

# Comune di Fano

PROVINCIA DI PESARO E URBINO

## VARIANTE URBANISTICA DI UN'AREA DA DESTINARSI ALLA REALIZZAZIONE DEL NUOVO PALASPORT DELLA CITTA' DI FANO.

Ubicazione:

Località Chiaruccia

Dati Catastali:

Foglio 75, Mappali 294-336

Committente:

Amministrazione Comunale

Professionisti:

Dott. Geol. Matteo Darderi

Dott. Geol. Patrizia Rondoni

### STUDIO GEOLOGICO E DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Data	Rev.	Commessa	Rif.
30/09/2020	00	2020	fano chiaruccia

“OPERA DELL'INGEGNO – RIPRODUZIONE VIETATA OGNI DIRITTO RISERVATO – ART.99 L. 633/41”.

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  2 / 71
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica	30.09.2020		
	RGCI		Rev.	0	

## INDICE

1	PREMESSA .....	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	5
2.1	<i>Normativa di riferimento</i> .....	5
2.2	<i>Documentazione di riferimento</i> .....	5
2.3	<i>Bibliografia</i> .....	5
3	UBICAZIONE .....	7
4	STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE .....	10
4.1	<i>Piano stralcio di Assetto Idrogeologico</i> .....	10
4.2	<i>Piano Regolatore Generale</i> .....	11
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	12
5.1	<i>Geologia</i> .....	12
5.2	<i>Geomorfologia</i> .....	14
5.3	<i>Reticolo idrografico</i> .....	17
5.4	<i>Idrogeologia</i> .....	19
6	CAMPAGNA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE .....	21
6.1	<i>Prove penetrometriche</i> .....	21
6.2	<i>Sondaggio</i> .....	23
6.3	<i>Prove di laboratorio</i> .....	24
6.4	<i>Prova geofisica</i> .....	24
7	RISULTATI DELLE INDAGINI ESEGUITE.....	28
7.1	<i>Indagini penetrometriche</i> .....	28
7.2	<i>Sondaggio a rotazione</i> .....	29
7.3	<i>Risultati indagini di laboratorio</i> .....	30
7.4	<i>Prova geofisica</i> .....	30
8	MODELLO GEOLOGICO .....	34
9	SISMICITA .....	36
10	PERICOLOSITÀ.....	39
11	CONCLUSIONI.....	44

## ALLEGATI:

- 1- Stratigrafia e documentazione fotografica sondaggio
- 2- Risultati analisi di laboratorio
- 3- Diagrammi e tabulati penetrometrici

<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	Lavoro: <b>Variante urbanistica Palasport di Fano</b>		Data		Pagina  <b>3 / 71</b>
	Identificazione documento	Oggetto: <b>Relazione Geologica</b>	<b>30.09.2020</b>		
	<b>RGCI</b>		Rev.	<b>0</b>	

## **1 PREMESSA**

L'Amministrazione Comunale di Fano con disciplinare n°1683/2020 ha conferito agli scriventi l'incarico professionale per lo studio geologico, morfologico, idrogeologico e la verifica di compatibilità idraulica riguardanti la variante di un'area, da destinarsi alla realizzazione del nuovo Palasport della città di Fano, situata in località Chiaruccia.

Partendo dalle informazioni geologiche disponibili in letteratura scientifica e negli strumenti di pianificazione per la zona in oggetto ed utilizzando i risultati di una campagna di indagini geognostiche appositamente eseguite nel lotto è stato possibile definire i modelli geologico e sismico necessari per verificare che la variante richiesta possa essere compatibile con le condizioni geologiche del sito; tali modelli potranno essere considerati come base di partenza per le successive fasi di progettazione. Nel presente elaborato sono contenuti inoltre i dati che hanno permesso di verificare la compatibilità idraulica della zona in relazione a quanto previsto dalla L.R. n°22 del 23 novembre 2011 e successive linee guida approvate con delibera di Giunta Regionale n°53 del 27 gennaio 2014.

La variante prevede l'ampliamento del "Comparto a destinazione artigianale Chiaruccia" (ST5-P32), inglobando l'area adiacente a destinazione urbanistica "F1-Zone di verde attrezzato" di 2730 m<sup>2</sup> oltre ad un'area a destinazione F5 (zone per attrezzature di interesse collettivo) di circa 13.000 m<sup>2</sup>; il nuovo comparto avrà una superficie complessiva di circa 56700 m<sup>2</sup>.

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  4 / 71
	Identificazione documento		30.09.2020		
	RGCI		Oggetto: Relazione Geologica	Rev.	

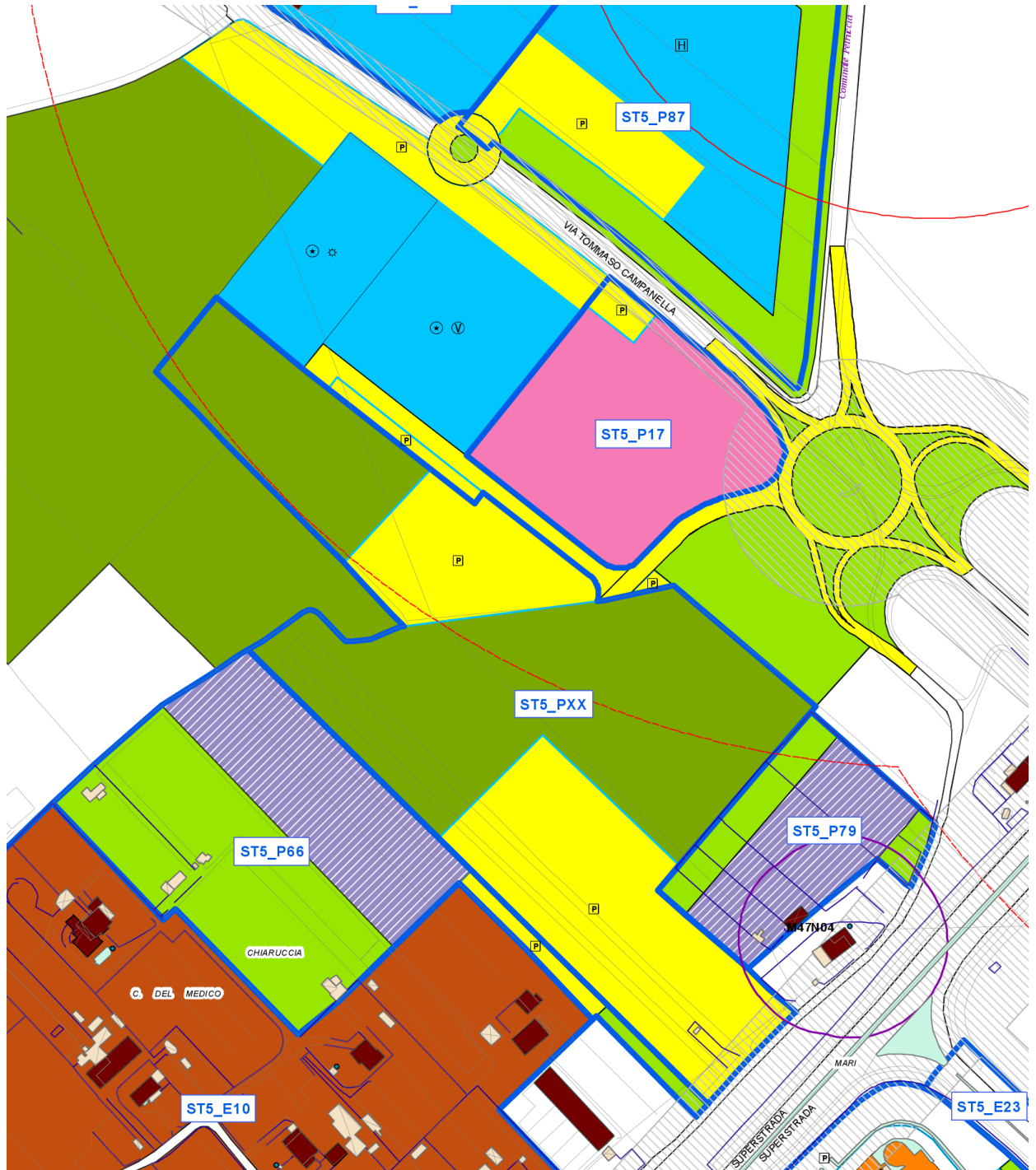


Figura 1.1: Proposta di variante PRG – stralcio riprodotto fuori scala



Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  5 / 71
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica	30.09.2020		
	RGCI		Rev.	0	

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Normativa di riferimento

- Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.42 del 20.2.2018.
- Circolare n.7 del 21 gennaio 2019: Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n. 30.
- Circolare 02.02.2009, n. 617 - Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14.01.2008.
- D.M. 11.03.1988 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”, G.U. 01.06.1988, n. 127. S.O.
- Circolare 09.01.1996 n. 218/24/3 del Ministero dei lavori pubblici “L. 02.02.1974, n. 64. Decreto del Ministro dei lavori pubblici 11.03.1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica”, G.U. 29.02.1996, n. 50.
- L.R. 22 del 23/11/2011 “Norme in materia di riqualificazione urbana sostenibile e assetto idrogeologico”.
- Linee guida approvate con delibera di G.R. n°53 del 27/01/2014 “Criteri, Modalità e Indicazioni per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l’invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali”.
- D.P.R. 380 del 06/06/2001 “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamenti in materia edilizia”.

### 2.2 Documentazione di riferimento

- Piano stralcio di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Marche.
- Piano Regolatore Generale del Comune di Fano.
- ITHACA catalogo delle faglie capaci - Servizio Geologico d’Italia – ISPRA.
- Microzonazione Sismica Comune di Fano (OPCM 3907/2010).

### 2.3 Bibliografia

- Carta Geologica d’Italia 1:50’000, Foglio 269 “Fano”.
- Carta Geologica Regionale 1:10’000, Sezione 269130 “Fano”.

<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	Lavoro: <b>Variante urbanistica Palasport di Fano</b>		Data		Pagina  <b>6 / 71</b>
	Identificazione documento	Oggetto: <b>Relazione Geologica</b>	<b>30.09.2020</b>		
	<b>RGCI</b>		Rev.	<b>0</b>	

- Note illustrative della Carta Geologica D'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 269 “Fano”.
- Piano Tutela Acque (PTA) della Regione Marche.
- Riprese aeree “AGEA”

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  7 / 71
	Identificazione documento		30.09.2020		
	RGCI		Oggetto: Relazione Geologica Rev. 0		

### 3 UBICAZIONE

L'area esaminata si ubica circa 4 km a sud rispetto al centro cittadino, poche decine di metri ad ovest del percorso della strada E78, in un'area attualmente a vocazione agricola.

Le coordinate del punto centrale dell'area sono, nel sistema WGS84: Longitudine 13.01209°, Latitudine 43.80571°.

Nel seguito vengono riportati stralci della cartografia in uso.

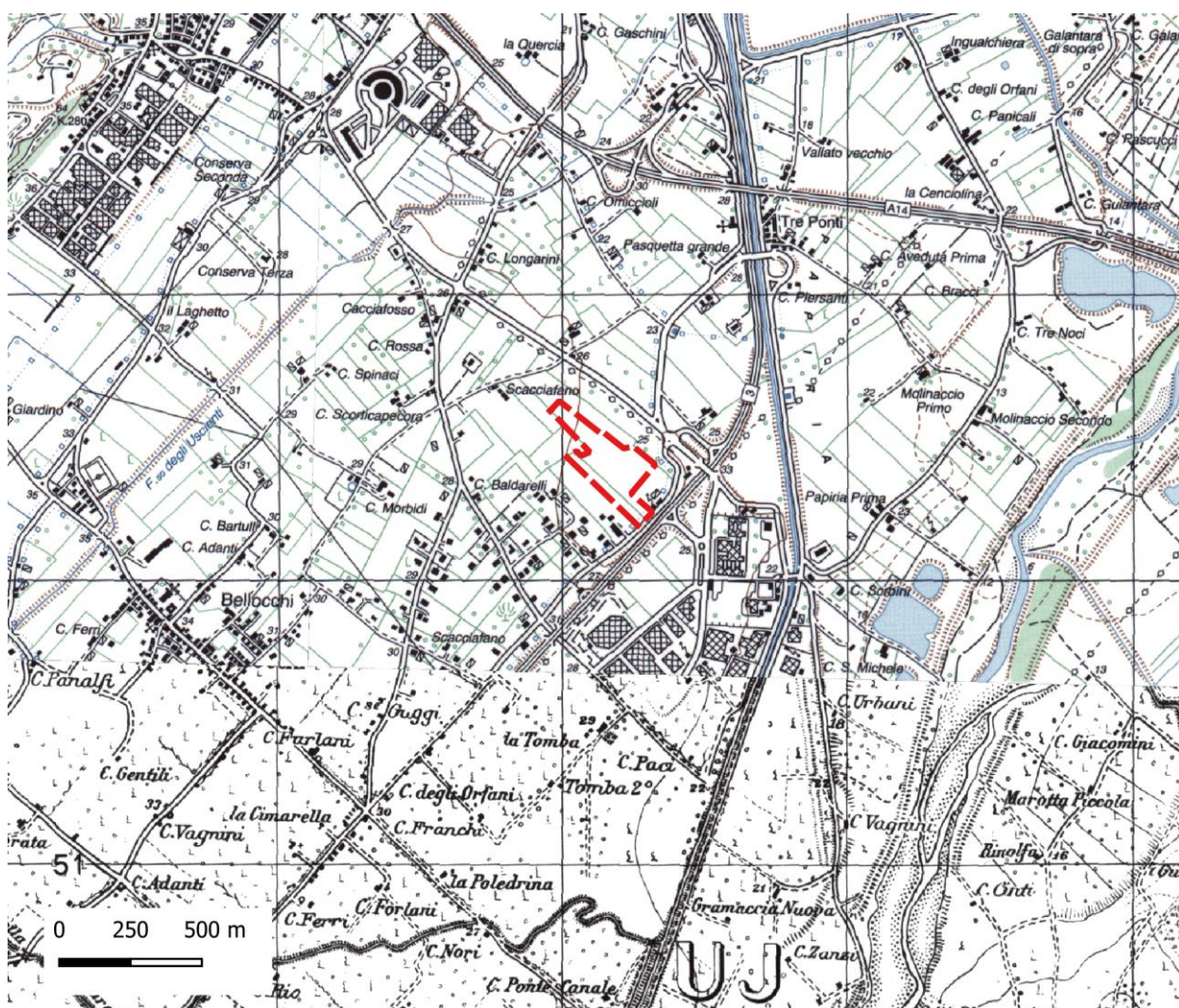


Figura 3.1: Inquadramento della zona di intervento nella cartografia IGM alla scala 1:25.000 – in rosso l'area in studio

<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	<b>Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano</b>		<b>Data</b>		<b>Pagina</b>  <b>8 / 71</b>
	<b>Identificazione documento</b>		<b>30.09.2020</b>		
	<b>RGCI</b>		<b>Oggetto: Relazione Geologica</b>		
			<b>Rev.</b>	<b>0</b>	

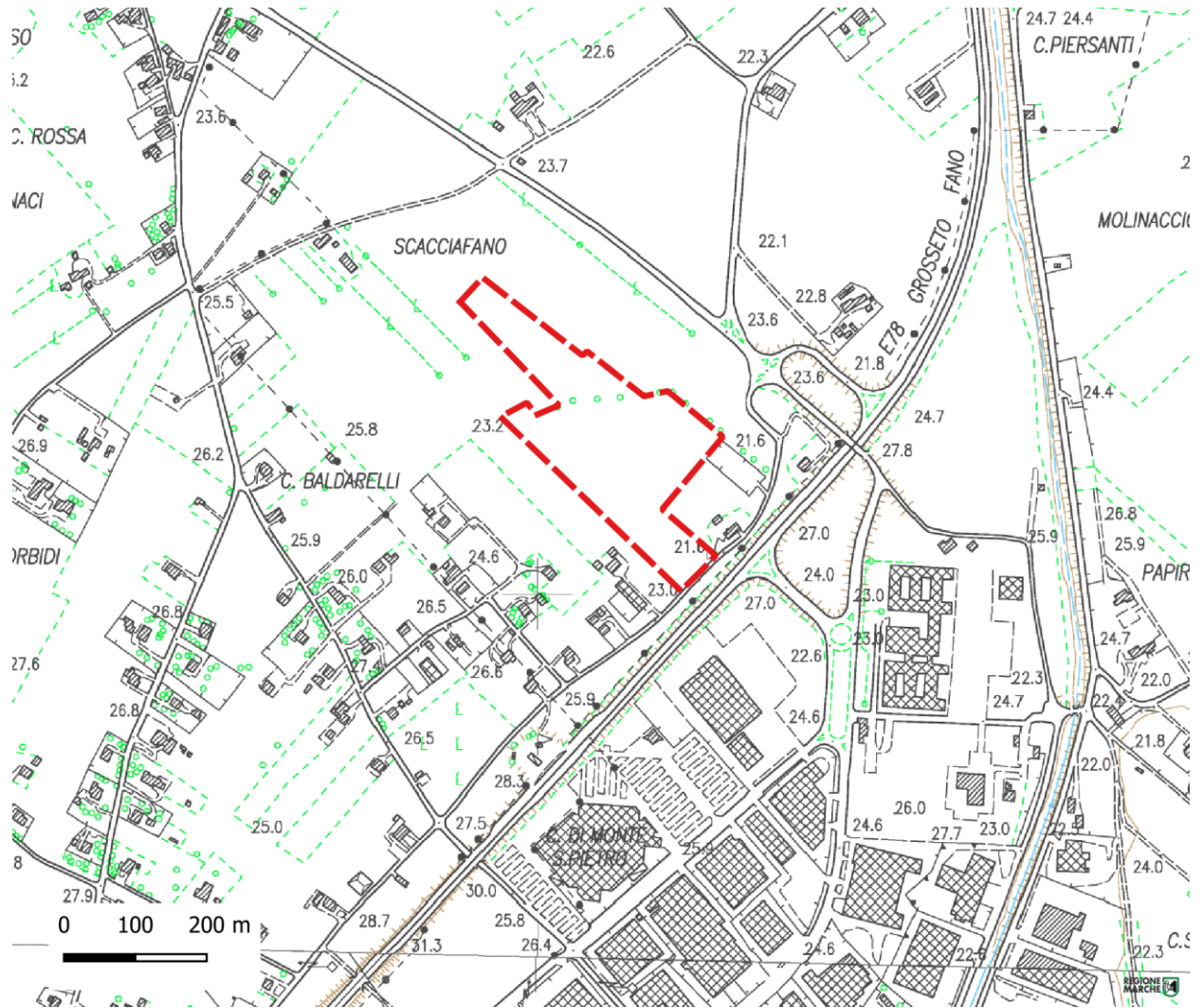


Figura 3.2: Inquadramento della zona di intervento (linea rossa) nella cartografia alla scala 1:10.000 – Sez. 269130 "Fano"



<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	<b>Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano</b>		<b>Data</b>		<b>Pagina</b>  <b>9 / 71</b>
	Identificazione documento	<b>Oggetto: Relazione Geologica</b>	<b>30.09.2020</b>		
	<b>RGCI</b>		<b>Rev.</b>	<b>0</b>	



*Figura 3.3: Ripresa aerea dell'area (Google) con indicazione della zona di intervento.*



Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  10 / 71
	Identificazione documento		30.09.2020		
	RGCI		Oggetto: Relazione Geologica Rev. 0		

## 4 STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE

Nel seguito si riportano le cartografie del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Marche e del Piano Regolatore Generale del comune di Fano.

### 4.1 Piano stralcio di Assetto Idrogeologico

Il Piano stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Marche non indica per la zona in oggetto alcuna perimetrazione di pericolosità. Nella figura che segue si evidenziano le aree a rischio di esondazione; quella più prossima al lotto in questione risulta ad oltre un chilometro di distanza in direzione sud-est legata alla dinamica del Fiume Metauro.

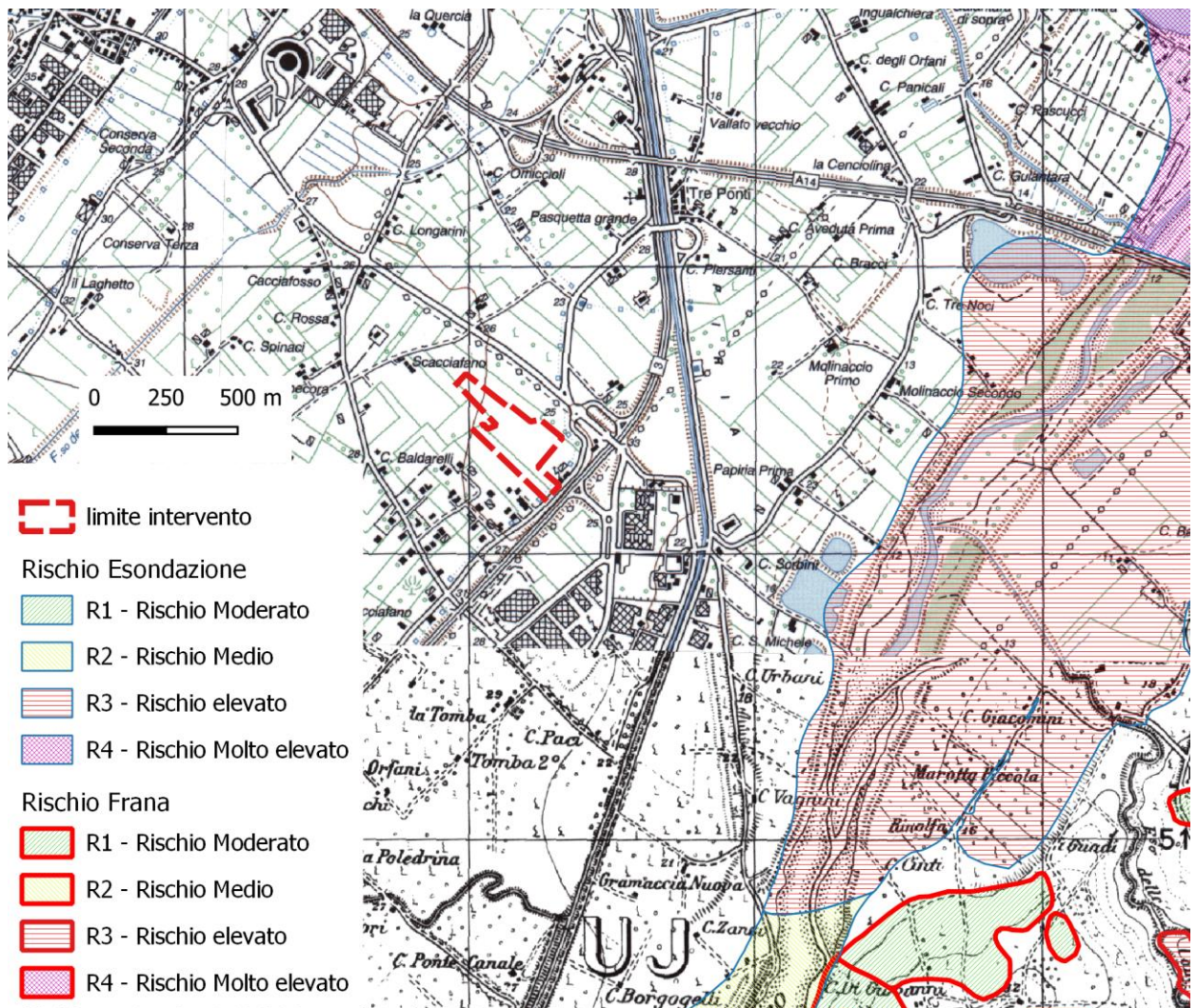


FIGURA 4.1: RAPPRESENTAZIONE DELLE ZONE A RISCHIO COSI' COME INDIVIDUATE NEL P.A.I. DELLA REGIONE MARCHE (SCALA 1:25.000).



Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  11 / 71
	Identificazione documento		30.09.2020		
	RGCI		Oggetto: Relazione Geologica Rev. 0		

## 4.2 Piano Regolatore Generale

La carta delle pericolosità geologiche del Piano Regolatore Generale del Comune di Fano (Tavola S1.3) indica che il perimetro in oggetto è parzialmente interessato dall'area di protezione dei pozzi ad uso acquedottistico.

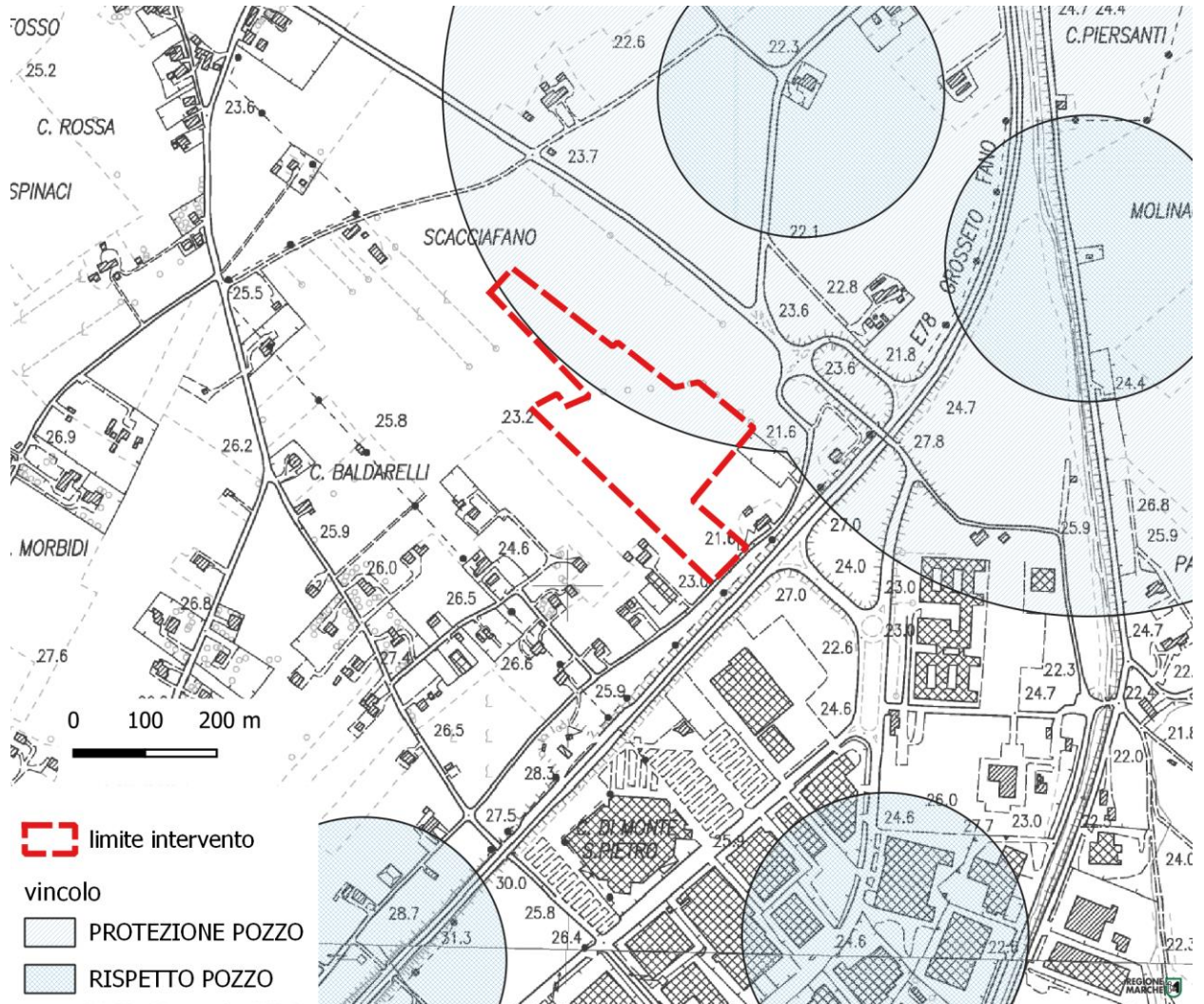


Figura 4.2: figura elaborata sulla base di quanto contenuto nella Tavola S1.3 "Carta delle pericolosità geologiche" del PRG comunale riportante i vincoli geologici dell'area (scala 1:10.000).

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  12 / 71
	Identificazione documento		30.09.2020		
	RGCI		Oggetto: Relazione Geologica		
			Rev.	0	

## 5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

### 5.1 Geologia

L'area oggetto di questo studio rientra nel dominio strutturale dell'Avanfossa adriatica, deformato e traslato verso E nel Pliocene medio - Pleistocene inf., corrispondente ad una fascia sismotettonica in cui l'attività sismica, generalmente moderata, è prevalentemente superficiale (ipocentri <10 Km) e associata a deformazioni di tipo compressivo e trascorrente, con meccanismi focali caratterizzati da asse di massima compressione orientato in direzione SO-NE.

L'assetto morfostrutturale delle Marche settentrionali è caratterizzato da una successione di pieghe e sovrascorrimenti, formati in seguito alla fase tettonica compressiva che ha interessato l'area a partire dal Tortoniano superiore. Sono presenti anticlinali asimmetriche per lo più fagliate a vergenza orientale alle quali si alternano sinclinali più strette; tali strutture interessano sedimenti prequaternari di origine marina in facies argilloso-sabbiosa (Formazioni Mio-Plioceniche).

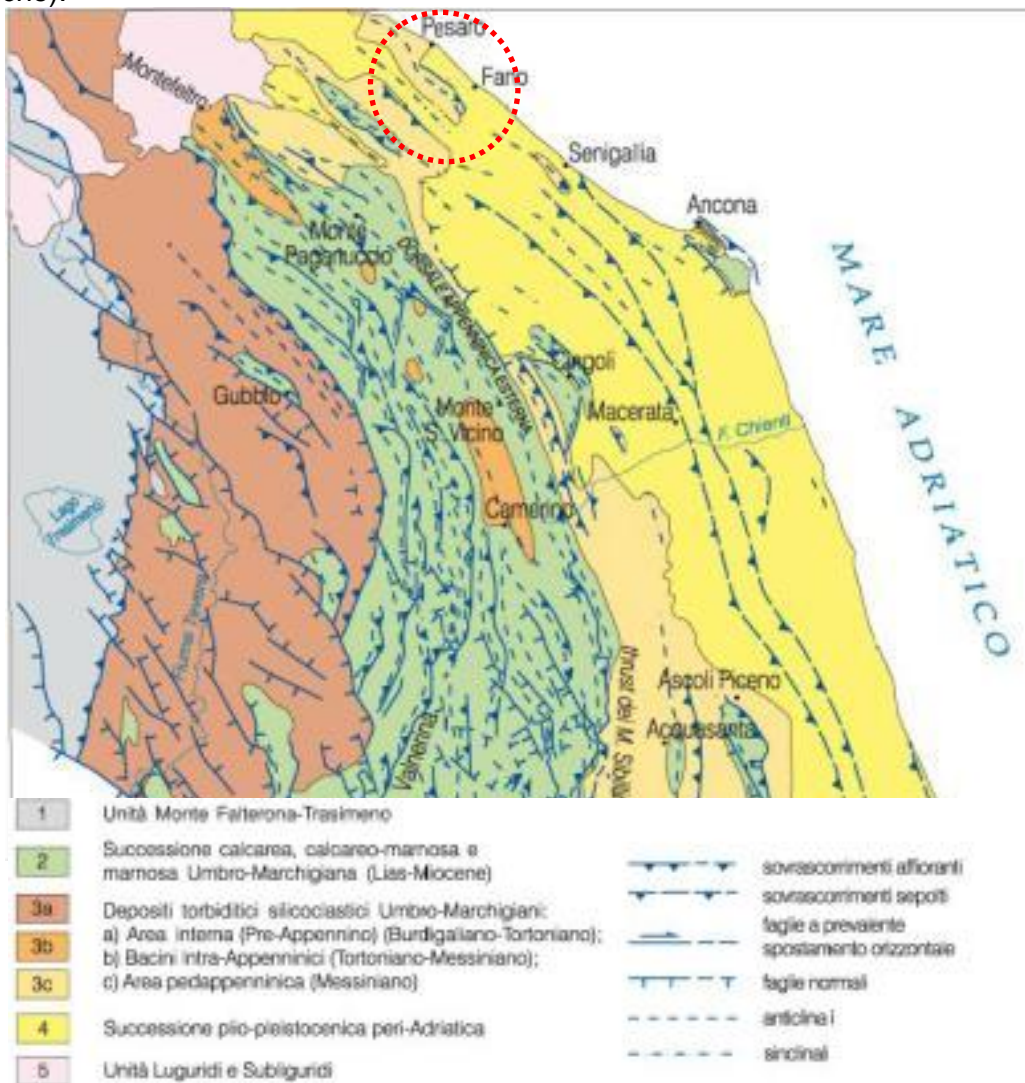


Figura 5.1: Schema geologico strutturale rappresentato fuori scala (estratto da CARG – Foglio 268 – Pesaro 1:50.000).



Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  13 / 71
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica	30.09.2020		
	RGCI		Rev.	0	

Il territorio preso in esame si situa nella piana alluvionale del Fiume Metauro, nella fascia prossima a quella costiera.

I terreni presenti nel sito sono costituiti da depositi continentali che per la loro altezza sul thalweg del corso d'acqua, possono essere attribuiti alle alluvioni terrazzate del III° ordine (Pleistocene sup.-medio) del F. Metauro. Il materasso alluvionale è costituito in prevalenza da depositi ghiaiosi grossolani e sabbiosi ed intercalati a lenti e lingue argilloso-limose che nell'area in studio risultano ricoperti da un livello limoso-argilloso; lo spessore del materasso alluvionale nella zona in esame è di circa 30 m (Elmi et alii, 1981).

Al di sotto dell'orizzonte di depositi continentali si rinviene il substrato di origine marina formato da sedimenti pliocenici argilloso-marnosi talora con subordinati livelli sabbiosi.

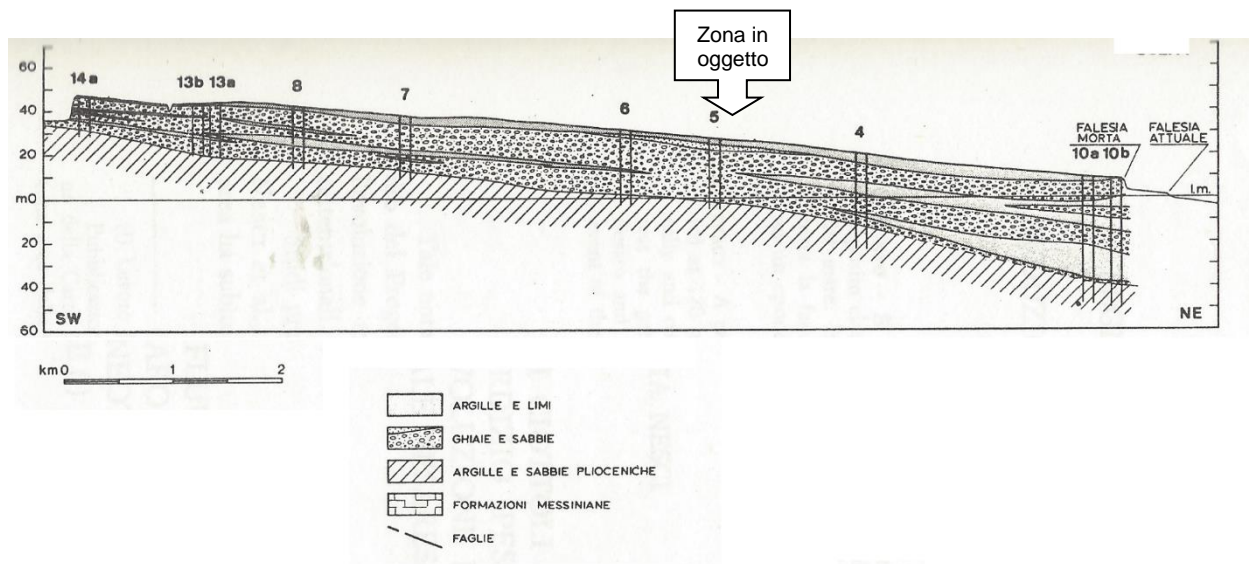
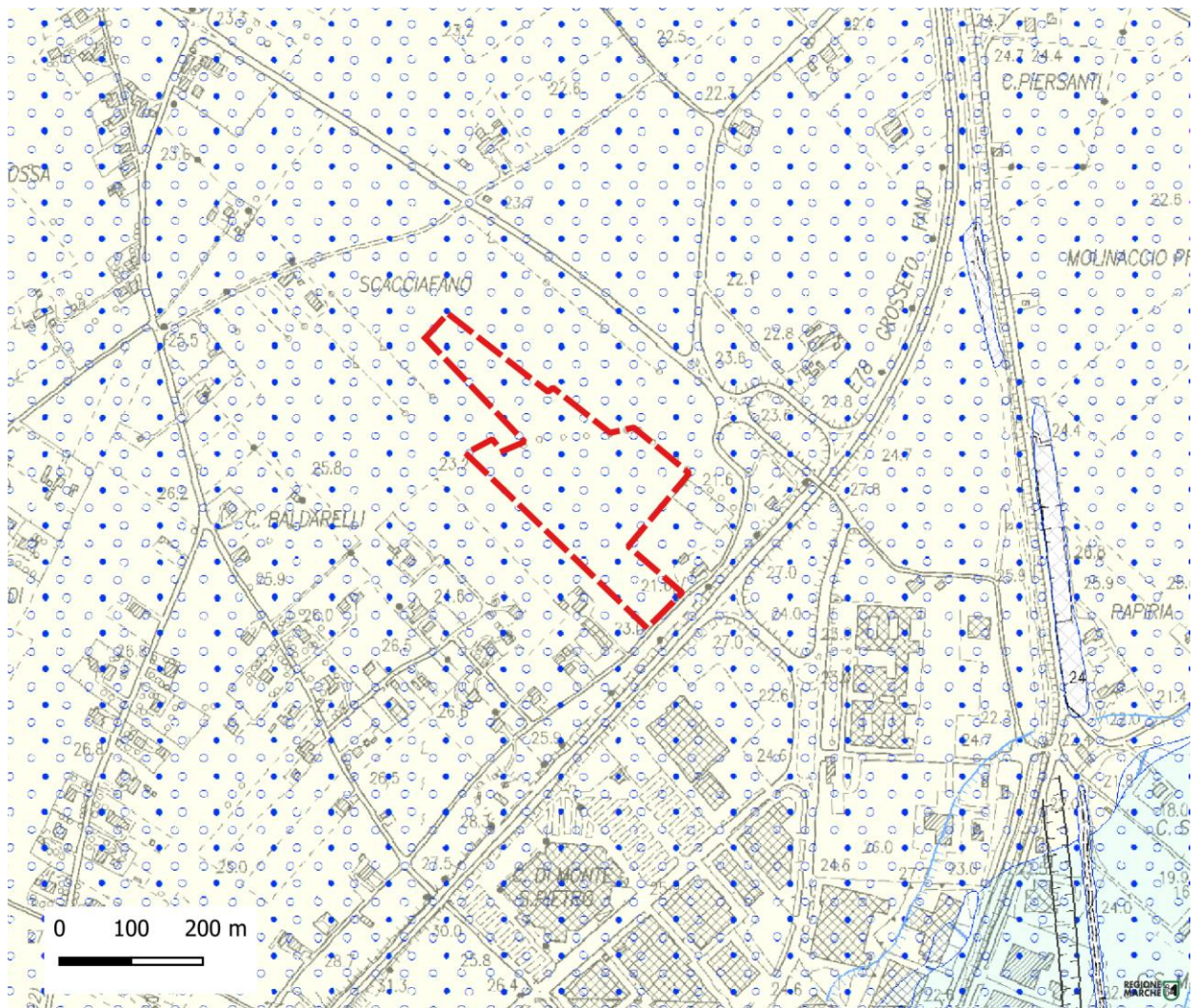


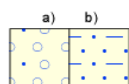
Figura 5.2: Sezione geologica interpretativa longitudinale alla valle del F. Metauro (Ricerche geologiche e idrogeologiche nella bassa valle del F. Metauro - Elmi, Francavilla, Merelli, 1981)

Il territorio in studio ricade nella sezione 269130 "Fano" della Carta Geologica Regionale in scala 1:10.000 di cui nel seguito si riporta uno stralcio.

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  14 / 71
	Identificazione documento		30.09.2020		
	RGCI		Oggetto: Relazione Geologica Rev. 0		



**SINTEMA DI MATELICA**  
(PLEISTOCENE SUPERIORE)



MTIbn

Depositi alluvionali terrazzati

- a) ghiaie prevalenti associate a subordinate sabbie, limi ed argille
- b) argille, limi e sabbie associate a subordinate ghiaie

Figura 5.3: Carta Geologica Regionale, Sezione n°269130 "Fano" – Scala 1:10.000

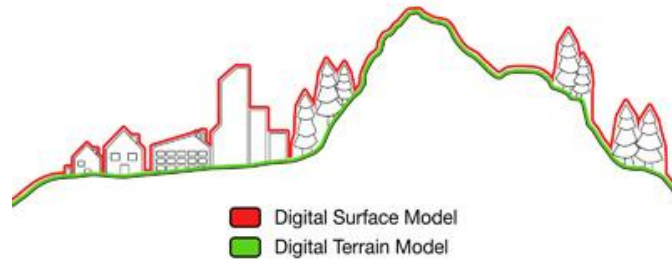
## 5.2 Geomorfologia

Come detto l'intervento ricade nella valle alluvionale del Fiume Metauro, ampia in questo tratto circa 4.5 km; si tratta di una superficie subpianeggiante con generale leggera pendenza verso NE. L'area di intervento si posiziona ad una quota di circa 24 m.slm. Nella pianura le discontinuità altimetriche più rilevanti sono date da attività antropica (rilevati stradali e riporti per la realizzazione di piazzali delle zone industriali) od attribuibili alle scarpate che dividono i terrazzi alluvionali di diverso ordine.



Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  15 / 71
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica	30.09.2020		
	RGCI		Rev.	0	

Per ampliare il quadro conoscitivo fino a qui illustrato sono stati utilizzati i dati LIDAR ottenuti dal Ministero dell'ambiente. In particolare sono stati utilizzati i dati D.T.M. (Digital Terrain Model) che permettono una discretizzazione ottima dell'andamento topografico avendo una maglia di circa 1x1 m (volo dell'anno 2007).



Utilizzando i dati "D.T.M." si è riusciti ad ottenere l'elaborazione rappresentata di seguito che riporta l'andamento altimetrico della zona in cui si inserisce il comparto.

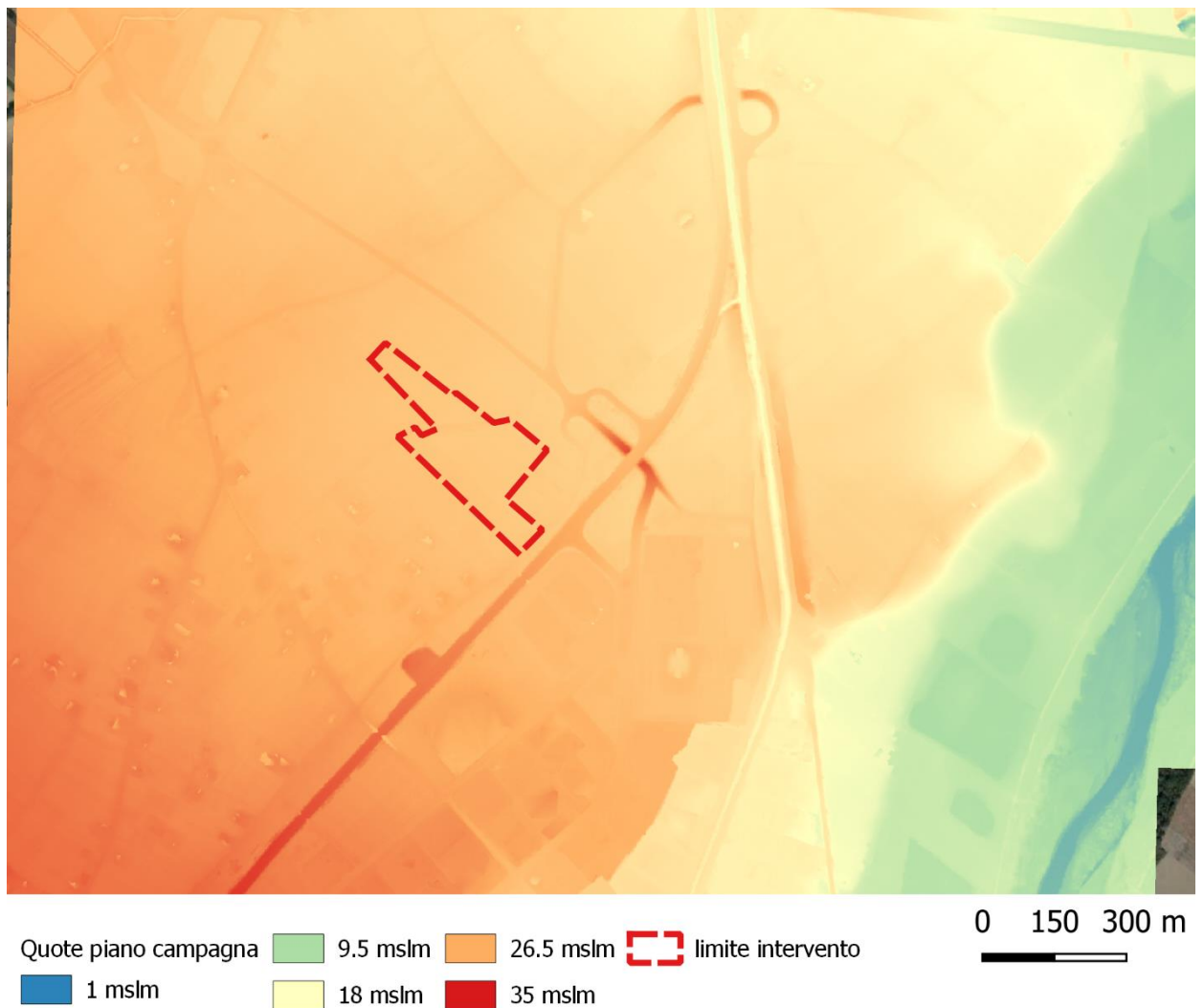


Figura 5.4: Carta dell'altimetria ottenuta da dati lidar dal Ministero dell'Ambiente.

