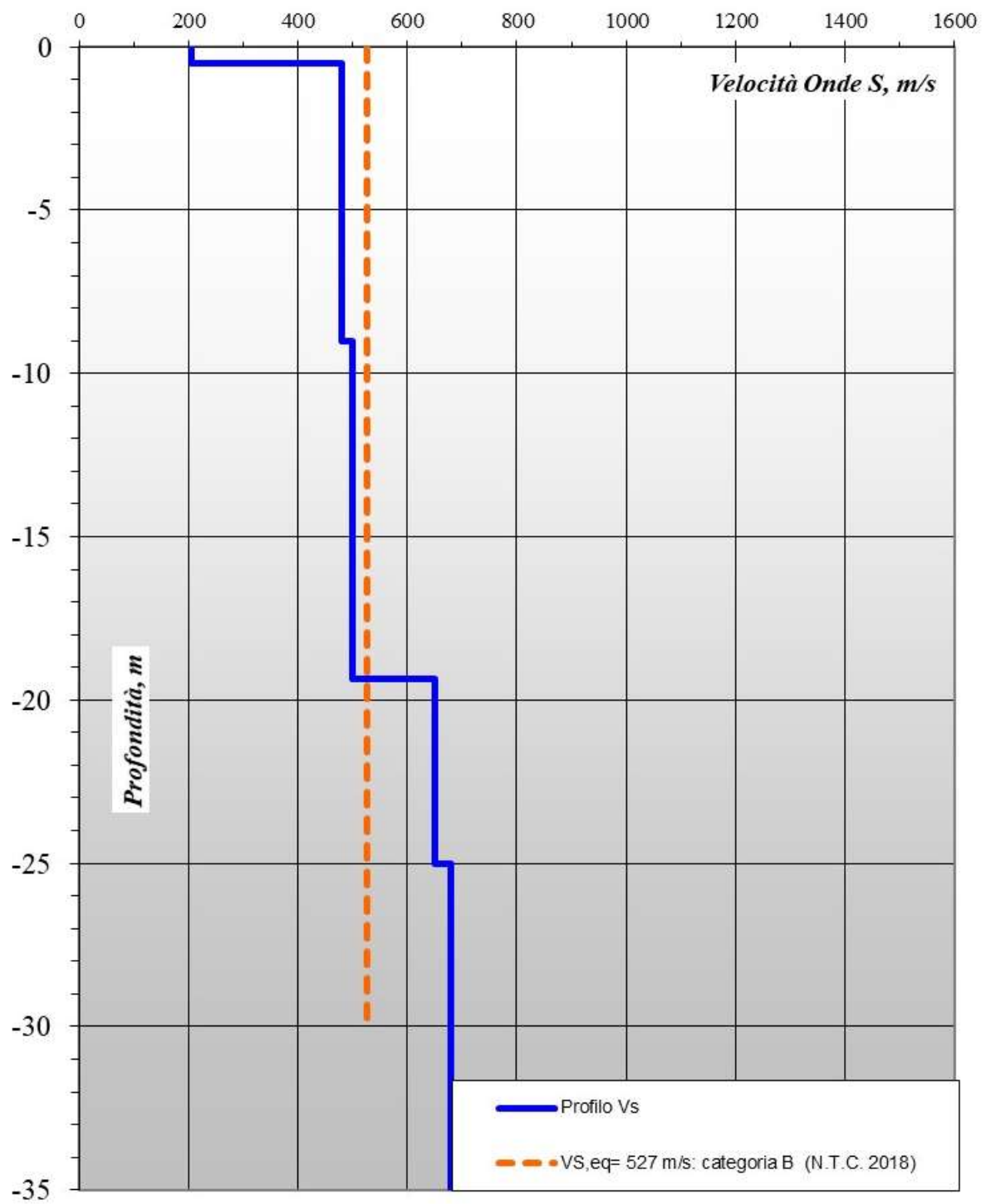
dettagli affidabilità:

- 1) $f_0 > 10/L_w$: **SI** ($13,12 > 0,45$)
- 2) $nc(f_0) > 200$: **SI** ($9238 > 200$)
- 3) per $f_0/2 < f < 2f_0$, $\sigma A(f) < 2$: **SI** ($\max \sigma A(f) = 2,0$)

dettagli evidenza:

- 1) $A(f_-) < A_0/2$: **SI** ($f_- = 4,12$ Hz)
- 2) $A(f_+) < A_0/2$: **SI** ($f_+ = 18,34$ Hz)
- 3) $A_0 > 2$: **SI** ($A_0 = 3,4$)
- 4) $f_{\text{peak}}[A(f) \pm \sigma A(f)] = f_0 \pm 5\%$: **NO** ($D_f = 0,95$)
- 5) $\sigma f < \varepsilon(f_0)$: **SI** ($\sigma f = 0,13$; $\varepsilon(f_0) = 0,66$)
- 6) $\sigma A(f_0) < \theta(f_0)$: **SI** ($\sigma A(f_0) = 1,43$; $\theta(f_0) = 1,58$)

Modello Vs



5 · SUCCESSIONE STRATIGRAFICA E MODELLO GEOLOGICO

Così come è evidente dalla stratigrafia d'insieme, il substrato che più direttamente sarà interessato dalle vasche di progetto, è rappresentato da sabbie limose giallastre con intercluse concrezioni calcarenitiche ed intercalati rari orizzonti centimetrici arenacei.

