

Relazione tecnica - geologica

codice documento: **15969.PP.GEN.00.RG.002**

pag **64/**
rev: **R01** 75

4 CRITICITÀ GEOLOGICHE CON RIFERIMENTO ALLA STRUTTURA

4.1 Faglie attive e capaci

Per quanto riguarda il tema delle faglie attive e capaci (faglie che si sono rotte almeno una volta negli ultimi 40'000 anni, raggiungendo la superficie e producendo una rottura del terreno), si è fatto riferimento a quanto riportato nei cataloghi ITHACA e DISS 3.3.0..

Il catalogo ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults; *Michetti et al., 2000*; Figura 4.1) segnala la presenza di una faglia attiva e capace (Faglia 43900 Fano) a 200 m dal sito d'interesse.



Figura 4.1 Immagine tratta dal Database ITHACA (*Michetti et al., 2000*; <http://sqi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/>) che mostra le faglie attive e capaci censite nella regione che include il sito d'interesse, indicato dal simbolo giallo



Relazione tecnica - geologica

codice documento: **15969.PP.GEN.00.RG.002**

rev: **R01** pag **65/**
75

GENERAL IDENTIFICATION

| | |
|----------------------|---------------|
| Fault Code | 43900 |
| Fault Name | Fano |
| Region Name | Marche |
| Tectonic Environment | ND |
| System Name | Fiume Metauro |
| Synopsis | |
| Rank | ND |

GEOMETRY AND KINEMATICS

| | |
|--------------------|----------------|
| Segmentation | Single Segment |
| Average Strike (°) | 50 |
| Dip (°) | Undefined |
| Dip Direction | SE |
| Fault Length (km) | 8.0 |
| Mapping Scale | 1:50000 |
| Fault Depth (m) | |
| Kinematics | Normal |

ACTIVITY

| | |
|------------------|---------------------|
| Surface Evidence | ND |
| Last Activity | Pleistocene generic |

Figura 4.2 Descrizione dettagliata della faglia attiva e capace 43900 "Fano"

Relazione tecnica - geologica

codice documento: **15969.PP.GEN.00.RG.002**

rev: **R01** pag **66/75**

4.2 Rischio geologico – idraulico

L'area d'interesse si colloca nella zona costiera all'interno dell'abitato di Fano.

Come confermato anche dalla consultazione del portale IdroGEO (<https://idrogeo.isprambiente.it/app/>), che raccoglie la Mosaicatura nazionale ISPRA (Elaborazione v. 3.0 – Dicembre 2017) delle aree a pericolosità da frana e alluvioni dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI), redatti dalle Autorità di Bacino Distrettuali (Figura 4.3) il sito d'interesse non è interessato da frane o da aree caratterizzate da pericolosità idraulica.

