

Green2grid S.r.l.

Impianto agro-fotovoltaico "Porto Torres 2" da 58.128,00 kWp ed opere connesse

Comuni di Porto Torres e Sassari (SS)

Progetto Definitivo Impianto agro-fotovoltaico e opere elettriche di Utenza

Allegato C.08 - Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica



Professionisti incaricati: Geol. Domenico Praticò – Ordine dei Geologi Regione Sardegna n. 415

Ing. Gabriele Tomiselli - Ordine degli Ingegneri Provincia di Sassari n. 914

Rev. 0

Agosto 2022

wood.

Indice

1	Introduzione	5
2	Descrizione del sito ed interventi previsti	6
3	Relazione Geologica	12
3.1	Inquadramento generale del settore (estratto dalla relazione geologica di progetto)	12
3.2	Inquadramento geologico di dettaglio (estratto dalla relazione geologica di Progetto)	14
3.3	Lineamenti geomorfologici locali (estratto dalla relazione geologica di Progetto)	21
3.4	Caratteristiche idrografiche e idrogeologiche (estratto dalla relazione geologica di Progetto)	26
4	Modellazione sismica del sito (estratto dalla relazione sismica di progetto)	28
4.1	Pericolosità sismica di base	28
4.2	Risposta sismica locale	29
4.2.1	Categorie di suolo di fondazione	30
4.2.2	Amplificazione stratigrafica	30
4.2.3	Amplificazione topografica	31
5	Modello Geologico (estratto dalla relazione geologica di progetto)	34
6	Caratterizzazione geotecnica-calcolo della capacità portante limite (estratto dalla relazione geotecnica di progetto)	36
6.1	Formule per il calcolo del carico limite	36
6.2	Parametri sismici area impianto agro-fotovoltaico	41
6.3	Verifica della capacità portante limite	42
6.3.1	Edificio ricovero mezzi agricoli	42
6.3.2	Edificio cabina di raccolta 36 kV	45
6.3.3	Edificio cabina servizi ausiliari	46
6.3.4	Edificio magazzino/sala controllo	49
6.3.5	Edificio power station	51
6.4	Posa dorsali 36 kV	53
7	Previsione dei cedimenti (estratto dalla relazione geotecnica di progetto)	54
7.1	Formula per il calcolo dei cedimenti	54
7.2	Verifica dei cedimenti	54
7.2.1	Edificio "Deposito ricovero mezzi agricoli"	54
7.2.2	Edificio "Cabina servizi ausiliari"	55

7.2.3	Edificio "Cabina di raccolta 36 kV"	55
7.2.4	Edificio "Power Station"	56
7.2.5	Edificio "Magazzino/Sala di controllo"	56
8	Compatibilità dello intervento	57
9	Conclusioni	61

Appendici

Appendice 01: Elaborati stratigrafici

Appendice 02: Documentazione fotografica

Elaborati cartografici

Tav. C05_01 Carta Geolitologica

Tav. C05_02 Carta Geomorfologica

Tav. C05_03 Carta Idrogeologica

Tav. C05_04 Carta Pericolosità da frana

Tav. C05_05 Carta Pericolosità Idraulica

Questo documento è di proprietà di Green2grid S.r.l. e il detentore certifica che il documento è stato ricevuto legalmente. Ogni utilizzo, riproduzione o divulgazione del documento deve essere oggetto di specifica autorizzazione da parte di Green2grid S.r.l.

1 Introduzione

Su incarico ricevuto in data 13/05/2022 dalla Società Green2grid S.r.l. (Contratto G2G/PT2/ORD/2022/01), si redige la presente relazione di compatibilità geologica e geotecnica, relativa all'impianto agro-fotovoltaico da 58.128,00 kWp e relative opere connesse che la Società intende realizzare nel Comune di Porto Torres e, limitatamente alle opere connesse, anche nel Comune di Sassari.