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  16 / 71
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica	30.09.2020		
	RGCI		Rev.	0	

La figura seguente rappresenta invece le pendenze del piano campagna di un intorno significativo del perimetro di intervento sempre ottenute dal modello digitale del terreno ottenuto da dati lidar dal Ministero dell'Ambiente; si notano con chiarezza i rilevati stradali della E78 e di altre numerose strade, i piazzali della zona commerciale ad est della E78, l'incisione del Vallato Albani e le scarpate fluviali.

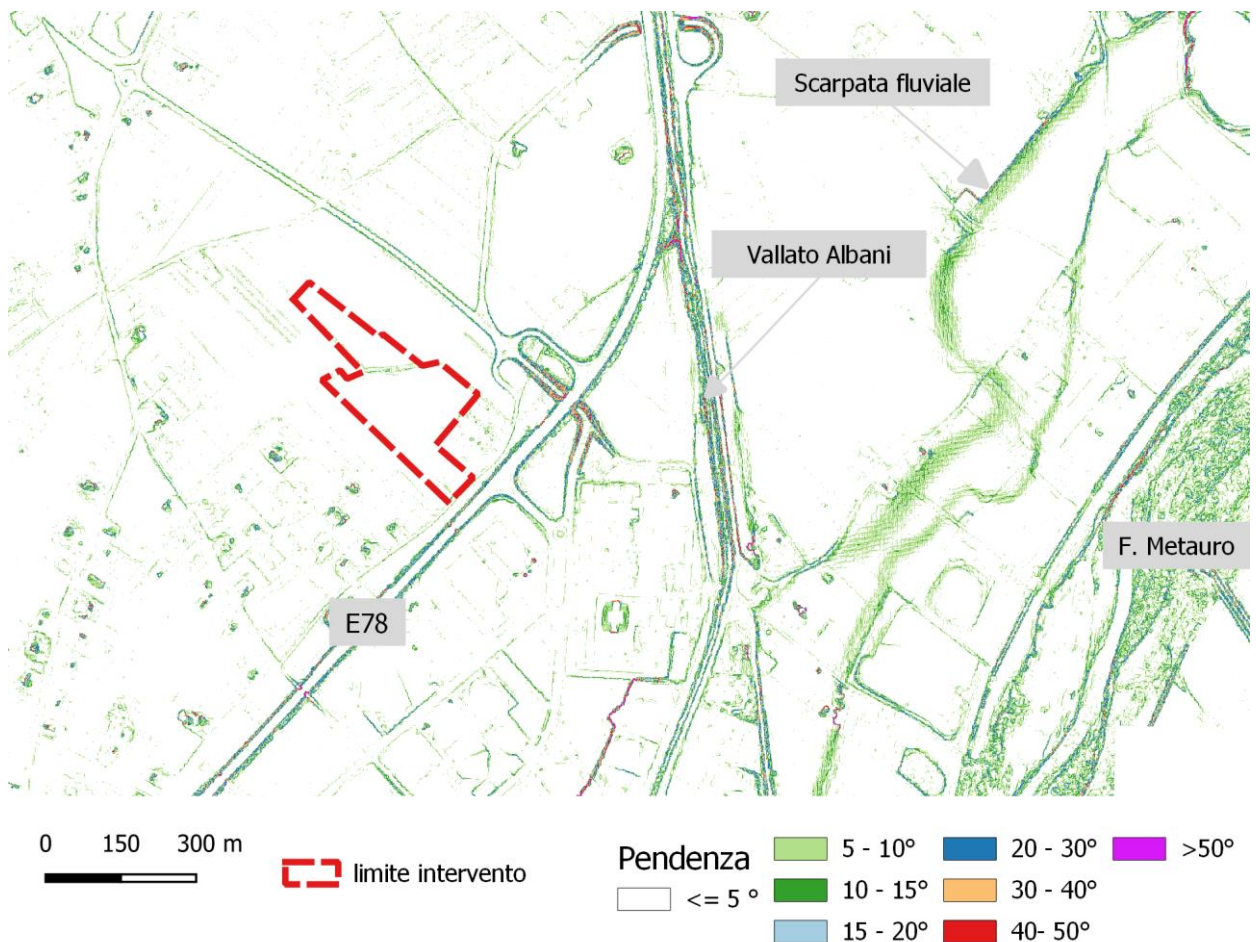


Figura 5.5: Carta delle pendenze ottenuta dal modello digitale del terreno ottenuto da dati lidar dal Ministero dell'Ambiente.

L'area di progetto, anch'essa sostanzialmente pianeggiante, attualmente non manifesta problematiche geomorfologiche.

La figura seguente mostra una serie di ortofoto registrate dal 1978 fino ad oggi, si nota che negli ultimi 40 anni le modifiche più rilevanti della zona sono state la realizzazione della sede stradale di Via Campanella (non presente nella ripresa del 1978), e la progressiva costruzione, a sud-est della strada E78, del comparto commerciale (non ancora presente nel 1988).



Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  17 / 71
	Identificazione documento		30.09.2020		
	RGCI		Oggetto: Relazione Geologica		

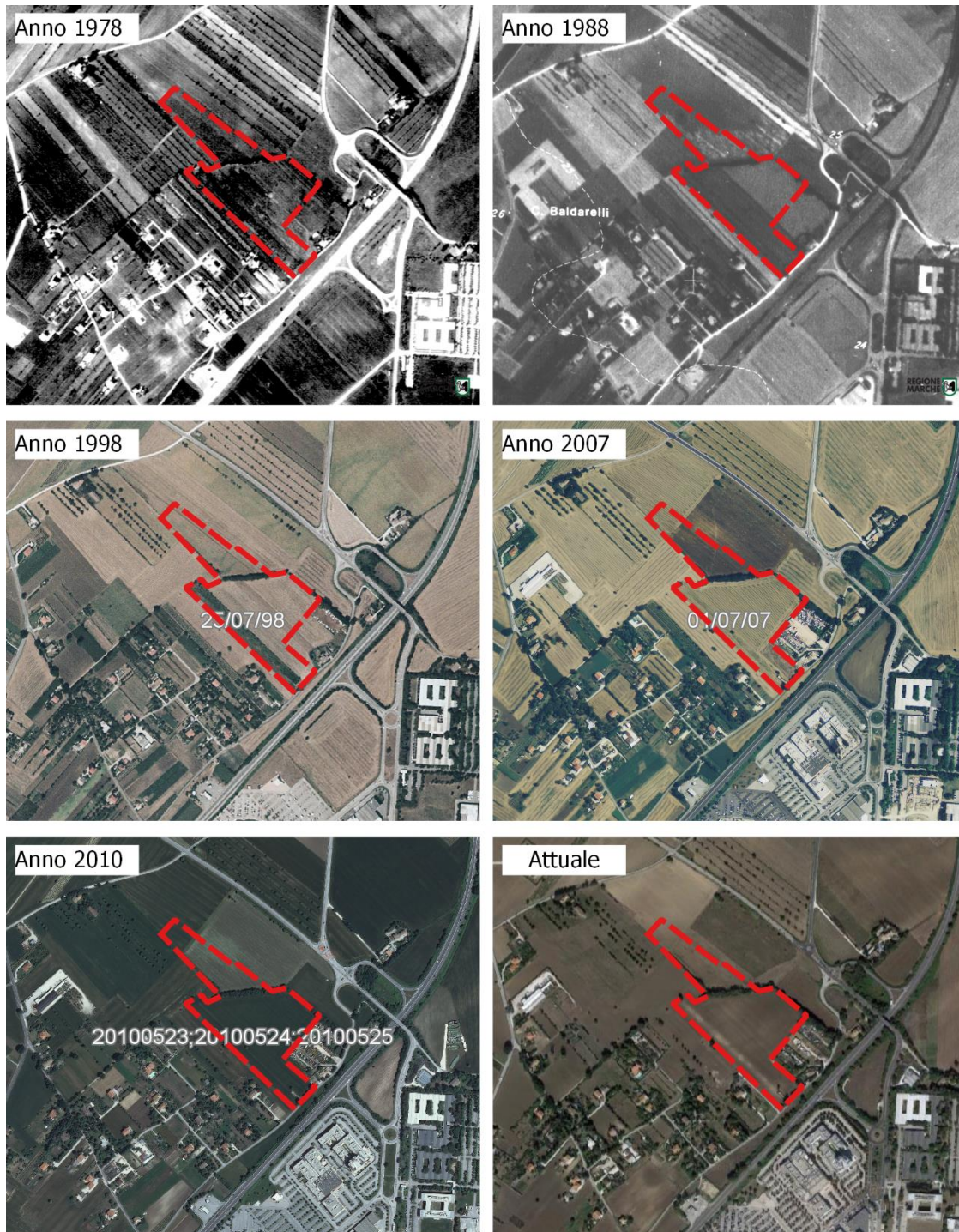


Figura 5.6: Ortofoto della zona di intervento (periodo 1978-attuale).

### 5.3 Reticolo idrografico

Il reticolo idrografico della zona è rappresentato dal Corso del Fiume Metauro che scorre a circa 1.2 km di distanza ad est del perimetro di intervento con l'alveo inciso nei depositi alluvionali a quota di circa 6 m slm. A circa 450 m ad est dell'area in oggetto è poi presente il Vallato del Porto, un canale artificiale, scolmatore del Metauro, che scorre con corso rettilineo

<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	<b>Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano</b>		<b>Data</b>		<b>Pagina</b>  <b>18 / 71</b>
	Identificazione documento		<b>30.09.2020</b>		
	<b>RGCI</b>		<b>Oggetto: Relazione Geologica</b>		
			<b>Rev.</b>	<b>0</b>	

fino al porto di Fano circa 4.7 km più a nord della zona di interesse. Completa il quadro del reticolo idrografico il corso del Fosso Degli Uscenti che scorre, con percorso da SO a NE, circa 800 metri a NO del sito e si immette in sx nel Vallato del Porto circa 1.5 km a nord.

Nel perimetro di intervento attualmente non sono presenti corsi d'acqua ma solo scoline temporanee legate all'attività agricola.

La figura seguente riporta una sezione topografica, ottenuta dal modello digitale del Ministero dell'Ambiente (esagerazione verticale 25x), che mostra i rapporti tra la zona in oggetto ed il corso del F. Metauro e del Vallato del Porto.

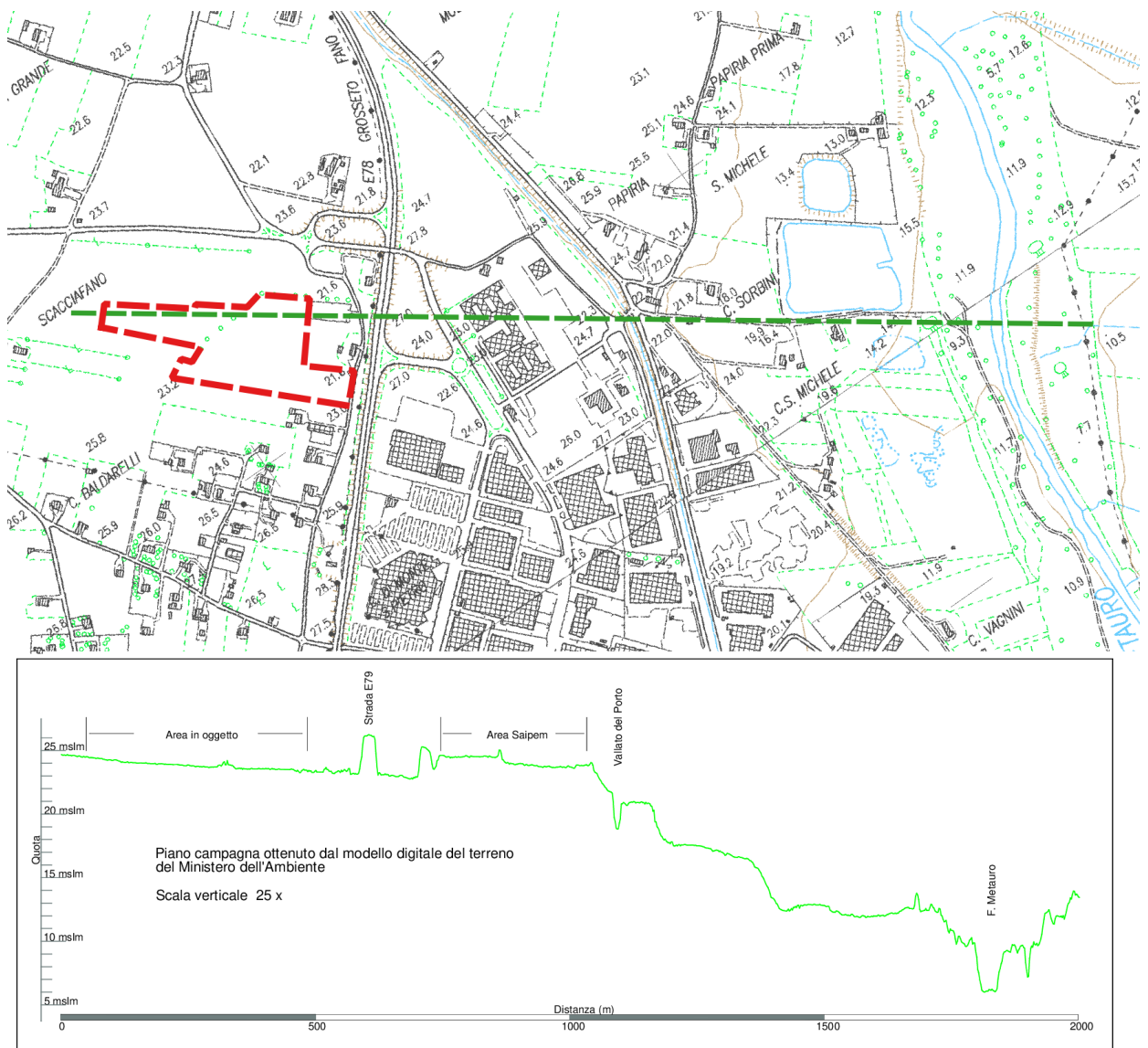


Figura 5.7: Sezione topografica ottenuta dal DTM del Ministero dell'Ambiente. In rosso il perimetro del comparto, in verde la traccia della sezione.



Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  19 / 71
	Identificazione documento		30.09.2020		
	RGCI		Oggetto: Relazione Geologica Rev. 0		

## 5.4 Idrogeologia

I sedimenti ghiaioso-sabbiosi del materasso alluvionale del F. Metauro rappresentano un mezzo poroso in cui si instaura una falda sostenuta dai litotipi sostanzialmente impermeabili del substrato geologico; oltre alla falda principale, il cui livello si posiziona nella zona in oggetto a circa 11-14 m di profondità dal piano campagna, sono localmente possibili falde sospese legate a livelli stratigrafici limoso-argillosi interclusi nelle ghiaie che trattengono/rallentano le acque di infiltrazione che vanno ad alimentare la falda più profonda.

Lo studio geologico a corredo del PRG contiene informazioni riguardo allo scorrimento idrico nel sottosuolo e alle profondità della piezometrica. Nella figura seguente è riportato uno stralcio della tavola di PRG "Indagine Idrogeologica per la determinazione delle zone di rispetto e di protezione dei pozzi comunali" (Unigeo, 2000); si vede chiaramente come la direzione di flusso sotterraneo sia verso NE.

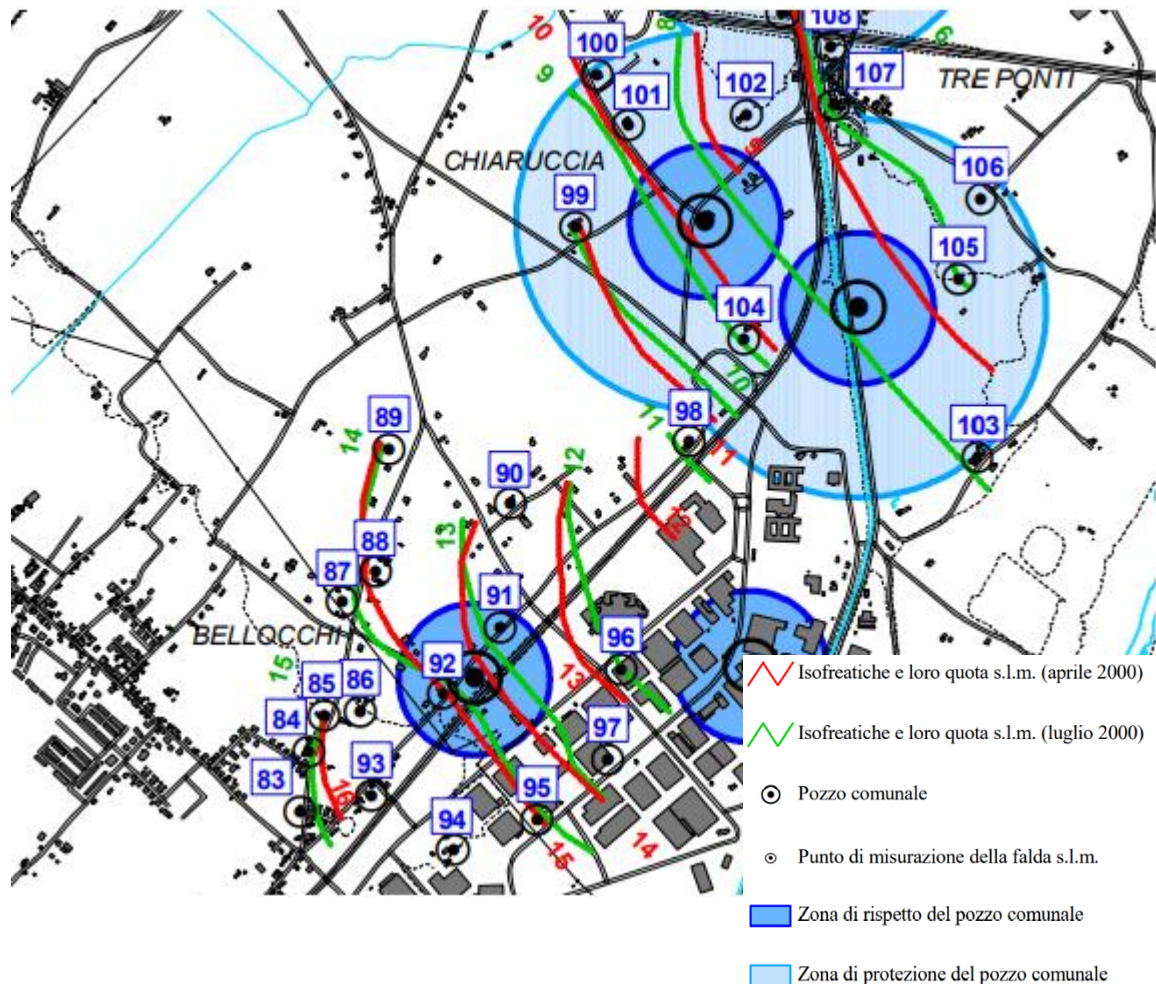


Figura 5.8: Carta tratta da "Indagine Idrogeologica per la determinazione delle zone di rispetto e di protezione dei pozzi comunali" (Unigeo, 2000).

Le misure di livello della falda eseguite nei punti di controllo n°98 e n°90 (i più prossimi alla zona di intervento) hanno fornito i dati riportati nella tabella seguente.

<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	Lavoro: <b>Variante urbanistica Palasport di Fano</b>		Data		Pagina  <b>20 / 71</b>
	Identificazione documento	Oggetto: <b>Relazione Geologica</b>	<b>30.09.2020</b>		
	<b>RGCI</b>		Rev.	<b>0</b>	

		<b>Profondità livello falda</b>	
<b>N. Pozzo</b>	<b>Quota bocca-pozzo</b>	<b>Aprile 2000</b>	<b>Luglio 2000</b>
90	26.6 m sml	12.8 m	13.9 m
98	24.1 m slm	12.8 m	13.7



Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  21 / 71
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica	30.09.2020		
	RGCI		Rev.	0	

## 6 CAMPAGNA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per definire il modello geologico e quello sismico del sito d'intervento e per la caratterizzazione preliminare del sottosuolo dal punto di vista litologico e geomeccanico, nel sito in esame è stata effettuata una campagna di indagini consistente nella esecuzione di un sondaggio, quattro prove penetrometriche e una prova geofisica; inoltre durante l'esecuzione del carotaggio è stato prelevato un campione successivamente sottoposto ad analisi di laboratorio. In allegato vengono riportati integralmente i certificati di tutte le indagini eseguite, mentre nel seguito sono descritte le tipologie di prova ed i risultati ottenuti.