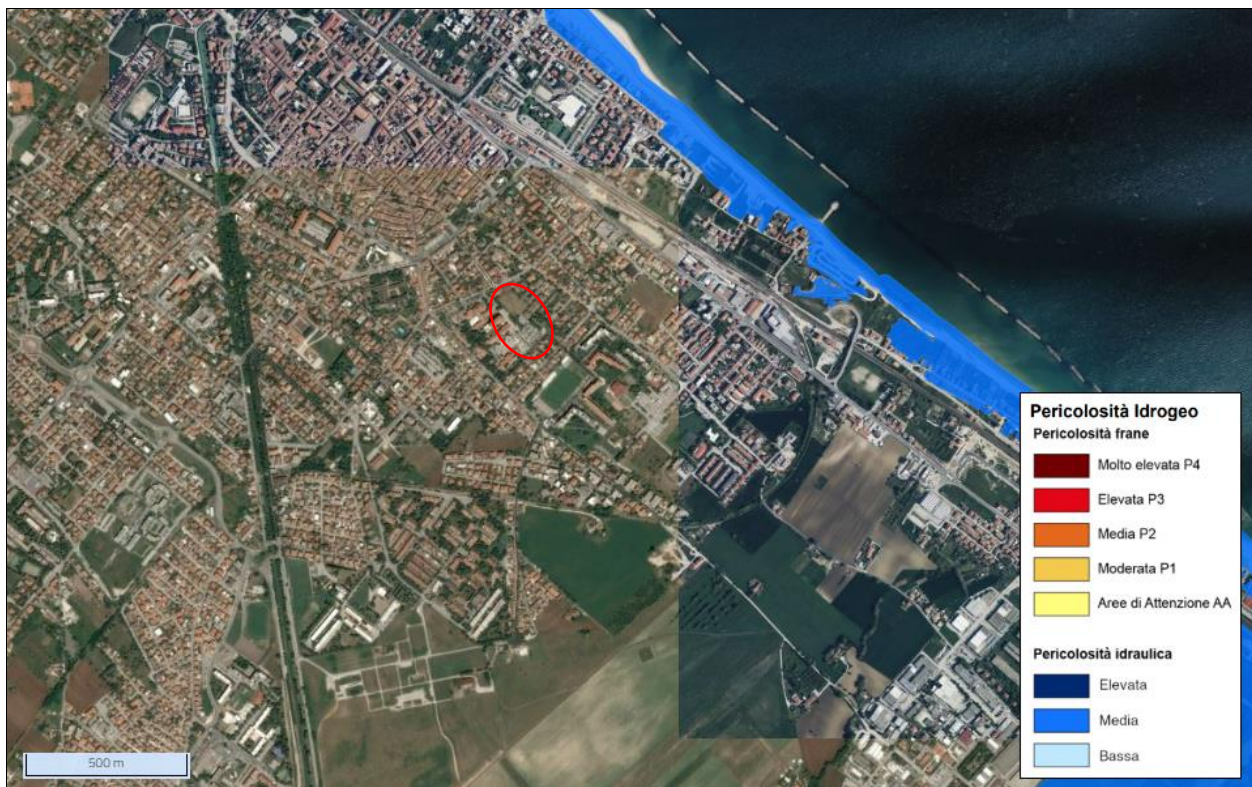


Figura 4.3 Stralcio della Mosaicatura Nazionale ISPRA (Elaborazione v. 3.0 – dicembre 2017) delle aree a pericolosità da frana e alluvioni dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI), redatti dalle Autorità di Bacino Distrettuali, dal Portale IdroGEO. Il simbolo rosso indica la struttura in esame



Relazione tecnica - geologica

codice documento: **15969.PP.GEN.00.RG.002**

rev: **R01** pag 67/
75

4.3 Pericolosità legata alla liquefazione

Il termine liquefazione denota una diminuzione di resistenza al taglio e/o di rigidezza causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo granulare durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

La verifica degli effetti della liquefazione in fase progettuale posso essere omesse come definito all'interno del testo NTC 2018 quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate in Figura 4.4 (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 4.4 (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Relazione tecnica - geologica