Le opere progettuali dell'impianto agro-fotovoltaico da realizzare si possono così sintetizzare:

1. Impianto agro-fotovoltaico ad inseguimento monoassiale ubicato nel comune di Porto Torres (SS), in località Nuragheddu, Camusina e Santa Caderina;
2. Linee in cavo interrato a 36 kV (di seguito "Dorsali 36 kV"), per il collegamento dell'impianto fotovoltaico alla cabina elettrica a 36 kV di proprietà della Società;
3. Cabina elettrica a 36 kV di proprietà della Società (di seguito "Cabina Utente"), che sarà realizzata nel Comune di Sassari (SS), in località Saccheddu;
4. Collegamento in cavo a 36 kV tra la Cabina Utente e lo stallo produttore nella sezione a 36 kV della futura stazione elettrica di trasformazione 380/150/36 kV della RTN denominata "Olmedo", di proprietà di Terna;
5. Nuova Stazione elettrica di trasformazione 380/150/36 kV denominata "Olmedo" (di seguito "Stazione RTN") e relativi nuovi raccordi di collegamento alla linea RTN esistente a 380 kV "Fiumesanto Carbo – Ittiri" (congiuntamente di seguito definiti come "Impianto di Rete"). La Stazione RTN sarà anch'essa ubicata nel Comune di Sassari, in località Saccheddu.

Le opere di cui ai precedenti punti 1), 2), 3) e 4) costituiscono il **Progetto Definitivo dell'Impianto agro-fotovoltaico e delle opere elettriche di Utenza** e la presente relazione si configura come la Relazione geologica, idrologica e idrogeologica del medesimo progetto.

Le opere di cui al precedente punto 5) rappresentano l'Impianto di Rete, che sarà di proprietà del gestore di rete (Terna S.p.A.) e costituiscono il **Progetto Definitivo dell'Impianto di Rete**. Per tale progetto è stata predisposta una Relazione geologica, idrologica e idrogeologica distinta.

Il presente studio è basato sia su una ricerca bibliografica che su indagini di campo ed ha comportato lo svolgimento delle seguenti attività:

- il sopralluogo dell'area in esame;
- l'analisi geologica, geomorfologica, idrologica ed idrogeologica dell'area d'interesse e delle zone limitrofe;
- lo studio del terreno interessato dalle opere in progetto;
- un'indagine geognostica di tipo diretta svolta a **Maggio 2022**, comprendente l'esecuzione di n. 22 pozzetti geognostici ed una indagine sismica (di tipo indiretto), con la realizzazione di n. 2 stendimenti MASW;
- l'esame dei problemi geologico-tecnici connessi con le opere in progetto.

2 Descrizione del sito ed interventi previsti

L'area interessata dalla realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico si estende su una superficie di circa 95 ha ed è situata nella zona sud-orientale del territorio del comune di Porto Torres (SS), in località Nuragheddu, Camusina e Santa Caderina ed è sostanzialmente delimitata:

- A nord da un nucleo di case sparse;
- A sud, sud-ovest dal fiume Rio d'Ottava.

Il sito è facilmente accessibile dalla viabilità ordinaria, essendo attraversato dalla strada vicinale "Funtana Cherchi". Inoltre è attraversato, in direzione nord-ovest/sud-est, dalla linea ferroviaria "Chilivani – Porto Torres".

Il centro abitato del comune di Porto Torres è ubicato circa 2 km a nord-ovest rispetto all'area prevista per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico e risulta essere il centro abitato più prossimo al sito. Da un punto di vista morfologico, l'impianto è collocato in un territorio prevalentemente pianeggiante, con una quota variabile tra i 30 e i 43 m s.l.m.

L'area prescelta per l'installazione dell'impianto agro-fotovoltaico è attualmente coltivata a seminativo e in parte minore utilizzata a pascolo. La zona interessata dalle opere è essenzialmente disabitata, con la sola presenza di alcuni capannoni sparsi nell'agro utilizzati come ricovero dei mezzi agricoli o per l'attività zootecnica. Si segnalano solo le seguenti strutture in cui vi è la presenza continuativa di persone:

- alcune case sparse a nord del sito;
- un'abitazione, con annessi edifici agricoli, ove risiede uno dei proprietari dei terreni ove sorgerà l'impianto.

La Cabina Utente sarà invece ubicata nel Comune di Sassari, in località Saccheddu (in prossimità della futura Stazione RTN), circa 10 km in linea d'aria a sud rispetto al sito dell'impianto agro-fotovoltaico. Occuperà un'area molto limitata, di circa 465 mq e sarà facilmente raggiungibile dalla viabilità esistente, essendo a ridosso della SP 65 "La Ginestra Sella Larga". Trattasi di un'area pianeggiante, ad una quota di circa 75 m s.l.m.

Le Dorsali 36 kV per il vettoriamento dell'energia prodotta dall'impianto agro-fotovoltaico alla Cabina Utente si svilupperanno per un percorso di circa 18 km e saranno posate nel sedime delle strade interessate (vicinali, comunali, provinciali), ricadenti in parte nel Comune di Porto Torres e in parte in quello di Sassari.