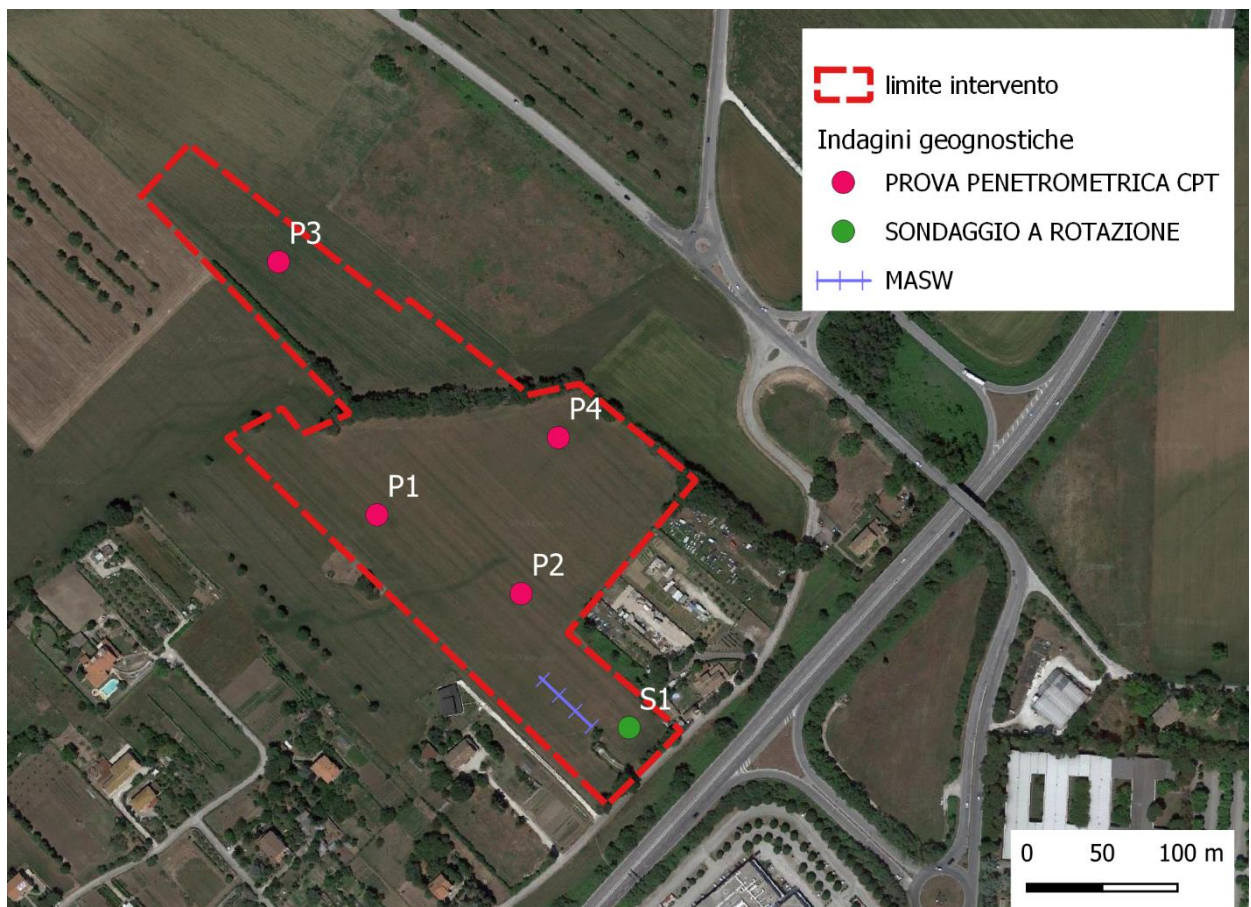


Figura 6.1: Planimetria con Indagini geognostiche eseguite.

### 6.1 Prove penetrometriche

Le prove realizzate tra agosto e settembre 2020 sono state eseguite con attrezzatura che presenta le seguenti caratteristiche:

Mezzo di spinta "Pagani" Tg63 10KN

*Prova statica CPT:*

*Geometria punta (Begemann):*

*- diametro di base del cono 35.7 mm*

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  22 / 71
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica	30.09.2020		
	RGCI		Rev.	0	

- angolo di apertura del cono 60°
  - area di base del cono 10 cm<sup>2</sup>
  - area laterale del manicotto 150 cm<sup>2</sup>.
- I valori di resistenza all'avanzamento della punta e del manicotto, misurati su ogni tratto di 20 cm, vengono visualizzati su display e registrati manualmente.



Figura 6.2: mezzo utilizzato per la realizzazione delle prove penetrometriche.

Le prove sono state spinte fino alla profondità in cui l'addensamento dei litotipi incontrati ha determinato l'impossibilità di proseguire la perforazione; la tabella seguente riporta le profondità raggiunte.

Prova	Prof. raggiunta
P1	7.0 m
P2	6.6 m
P3	4.5 m
P4	4.0 m



Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  23 / 71
	Identificazione documento		30.09.2020		
	RGCI		Oggetto: Relazione Geologica Rev. 0		



Figura 6.3: foto postazioni delle prove penetrometriche.

## 6.2 Sondaggio

L'11 e 12 settembre 2020 è stato realizzato un sondaggio geognostico con macchinario Hydra Joy3; la perforazione è stata eseguita a carotaggio continuo utilizzando aste metalliche, un carotiere semplice del diametro di 101 mm ed un rivestimento metallico provvisorio di 127 mm di diametro. La verticale di prova è stata spinta fino a 12 m di profondità dal piano campagna.



Figura 6.4: mezzo utilizzato per la realizzazione del sondaggio

<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  24 / 71
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica	30.09.2020		
	RGCI		Rev.	0	

### 6.3 Prove di laboratorio

Durante la perforazione del sondaggio è stato prelevati n°1 campione indisturbato di terreno che, dopo essere stato sigillato in cantiere, è stato inviato al laboratorio geomeccanico del Dr. Sanchi di San Giovanni in Marignano (RN) per la determinazione di alcuni parametri geomeccanici dei litotipi presenti.

Nella tabella seguente sono indicate le analisi eseguite.

Campione	Prof. dal p.c. [m]	Tipo di analisi
1	2.00 – 2.50	Peso di volume Contenuto in H <sub>2</sub> O Compressione semplice

### 6.4 Prova geofisica

L'indagine geofisica, finalizzata a caratterizzare il sito di intervento dal punto di vista sismico e a stimare il profilo della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) per fornire la categoria di suolo di fondazione secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 è consistita nella esecuzione di un profilo sismico con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh. Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera. L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado alla direzione di propagazione delle onde che vengono così generate.



Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a  $0.92V_s$ . In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e  $0.92 V_s$ . La teoria della

<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  25 / 71
	Identificazione documento	Oggetto: <b>Relazione Geologica</b>	<b>30.09.2020</b>		
	<b>RGCI</b>		Rev.	0	

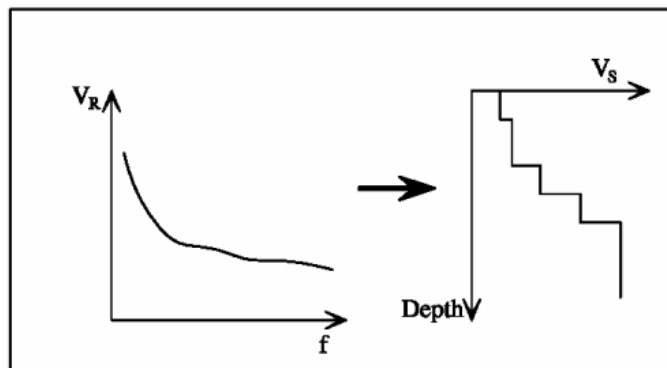
propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).

La determinazione della velocità delle onde di taglio VS tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).

Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla  $V_p$  e dalla densità, è funzione innanzitutto della  $V_s$ , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dall'O.P.C.M. 3274/03.

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle  $V_s$ , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati.

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è l'inverso della lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite il processo d'inversione.



La modellazione del sottosuolo mediante l'impiego di comuni geofoni verticali a 4.5Hz e l'analisi delle onde superficiali di Rayleigh viene ottenuta con le seguenti tecniche: ReMi (Refraction Microtremor), FTAN (Frequency Time ANalysis), SASW (Spectral Analysis of Surface Waves), MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

La tecnica MASW, fondata sulla tecnica SASW, consente una dettagliata ricostruzione della distribuzione della velocità delle onde S nel sottosuolo.

La metodologia MASW non è influenzata dai fenomeni di inversione di velocità (strati soffici compresi tra strati più rigidi) o presenza di falde acquifere superficiali consentendo di individuare il profilo di velocità  $V_s$  anche in presenza di contrasti di rigidità fra gli strati del suolo.

Considerando un semispazio elastico, omogeneo ed isotropo, si dimostra che la velocità di propagazione delle onde di Rayleigh è indipendente dalla frequenza e che il moto indotto dalla propagazione si smorza rapidamente con la profondità, sino ad estinguersi ad una profondità circa pari ad una lunghezza d'onda. Ciò vuol dire che la profondità raggiunta dipende dalla

<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  26 / 71
	Identificazione documento		Oggetto: Relazione Geologica		
	RGCI				
		Rev.	0		

lunghezza d'onda e che, a diverse lunghezze d'onda corrisponde la stessa velocità di fase (VR). In un mezzo verticalmente eterogeneo, costituito cioè da strati aventi proprietà meccaniche differenti, il comportamento delle onde superficiali è differente. In particolare, la propagazione presenta un comportamento dispersivo (a frequenze diverse corrispondono diverse velocità di fase). Ciò vuol dire che lunghezze d'onda diverse interessano strati diversi ai quali sono associate proprietà meccaniche diverse: ogni lunghezza d'onda si propaga ad una velocità di fase che dipende dalle caratteristiche dello strato interessato dalla propagazione.

Quindi, nel caso di un mezzo eterogeneo, le onde superficiali non hanno una singola velocità ma una velocità di fase che è funzione della frequenza: tale fenomeno, dipende dalla distribuzione spaziale delle proprietà sismiche del sottosuolo è noto come dispersione geometrica e la relazione che lega la frequenza alla velocità di fase prende il nome di curva di dispersione.

Alle alte frequenze, la velocità di fase coincide con la velocità delle onde di Rayleigh dello strato più superficiale, mentre, alle basse frequenze, l'effetto degli strati più profondi diventa importante, e la velocità di fase tende asintoticamente alla velocità dello strato più profondo come se questo fosse esteso infinitamente in profondità. La curva di dispersione gioca un ruolo centrale nell'utilizzo delle onde di Rayleigh ai fini della caratterizzazione dei terreni, infatti, è funzione delle caratteristiche di rigidità del mezzo e, posto di riuscire a misurarla sperimentalmente, può essere utilizzata per un processo inverso avente come obiettivo la stima delle caratteristiche di rigidità stesse.

La propagazione delle onde di Rayleigh in un mezzo verticalmente eterogeneo è un fenomeno multi-modale: data una determinata stratigrafia, in corrispondenza di una certa frequenza, possono esistere diverse lunghezze d'onda. Di conseguenza, ad una determinata frequenza possono corrispondere diverse velocità di fase, ad ognuna delle quali corrisponde un modo di propagazione e differenti modi di vibrazione possono esibirsi simultaneamente.

I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di processing che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto, ovvero la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza.

I dati sismici registrati vengono sottoposti ad una doppia trasformata di Fourier che consente di passare dal dominio x-t (spazio-tempo) al dominio f-k. Lo spettro f-k del segnale consente di ottenere una curva di dispersione per le onde di Rayleigh, nell'ipotesi che nell'intervallo di frequenze analizzato le onde che si propagano con il maggiore contenuto di energia siano proprio le onde di Rayleigh, e se le caratteristiche del sito sono tali da consentire la propagazione delle onde superficiali e un comportamento dispersivo delle stesse. Si dimostra infatti che la velocità delle onde di Rayleigh è associata ai massimi dello spettro f-k; si può ottenere facilmente una curva di dispersione individuando ad ogni frequenza il picco spettrale al quale è associato un numero d'onda k e quindi una velocità delle onde di Rayleigh Vr, determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione:

$$V_r(f) = 2\pi f/k$$

<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	Lavoro: <b>Variante urbanistica Palasport di Fano</b>		Data		Pagina  <b>27 / 71</b>
	Identificazione documento	Oggetto: <b>Relazione Geologica</b>	<b>30.09.2020</b>		
	<b>RGCI</b>		Rev.	<b>0</b>	

Riportando le coppie di valori ( $V_r, f$ ) in un grafico si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione.

In sintesi dal calcolo della curva di dispersione sperimentale si passa al calcolo della curva di dispersione apparente numerica mediante il metodo Roma (2001) ed al calcolo della dispersione effettiva numerica mediante il metodo Lai-Rix (1998).

Per ottenere profili verticali 1D delle  $V_s$  Si procede all'inversione delle curve di dispersione (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico).

La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo che viene di norma schematizzato come un mezzo visco-elastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati. Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati ed eventualmente delle informazioni note a priori riguardo la stratigrafia, il problema viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello.

Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza tra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Usualmente, algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati vengono utilizzati per automatizzare la procedura.

Lo scopo è quello di raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato; l'affidabilità del profilo di velocità  $V_s$  trovato durante il processo di inversione è valutata tramite la definizione dell'errore relativa tra le due curve.

La strumentazione utilizzata è composta da: un acquisitore a 24 canali a 16 bit, 24 geofoni a frequenza di 4.5 Hz ed un pc. Come sistema di energizzazione è stata utilizzata una mazza di 8 kg battente su un piattello metallico.

L'indagine MASW è stata realizzata predisponendo uno stendimento lineare di 48 m di lunghezza con 24 geofoni a 4.5 Hz equidistanziati di 2.0 m.

Per l'acquisizione dei dati sono state effettuate 4 energizzazioni disposte alle estremità del profilo ad una distanza di 2 e 3.0 m dal primo e dall'ultimo geofono. Per ogni punto di energizzazione sono stati generati 3 impulsi sismici (shots).



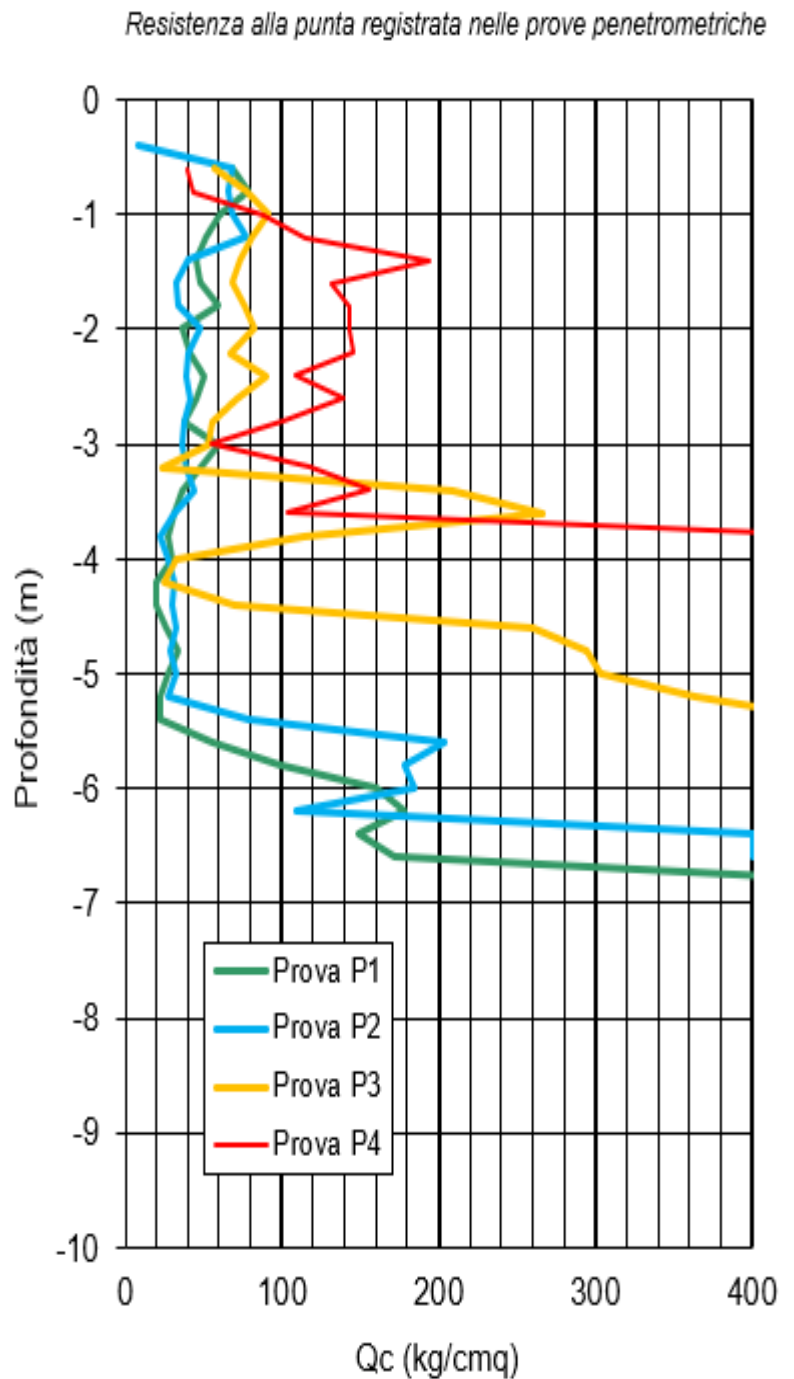
Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  28 / 71
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica	30.09.2020		
	RGCI		Rev.	0	

## 7 RISULTATI DELLE INDAGINI ESEGUITE

### 7.1 Indagini penetrometriche

I valori di resistenza all'avanzamento della punta del penetrometro statico ( $Q_c$ ) e quelli dei loro rapporti con quelli di resistenza all'avanzamento del manicotto ( $f_s$ ) permettono le seguenti considerazioni:

- La prova P1 fino a 5.4 m di profondità mostra valori di  $Q_c$  generalmente compresi tra 20 e 60  $\text{kg/cm}^2$ , inferiormente, aumentano fino ad arrivare all'impossibilità di proseguire la prova oltre 1.7 m di profondità;
- La prova P2 ripropone il medesimo andamento dei valori di  $Q_c$  della prova P1;
- La prova P3 presenta valori di  $Q_c$  generalmente compresi tra 50 e 80  $\text{kg/cm}^2$  fino a 3.2 m di profondità, inferiormente i valori risultano quasi sempre superiori a 200  $\text{kg/cm}^2$  ad esclusione dell'intervallo tra 3.8 e 4.4 m di profondità dove scendono fino a meno di 30  $\text{kg/cm}^2$ .
- La prova P4 mostra già a partire da un metro di profondità valori di  $Q_c$  per lo più superiori a 100  $\text{kg/cm}^2$ .



*Figura 7.1: Confronto tra i valori di resistenza all'avanzamento della punta ( $Q_c$ ) registrati nelle prove penetrometriche*



Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  29 / 71
	Identificazione documento		30.09.2020		
	RGCI		Oggetto: Relazione Geologica	Rev.	

- I rapporti tra i valori di resistenza all'avanzamento della punta e del manicotto del penetrometro, forniscono una stima della natura litologica dei terreni investigati. La figura seguente riporta quanto ottenuto dalla prove.

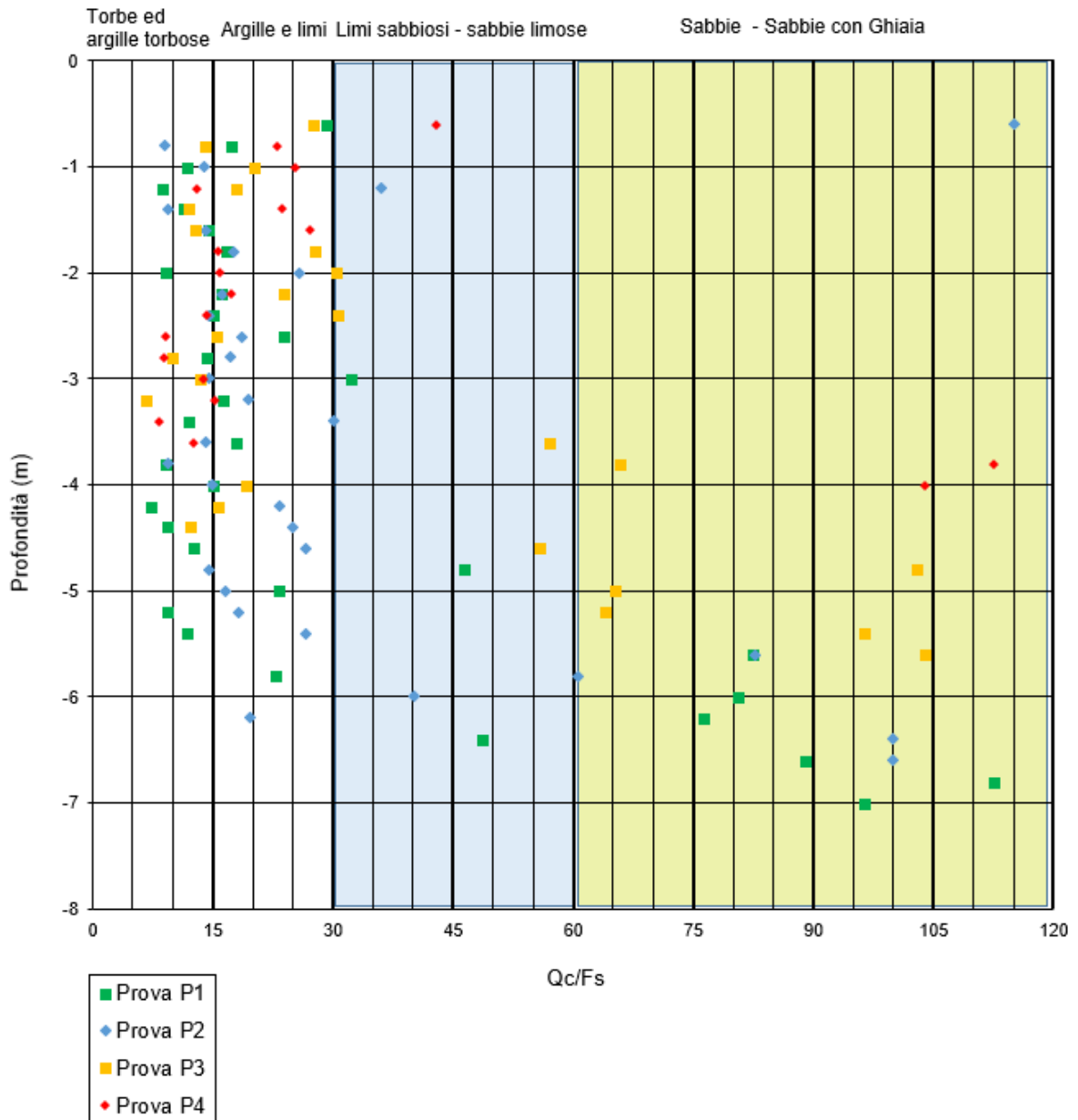


Figura 7.2: Litologia desunta dai rapporti tra  $Q_c$  e  $f_s$  delle prove penetrometriche statiche (da correlazione A.G.I. 1977).

## 7.2 Sondaggio a rotazione

Il sondaggio eseguito ha evidenziato un superficiale livello di 1.3 m di spessore caratterizzato da limi argillosi con clasti di ghiaia sparsi, che poggia su depositi limoso-argillosi e limoso-sabbiosi presenti fino a 5.9 m di profondità. Inferiormente si sono rinvenute ghiaie

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  30 / 71
	Identificazione documento		30.09.2020		
	RGCI		Oggetto: Relazione Geologica Rev. 0		

eterometriche (diametro dei clasti generalmente compreso tra 0.5 e 3 cm) in matrice limoso-sabbiosa e limoso-argillosa.