codice documento: **15969.PP.GEN.00.RG.002**

rev: **R01** pag 68/
75

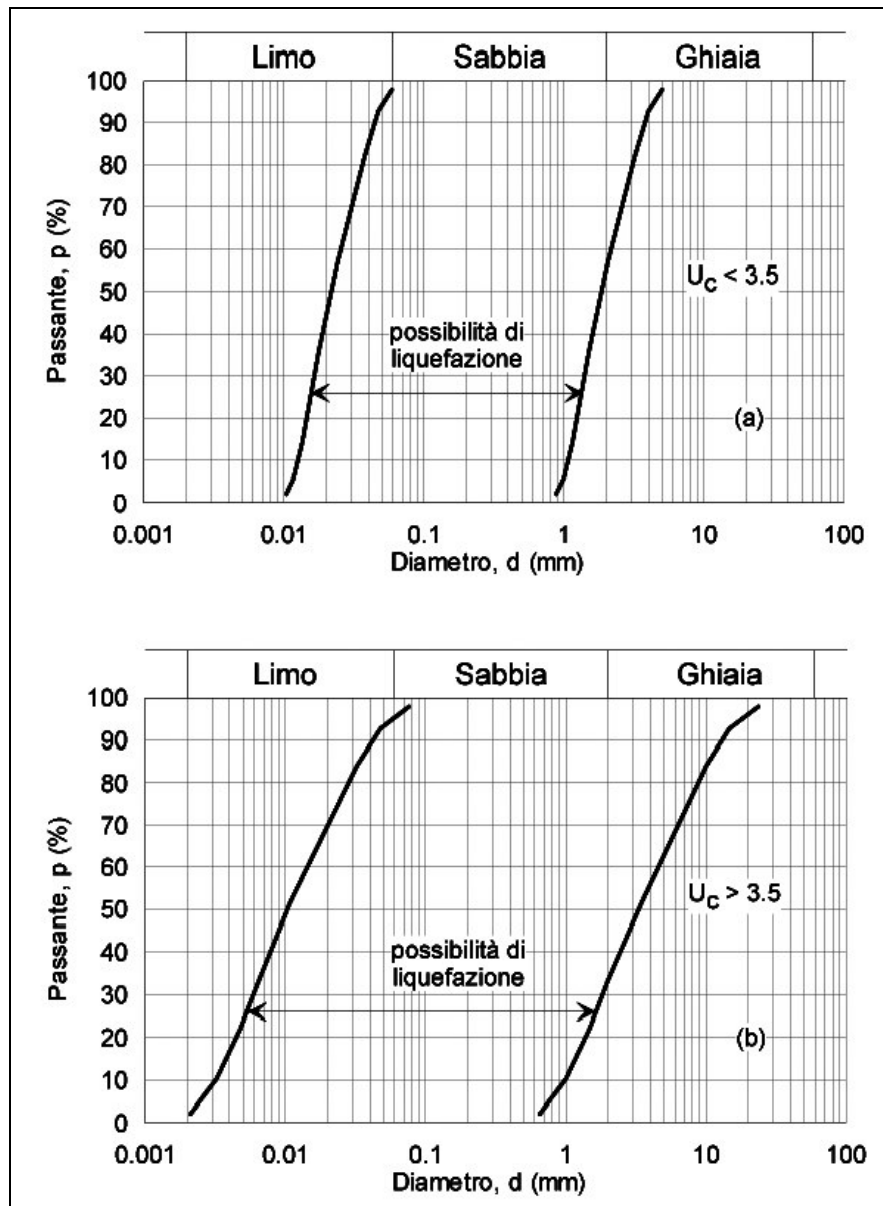


Figura 4.4 Fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione (NTC del 2018)

Le distribuzioni granulometriche dei campioni di terreno prelevati nel contesto dei sondaggi S1 e S2, eseguiti durante la campagna di indagini 2023, permettono di escludere il fenomeno della liquefazione per il sito d'interesse. Le code delle curve granulometriche, relative alla parte fine e grossolana del campione, fuoriescono, infatti, dal campo di liquefazione (Figura 4.5; Figura 4.6; Figura 4.7; Figura 4.8)