Geograficamente il sito dell'impianto agro-fotovoltaico, cavidotto e cabina utente sono inquadrabili nel F° 441 Sez. III "PORTO TORRES", 459 Sez. II "OSSI" e Sez.IV "LA CRUCCA" in scala 1:25.000 (IGM) e nella Carta Tecnica Regionale nelle Sezioni 441130, 441140, 459020, 459050 e 459060 in scala 1:10.000.

Diversi settori dei comuni di Sassari e Porto Torres sono stati recentemente perimetrati, al fine di individuare i vincoli derivanti dalla Legge n. 267/1998 (Perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia - PAI). L'intera area dell'impianto agro-fotovoltaico, ricadente nel territorio comunale di Porto Torres, risulta interessata dal vincolo PAI per frana con grado di pericolosità **Hg1**.

A sud dell'area dell'impianto agro-fotovoltaico, al confine con l'area di compluvio del Rio D'Ottava, alcune aree ricadono in area PAI con grado di pericolosità **Hg2**, in corrispondenza di piccole rotture di pendio, in prossimità del cambio di pendenza con l'area di compluvio (si veda la Figura 2.1).

La banca dati utilizzata deriva dalle perimetrazioni del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) approvato con decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10/07/2006. Successivamente è stata sottoposta a verifica e correzione dal Servizio Difesa del Suolo, Assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni della Direzione Generale Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna ed approvata con deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 3 del 10/03/2010 e poi oggetto di ulteriori aggiornamenti in seguito ad approvazione e pubblicazione di varianti, approvate con successive deliberazioni del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino.

Tale banca dati è stata creata a seguito dell'esigenza di verificare il regime di tutela del P.A.I. esteso anche alle aree non ancora recepite nel P.A.I. stesso ma sul quale si applicano le norme di salvaguardia a seguito di studi derivanti dall'applicazione dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del P.A.I.

Le norme di Attuazione del PAI (Testo coordinato Allegato 2 della Delib. G.R. n. 2/8 del 20.01.2022) all'art. 34 per le aree a pericolosità Hg1, cita testualmente "Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 25, nelle aree di pericolosità moderata da frana compete agli strumenti urbanistici, ai regolamenti edilizi ed ai piani di settore vigenti disciplinare l'uso del territorio

e delle risorse naturali, ed in particolare le opere sul patrimonio edilizio esistente, i mutamenti di destinazione, le nuove costruzioni, la realizzazione di nuovi impianti, opere ed infrastrutture a rete e puntuali pubbliche o di interesse pubblico, i nuovi insediamenti produttivi commerciali e di servizi, le ristrutturazioni urbanistiche e tutti gli altri interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia, salvo in ogni caso l'impiego di tipologie e tecniche costruttive capaci di ridurre la pericolosità ed i rischi”.