Figura 7.3: Foto della cassa n°2 (da 5 a 10 m di profondità) del terreno prelevato nel sondaggio eseguito. La freccia rossa indica il passaggio dai depositi fini ai sottostanti depositi granulari (ghiaie e sabbie prevalenti).

### 7.3 Risultati indagini di laboratorio

La tabella seguente riporta i risultati delle analisi di laboratorio eseguite sul campione prelevato nel carotaggio.

Riferimento			Prova di compressione monoassiale				Peso di vol.		Cont. H <sub>2</sub> O
sondaggio	campione		σ' <sub>c</sub>	ε <sub>v</sub> '	E tangente	E secante	nat.	sec.	
	n.	Prof. da p.c.							
	[-]	[m]	[kPa]	[%]	[kPa]	[kPa]	[Mg/m <sup>3</sup> ]	[Mg/m <sup>3</sup> ]	[%]
S1	1	2.00-2.50	206.8	11.66	2163.5	2662.7	2.052	1.666	23.19

### 7.4 Prova geofisica

Dallo stendimento sismico sono state ottenute le tracce sperimentali riportate nella figura seguente.

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  31 / 71
	Identificazione documento		30.09.2020		
	RGCI		Oggetto: Relazione Geologica		
			Rev.	0	

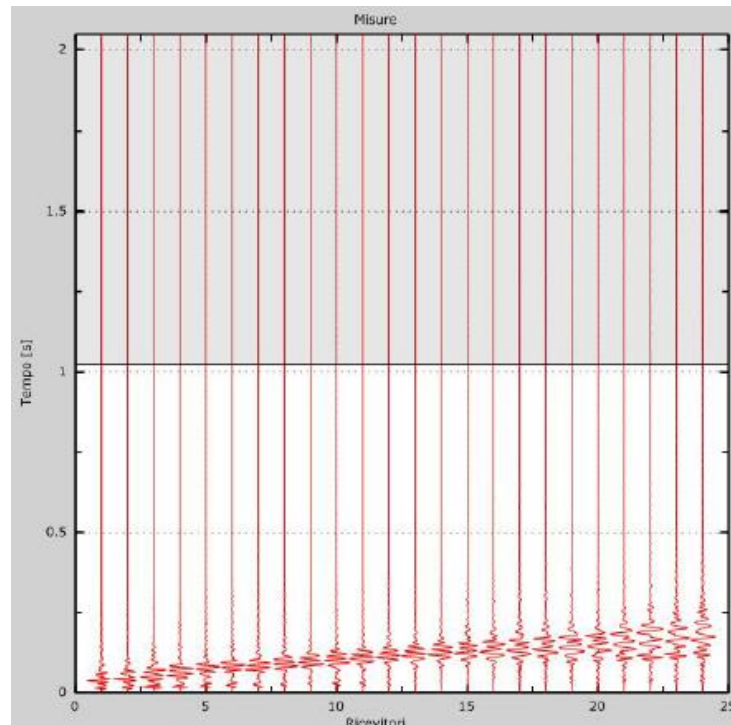


Figura 7.4: Tracce sperimentali

Le elaborazioni eseguite hanno permesso di giungere alle curve riportate nelle figure seguenti.

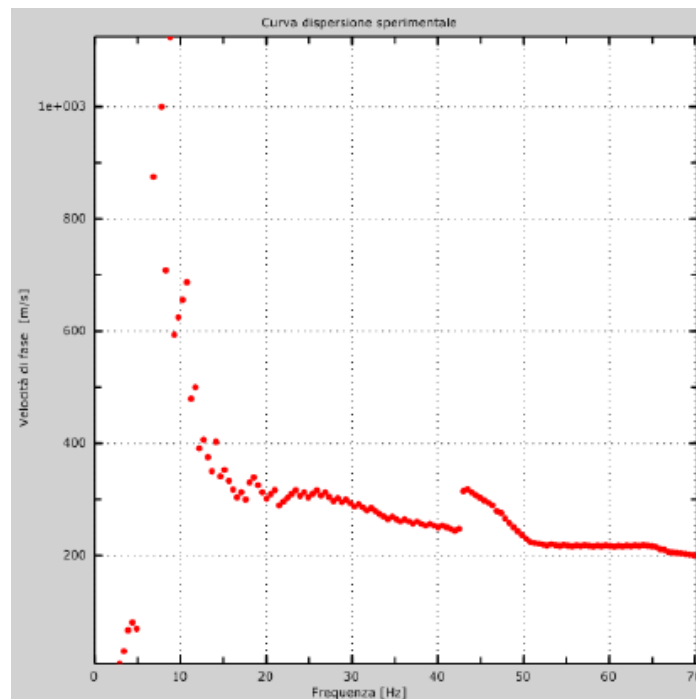


Figura 7.5: Curva di dispersione sperimentale

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  32 / 71
	Identificazione documento		30.09.2020		
	RGCI		Oggetto: Relazione Geologica		
			Rev.	0	

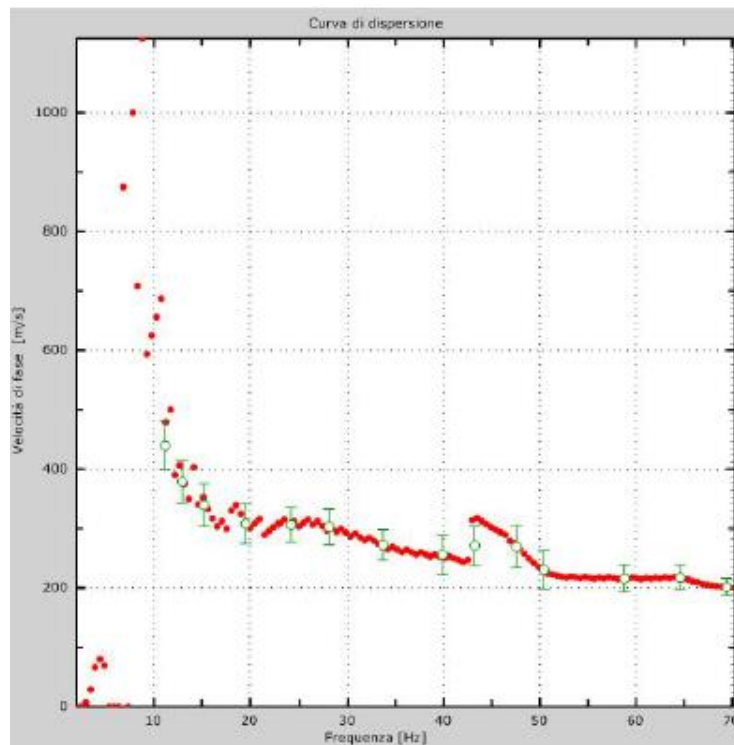


Figura 7.6: Curva di dispersione

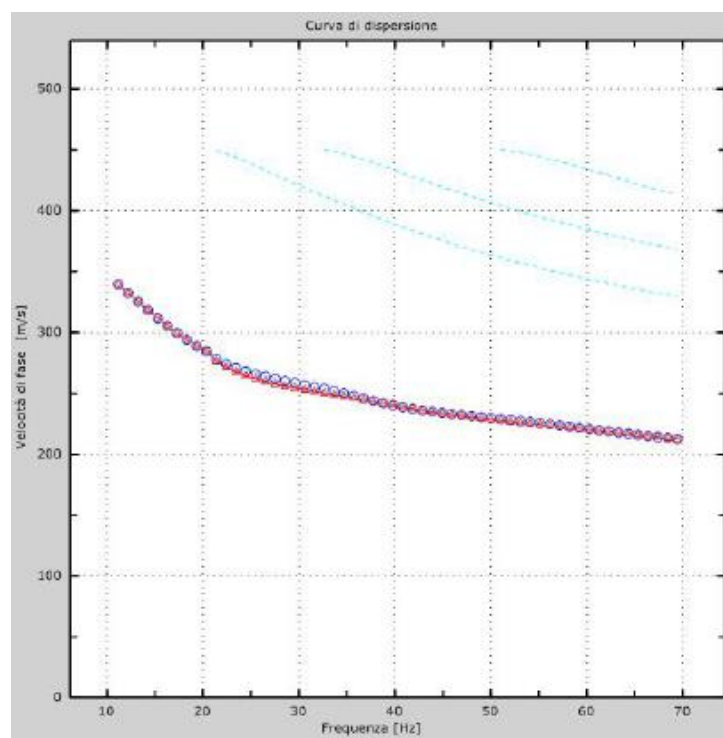
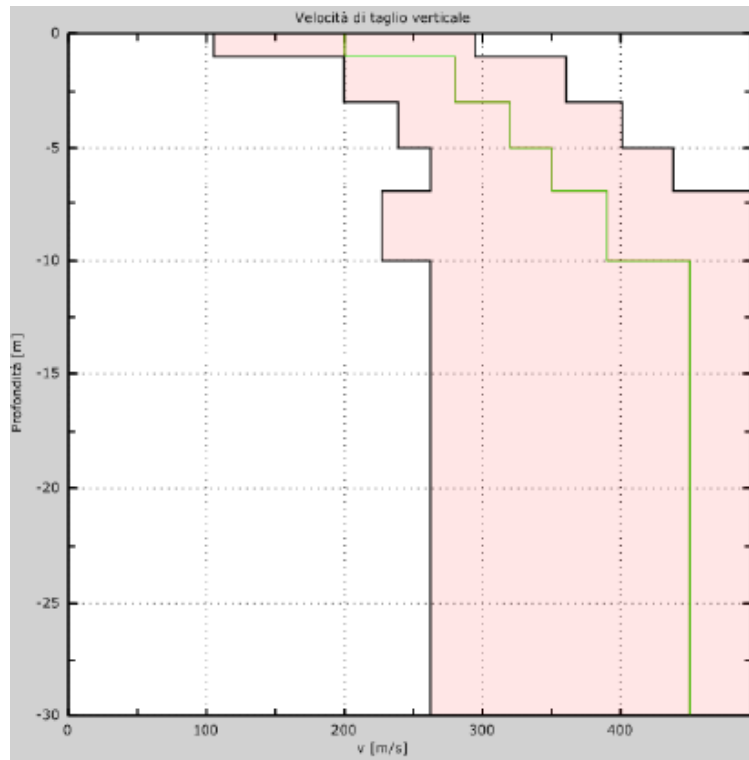


Figura 7.7: Velocità numeriche – i modi di Rayleigh sono rappresentati in blu e la curva numerica in rosso

<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	Lavoro: <b>Variante urbanistica Palasport di Fano</b>		Data		Pagina  <b>33 / 71</b>
	Identificazione documento		<b>30.09.2020</b>		
	<b>RGCI</b>		Oggetto: <b>Relazione Geologica</b>		
			Rev.	<b>0</b>	



*Figura 7.8: Andamento della velocità delle onde trasversali*

Attraverso l'indagine sismica, ai sensi delle "Norme Tecniche per le costruzioni" (2018), è stata determinata la velocità equivalente delle onde di taglio con la seguente formula:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

\*H=profondità del substrato sismico (con  $V_s > 800$  m/s) se posto a meno di 30 metri se più profondo si pone 30 nella formula

La velocità equivalente  $V_{S,eq}$  risulta pari a 393 m/sec.

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  34 / 71
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica	30.09.2020		
	RGCI		Rev.	0	

## 8 MODELLO GEOLOGICO

Come detto il sito di intervento si inserisce in una zona caratterizzata dalla presenza dei terreni alluvionali del F. Metauro costituiti in prevalenza da livelli granulari (ghiaie e sabbie) con inclusi lenti e livelli di limitato spessore a granulometria fine (limi e argille).

I risultati delle indagini geognostiche eseguite all'interno del perimetro di intervento, unitamente alle conoscenze desumibili dalle fonti bibliografiche e dai dati di precedenti indagini eseguite nella zona, hanno permesso di ricostruire il modello geologico del sottosuolo, che viene distinto in 3 differenti unità litologiche che dall'alto verso il basso possono essere così schematizzate:

- **L'unità del terreno vegetale ed agrario (unità litologica A):**

Presente dal p.c.a. a 0.8/1.3 m di profondità, litologicamente è costituita da limi argillosi e limi sabbiosi con clasti di ghiaia sparsi; la colorazione è grigio scuro e nocciola.

- **L'unità dei depositi alluvionali a granulometria fine (unità litologica B):**

presente da 0.8/1.3 m fino a 5.4 m (P1)/5.2 m (P2)/3.2 m (P3)/3.6 m (P4)/5.9 m (S1), litologicamente costituita da limi argillosi e limi sabbiosi di colore nocciola/marrone; a luoghi sono presenti inclusi puntiformi scuri e concrezioni carbonatiche. Si tratta generalmente di litotipi da mediamente a ben consistenti.

- **L'unità dei depositi alluvionali a granulometria grossolana (unità litologica C):**

Litologicamente costituita da ghiaie eterometriche in matrice limoso-sabbiosa e limoso-argillosa; a luoghi sono presenti livelli sabbiosi e livelli limoso-argillosi. Si tratta generalmente di sedimenti ben addensati.



Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica	30.09.2020		
	RGCI		Rev.	0	35 / 71

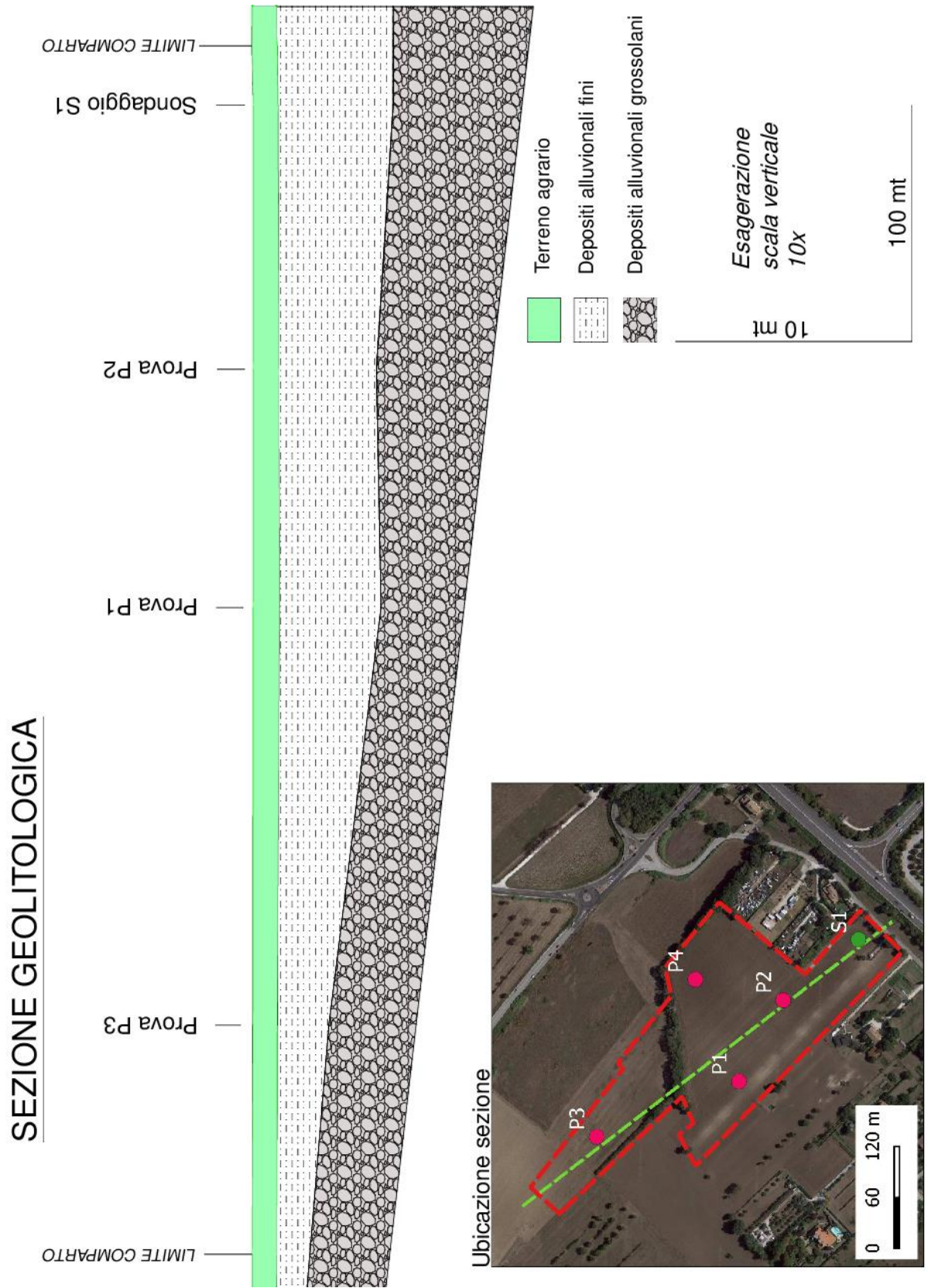


Figura 8.1: Sezione geolitologica della zona in oggetto.

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  36 / 71
	Identificazione documento		30.09.2020		
	RGCI	Oggetto: Relazione Geologica	Rev.	0	

## 9 SISMICITA

Il territorio di Fano con Ordinanza P.C.M. n°3274 del 23/03/03 è stato classificato in zona sismica 2.

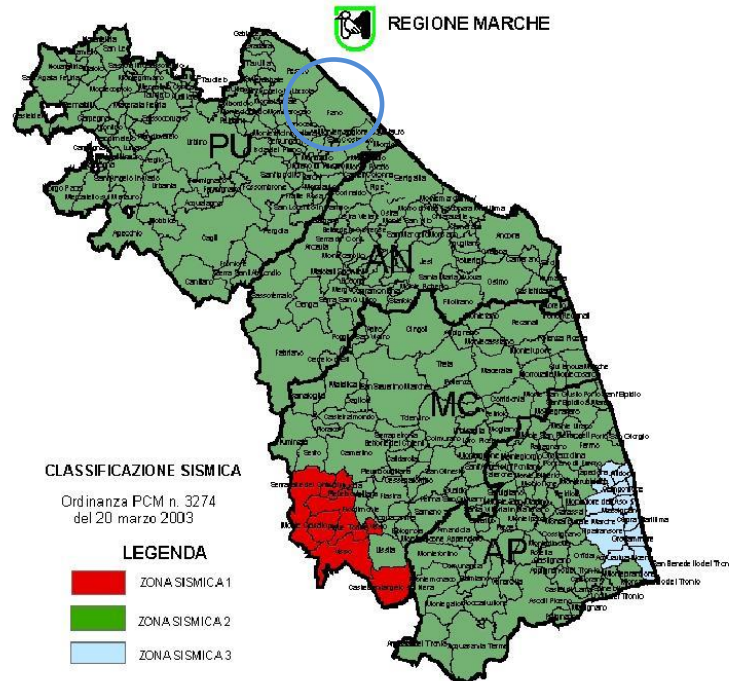


Figura 9.1: Suddivisione del territorio in zone sismiche secondo l'ordinanza n°3274 del 23/03/03.

Con l'entrata in vigore del D.M.17/01/18 (NTC 2018) la stima della pericolosità sismica è stata definita attraverso un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente", l'azione di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di intervento che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni contengono i valori di  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima al sito),  $F_o$  (valore max del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e  $T^*c$  (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) per 10751 punti della superficie d'Italia che rappresentano il reticolo di riferimento.

La definizione della pericolosità sismica di base per il sito in oggetto è stata fatta mediante interpolazione dei punti del reticolo di riferimento considerando i seguenti aspetti:

1. coordinate: latitudine  $43.80571^\circ$  e longitudine  $13.01209^\circ$  (coordinate geografiche espresse in WGS84 riferite al punto centrale del comparto).
2. l'intervento previsto è considerato in Classe III: "Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività....."
3. La *vita nominale* considerata è di 50 anni.



<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	Lavoro: <b>Variante urbanistica Palasport di Fano</b>		Data		Pagina  <b>37 / 71</b>
	Identificazione documento	Oggetto: <b>Relazione Geologica</b>	<b>30.09.2020</b>		
	<b>RGCI</b>		Rev.	<b>0</b>	

<p><i>Classe I:</i> Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.</p> <p><i>Classe II:</i> Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.</p> <p><i>Classe III:</i> Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.</p> <p><i>Classe IV:</i> Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.</p>
---

*Figura 9.2: Classi d'Uso secondo le NTC 2018.*

Per definire "l'azione sismica di progetto" è necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale che, nell'approccio semplificato (3.2.2. NTC 2018), si basa sulla individuazione della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche a cui appartiene il sito di progetto.

I risultati dell'indagine geofisica eseguita nel lotto hanno permesso di verificare che la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ( $V_{s,eq}$ ) per il sito in oggetto nei primi 30 m di terreno assume un valore di 393 m/s.

Una volta determinata la  $V_{seq}$  se il sottosuolo è ascrivibile ad una delle categorie indicate nella tabella 3.2 II, riportata nel seguito, è possibile utilizzare l'approccio semplificato per la determinazione dell'azione sismica di progetto.

Considerando il valore di  $V_{s,eq}$  sopra indicato e che il sottosuolo è caratterizzato da un trend di progressivo miglioramento delle caratteristiche meccaniche con la profondità, il terreno è ascrivibile alla Categoria di sottosuolo B; in considerazione del grado di precisione ottenibile con le indagini geofisiche (con incertezza che può raggiungere il 15 %) e delle possibili variazioni stratigrafiche in un'area così vasta si raccomanda, nel proseguo della progettazione, di estendere le indagini ed investigare anche altri punti per confermare od eventualmente modificare la Categoria di sottosuolo considerata nella presente relazione.

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  38 / 71
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica	30.09.2020		
	RGCI		Rev.	0	

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, 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.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Figura 9.3: *categorie di sottosuolo secondo le NTC2018*

Il lotto di progetto ricade in una zona sub pianeggiante pertanto può essere assunta la categoria topografica T1.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

Figura 9.4: *Categorie topografiche secondo le NTC 2018.*

Sulla base delle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero è possibile ricavare i seguenti dati:

STATO LIMITE	TR (anni)	AG (g)	FO (-)	TC' (s)
Operatività (SLO)	45	0,058	2,540	0,277
Danno (SLD)	75	0,078	2,490	0,283
Salvaguardia Vita (SLV)	712	0,212	2,500	0,304
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0,275	2,507	0,315

COEFFICIENTI SISMICI	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,19	1,12
Cc Coeff. funz. Categoria	1,42	1,42	1,40	1,39
St Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00
kh	0,014	0,019	0,070	0,086
kv	0,007	0,009	0,035	0,043
Amax m/sec <sup>2</sup>	0,687	0,915	2,469	3,019
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  39 / 71
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica	30.09.2020		
	RGCI		Rev.	0	

## 10 PERICOLOSITÀ

L'intervento previsto non ricade in aree che il Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della ex Autorità di Bacino della Regione Marche ha incluso tra quelle a rischio. Storicamente l'area in oggetto non è stata soggetta a fenomeni di allagamento, inoltre i corsi d'acqua principali della zona sono distanti e con quote degli alvei significativamente inferiori di quelle del piano campagna della zona in oggetto. **Si ritiene quindi non sussista, allo stato attuale, pericolosità legata all'esondazione della rete idrografica.**

Il progetto ITHACA, sviluppato dal Servizio Geologico di Stato – ISPRA, riporta la posizione di tutte le faglie attive in grado cioè di produrre movimenti in superficie (faglie “capaci”); la figura seguente rappresenta le tracce di quelle più prossime alla zona d'intervento. Come si **vede non esistono problematiche note riguardo al fenomeno di rottura superficiale dovuta a faglia** essendo quella più vicina posta ad oltre un chilometro di distanza in direzione NO.