Le prove SPT eseguite nei primi metri consentono di esplicitare i parametri fisico meccanici dei sedimenti attraversati:

SONDAGGIO S1 VASCHE DI NUOVA REALIZZAZIONE ACQUE DEPURATORE

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Densità relativa %	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm ²)
1	3,50÷3,95	28	Incoerente	1,70	1,9	27	1,0	51	119	208	0,30	1391

SONDAGGIO S2 VASCHE DI NUOVA REALIZZAZIONE ACQUE DEPURATORE

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Densità relativa %	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm ²)
1	3,50÷3,95	25	Incoerente	1,70	1,9	26	1,0	46	106	186	0,31	1251

SONDAGGIO S3 VASCA DIGESTIONE FANGHI

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Densità relativa %	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm ²)
1	2,80÷3,25	35	Incoerente	1,70	1,9	29	1,0	61	148	259	0,29	1709

SONDAGGIO S4 AMPLIAMENTO VASCA RACCOLTA ACQUE PLUVIALI

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Densità relativa %	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm ²)
1	3,00÷3,45	32	Incoerente	1,70	1,9	28	1,0	59	136	237	0,30	1571

SONDAGGIO S5 AREA DISSABBIATORE

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Densità relativa %	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm ²)
1	5,60÷6,05	34	Incoerente	1,70	1,9	29	1,0	54	144	251	0,29	1663

CATEGORIA DI SUOLO B

CATEGORIA TOPOGRAFICA T1

6 · DATI PLUVIOMETRICI

La misura delle precipitazioni consiste nella determinazione della quantità d'acqua che cade sul suolo, in un determinato lasso di tempo.

Le informazioni normalmente disponibili per l'analisi delle massime precipitazioni, fanno riferimento alle osservazioni sistematicamente effettuate dal *S.I.M.N.* (Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale) costituito a partire dall'ex *S.I.I.* (Servizio Idrografico Italiano)

A partire dalle informazioni contenute negli annali del Servizio Idrografico Italiano, sono state prese in considerazione le altezze massime di pioggia registrate dal 1958 al 2020 della stazione di San Pietro Vernotico per la durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore (tab.1).

Gli anni di funzionamento e quindi i dati disponibili, si presentano distribuiti in maniera omogenea, non presentando gap temporali. Il numero di osservazioni, che in seguito saranno utilizzate per i calcoli statistici, sono tabulati in tab.1 e forniscono un insieme di dati rappresentativi.

Tab.1– Precipitazioni di massima intensità registrate ai pluviografi (mm di pioggia)

Stazione pluviometrica di S. Pietro Vernotico (BR)					
Anno	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
	mm	mm	mm	mm	mm
1958	26,0	37,4	54,4	77,0	111,8
1959	40,8	49,2	49,2	49,2	49,2
1960	29,4	50,8	66,4	77,8	101,2
1961	64,2	155,4	157,0	182,0	182,4
1963	40,8	43,8	44,4	56,2	59,0
1968	23,2	23,8	30,0	30,6	40,0
1970	80,0	148,8	191,4	204,6	211,6
1971	40,0	68,0	71,6	73,0	80,6
1972	55,6	71,6	74,0	74,2	101,0
1973	11,6	22,0	25,8	32,2	49,0
1974	53,0	56,2	58,2	58,6	85,8
1975	52,2	74,6	74,6	74,6	74,6
1976	37,6	45,4	53,8	77,6	100,8
1977	41,4	53,0	56,8	56,8	56,8
1978	21,2	33,4	34,4	40,0	53,0
1979	20,2	21,0	27,4	43,0	65,4
1980	33,8	70,0	80,8	82,4	83,4
1981	36,8	42,8	42,8	42,8	70,8
1982	26,4	26,6	28,4	38,6	59,4
1983				60,0	80,6
1984	17,2	32,4	32,4	34,4	59,6
1985	40,0	47,6	50,8	62,8	65,8
1986	41,0	63,0	70,4	70,4	70,4
1987	28,4	45,2	62,2	84,8	91,0
1988	19,4	46,0	49,0	51,2	52,8
1989	28,8	28,8	28,8	32,2	34,4
1990	15,6	19,2	32,4	54,6	82,2
1991	23,6	26,8	30,6	39,8	39,8
1992	19,2	29,6	47,0	52,4	52,6
1993	18,6	25,6	29,6	42,0	54,2
1994				31,8	48,6
1995	30,8	39,6	41,0	41,0	
1996	28,0	56,2	106,2	132,4	133,0
1997				72,2	82,0
1998	40,2	51,8	51,8	57,6	83,0
1999	50,2	73,4	74,0	74,0	74,0
2000	18,6	24,0	28,4	30,8	36,2
2001	58,8	59,8	60,4	60,6	60,6
2002	31,0	38,8	46,0	51,0	60,0
2003	36,6	40,4	40,4	52,0	71,4
2004	43,8	72,4	82,4	82,4	85,2
2005	27,0	40,8	45,6	48,6	55,4
2006					
2007					
2008	30,8	50,2	72,8	79,2	79,4
2009	23,8	32,6	62,6	87,0	95,8
2010	38,4	83,8	123,6	129,4	129,8
2011	14,8	18,8	28,6	38,4	47,0
2012	43,0	60,8	92,4	110,4	111,6
2013	23,6	46,4	69,2	86,0	88,8
2014	25,0	29,8	31,0	31,2	35,2
2015	39,4	46,0	46,0	48,4	52,2
2016	42,0	67,2	85,2	90,8	118,4
2017	16,8	28,0	33,6	38,8	47,8
2018	38,2	42,4	48,8	49,2	50,8
2019	38,2	57,6	64,6	64,6	64,8
2020	31,2	35,0	43,0	43,0	49,2

7 · ALTEZZE DI PIOGGIA PREVISTE

Per quanto riguarda la legge teorica di distribuzione delle probabilità, trattandosi di eventi massimi, il modello che meglio interpreta i valori e che più adeguatamente descrive il fenomeno fisico è quello doppio-esponenziale di Gumbel.

Nel caso in esame, in cui la variabile da determinare è l'altezza massima annuale di precipitazione di durata t , $H_{\max}(t, T)$ può scriversi:

$$H_{\max}(t, T) = m - \frac{\left(\ln \left(- \ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right) \right)}{k}$$

$$m = \overline{H_i} - \frac{0,577}{k} \quad k = \frac{1}{0,78 \times s} \quad s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_i - \overline{H_i})^2}{n - 1}}$$

E' sufficiente, così, stimare m e k , per ogni valore di t variabile da 1 a 24 ore, fissare un valore del tempo di ritorno T e calcolare $H(t, T)$ per i valori di t e T .