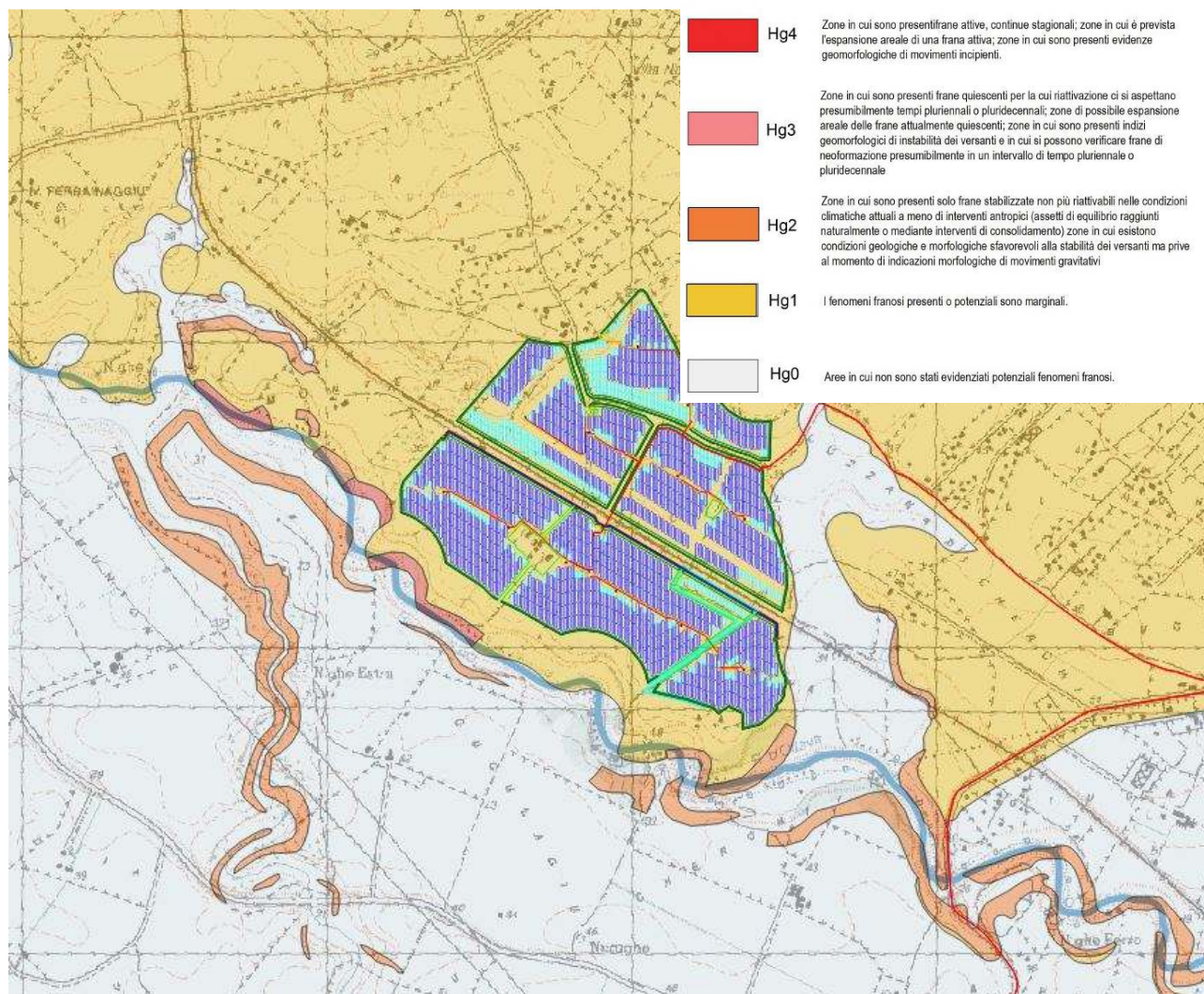


Figura 2.1 - Stralcio della carta della pericolosità da frana (Perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità geomorfologica mappate in ambito P.A.I. aggiornate alla data del 31.01.2018 – fonte Sardegna Geoportale)

In tali aree le Norme Tecniche di Attuazione del Piano Regolatore Generale di Porto Torres, all'art. 17, c.5, prevedono che vada applicata la disciplina prevista per le aree di pericolosità media da frana Hg2, come normata dall'art. 33 delle Norme di Attuazione del Piano Assetto Idrogeologico che prevede, che per questo tipo di interventi venga redatto lo Studio di compatibilità geologica e geotecnica ai sensi dell'art. 25 delle N.d.A.

Il tracciato del cavidotto in uscita dal campo agro fotovoltaico prosegue il suo percorso all'interno del limite comunale del Comune di Porto Torres ancora su territorio con grado di pericolosità **Hg1**, attraversa il confine a meridione sul territorio del Comune di Sassari con grado di pericolosità **Hg1** per poi intercettare due limitati settori con grado di pericolosità **Hg2** individuati lungo alcuni tagli stradali di scarsa valenza lungo la strada Provinciale n. 56 prima dell'attraversamento del cavidotto in TOC del Rio D'Ottava (si vedano le Figura 2.2 e Figura 2.3).