Relazione tecnica - geologica

codice documento: **15969.PP.GEN.00.RG.002**

pag 69/
rev: **R01** 75

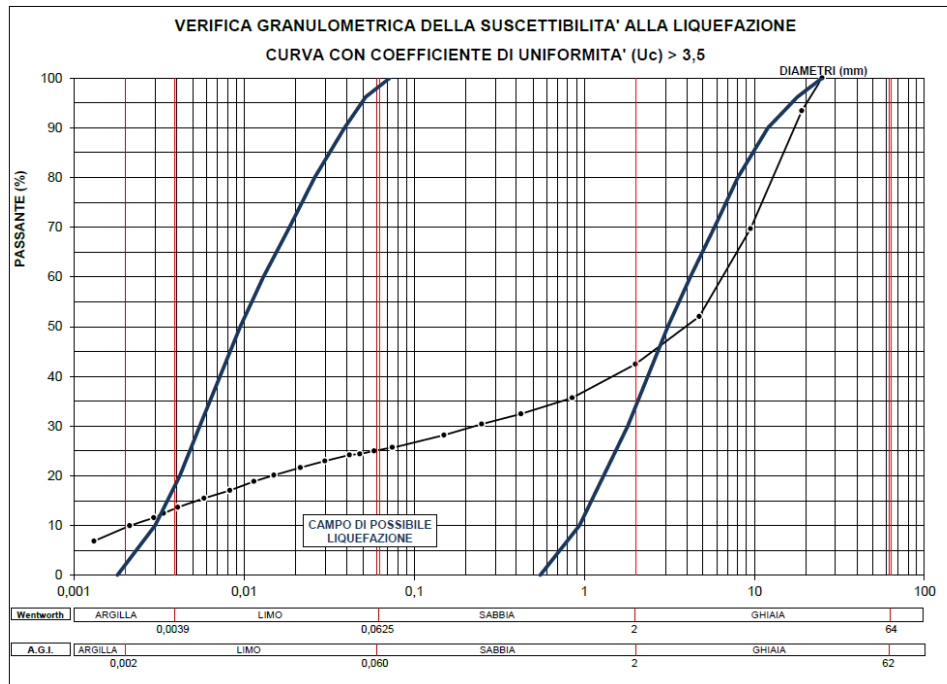


Figura 4.5 Curva granulometrica del campione CR1 (11,50-12,00 m dal p.c.) estratto nel contesto del sondaggio S1 durante la campagna di indagini 2023, confrontata con i fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione (NTC del 2018)

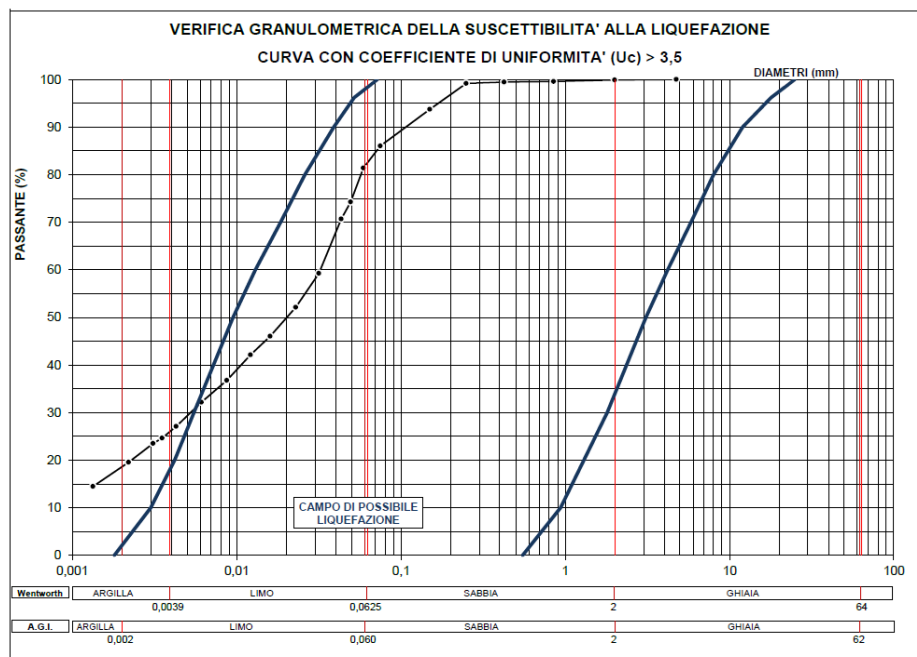


Figura 4.6 Curva granulometrica del campione CR2 (15,80-16,30 m dal p.c.), estratto nel contesto del sondaggio S1 durante la campagna di indagini 2023, confrontata con i fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione (NTC del 2018)