Kinematics    — Normal Fault    - - Reverse Fault  
 - - - Unknown    - - - Oblique Fault    - - Strike Slip

0    0.07    0.15    0.3 mi  
 0    0.15    0.3    0.6 km  
 Servizio Geologico d'Italia - ISPRA, Maxar, Microsoft, CNES/Airbus DS

Figura 10.1: Posizione delle faglie “capaci” secondo quanto indicato nel Progetto ITHACA sviluppato dal Servizio Geologico di Stato; in giallo la zona di intervento.

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  40 / 71
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica	30.09.2020		
	RGCI		Rev.	0	

Nel PRG del Comune di Fano, come già detto, la parte nord orientale della superficie del comparto risulta inserita nelle fasce di protezione dei pozzi ad uso acquedottistico (raggio 500 m del punto di presa); nelle norme tecniche del PRG viene segnalato che in tali zone sono vietate le attività e destinazioni definite al comma 4 dell'art. 7 delle Norme del Sistema Paesistico Ambientale.

La profondità del livello di falda superiore a 10 metri, oltre al grado di addensamento e alla eterogeneità granulometrica dei litotipi alluvionali ghiaioso-sabbiosi permettono di affermare che il **sito sia poco suscettibile del fenomeno della liquefazione.**

Per verificare se la zona in cui si inserisce il perimetro del comparto sia interessata da fenomeni di cedimento della superficie topografica (come avviene a volte nelle zone dove sono presenti pozzi di emungimento) è possibile utilizzare i dati ottenuti tramite l'interferometria satellitare che è una tecnologia che permette di misurare gli spostamenti (lungo il vettore che rappresenta la linea di vista del satellite LOS) di superfici radar-riflettenti poste sulla superficie terrestre. Il sistema si basa sui successivi passaggi di satelliti sulla medesima orbita e sull'acquisizione di immagini radar del territorio. In fase di elaborazione vengono isolati degli elementi denominati PS (Persistent Scatters): lo spostamento di questi elementi viene processato mediante l'analisi interferometrica che permette di definire lo spostamento assoluto delle aree riflettenti nel periodo compreso tra due diversi "passaggi" del satellite.

Il Ministero dell'Ambiente, previa richiesta, mette a disposizione i risultati di questa tecnica per l'osservazione di variazioni della superficie topografica del territorio nazionale. Per la zona di interesse sono disponibili i dataset seguenti:

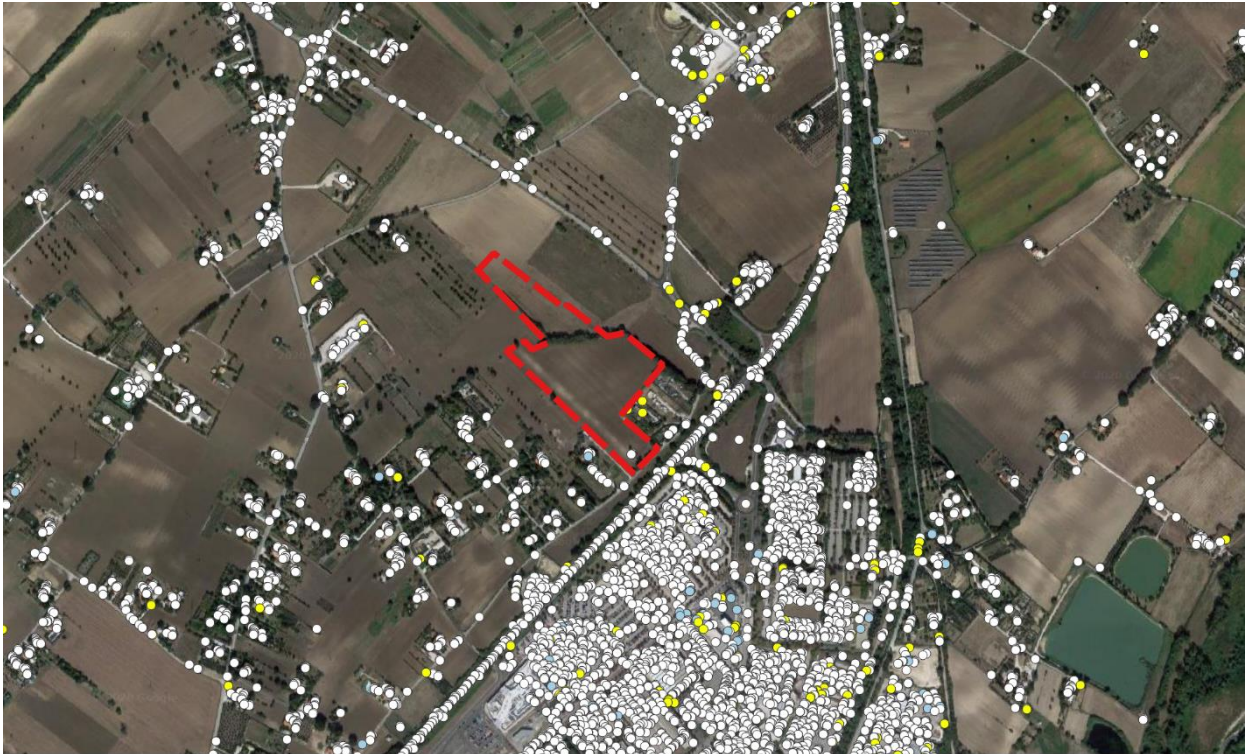
- Periodo 1992-2000 ERS (European Remote Sensing);
- Periodo 2003-2010 Envisat;
- Periodo 2011-2014 Cosmoskymed.

Nelle figure seguenti il diverso colore indica la velocità media annua di deformazione dei punti nell'intervallo temporale determinato dalla indagine radar. Valori negativi di velocità sono convenzionalmente quelli dovuti ad abbassamento della superficie.

Le analisi radar, i cui risultati sono rappresentati nelle figure che seguono, coprono un intervallo di tempo di oltre 20 anni e **non evidenziano una situazione di cedimento generalizzato nella zona.**



Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica	30.09.2020		
	RGCI		Rev.	0	41 / 71



 Limite comparto

Velocità di deformazione

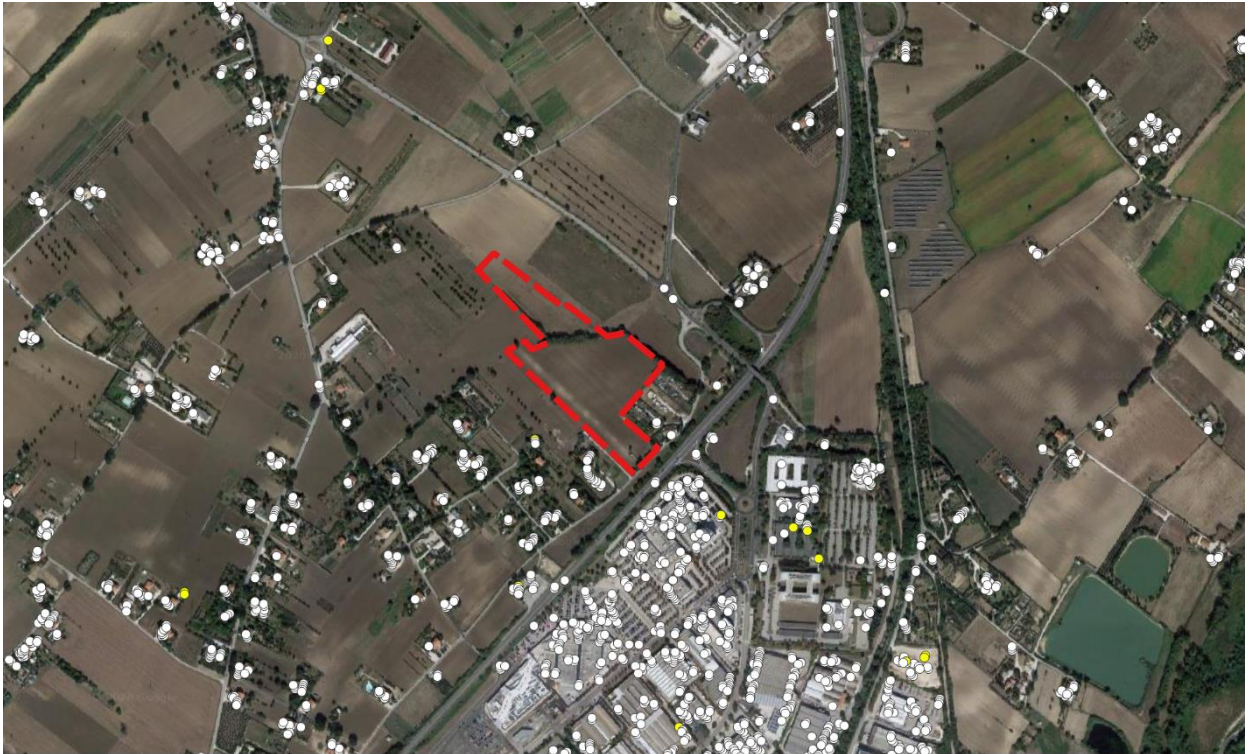
mm/anno

- -50 - -10
- -10 - -3
- -3 - 3
- 3 - 10
- 10 - 50

*Figura 10.2 — Velocità di spostamento (mm/aa) registrata per il periodo 2011-2014 (satellite CosmoSkymed)*



Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica	30.09.2020		
	RGCI		Rev.	0	42 / 71



 Limite comparto

Velocità di deformazione


mm/anno

- -50 - -10
- -10 - -3
- -3 - 3
- 3 - 10
- 10 - 50

*Figura 10.3 — Velocità di spostamento (mm/aa) registrata per il periodo 2003-2010 (satellite Envisat)*

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  43 / 71
	Identificazione documento		30.09.2020		
	RGCI		Oggetto: Relazione Geologica		
			Rev.	0	



 Limite comparto

Velocità di deformazione

mm/anno

- -50 - -10
- -10 - -3
- -3 - 3
- 3 - 10
- 10 - 50

*Figura 10.4 — Velocità di spostamento (mm/aa) registrata per il periodo 1992-2000 (satellite ERS)*

<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	Lavoro: <b>Variante urbanistica Palasport di Fano</b>		Data		Pagina  <b>44 / 71</b>
	Identificazione documento	Oggetto: <b>Relazione Geologica</b>	<b>30.09.2020</b>		
	<b>RGCI</b>		Rev.	<b>0</b>	

## 11 CONCLUSIONI

Nel presente report sono stati definiti i caratteri geologici e geomorfologici dell'area interessata dalla previsione di variante urbanistica in progetto e sono stati elaborati i modelli geologico e sismico sulla base delle indagini geognostiche eseguite in sito.

Il modello geologico è basato sulla divisione del sottosuolo in 3 unità litologiche che dall'alto verso il basso sono:

- Terreno vegetale.
- Depositi alluvionali prevalentemente fini (argille e limi).
- Depositi alluvionali prevalentemente granulari (ghiaie e sabbie).

Il sito in oggetto si inserisce in una zona sub-pianeggiante, attualmente destinata all'uso agricolo, che non mostra lineamenti morfologici di rilievo.

In base all'esito degli studi condotti non si sono evidenziate criticità pertanto si ritiene che la variante urbanistica in esame sia compatibile con le condizioni idrauliche determinate dalla presenza dei corsi d'acqua della zona. Si ritiene inoltre che la verifica sia esaustiva e quindi soddisfatta con il livello di analisi sviluppato.

Sulla base di quanto descritto, in relazione alle condizioni geologiche, idrogeologiche e morfologiche non si ravvedono motivi di impedimento alla variazione di destinazione d'uso dell'area in oggetto.

<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	<b>Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano</b>		<b>Data</b>		<b>Pagina</b>  <b>45 / 71</b>
	Identificazione documento	<b>Oggetto: Relazione Geologica</b>	<b>30.09.2020</b>		
	<b>RGCI</b>		<b>Rev.</b>	<b>0</b>	

**ALLEGATO 1  
STRATIGRAFIA E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SONDAGGIO**

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  46 / 71
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica	30.09.2020		
	RGCI		Rev.	0	

MIRIAM S.n.c. - Via San Francesco n. 1 - Colli al Metauro (PU)

Committente: Geol. Matteo Darderi			SONDAGGIO N. 1						
			località: Loc. Chiaruccia - Fano (PU) data: 11-12/09/2020						
Colonna stratigrafica	Profondità (dal p.c. (mt.))	Profondità pacifiate (mt.)	Descrizione litologica	RQD %	RIVESTIMENTO	PIEZOMETRO	Pocket pen. Kg/cm <sup>2</sup>	S.P.T.	CAMPIONE indurito R. rimangiato
	0.80	0.80	limi argillosi bruni con inclusi ghiaiosi						
	1.30	0.50	limi argillosi nocciola con ghiaia						I 2.00
	2		limi, limi argillosi e limi sabbiosi di colore nocciola - marrone chiaro con inclusi carbonatici e torba puntiforme						
	3								
	4								
	5								
	5.90	4.60	ghiaie eterometriche (diam. 0.5 - 3.0 cm.) in matrice limo argillosa e limo sabbiosa						
	6								
	7								
	8								
	9								
	10								
12	6.10	fine sondaggio							
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
Misura della falda idrica quota di rinvenimento dal p.c.			Infiltrazioni idriche quota di rinvenimento dal p.c.		SONDA HYDRA JOY 3 carotiere semplice diam. 101 mm. carotiere doppio diam. 101 mm. rivestimento diam. 127 mm.				



Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  47 / 71
	Identificazione documento		30.09.2020		
	RGCI		Oggetto: Relazione Geologica	Rev.	



Postazione Sondaggio



Cassa 1 – dal p.c. a 5 m di profondità



Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  48 / 71
	Identificazione documento		30.09.2020		
	RGCI		Oggetto: Relazione Geologica	Rev.	



*Cassa 2 – da 5 m a 10 m di profondità*



*Cassa 3 – da 10 m a 12 m di profondità*

<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	Lavoro: <b>Variante urbanistica Palasport di Fano</b>		Data		Pagina  <b>49 / 71</b>
	Identificazione documento	Oggetto: <b>Relazione Geologica</b>	<b>30.09.2020</b>		
	<b>RGCI</b>		Rev.	<b>0</b>	

**ALLEGATO 2  
ANALISI DI LABORATORIO**



<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  50 / 71
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica	30.09.2020		
	RGCI		Rev.	0	

# Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati

Dott.ssa Rondoni Patrizia - Dott.Darderi Matteo

## PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

**Chiaruccia  
Comune di Fano (PU)**

**Dott.Geol.Stefano Sanchi**

**Settembre, 2020**



Dott.Stefano Sanchi - Geologo - Via Santa Maria n° 856/D - 47842 San Giovanni in Marignano (RN)  
cell: 339-4605204 E-Mail : [s.sanchi@libero.it](mailto:s.sanchi@libero.it) PEC : stefanosanchi@epap.sicurezzapostale.it

**TABELLA RIASSUNTIVA**  
**Dr. Stefano Sanchi - Geologo**  
 Via Santa Maria 86/D  
 47942 San Giovanni in Marignano (RN)  
 Cell. 339 4695204  
 E-Mail: s.sanchi@libero.it

**PROVE DI LABORATORIO SU:**  
 TERRE  
 ROCCE  
 MATER. STRADALI

Geocentro di Laboratorio  
 Prove in Sito

SONDAGGIO	CAMP.	prof. mt.	STATO DEL CAMP.	UMID. NAT. W %	DENS. APPAR. UMDA gr/cc	DENS. APPAR. SECCA gr/cc	GRANULOMETRIA			LIMITI DI ATTERBERG			POCKET PENET. PP KPa	VANE TEST VT KPa	COMPRESIONE SEMPLICE			TAGLIO CASAGRANDE C' KPa	TAGLIO TRIASSIALE C KPa	PROVA EDOMETRICA			Permeabilità diretta (in colla edometrica) cm/s	DINAM. REALE Gs gr/cc	
							GHIAIA G %	SABBA S %	L L %	L+V L+V %	A A %	WI %			Wp %	Ip %	Ev %			Ed Esec KPa	Ed Esec KPa	Mv m <sup>2</sup> /Kn			Cv cm <sup>2</sup> /s
S1	C1	2.00	I	23.19	2.052	1.666							240	88	206.77	11.66	2163.46								
		2.50										270	82.5		2664.69										

LEGENDA:  
**TERRE**  
 I = INDISTURBATO  
 R = RIMANEGGIATO  
 S = SEMIDISTURBATO

CD = PROVA AL CASAGRANDE CONSOLIDATA SU CAMP. INDISTURBATO  
 CD = PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA E DRENATA  
 CU = PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA NON DRENATA  
 UU = PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA

Eseguito	Approvato
SANCHI S.	SANCHI S.

N° COMMESSA: 014/20  
 UBICAZIONE: Chiaruccia, Comune di Fano (PU)  
 Settembre, 2020

COMMITTENTE:  
 Studio di Geologia  
 Rondoni & Darderi Associati  
 Chiaruccia

<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	Lavoro: <b>Variante urbanistica Palasport di Fano</b>		Data		Pagina  52 / 71
	Identificazione documento	Oggetto: <b>Relazione Geologica</b>	<b>30.09.2020</b>		
	<b>RGCI</b>		Rev.	<b>0</b>	

*Dott. Stefano Sanchi - Geologo  
Via S. Maria 856/D 47833 San. Giovanni in Marignano (RN)  
E-MAIL: [s.sanchi@libero.it](mailto:s.sanchi@libero.it)  
PEC: [stefanosanchi@epap.sicurezzapostale.it](mailto:stefanosanchi@epap.sicurezzapostale.it)  
Cell. 339 4605204*

COMMITTENTE:	Studio di Geologia Rondoni & Darderi	DATA:	Settembre 2020
LAVORO:	Chiaruccia	LOCALITA':	Chiaruccia Comune di Fano (PU)
		N° COMMESSA:	014/20

Sondaggio n°:	S1	profondità da mt.	2.00
Campione n°:	C1	profondità a mt.	2.50

Note:

---

**APERTURA CAMPIONE**

---

Descrizione Campione: Argilla con limo debolmente sabbioso molto consistente; presenza di calcinelli millimetrici e patine di ossidazione.

Stato del campione: Indisturbato

Programma prove: Apertura e descrizione  
Foto campione  
Prove speditive, Pocket Penet. e Vane Test  
Umidità naturale  
Peso di volume  
Compressione Monoassiale (ELL) con deformazioni

Osservazioni:



<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	Lavoro: <b>Variante urbanistica Palasport di Fano</b>		Data		Pagina  53 / 71
	Identificazione documento	Oggetto: <b>Relazione Geologica</b>	<b>30.09.2020</b>		
	<b>RGCI</b>		Rev.	<b>0</b>	

Dott. Stefano Sanchi - Geologo  
Via S. Maria 856/D 47833 San. Giovanni in Marignano (RN)  
E-MAIL: [s.sanchi@libero.it](mailto:s.sanchi@libero.it)  
PEC: stefanosanchi@epap.sicurezza postale.it  
Cell. 339 4605204

COMMITTENTE:	Studio di Geologia Rondoni & Darderi	DATA:	Settembre 2020
LAVORO:	Chiaruccia	LOCALITA':	Chiaruccia Comune di Fano (PU)
		N° COMMESSA:	014/20

Sondaggio n°:	S1	profondità da mt.	2.00
Campione n°:	C1	profondità a mt.	2.50

#### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



**Osservazioni:** Apertura Campione

<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  54 / 71
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica	30.09.2020		
	RGCI		Rev.	0	

Dott. Stefano Sanchi - Geologo  
Via S. Maria 856/D 47833 San. Giovanni in Marignano (RN)  
E-MAIL: [s.sanchi@libero.it](mailto:s.sanchi@libero.it)  
PEC: stefanosanchi@epap.sicurezza postale.it  
Cell. 339 4605204

COMMITTENTE:	Studio di Geologia Rondoni & Darderi	DATA:	Settembre 2020
LAVORO:	Chiaruccia	LOCALITA':	Chiaruccia Comune di Fano (PU)
		N° COMMESSA:	014/20

Sondaggio n°:	S1	profondità da mt.	2.00
Campione n°:	C1	profondità a mt.	2.50

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



**Osservazioni:** Provino ELL prima della rottura

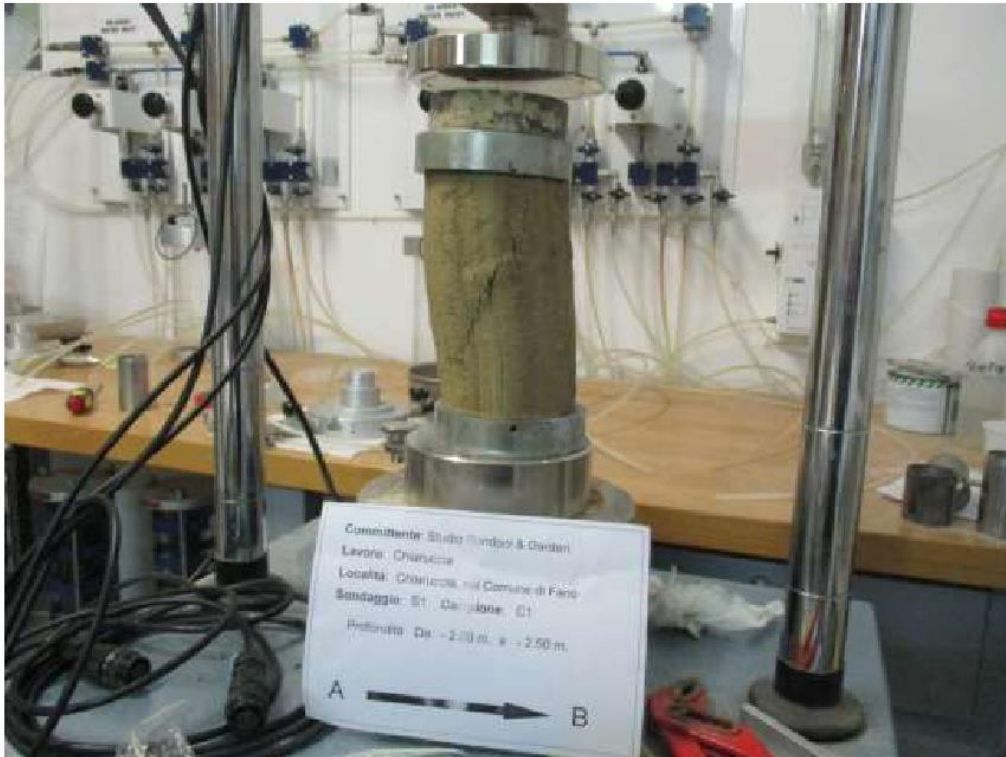
<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  55 / 71
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica	30.09.2020		
	RGCI		Rev.	0	