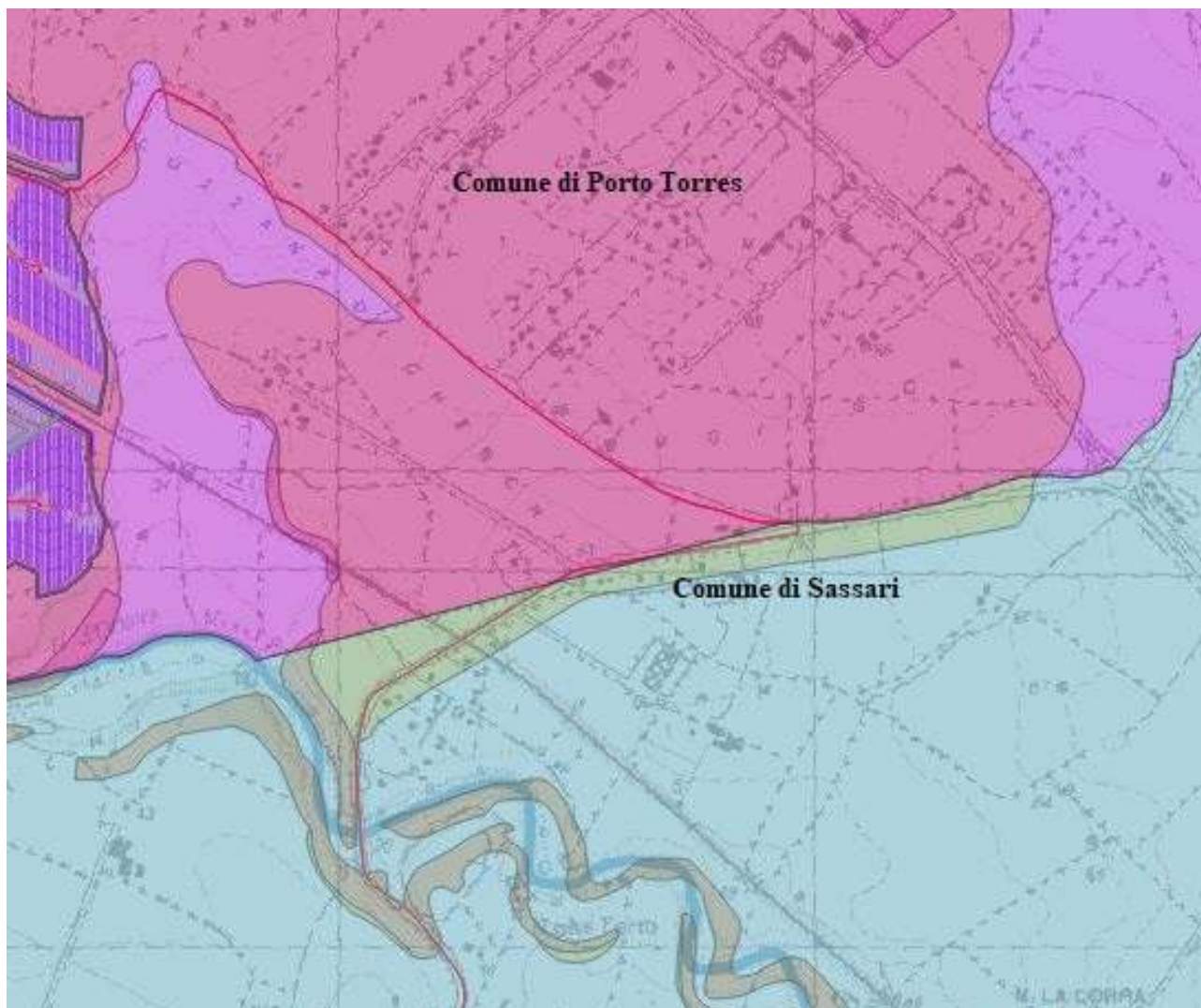


Figura 2.2 – Sovrapposizione della della carta della pericolosità da frana (Perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità geomorfologica mappate in ambito P.A.I. aggiornate alla data del 31.01.2018 – fonte Sardegna Geoportale) con I limiti Comunali di Porto Torres e Sassari