Relazione tecnica - geologica

codice documento: **15969.PP.GEN.00.RG.002**

pag 70/
75
rev: **R01**

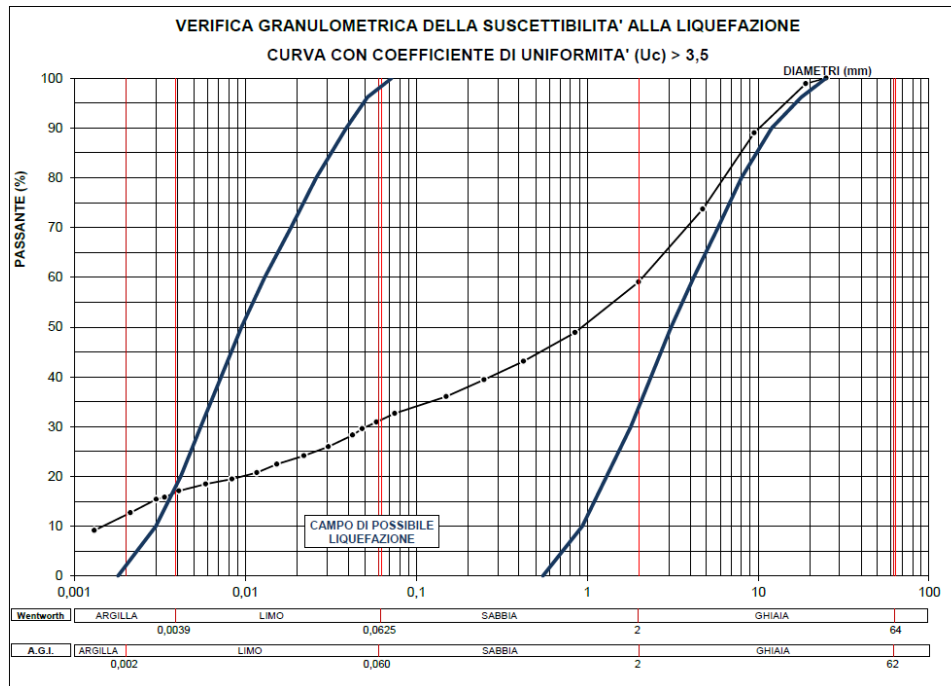


Figura 4.7 Curva granulometrica del campione CR3 (20,50-21,00 m dal p.c.) estratto nel contesto del sondaggio S1 durante la campagna di indagini 2023, confrontata con i fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione (NTC del 2018)