Dott. Stefano Sanchi - Geologo  
Via S. Maria 856/D 47833 San. Giovanni in Marignano (RN)  
E-MAIL: [s.sanchi@libero.it](mailto:s.sanchi@libero.it)  
PEC: stefanosanchi@epap.sicurezza postale.it  
Cell. 339 4605204

COMMITTENTE:	Studio di Geologia Rondoni & Darderi	DATA:	Settembre 2020
LAVORO:	Chiaruccia	LOCALITA':	Chiaruccia Comune di Fano (PU)
		N° COMMESSA:	014/20

Sondaggio n°:	S1	profondità da mt.	2.00
Campione n°:	C1	profondità a mt.	2.50

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



**Osservazioni:** Provino ELL dopo la rottura

<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  56 / 71
	Identificazione documento		Oggetto: Relazione Geologica		
	RGCI				

Dott. Stefano Sanchi - Geologo  
Via S. Maria 856/D 47833 San. Giovanni in Marignano (RN)  
E-MAIL: [s.sanchi@libero.it](mailto:s.sanchi@libero.it)  
PEC: stefanosanchi@epap.sicurezza postale.it  
Cell. 339 4605204

COMMITTENTE:	Studio di Geologia Rondoni & Darderi	DATA:	Settembre 2020
LAVORO:	Chiaruccia	LOCALITA':	Chiaruccia Comune di Fano (PU)
		N° COMMESSA:	014/20

Sondaggio n°:	S1	profondità da mt.	2.00
Campione n°:	C1	profondità a mt.	2.50

### SOMMARIO DELLE CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE

<b>CARATTERISTICHE GENERALI</b>		<b>LIMITI DI ATTERBERG</b>	
Contenuto d'acqua	W = 23.19 %	Limite di liquidità	WL = <input type="text"/> %
Peso dell'unità di volume	$\gamma = 2.052 \text{ Mg/m}^3$	Limite di plasticità	Wp = <input type="text"/> %
Peso secco dell'unità di vol.	$\gamma_d = 1.666 \text{ Mg/m}^3$	Indice di plasticità	Ip = <input type="text"/> %
Peso specifico del terreno	Gs = <input type="text"/> $\text{Mg/m}^3$	Limite di ritiro	LR = <input type="text"/> %
Indice dei vuoti	e = <input type="text"/> /		
Tenore in carbonati	<input type="text"/> %	<b>RITIRO LINEARE</b>	RL = <input type="text"/> %
		Indice di consistenza	IC = <input type="text"/> /
		Attività	A = <input type="text"/> /
<b>GRANULOMETRIA (AGI/S)</b>		<b>GRANULOMETRIA (ASTM)</b>	
Ghiaia (>2.00 mm)	G = <input type="text"/> %	Ghiaia (>4.75 mm)	G = <input type="text"/> %
Sabbia (>0.06<2.00 mm)	S = <input type="text"/> %	Sabbia (>0.075<4.75 mm)	S = <input type="text"/> %
Limo + Argilla	L+A = <input type="text"/> %	Limo + Argilla	L+A = <input type="text"/> %
Limo (>0.002<0.06mm)	L = <input type="text"/> %	Limo (>0.005<0.075mm)	L = <input type="text"/> %
Argilla (<0.002 mm)	A = <input type="text"/> %	Argilla (<0.005 mm)	A = <input type="text"/> %
<b>RESISTENZA A COMPRESSIONE MONOASSIALE</b>			
Compressione Semplice	$\sigma_c = 206.77 \text{ kPa}$	Pocket Penetr PP	min = 240 kPa
Deformazione a Rottura	$\epsilon_v = 11.66 \%$		max = 270 kPa
Modulo Elastico Tangente	E = 2163.46 MPa	Vane test VT	min = 82.5 kPa
Modulo Elastico Secante	E = 2664.69 MPa		max = 87.5 kPa
<b>PROVA DI RIGONFIAMENTO (in cella edometrica)</b>			
Carico a secco preliminare	<input type="text"/> kPa	Carico di contrasto	<input type="text"/> kPa
		Rigonfiamento libero	<input type="text"/> %
Permeabilità diretta	K = <input type="text"/> m/sec	Carico di prova	<input type="text"/> kPa
<b>PROVA DI TAGLIO DIRETTO AL CASAGRANDE</b>			
Angolo resistenza a taglio efficace	$\phi' = \text{}^\circ$	Picco	Coesione efficace C' = <input type="text"/> kPa
Angolo resistenza a taglio efficace	$\phi' = \text{}^\circ$	Residuo	Coesione efficace C' = <input type="text"/> kPa
<b>PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE</b>			
Angolo resistenza a taglio efficace	$\phi' = \text{}^\circ$	CD	Coesione efficace C' = <input type="text"/> kPa
Angolo di resistenza a taglio	$\phi_{cu} = \text{}^\circ$	CU	Coesione non dren. C <sub>cu</sub> = <input type="text"/> kPa
Angolo di resistenza a taglio	$\phi_{uu} = \text{}^\circ$	UU	Coesione non dren. C <sub>uu</sub> = <input type="text"/> kPa

Osservazioni:



<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  57 / 71
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica	30.09.2020		
	RGCI		Rev.	0	

Dott. Stefano Sanchi - Geologo  
Via S. Maria 856/D 47833 San. Giovanni in Marignano (RN)  
E-MAIL: [s.sanchi@libero.it](mailto:s.sanchi@libero.it)  
PEC: stefanosanchi@epap.sicurezza postale.it  
Cell. 339 4605204

COMMITTENTE:	Studio di Geologia Rondoni & Darderi	DATA:	Settembre 2020
LAVORO:	Chiaruccia	LOCALITA':	Chiaruccia Comune di Fano (PU)
		N° COMMESSA:	014/20

Sondaggio n°:	S1	profondità da mt.	2.00
Campione n°:	C1	profondità a mt.	2.50

**CARATTERISTICHE FISICHE DEL PROVINO**

BS 1377-1990 - Peso dell'unità di Volume -

ASTM D 2216-92 - Contenuto naturale d'acqua -

	Provino 1	Provino 2	Provino 3	
Diametro	8.1			(cm)
Altezza	16.3			(cm)
Area	51.53			(cm <sup>2</sup> )
Volume	839.94			(cm <sup>3</sup> )
Peso umido	1723.67			(gr.)
Peso secco	1399.15			(gr.)
Peso dell'unità di volume	2.052			(gr/cm <sup>3</sup> )
Peso secco dell'unità di volume	1.666			(gr/cm <sup>3</sup> )
Contenuto d'acqua	23.19			(%)
Osservazioni:				



<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	Lavoro: <b>Variante urbanistica Palasport di Fano</b>		Data		Pagina  <b>59 / 71</b>
	Identificazione documento	Oggetto: <b>Relazione Geologica</b>	<b>30.09.2020</b>		
	<b>RGCI</b>		Rev.	<b>0</b>	

## **ALLEGATO 3 DIAGRAMMI E TABULATI PENETROMETRICI**

### **Caratteristiche Strumentali**

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35.7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

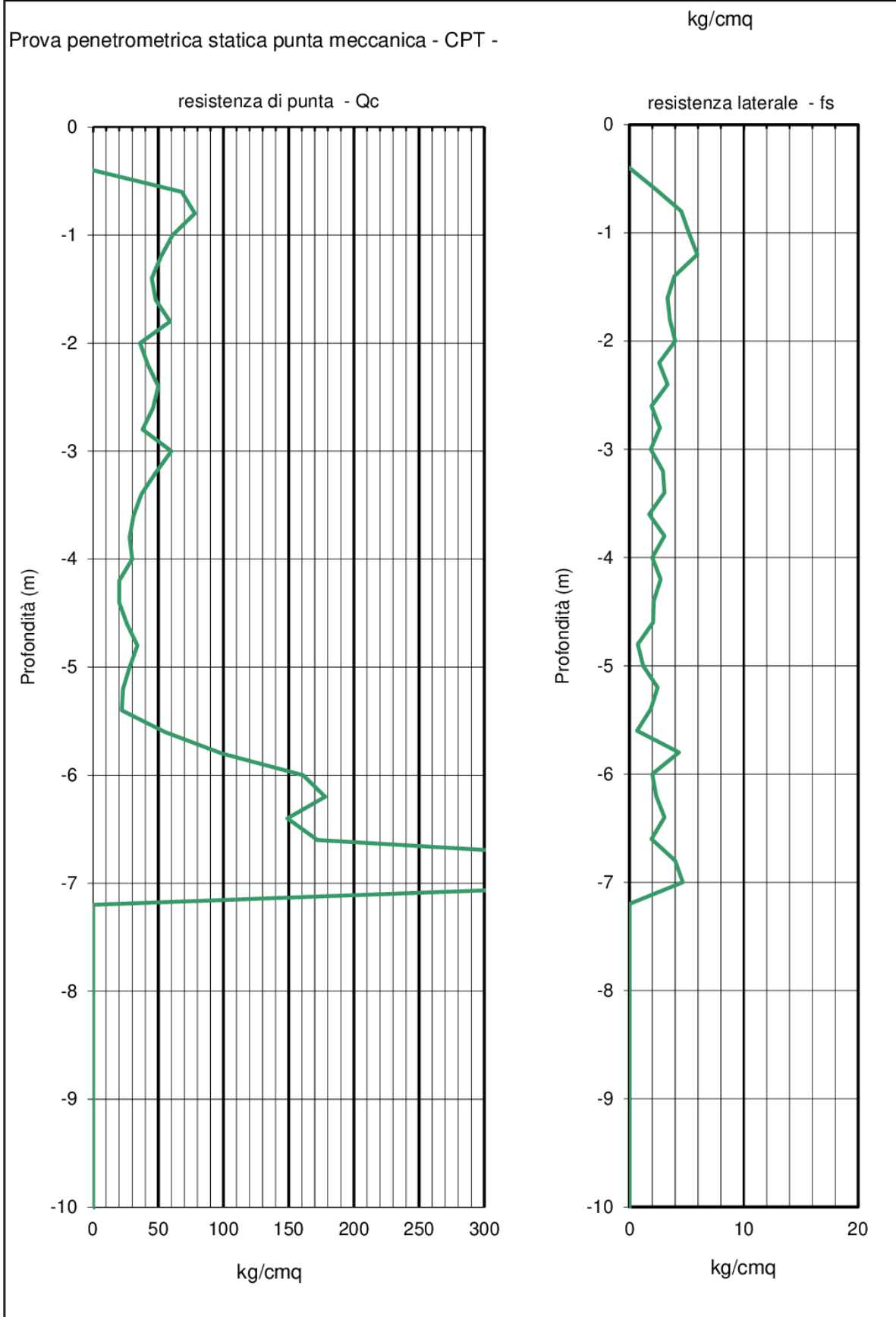
<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  60 / 71
	Identificazione documento		30.09.2020		
	RGCI		Oggetto: Relazione Geologica Rev. 0		

Committente: Amm. Comunale				Data: 28.08.2020			
Località: Chiaruccia				Comune: Fano			
Prova: 1							
Prova penetrometrica statica punta meccanica - CPT -							
Profondità (m)	Qc (kg/cm2)	fs (kg/cm2)	qc/fs	Profondità (m)	Qc (kg/cm2)	fs (kg/cm2)	qc/fs
-0,2				-9,0			
-0,4				-9,2			
-0,6	68	2,33	29,14	-9,4			
-0,8	78	4,53	17,21	-9,6			
-1,0	61	5,20	11,73	-9,8			
-1,2	52	5,93	8,76	-10,0			
-1,4	45	3,93	11,44	-10,2			
-1,6	48	3,33	14,40	-10,4			
-1,8	59	3,53	16,70	-10,6			
-2,0	36	4,00	9,00	-10,8			
-2,2	42	2,60	16,15	-11,0			
-2,4	50	3,33	15,00	-11,2			
-2,6	46	1,93	23,79	-11,4			
-2,8	38	2,67	14,25	-11,6			
-3,0	60	1,87	32,14	-11,8			
-3,2	48	2,93	16,36	-12,0			
-3,4	37	3,07	12,07	-12,2			
-3,6	31	1,73	17,88	-12,4			
-3,8	28	3,07	9,13	-12,6			
-4,0	30	2,00	15,00	-12,8			
-4,2	20	2,73	7,32	-13,0			
-4,4	20	2,13	9,38	-13,2			
-4,6	26	2,07	12,58	-13,4			
-4,8	34	0,73	46,36	-13,6			
-5,0	28	1,20	23,33	-13,8			
-5,2	23	2,47	9,32	-14,0			
-5,4	22	1,87	11,79	-14,2			
-5,6	55	0,67	82,50	-14,4			
-5,8	99	4,33	22,85	-14,6			
-6,0	161	2,00	80,50	-14,8			
-6,2	178	2,33	76,29	-15,0			
-6,4	149	3,07	48,59	-15,2			
-6,6	172	1,93	88,97	-15,4			
-6,8	450	4,00	112,50	-15,6			
-7,0	450	4,67	96,43	-15,8			
-7,2				-16,0			
-7,4				-16,2			
-7,6				-16,4			
-7,8				-16,6			
-8,0				-16,8			
-8,2				-17,0			
-8,4				-17,2			
-8,6				-17,4			
-8,8				-17,6			

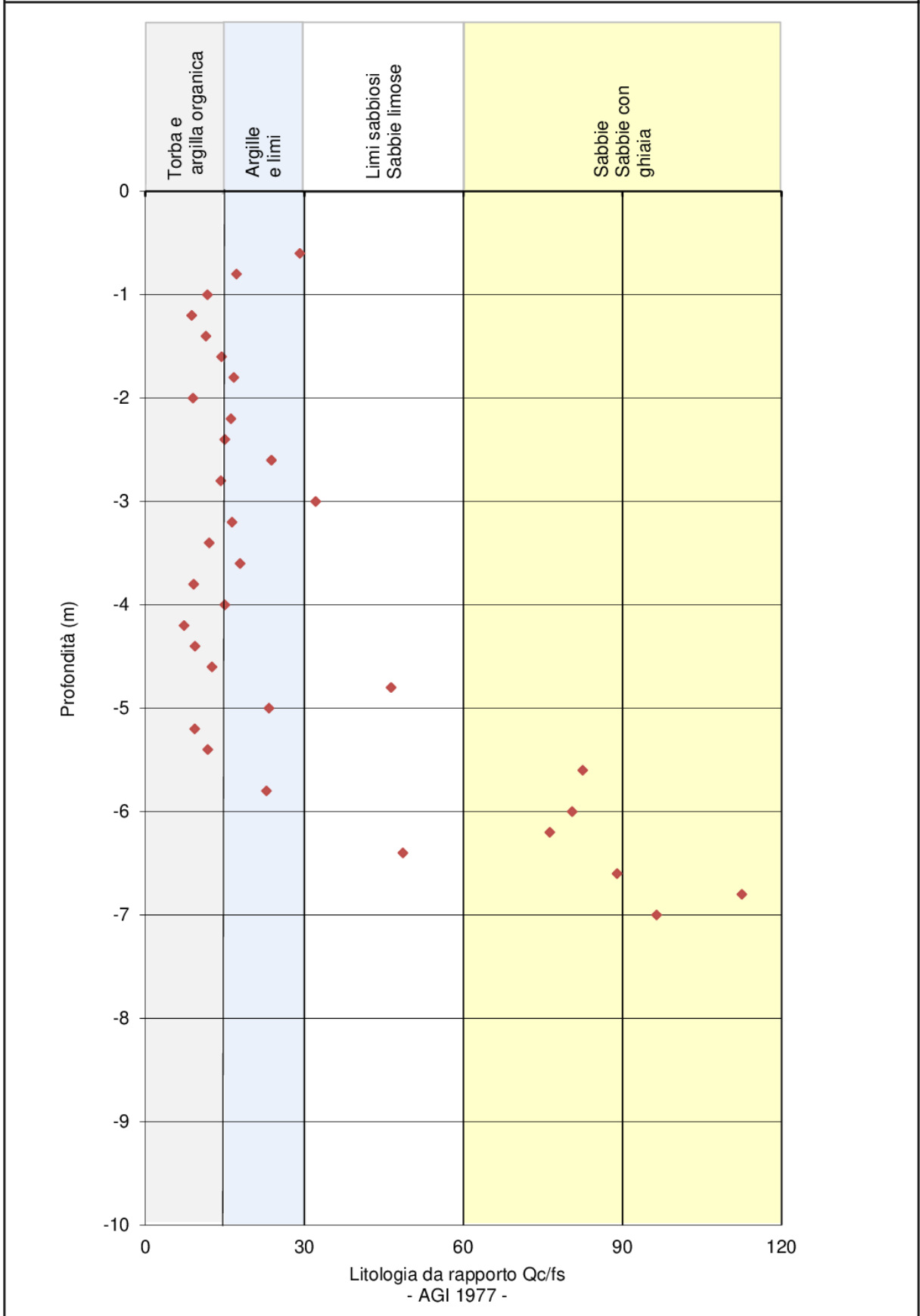


<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  61 / 71
	Identificazione documento		30.09.2020		
	RGCI		Oggetto: Relazione Geologica		
			Rev.	0	

Committente: Amm. Comunale      Data: 28.08.2020  
 Località: Chiaruccia              Comune: Fano  
 Prova: 1



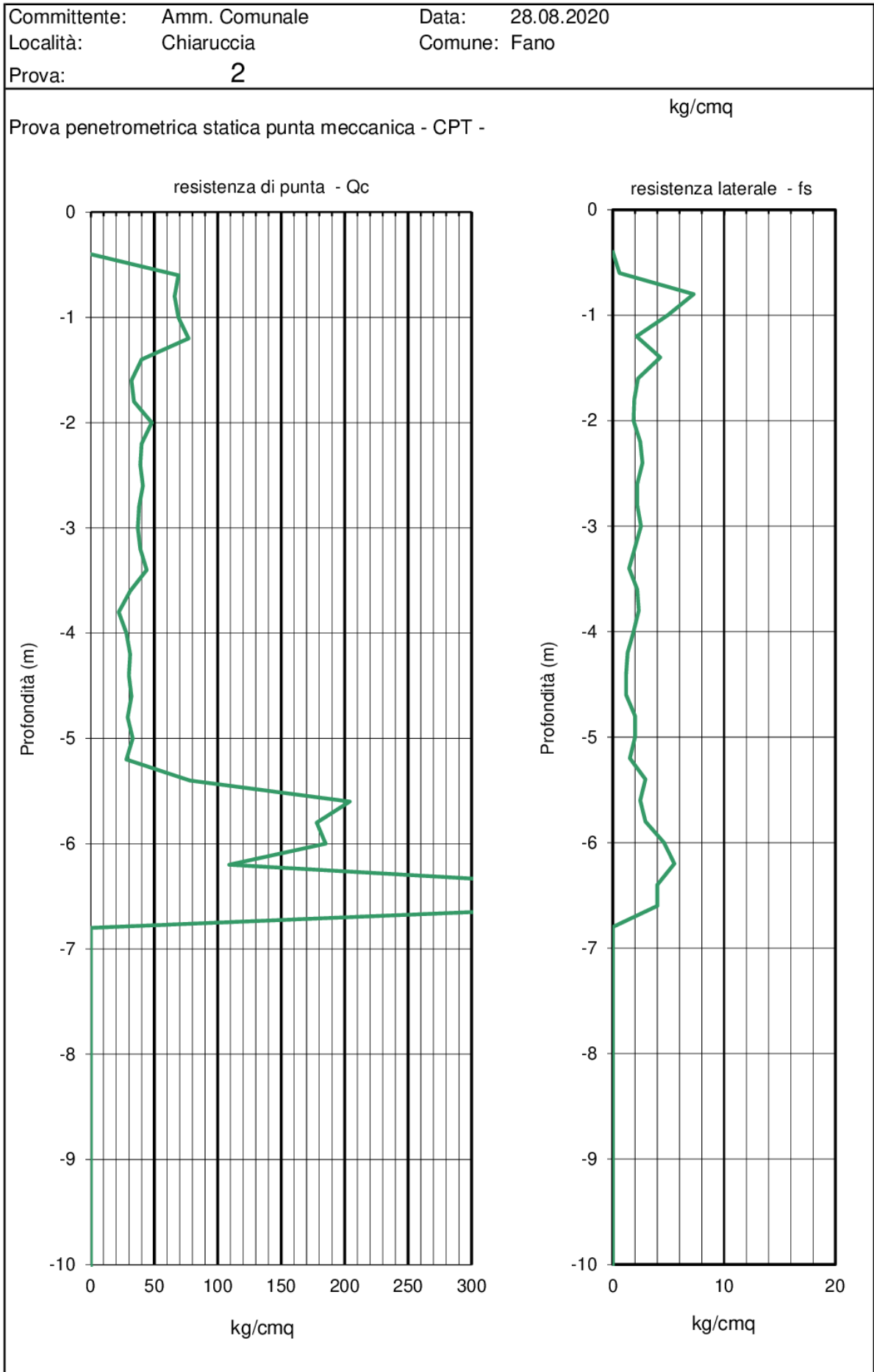
Committente: Amm. Comunale      Data: 28.08.2020  
 Località: Chiaruccia      Comune: Fano  
 Prova: 1



<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  63 / 71
	Identificazione documento		30.09.2020		
	RGCI		Oggetto: Relazione Geologica		
			Rev.	0	