La tab. 4 riporta per ogni durata di precipitazione considerata, i valori di $H_{\max}(t, T)$ in corrispondenza di $T = 5 \div 200$ anni, che sono i valori del tempo di ritorno cui si suole far ricorso in questo caso; mentre in tab.3 sono riportati i valori dei parametri statistici utilizzati, per giungere alla determinazione delle altezze massime $H_{\max}(t, T)$ previste.

Tab.2

Stazione	Serie storica analizzata	Numero di dati per ciascun intervallo di ore				
		1h	3h	6h	12h	24h
San Pietro Vernotico	1958-2020	52	52	52	55	54

Tab.3 - Valori dei parametri statistico-probabilistico delle massime precipitazioni orarie in mm

	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
N=	52	52	52	55	54
$\mu = \frac{\sum h_i}{N}$	33,77	49,11	58,31	65,21	75,54
$s = \sqrt{\frac{\sum (H_i - \overline{H_i})^2}{n-1}}$	13,73	26,54	31,94	34,25	33,99
$k = \frac{1}{0,78 \times s}$	0,093	0,048	0,040	0,037	0,038
$m = \overline{H_i} - \frac{0,577}{k}$	27,60	37,17	43,94	49,80	60,25

Tab.4 - Altezze di pioggia massima (mm) prevista, in funzione dei tempi di ritorno T

Tempo di ritorno espresso in anni	1h	3h	6h	12h	24h
	H_{max} (t, T)				
5	43,66	68,22	81,31	89,87	100,01
10	51,69	83,75	100,00	109,91	119,91
20	59,40	98,65	117,93	129,14	138,99
30	63,94	107,43	128,51	140,48	150,24
50	69,37	117,94	141,15	154,04	163,70
100	76,85	132,39	158,54	172,69	182,21
200	84,30	146,79	175,87	191,27	200,65

Attraverso tale elaborazione per ciascuna popolazione di dati pluviometrici, relativi ad un determinato tempo di pioggia (t), è possibile ricavare il rispettivo valore dell'altezza dell'evento meteorico con un Tempo di Ritorno T pari a quello prefissato.

Una volta disponibili i valori di H (t,T), si sono individuati, di volta in volta, utilizzando il metodo dei minimi quadrati, i valori numerici dei coefficienti *a* ed *n* che figurano nell'espressione $H(t,T) = a * t^n$, tracciando su carta bilogarithmica, in ordinata i valori di H (t,T), stimati tramite l'applicazione della legge di Gumbel e in ascisse i valori del tempo espresso in ore.

A sua volta l'insieme delle coppie di valori H e t, con un tempo di ritorno T, possono essere raccordati con una legge di regressione del tipo:

$$H_{crit}(t,T) = a * t^n \quad (1)$$

dove:

H = altezza di precipitazione (mm);

t = durata della precipitazione (ore)

T= tempo di ritorno espresso in anni

a e n sono due parametri il cui valore dipende dalle caratteristiche pluviometriche della zona.

La (1) corrisponde, come ricordato in precedenza, alla cosiddetta Curva di Probabilità Climatica, relativa ad un determinato tempo di ritorno (T). Questa (curva di potenza) risulta funzione dell'esponente (n).

L'espressione (1) è una curva interpolante non lineare che comunque risulta linearizzabile:

$$\log(h) = \log(a) + n \log(t) \quad (2)$$

Pertanto l'esame della curva non lineare (1) è stato ricondotto all'esame di una retta ; applicando alla (2) il metodo dei minimi quadrati si ha:

$$\begin{bmatrix} \sum x^2 & -\sum x \\ -\sum x & n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sum y \\ \sum xy \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix}$$

sono state valutate le costanti (A) e (B) e quindi le costanti (a) ed (n):

$$a = 47,555; \quad n = 0,2562 \quad (\text{tempo di ritorno pari a 5 anni})$$

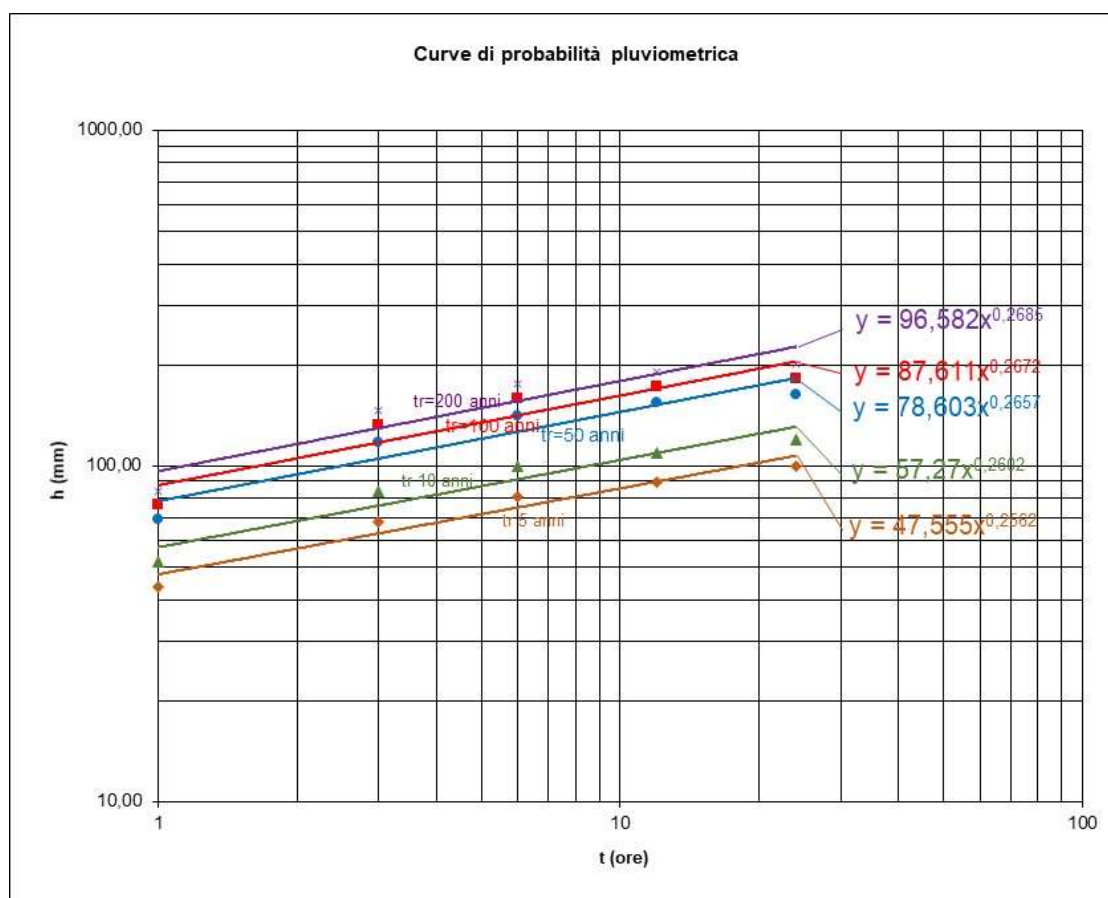
Si è in grado, così, di poter stimare l'altezza critica di pioggia di durata qualsiasi (variabile da 1 a 24 ore) con tempo di ritorno non inferiore a 5 anni (fig 1).