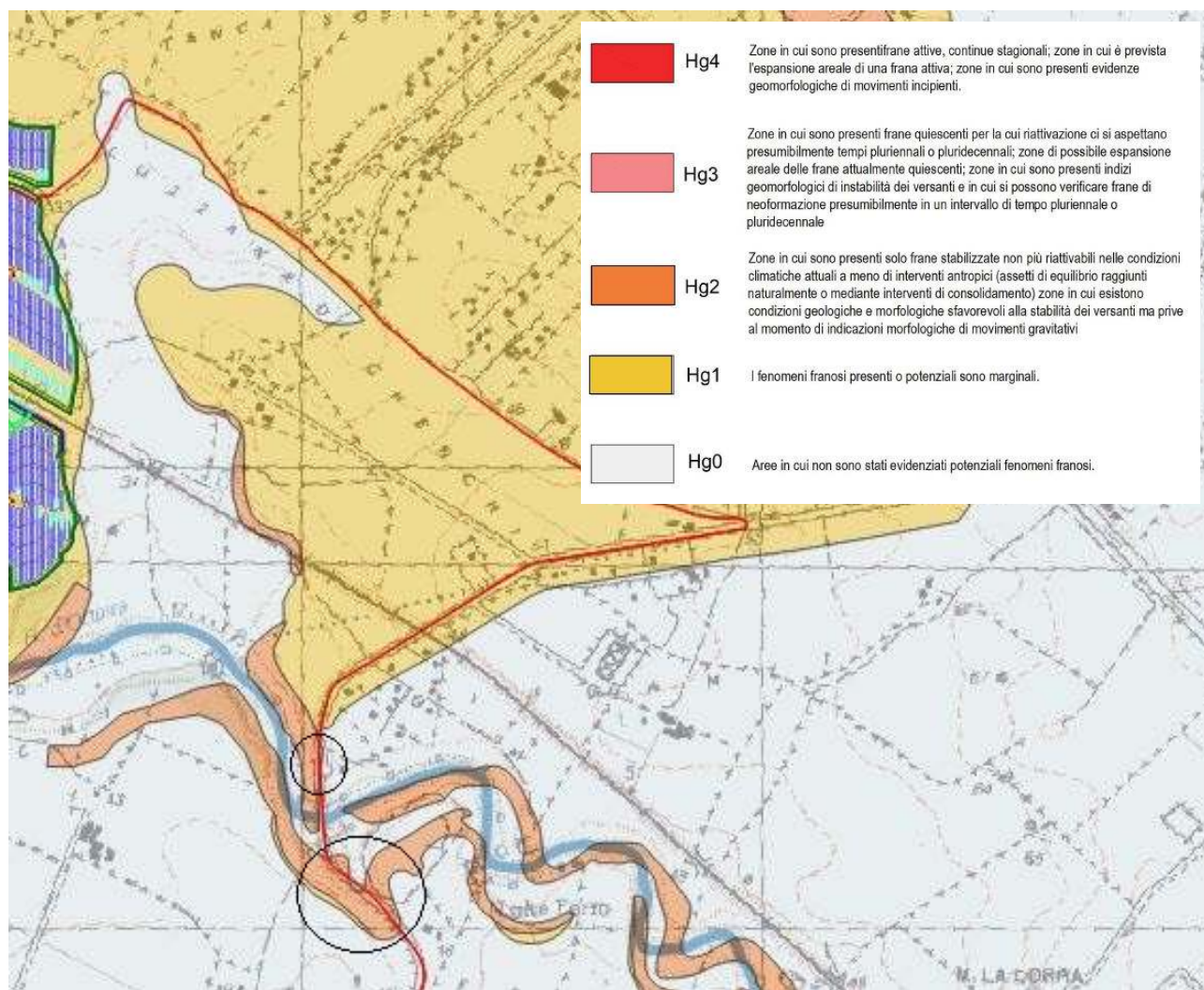


Figura 2.3 - Dettaglio della carta della pericolosità da frana (Perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità geomorfologica mappate in ambito P.A.I. aggiornate alla data del 31.01.2018 – fonte Sardegna Geoportale)

Si riscontrano altre due interferenze del tracciato del cavidotto con il vincolo PAI nel limite comunale di Sassari in prossimità della località “Badde Mulinu” ad ovest della frazione di Bancali, la prima con grado di pericolosità **Hg2** e la seconda con grado **Hg1**, ambedue superficialmente molto limitate (si veda la Figura 2.4).