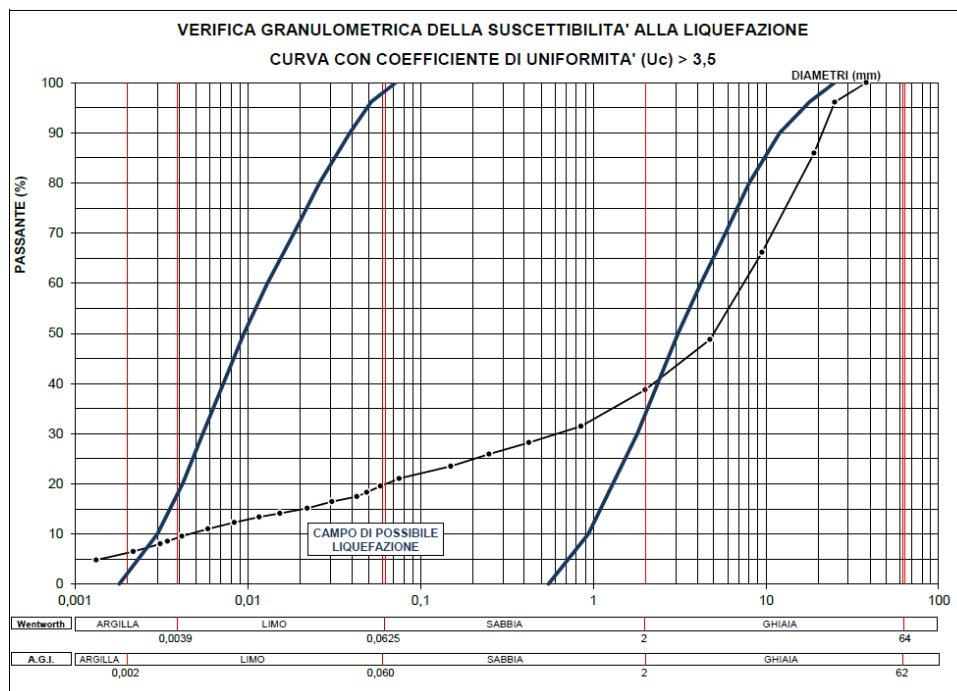


Figura 4.8 Curva granulometrica del campione CR1 (5,70-6,00 m dal p.c.) estratto nel contesto del sondaggio S2 durante la campagna di indagini 2023, confrontata con i fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione (NTC del 2018)



Relazione tecnica - geologica

codice documento: **15969.PP.GEN.00.RG.002**

rev: **R01** pag 71/
75

Per confermare ulteriormente l'assenza di rischio di liquefazione per i terreni soggiacenti l'opera è stata eseguita una verifica a liquefazione tramite il metodo di *Kayen et al., 2013*.

4.3.1 Verifica di liquefazione

Il metodo di *Kayen et al., 2013* utilizza la velocità delle onde di taglio (V_s), per una stima quantitativa della resistenza del suolo alla liquefazione.

Per svolgere la verifica a liquefazione dell'intero spessore indagato è stato utilizzato un foglio di calcolo Excel implementato con il sopradescritto metodo di Kayen. All'interno del software sono stati inseriti diversi parametri inerenti sia l'azione sismica di riferimento, sia le caratteristiche del deposito, i quali hanno permesso il calcolo del potenziale di liquefazione e del fattore di sicurezza. Di seguito viene riportata una tabella dove vengono riassunti i due parametri in funzione della profondità (Tabella 4.1).

Infine, i dati sono stati plottati all'interno di un grafico che rapporta V_s1 e CSR dove sono ben distinguibili i due campi: Liquefaction Zone e No Liquefaction Zone (Figura 4.9).



Relazione tecnica - geologica

codice documento: **15969.PP.GEN.00.RG.002**

pag 72/
rev: **R01** 75

Tabella 4.1 Tabella riassuntiva dei fattori di sicurezza e del potenziale di liquefazione per le diverse profondità indagate

| Tabella riassuntiva della verifica a liquefazione | | |
|---|-----|--------------|
| m dal p.c. | PL% | FS=CRR*/CSR* |
| 1 | 0 | 193 |
| 2 | 0 | 329 |
| 3 | 0 | 182 |
| 4 | 0 | 116 |
| 5 | 0 | 81 |
| 6 | 0 | 1431499 |
| 7 | 0 | 703267 |
| 8 | 0 | 373998 |
| 9 | 0 | 212449 |
| 10 | 0 | 127595 |
| 11 | 0 | 2746901 |
| 12 | 0 | 1609911 |
| 13 | 0 | 986161 |
| 14 | 0 | 627955 |
| 15 | 0 | 413767 |
| 16 | 0 | 281018 |
| 17 | 0 | 1104523 |
| 18 | 0 | 140118 |
| 19 | 0 | 243 |
| 20 | 0 | 209 |
| 21 | 0 | 181 |
| 22 | 0 | 158 |
| 23 | 0 | 139 |
| 24 | 0 | 123 |
| 25 | 0 | 144 |
| 26 | 0 | 129 |
| 27 | 0 | 72851 |
| 28 | 0 | 11741 |
| 29 | 0 | 9704 |
| 30 | 0 | 8073 |