Il risultato sembra soddisfacente visto l'allineamento dei punti intorno alle rette relative ai tempi di ritorno.

Il parametro principale di cui si è tenuto conto nel calcolo dei volumi d'acqua precipitati sul territorio di Squinzano, è quello dell'altezza critica prevista nell'arco temporale di 1 ora, con un tempo di ritorno non inferiore a 5 anni, che risulta pari a:

$$h_{crit} = 47,555 * t^{0,2562}$$

Fig. 1 - Stazione di San Pietro Vernotico: altezze di pioggia previste ($Tr \geq 5$ anni)



Nel calcolo delle portate massime si è cercato di sovrastimare il fenomeno di altezza critica: non sono stati infatti considerati quei parametri che di fatto portano deficit idrici nel computo della circolazione delle acque. A titolo di esempio si è effettuato un calcolo di massima per l'evapotraspirazione reale, secondo la formula di *Coutange*:

$$E_r = P - \lambda P^2 \quad \text{dove: } \lambda = 1/(0,8 + 0,14T^0).$$

P è l'altezza totale di precipitazione (in m/anno) riferita all'anno idrologico o ad un numero di anni statisticamente significativo, T^0 è la temperatura media osservata.

In definitiva i quantitativi di evapotraspirazione stimati per la stazione termo-pluviometrica considerata (valori di detrazione d'acqua dal calcolo pluviometrico) ammontano a circa 600-700 mm/a, comunque omessi nella valutazione delle massime intensità pluviometriche stimate.

7.1 · METODO DI “REGIONALIZZAZIONE DELLE PIOGGE”

La quantificazione delle piogge di massima intensità occorrenti sul territorio oggetto di indagine, è stata basata sulla Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in *Puglia centro-meridionale*.

Il modello statistico utilizzato fa riferimento alla distribuzione TCEV (Rossi et al. 1984) con regionalizzazione di tipo gerarchico (Fiorentino et al. 1987). Per l'individuazione delle regioni omogenee di primo e secondo livello si è fatto ricorso a generazioni sintetiche Montecarlo in grado di riprodurre la struttura correlativa delle serie osservate (Gabriele e Iritano, 1994).

L'intero territorio di competenza del compartimento di Bari del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale risulta quindi diviso, al primo e secondo livello, in due sottozone.

La prima (Claps et al, 1994) comprende la Capitanata, il Sub-appennino Dauno, il Gargano e l'Alta Murgia, la seconda include la restante parte del Tavoliere e della Murgia e la Penisola Salentina.

L'analisi di terzo livello basata sull'analisi di regressione delle precipitazioni di diversa durata compresa tra 1 ora e 1 giorno con la quota, ha portato alla individuazione, oltre alle quattro zone omogenee in Claps et al. (1994), di altre due zone e delle rispettive curve di possibilità climatica.

La procedura consente quindi di determinare il tempo di ritorno, associato ad una assegnata altezza di precipitazione verificatasi su di un'area caratterizzata dalla propria altitudine media, e dal fatto di essere contenuta in una particolare zona pluviometricamente omogenea.

L'analisi idrologica in oggetto, finalizzata alla definizione delle portate relative ad eventi con tempi di ritorno $T = 5$ anni, è stata condotta elaborando il metodo di regionalizzazione VAPI definito per l'intera regione Puglia. I dati pluviometrici utilizzati sono quelli pubblicati sugli annali idrologici del Compartimento di Bari del S.I.M.N., le cui stazioni costituiscono una rete di misura con buona densità territoriale. Le osservazioni pluviometriche interessano il periodo dal 1932 al 1994 in tutte le stazioni di studio, con almeno quindici anni di misure, dei massimi annuali delle precipitazioni giornaliere ed orarie.