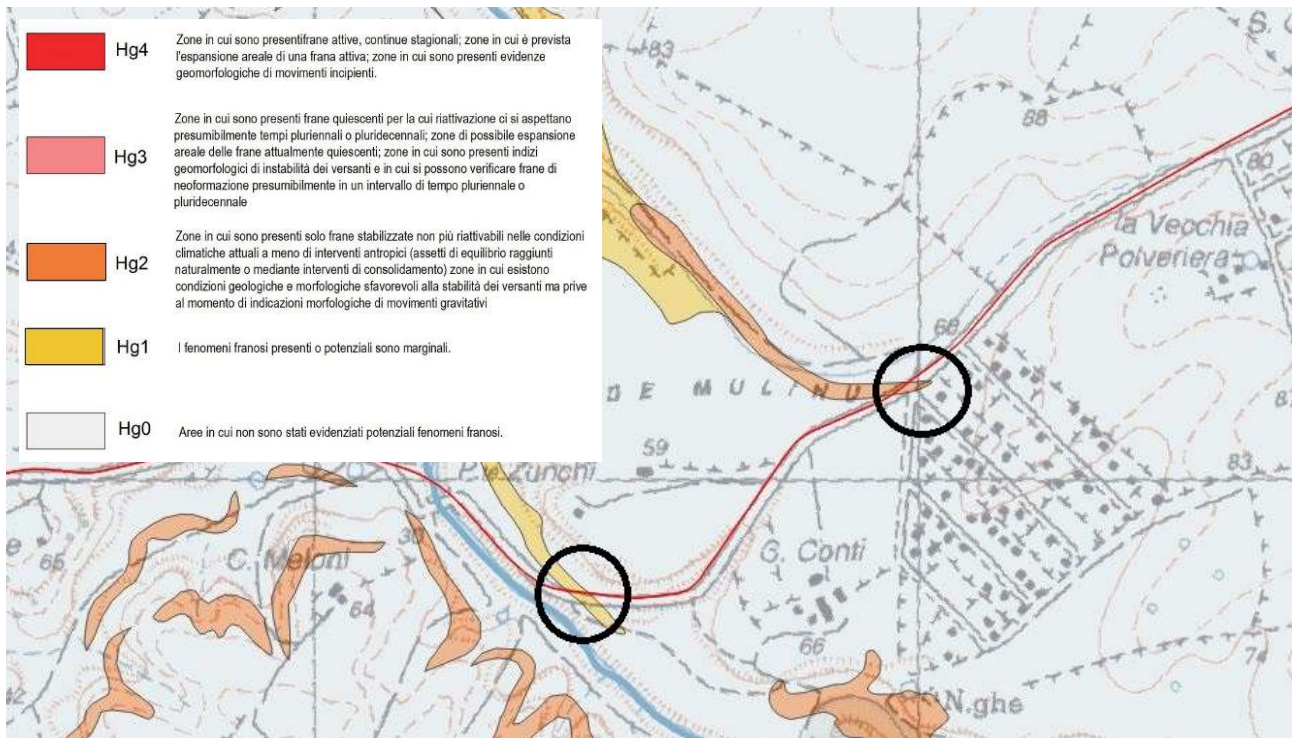


Figura 2.4 - Stralcio della carta della pericolosità da frana (Perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità geomorfologica mappate in ambito P.A.I. aggiornate alla data del 31.01.2018 – fonte Sardegna Geoportale).

In accordo alla normativa vigente (D.G.R. n. 59/90 del 27.11.2020 "Individuazione delle aree non idonee all'installazione di impianti alimentati da fonti energetiche rinnovabili") gli impianti da fonti rinnovabili **non possono** essere realizzati in aree classificate con pericolosità Hg4 e Hg3. Per il progetto in esame, come analizzato in precedenza, l'impianto agro-fotovoltaico ricade in area Hg1 e alcuni tratti delle dorsali a 36 kV di collegamento ricadono in aree a pericolosità Hg2: pertanto **il progetto ricade completamente in aree idonee alla realizzazione di impianti alimentati da fonti rinnovabili.**

Per quanto riguarda il Comune di Porto Torres, nelle aree a pericolosità Hg1, le Norme Tecniche di Attuazione del Piano Regolatore Generale di Porto Torres, all'art. 17, c. 5, prevedono che vada applicata la disciplina prevista per le aree di pericolosità media da frana Hg2.

Le aree a pericolosità Hg2 sono normate dall'art. 33 delle Norme di Attuazione (N.A.) del Piano Assetto Idrogeologico. Il progetto in esame rientra tra quelli ammissibili, essendo riconducibile alla tipologia di intervento identificata all'art. 33 c.3 lettera a) "gli ampliamenti, le ristrutturazioni e le nuove realizzazioni di infrastrutture riferibili a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili o non delocalizzabili, a condizione che non esistano alternative tecnicamente ed economicamente sostenibili, che tali interventi siano coerenti con i piani di protezione civile, e che ove necessario siano realizzate preventivamente o contestualmente opere di mitigazione dei rischi specifici". Gli impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili sono infatti considerati di pubblica utilità (art. 12 del D.Lgs n. 387/03) e quindi riconducibili a servizi pubblici essenziali.

Per questa tipologia di intervento, come indicato dall'art 33 c.5 lettera b) delle N.A. è comunque necessario redarre lo Studio di compatibilità geologica e geotecnica.