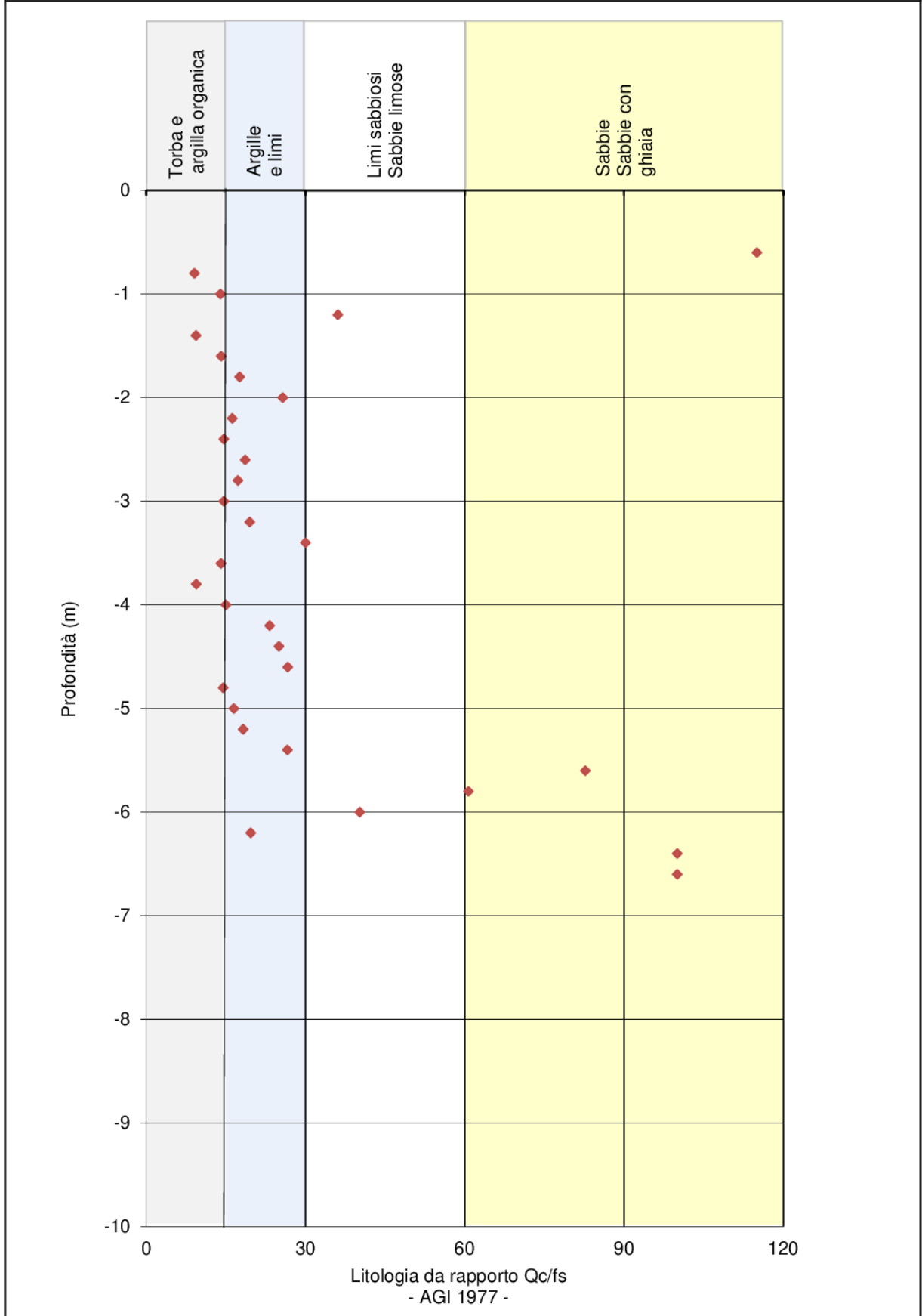
Committente: Amm. Comunale				Data: 28.08.2020			
Località: Chiaruccia				Comune: Fano			
Prova: 2							
Prova penetrometrica statica punta meccanica - CPT -							
Profondità (m)	Qc (kg/cm2)	fs (kg/cm2)	qc/fs	Profondità (m)	Qc (kg/cm2)	fs (kg/cm2)	qc/fs
-0,2				-9,0			
-0,4				-9,2			
-0,6	69	0,60	115,00	-9,4			
-0,8	66	7,27	9,08	-9,6			
-1,0	69	4,93	13,99	-9,8			
-1,2	77	2,13	36,09	-10,0			
-1,4	40	4,27	9,38	-10,2			
-1,6	32	2,27	14,12	-10,4			
-1,8	34	1,93	17,59	-10,6			
-2,0	48	1,87	25,71	-10,8			
-2,2	40	2,47	16,22	-11,0			
-2,4	39	2,67	14,63	-11,2			
-2,6	41	2,20	18,64	-11,4			
-2,8	38	2,20	17,27	-11,6			
-3,0	37	2,53	14,61	-11,8			
-3,2	39	2,00	19,50	-12,0			
-3,4	44	1,47	30,00	-12,2			
-3,6	31	2,20	14,09	-12,4			
-3,8	22	2,33	9,43	-12,6			
-4,0	28	1,87	15,00	-12,8			
-4,2	31	1,33	23,25	-13,0			
-4,4	30	1,20	25,00	-13,2			
-4,6	32	1,20	26,67	-13,4			
-4,8	29	2,00	14,50	-13,6			
-5,0	33	2,00	16,50	-13,8			
-5,2	28	1,53	18,26	-14,0			
-5,4	78	2,93	26,59	-14,2			
-5,6	204	2,47	82,70	-14,4			
-5,8	178	2,93	60,68	-14,6			
-6,0	185	4,60	40,22	-14,8			
-6,2	109	5,53	19,70	-15,0			
-6,4	400	4,00	100,00	-15,2			
-6,6	400	4,00	100,00	-15,4			
-6,8				-15,6			
-7,0				-15,8			
-7,2				-16,0			
-7,4				-16,2			
-7,6				-16,4			
-7,8				-16,6			
-8,0				-16,8			
-8,2				-17,0			
-8,4				-17,2			
-8,6				-17,4			
-8,8				-17,6			

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  64 / 71
	Identificazione documento		30.09.2020		
	RGCI		Oggetto: Relazione Geologica Rev. 0		





Committente: Amm. Comunale      Data: 28.08.2020  
 Località: Chiaruccia      Comune: Fano  
 Prova: 2

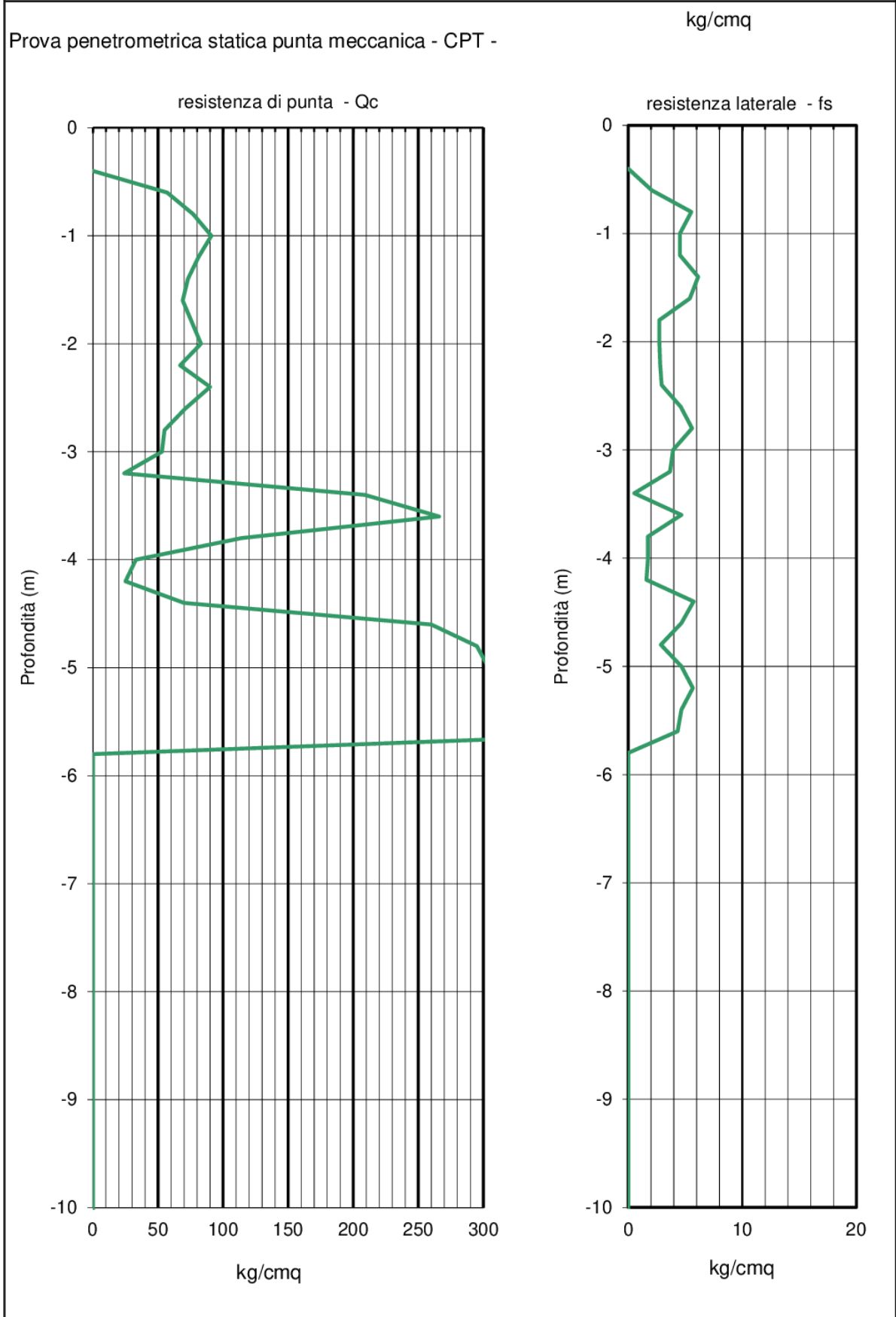


<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  66 / 71
	Identificazione documento		Oggetto: <b>Relazione Geologica</b>		
	RGCI				

Committente: Amm. Comunale				Data: 08.09.2020			
Località: Chiaruccia				Comune: Fano			
Prova: 3							
Prova penetrometrica statica punta meccanica - CPT -							
Profondità (m)	Qc (kg/cm2)	fs (kg/cm2)	qc/fs	Profondità (m)	Qc (kg/cm2)	fs (kg/cm2)	qc/fs
-0,2				-9,0			
-0,4				-9,2			
-0,6	57	2,07	27,58	-9,4			
-0,8	77	5,53	13,92	-9,6			
-1,0	91	4,53	20,07	-9,8			
-1,2	81	4,53	17,87	-10,0			
-1,4	73	6,13	11,90	-10,2			
-1,6	69	5,40	12,78	-10,4			
-1,8	76	2,73	27,80	-10,6			
-2,0	83	2,73	30,37	-10,8			
-2,2	67	2,80	23,93	-11,0			
-2,4	90	2,93	30,68	-11,2			
-2,6	71	4,60	15,43	-11,4			
-2,8	55	5,60	9,82	-11,6			
-3,0	53	3,93	13,47	-11,8			
-3,2	24	3,67	6,55	-12,0			
-3,4	209	0,53	391,88	-12,2			
-3,6	266	4,67	57,00	-12,4			
-3,8	114	1,73	65,77	-12,6			
-4,0	33	1,73	19,04	-12,8			
-4,2	25	1,60	15,63	-13,0			
-4,4	70	5,73	12,21	-13,2			
-4,6	260	4,67	55,71	-13,4			
-4,8	295	2,87	102,91	-13,6			
-5,0	304	4,67	65,14	-13,8			
-5,2	363	5,67	64,06	-14,0			
-5,4	450	4,67	96,43	-14,2			
-5,6	450	4,33	103,85	-14,4			
-5,8				-14,6			
-6,0				-14,8			
-6,2				-15,0			
-6,4				-15,2			
-6,6				-15,4			
-6,8				-15,6			
-7,0				-15,8			
-7,2				-16,0			
-7,4				-16,2			
-7,6				-16,4			
-7,8				-16,6			
-8,0				-16,8			
-8,2				-17,0			
-8,4				-17,2			
-8,6				-17,4			
-8,8				-17,6			

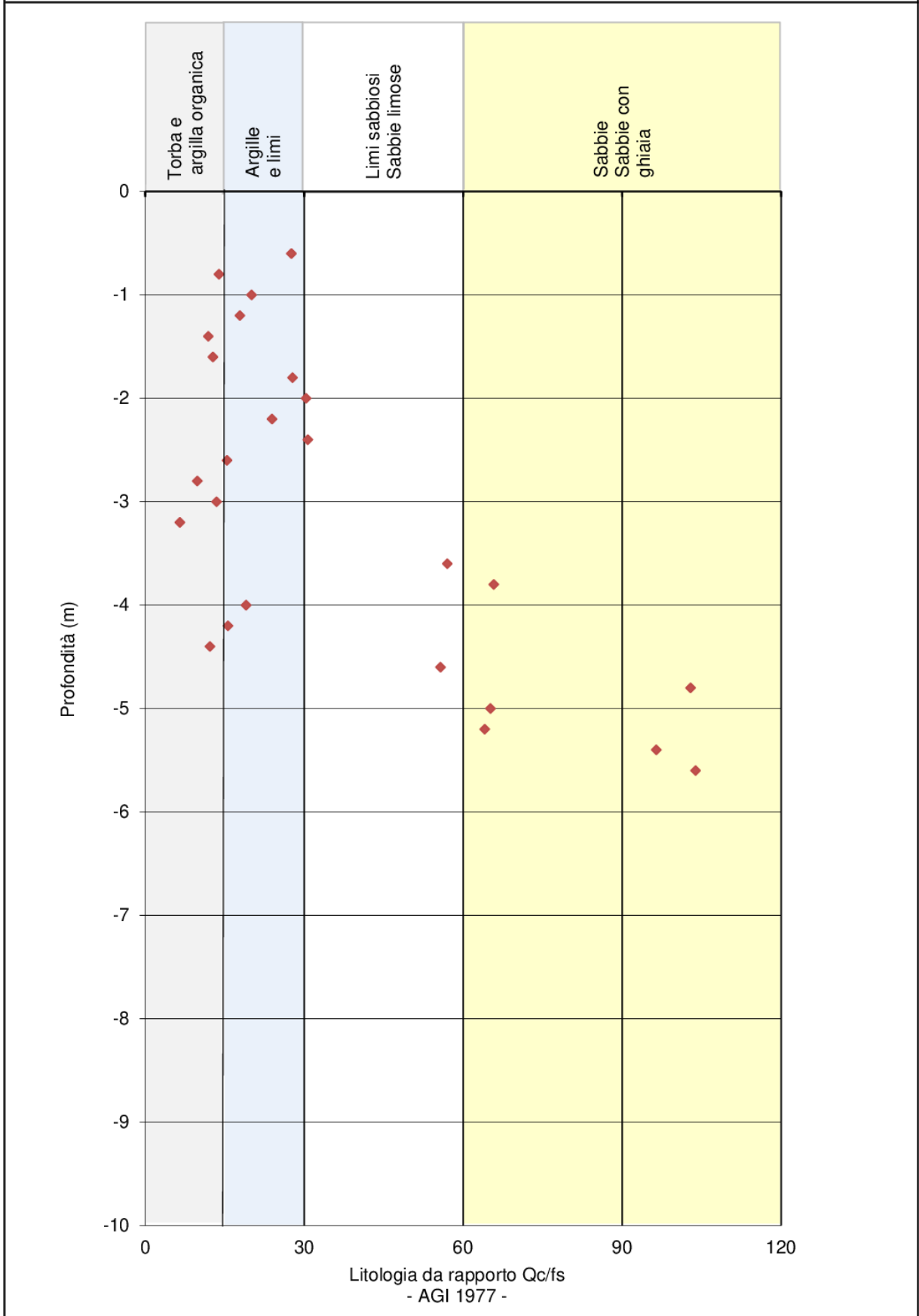
<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  <b>67 / 71</b>
	Identificazione documento		<b>30.09.2020</b>		
	<b>RGCI</b>		Oggetto: <b>Relazione Geologica</b> Rev. 0		

Committente: Amm. Comunale      Data: 08.09.2020  
 Località: Chiaruccia              Comune: Fano  
 Prova: **3**



Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  68 / 71
	Identificazione documento		30.09.2020		
	RGCI		Oggetto: Relazione Geologica		
			Rev.	0	

Committente: Amm. Comunale      Data: 08.09.2020  
 Località: Chiaruccia      Comune: Fano  
 Prova: 3



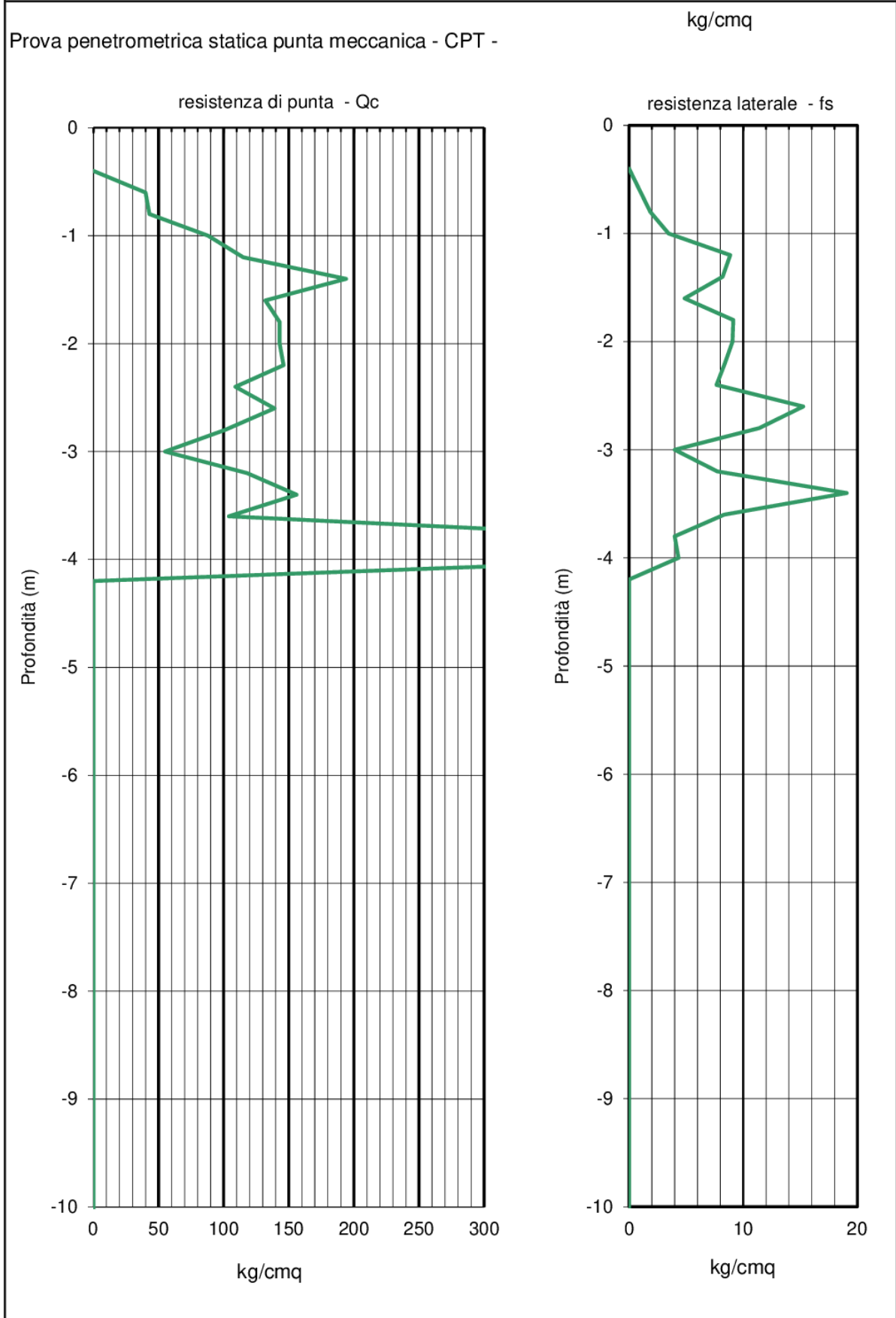


<b>Studio di Geologia Rondoni &amp; Darderi Associati</b>	Lavoro: <b>Variante urbanistica Palasport di Fano</b>		Data		Pagina  <b>69 / 71</b>
	Identificazione documento		<b>30.09.2020</b>		
	<b>RGCI</b>		Oggetto: <b>Relazione Geologica</b>		
			Rev.	<b>0</b>	

Committente: Amm. Comunale				Data: 08.09.2020			
Località: Chiaruccia				Comune: Fano			
Prova: <b>4</b>							
Prova penetrometrica statica punta meccanica - CPT -							
Profondità (m)	Qc (kg/cm2)	fs (kg/cm2)	qc/fs	Profondità (m)	Qc (kg/cm2)	fs (kg/cm2)	qc/fs
-0,2				-9,0			
-0,4				-9,2			
-0,6	40	0,93	42,86	-9,4			
-0,8	43	1,87	23,04	-9,6			
-1,0	88	3,47	25,38	-9,8			
-1,2	115	8,87	12,97	-10,0			
-1,4	194	8,20	23,66	-10,2			
-1,6	132	4,87	27,12	-10,4			
-1,8	143	9,13	15,66	-10,6			
-2,0	143	9,07	15,77	-10,8			
-2,2	146	8,40	17,38	-11,0			
-2,4	109	7,67	14,22	-11,2			
-2,6	139	15,27	9,10	-11,4			
-2,8	101	11,40	8,86	-11,6			
-3,0	55	4,00	13,75	-11,8			
-3,2	118	7,73	15,26	-12,0			
-3,4	156	19,07	8,18	-12,2			
-3,6	104	8,33	12,48	-12,4			
-3,8	450	4,00	112,50	-12,6			
-4,0	450	4,33	103,85	-12,8			
-4,2				-13,0			
-4,4				-13,2			
-4,6				-13,4			
-4,8				-13,6			
-5,0				-13,8			
-5,2				-14,0			
-5,4				-14,2			
-5,6				-14,4			
-5,8				-14,6			
-6,0				-14,8			
-6,2				-15,0			
-6,4				-15,2			
-6,6				-15,4			
-6,8				-15,6			
-7,0				-15,8			
-7,2				-16,0			
-7,4				-16,2			
-7,6				-16,4			
-7,8				-16,6			
-8,0				-16,8			
-8,2				-17,0			
-8,4				-17,2			
-8,6				-17,4			
-8,8				-17,6			

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: Variante urbanistica Palasport di Fano		Data		Pagina  70 / 71
	Identificazione documento		30.09.2020		
	RGCI		Oggetto: Relazione Geologica	Rev.	

Committente: Amm. Comunale      Data: 08.09.2020  
 Località: Chiaruccia              Comune: Fano  
 Prova: 4



Committente: Amm. Comunale      Data: 08.09.2020  
 Località: Chiaruccia              Comune: Fano  
 Prova: **4**