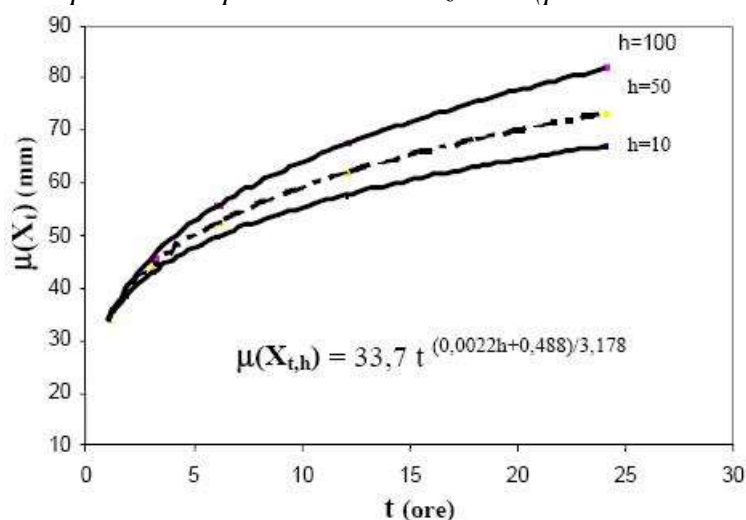
Nell'ambito del territorio pugliese il VAPI fornisce l'individuazione di 6 aree omogenee dal punto di vista del legame fra altezza di precipitazione giornaliera $\mu(X_g)$ e le quote sul mare h , di cui 4 nell'area settentrionale e due nella centro-meridionale. Le aree omogenee sono riportate in figura, con l'attribuzione della zona 6 alla Penisola Salentina.



Zone omogenee, 3° livello.

La relazione che lega l'altezza media di precipitazione alla durata ed alla quota del sito, per la zona 6 in esame è la seguente:

Curva di probabilità pluviometrica in zona 6 (penisola Salentina).



dove h rappresenta la quota assoluta sul mare; t il tempo espresso in ore

Assumendo come altezza media dell'area in esame **$h = 35$ m s.l.m.m.**

L'altezza di pioggia critica, è quella riportata per il territorio in esame, la cui espressione è la seguente:

$$h = \mu (X_{t,h}) * K_T$$

dove:

$$K_T = a + b \cdot \ln (T)$$

Zona Omogenea	a	b
Puglia centro-meridionale	0.159 9	0.516 6

T = tempo di ritorno in anni

Va tuttavia osservato che l'uso di questa approssimazione comporta una sottostima del fattore di crescita, con valori superiori al 10% per T<50 anni e superiori al 5% per T<100 anni. Per semplificare la valutazione del fattore di crescita, nella tabella 3 sono riportati, i valori di K_T relativi ai valori del periodo di ritorno più comunemente adottati nella pratica progettuale.

Tab. 3 Valori di K_T Puglia Centro-Meridionale.

<i>T</i>	<i>5</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>30</i>	<i>40</i>	<i>50</i>	<i>100</i>	<i>500</i>	<i>1000</i>
<i>K_T</i>	1.26	1.53	1.82	2.00	2.13	2.23	2.57	3.38	3.73

Il parametro principale di cui si è tenuto conto nel calcolo dei volumi d'acqua precipitati sul territorio è quello dell'altezza critica prevista nell'arco temporale di 1 ora, con un tempo di ritorno pari a 200 anni, e risulta pari a:

$$\mu (X_{t,h}) = 33,7 t^{(0,0022h+0,488)/3,178}$$

$$h_{crit} = 33,7 t^{(0,0022h+0,488)/3,178} * K_T$$

$$h_{crit} = 33,7 t^{0,1777} * 1,26$$

$$h_{crit} = 42,4 \text{ mm (tempo di ritorno 5 anni ed arco temporale = 1 ore)}$$

Dal confronto dei due metodi si evince come il metodo di Gumbel risulti sensibilmente più conservativo pur essendo i dati confrontabili.

CONCLUSIONI

Lo studio condotto è relazionato nella presente, è parte integrante del progetto per il progetto di “*messa in sicurezza e adeguamento normativo del recapito finale Est*” del Comune di Squinzano (LE)., a NE del centro abitato.

Per ciò che concerne la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni presenti in tale area: sabbie debolmente limose nocciola giallastre presenti al di sotto del terreno eluviale, è possibile attribuire i seguenti parametri fisico-meccanici:

SONDAGGIO S1 VASCHE DI NUOVA REALIZZAZIONE ACQUE DEPURATORE

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Densità relativa %	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm ²)
1	3,50÷3,95	28	Incoerente	1,70	1,9	27	1,0	51	119	208	0,30	1391

SONDAGGIO S2 VASCHE DI NUOVA REALIZZAZIONE ACQUE DEPURATORE

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Densità relativa %	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm ²)
1	3,50÷3,95	25	Incoerente	1,70	1,9	26	1,0	46	106	186	0,31	1251

SONDAGGIO S3 VASCA DIGESTIONE FANGHI

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Densità relativa %	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm ²)
1	2,80÷3,25	35	Incoerente	1,70	1,9	29	1,0	61	148	259	0,29	1709

SONDAGGIO S4 AMPLIAMENTO VASCA RACCOLTA ACQUE PLUVIALI

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Densità relativa %	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm ²)
1	3,00÷3,45	32	Incoerente	1,70	1,9	28	1,0	59	136	237	0,30	1571

SONDAGGIO S5 AREA DISSABBIATORE

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Densità relativa %	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm ²)
1	5,60÷6,05	34	Incoerente	1,70	1,9	29	1,0	54	144	251	0,29	1663

CATEGORIA DI SUOLO B

CATEGORIA TOPOGRAFICA T1

Dal punto di vista idrogeologico, nell'area su cui insiste il lotto preso in esame, si rinviene la falda ad una profondità il cui livello statico si posiziona a circa 34 m al di sotto del piano campagna, non essendo tuttavia tale da originare sostanziali differenziazioni nell'ambito idrogeologico generale ed in considerazione delle quote di imposta delle vasche e delle opere accessorie.