Relazione tecnica - geologica

codice documento: **15969.PP.GEN.00.RG.002**

pag 73/
rev: **R01** 75

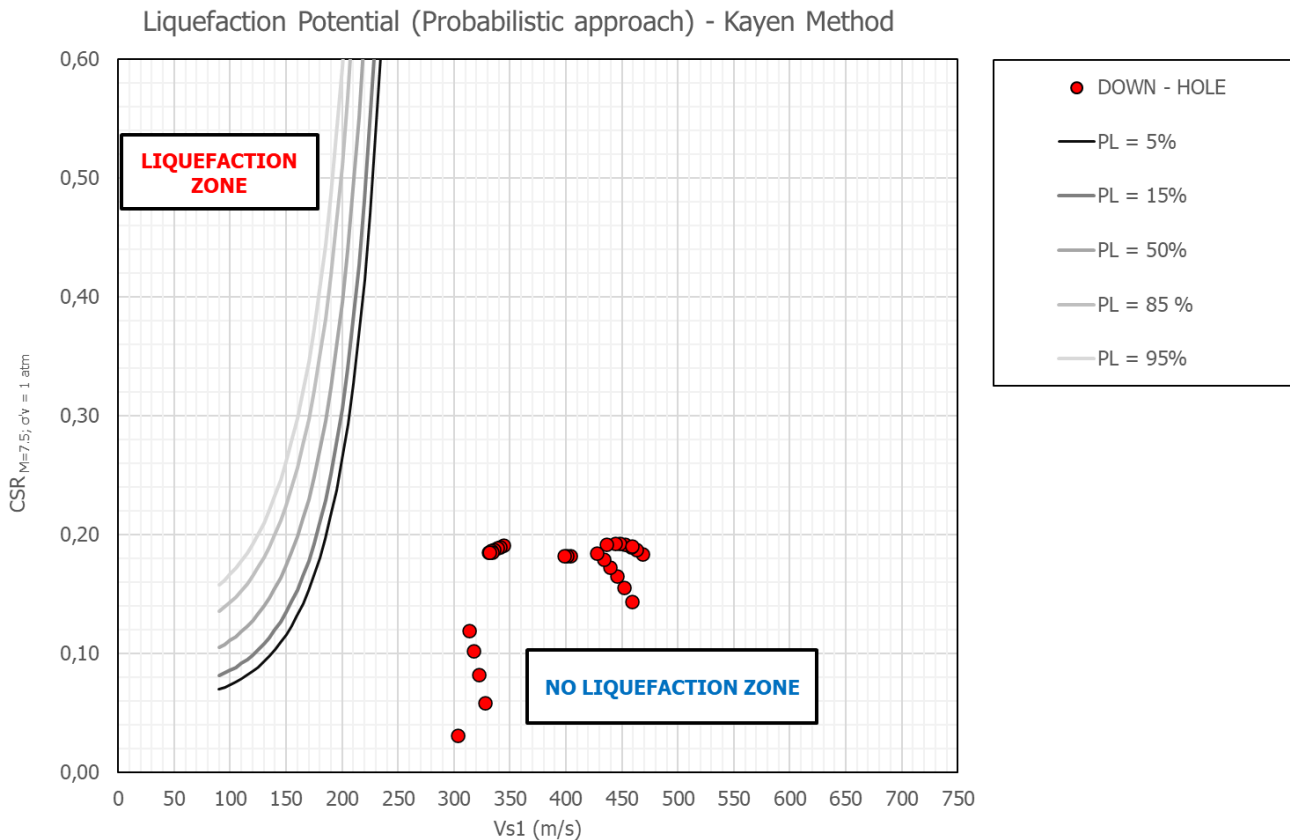


Figura 4.9 Grafico tratto da metodo di Kayen et al., 2013 che mostra le profondità indagate in funzione del potenziale di liquefazione

Il grafico tratto dal metodo di *Kayen et al., 2013* di Figura 4.9, mostra come tutti i valori corrispondenti alle diverse profondità dal p.c. siano compresi all'interno della zona di non liquefazione.

A valle della verifica a liquefazione è, quindi, possibile escludere il fenomeno per l'intero intervallo di terreno oggetto di studio.