I coeff. di permeabilità misurati nel foro di sondaggio, sono riportati nella tabella di seguito:

Sondaggio	Prova	Profondità	Coeff. di permeabilità (k)
S ₁	P ₁	-4,0 m	$6,2 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
S ₂	P ₂	- 4,0 m	$7,8 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
S ₃	P ₃	- 4,0 m	$1,0 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
S ₄	P ₄	- 4,5 m	$1,6 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
S ₅	P ₅	- 7,6 m	$7,4 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$

Lecce, gennaio 2022

dott. geologo

Luca ORLANDUCCI



ALLEGATO A – Certificati stratigrafici

ALLEGATO B – Prove di permeabilità

ALLEGATO C – Ubicazione indagini geognostiche

ALLEGATO D – Documentazione fotografica

SONDAGGIO GEOGNOSTICO A CAROTAGGIO CONTINUO ø 101 mm					
GEOPRO Sondaggi geognostici	Committente: AQP				
	Cantiere: Recapito finale Est - Squinzano (LE)				
Successione litologica	Descrizione	Campioni	SPT	Permeabilità	
<p>S₁</p> <p>-0.3 m</p> <p>-0.8 m</p> <p>-4.5 m</p> <p>-6.8 m</p>	<p>p.campagna ▽</p> <p>Terreno vegetale limo sabbioso rossastro</p> <p>Sabbie calcaree a grana medio-fine limose di colore nocciola includenti concrezioni calcarenitiche millimetriche</p> <p>Sabbia calcarea a grana fine di colore giallastro monogranulare debolmente limosa, includente livelletti arenacei a grana medio-fine oltre a concrezioni eterometriche calcarenitiche, alla base livello più consistente lapideo decimetrico</p> <p>Sabbia calcarea a grana fine di colore giallo-arancio monogranulare limosa includente concrezioni calcarenitiche eterometriche</p>		<p>Nspt (3,50-3,95m) 9+11+17</p>		
Quota s.l.m.m.	Livello statico //			02/12/2021	

SONDAGGIO GEOGNOSTICO A CAROTAGGIO CONTINUO ø 101 mm					
GEOPRO Sondaggio geognostico	Committente: AQP				
	Cantiere: Recapito finale Est - Squinzano (LE)				
Successione litologica	Descrizione	Campioni TRS	SPT	Permeabilità	
<p>S₂</p>	<p>p.campagna ▽</p> <p>Terreno vegetale limo sabbioso rossastro</p> <p>Sabbie calcaree a grana medio-fine limose di colore arancio includenti concrezioni calcarenitiche millimetriche</p> <p>Sabbie calcarea a grana fine di colore giallastro debolmente limosa, includente livelletti arenacei a grana medio-fine oltre a concrezioni eterometriche calcarenitiche</p> <p>Sabbia calcarea a grana fine di colore giallo-arancio monogranulare limosa includente concrezioni calcarenitiche eterometriche</p>	<p>C1</p>	<p>Nspt (3,50-3,95m) 10+11+14</p>		
Quota s.l.m.m.		Livello statico //		02/12/2021	

SONDAGGIO GEOGNOSTICO A CAROTAGGIO CONTINUO ø 101 mm					
GEOPRO Sondaggi - geognostica	Committente: AQP				
	Cantiere: Recapito finale Est - Squinzano (LE)				
Successione litologica	Descrizione	Campioni TRS	SPT	Permeabilità	
<p>S₃</p>	<p>p.campagna </p> <p>Terreno vegetale limo sabbioso rossastro</p> <p>Sabbie calcaree a grana medio-fine limose di colore nocciola includenti concrezioni calcarenitiche millimetriche</p> <p>Sabbie calcarea a grana fine di colore giallastro debolmente limosa, includente livelletti arenacei a grana medio-fine oltre a concrezioni eterometriche calcarenitiche</p> <p>Sabbia calcarea a grana fine di colore giallo-arancio monogranulare limosa includente concrezioni calcarenitiche eterometriche</p>	C2	Nspt (2.80-3.25m) 13+17+18		
Quota s.l.m.m.	Livello statico //	02/12/2021			

SONDAGGIO GEOGNOSTICO A CAROTAGGIO CONTINUO ø 101 mm					
GEOPRO Sondaggi - geognostica	Committente: AQP				
	Cantiere: Recapito finale Est - Squinzano (LE)				
Successione litologica	Descrizione	Campioni TRS	SPT	Permeabilità	
<p>S₄</p>	<p>p.campagna </p> <p>Materiale di riporto costituito da sedimenti sabbiosi</p> <p>Materiale di riporto costituito da limi nerastri</p> <p>Terreno vegetale limo sabbioso rossastro</p> <p>Sabbie calcarea a grana fine di colore giallastro debolmente limosa, includente livelletti arenacei a grana medio-fine oltre a concrezioni eterometriche calcarenitiche</p> <p>Sabbia calcarea a grana fine di colore giallo-arancio monogranulare limosa includente concrezioni calcarenitiche eterometriche</p>	<p>C3</p>	<p>Nspt (3,00-3,45m) 12+15+17</p>		
Quota s.l.m.m.	Livello statico //	04/12/2021			

SONDAGGIO GEOGNOSTICO A CAROTAGGIO CONTINUO ø 101 mm					
GEOPRO Sondaggio geognostico	Committente: AQP				
	Cantiere: Recapito finale Est - Squinzano (LE)				
Successione litologica	Descrizione	Campioni TRS	SPT	Permeabilità	
<p>S₅</p>	p.campagna				
	Materiale di riporto costituito da sedimenti sabbiosi				
	Materiale di riporto costituito da limi nerastrati				
	Terreno vegetale limo sabbioso rossastro				
	Limi sabbiosi arancio rossastri				
	Sabbia calcarea a grana fine di colore giallastro limosa includente concrezioni calcarenitiche eterometriche		Nspt (5,60-6,05m) 13+16+18		
Quota s.l.m.m.	Livello statico //	04/12/2021			

SCHEDA PROVA DI PERMEABILITA' TIPO LEFRANC A CARICO COSTANTE (A.G.I. 1977)

Prova in:

immissione



estrazione



Fondo foro -4,0 m

Tale prova si esegue misurando la portata necessaria per mantenere costante il livello dell'acqua nel foro di sondaggio. La misura deve essere eseguita in condizioni di regime. Per tale tipo di prova a "carico costante" il coefficiente di permeabilità è dato dalla seguente espressione:

$$k = \frac{q}{C_f \cdot h \cdot d} \text{ ms}^{-1}$$

dove:

q = portata immessa [m³s⁻¹] **(0,0066 l/s)**

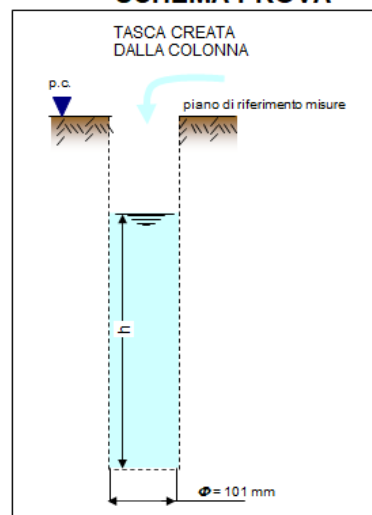
h = livello acqua nel foro [m] (per prove sopra il livello di falda, h è misurato rispetto alla base del foro stesso (S₁). **h = 3,7 m**

d = diametro del foro [m] (101 mm)

C_f = 2,85 (coeff. di forma).

$$k \approx 6,2 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

SCHEMA PROVA



SCHEDA PROVA DI PERMEABILITA' TIPO LEFRANC A CARICO COSTANTE (A.G.I. 1977)

Prova in:

immissione



estrazione



Fondo foro **-4,0 m**

Tale prova si esegue misurando la portata necessaria per mantenere costante il livello dell'acqua nel foro di sondaggio. La misura deve essere eseguita in condizioni di regime. Per tale tipo di prova a "carico costante" il coefficiente di permeabilità è dato dalla seguente espressione:

$$k = \frac{q}{C_f \cdot h \cdot d} \text{ ms}^{-1}$$

dove:

q = portata immessa [m³s⁻¹] **(0,0083 l/s)**

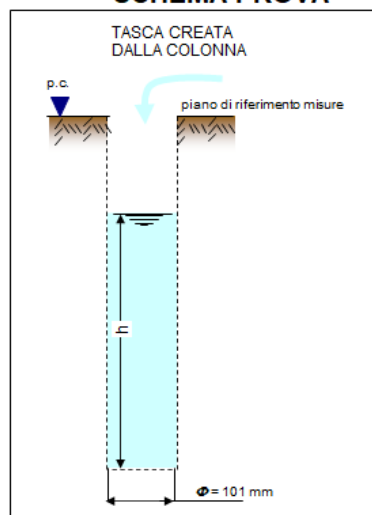
h = livello acqua nel foro [m] (per prove sopra il livello di falda, h è misurato rispetto alla base del foro stesso (S₂). **h = 3,7 m**

d = diametro del foro [m] (101 mm)

C_f = 2,85 (coeff. di forma).

$$k \approx 7,8 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

SCHEMA PROVA



SCHEDA PROVA DI PERMEABILITA' TIPO LEFRANC A CARICO COSTANTE (A.G.I. 1977)

Prova in:

immissione



estrazione



Fondo foro **-4,0 m**

Tale prova si esegue misurando la portata necessaria per mantenere costante il livello dell'acqua nel foro di sondaggio. La misura deve essere eseguita in condizioni di regime. Per tale tipo di prova a "carico costante" il coefficiente di permeabilità è dato dalla seguente espressione:

$$k = \frac{q}{C_f \cdot h \cdot d} \text{ ms}^{-1}$$

dove:

q = portata immessa [m³s⁻¹] **(0,011 l/s)**

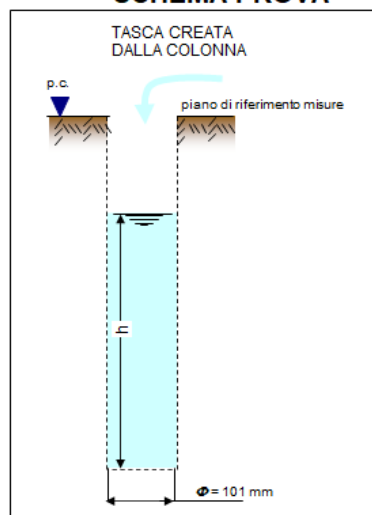
h = livello acqua nel foro [m] (per prove sopra il livello di falda, h è misurato rispetto alla base del foro stesso (S₃). **h = 3,6 m**

d = diametro del foro [m] (101 mm)

C_f = 2,85 (coeff. di forma).

$$k \approx 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

SCHEMA PROVA



SCHEDA PROVA DI PERMEABILITA' TIPO LEFRANC A CARICO COSTANTE (A.G.I. 1977)

Prova in:

immissione



estrazione



Fondo foro -4,5 m

Tale prova si esegue misurando la portata necessaria per mantenere costante il livello dell'acqua nel foro di sondaggio. La misura deve essere eseguita in condizioni di regime. Per tale tipo di prova a "carico costante" il coefficiente di permeabilità è dato dalla seguente espressione:

$$k = \frac{q}{C_f \cdot h \cdot d} \text{ ms}^{-1}$$

dove:

q = portata immessa [m³s⁻¹] **(0,009 l/s)**

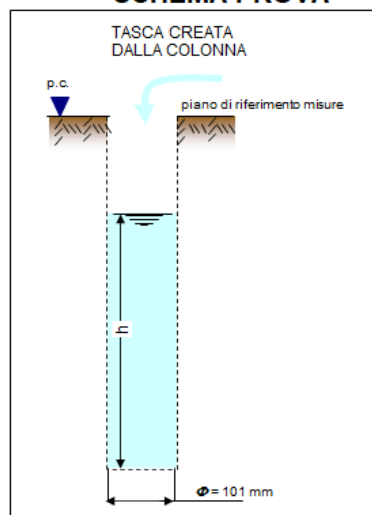
h = livello acqua nel foro [m] (per prove sopra il livello di falda, h è misurato rispetto alla base del foro stesso (S₄). **h = 2,0 m**

d = diametro del foro [m] (101 mm)

C_f = 2,85 (coeff. di forma).

$$k \approx 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

SCHEMA PROVA



SCHEDA PROVA DI PERMEABILITA' TIPO LEFRANC A CARICO COSTANTE (A.G.I. 1977)

Prova in:

immissione



estrazione



Fondo foro -7,6 m

Tale prova si esegue misurando la portata necessaria per mantenere costante il livello dell'acqua nel foro di sondaggio. La misura deve essere eseguita in condizioni di regime. Per tale tipo di prova a "carico costante" il coefficiente di permeabilità è dato dalla seguente espressione:

$$k = \frac{q}{C_f \cdot h \cdot d} \text{ ms}^{-1}$$

dove:

q = portata immessa [$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$] **(0,0055 l/s)**

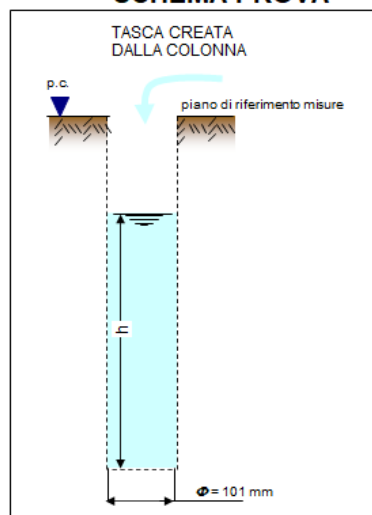
h = livello acqua nel foro [m] (per prove sopra il livello di falda, h è misurato rispetto alla base del foro stesso (S₅). **h = 2,6 m**

d = diametro del foro [m] (101 mm)

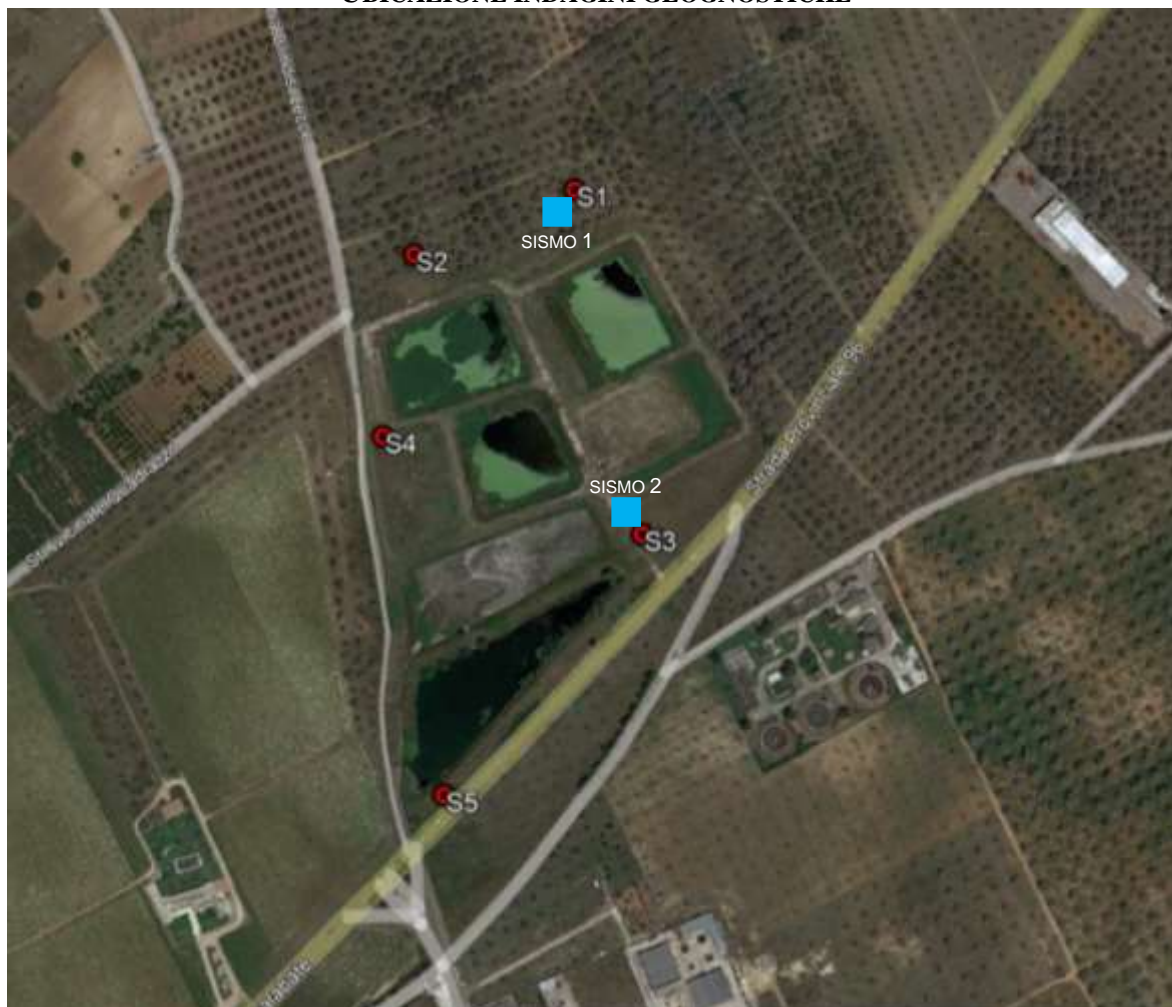
C_f = 2,85 (coeff. di forma).

$$k \approx 7,4 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

SCHEMA PROVA



UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE





POSTAZIONE SONDAGGIO S1



CASSETTA SONDAGGIO S1



POSTAZIONE SONDAGGIO S2



CASSETTA SONDAGGIO S2



POSTAZIONE SONDAGGIO S3



CASSETTA SONDAGGIO S3



POSTAZIONE SONDAGGIO S4



CASSETTA SONDAGGIO S4



POSTAZIONE SONDAGGIO S5



CASSETTA SONDAGGIO S5



PROVE SPT



PROVE DI PERMEABILITÀ IN SITU



INDAGINE SISMICA 1



INDAGINE SISMICA 2