Il progetto quindi prevede, in aree classificate come Hg1 ma equiparate a Hg2, nel Comune di Porto Torres:

1. la realizzazione di un impianto agro-fotovoltaico mediante l'installazione di pannelli fotovoltaici su strutture mobili con sostegni infissi;

2. realizzazione di edifici tecnici funzionali all'impianto fotovoltaico fuori terra (cabine servizi ausiliari, cabina di raccolta 36 kV, Power stations, magazzino/sala controllo), nonché l'edificio per il ricovero dei mezzi agricoli per le attività di coltivazione;
3. la posa delle dorsali a 36 kV lungo il tracciato stradale esistente, ad una profondità di posa, dall'attuale piano di calpestio, non superiore a 1,2 m. I movimenti terra saranno limitati alla realizzazione della trincea per la posa del cavo interrato e non avranno ripercussioni sulla stabilità geomorfologica dell'area.

Come da normativa vigente il presente studio è firmato da un ingegnere e da un geologo, ciascuno per quanto di competenza, iscritti ai rispettivi albi professionali.

Per la redazione dello studio di compatibilità geologica e geotecnica sono state svolte le seguenti attività:

- analisi del progetto definitivo dell'opera con riferimento alla finalità;
- analisi delle relazioni tra le trasformazioni del territorio derivanti dalla realizzazione dell'intervento proposto e le condizioni dei dissesti attivi o potenziali dell'area interessata;
- verifica e coerenza del progetto con le previsioni e le norme del PAI.

Il progetto definitivo dell'intervento deve essere progettato rispettando il vincolo di non aumentare il livello di pericolosità e di rischio esistente.

Lo studio di compatibilità geologica geotecnica è predisposto secondo i seguenti criteri:

- dal punto di vista geologico, comprendendo (sezione B del D.M. 11/03/88 ora Decreto 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», pubblicato sulla GU Serie Generale n. 42 del 20/02/2018, Suppl. Ordinario n. 8) l'assetto geologico, geomorfologico, strutturale, idrologico ed idrogeologico generale, litostratigrafico locale, stato di alterazione e fratturazione dei litotipi presenti;
- dal punto di vista geotecnico, comprendendo (sezione B del D.M. 11/03/88 ora Decreto 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», pubblicato sulla GU Serie Generale n. 42 del 20/02/2018, Suppl. Ordinario n. 8) risultati di indagine in sito ed in laboratorio, scelte e caratteristiche geotecniche/geomeccaniche dei terreni interessati, esame dei problemi geotecnici e geomeccanici connessi con le opere in progetto, studio del terreno di fondazione, calcolo della portanza del terreno e previsione dei cedimenti. In presenza di pendio, la verifica di stabilità dello stesso prima e dopo l'intervento destabilizzante, eventuali interazioni con altre opere.

3 Relazione Geologica

3.1 Inquadramento generale del settore (estratto dalla relazione geologica di progetto)

La zona oggetto di studio è individuata nella Sardegna nord occidentale, caratterizzata da una grande variabilità litologica, per la maggior parte risalenti al terziario e quaternario ma anche al Mesozoico e Paleozoico, con rocce sedimentarie, effusive, intrusive e sedimenti continentali e marini quaternari.

Il territorio della Sardegna è geologicamente rappresentato da un basamento Paleozoico, affiorante principalmente in un'ampia fascia orientale da nord a sud e subordinatamente nel settore sud occidentale dell'isola, la cui formazione è correlata all'orogenesi ercinica che ha prodotto deformazioni, metamorfismo e un importante magmatismo intrusivo ed effusivo, a seguire una copertura vulcanica e sedimentaria di età compresa tra il tardo paleozoico e il quaternario.

Il basamento paleozoico è la struttura che ha condizionato l'intero assetto geologico dell'isola, nel settore sud occidentale è rappresentato principalmente dalla serie Cambro-ordoviciana costituita da metarenarie, dolomie, metacalcari e filladi; nel settore centrale e sud orientale alla successione meta sedimentaria si associano potenti coperture di meta vulcanite. Negli stadi tardivi dell'orogenesi, la costituzione del basamento si completa con la messa in posto del batolite granitoide sardo-corso (310-290 Ma).

Nel carbonifero superiore la Sardegna viene interessata da una fase tettonica distensiva di modesta entità ma ampiamente diffusa nella quale si sviluppa un ciclo vulcanico caratterizzato da ignimbrite riolitiche, brecce e tufi. Tra la fine del Permiano e l'inizio del Trias, dopo un periodo di relativa stabilità tettonica, si innesca un nuovo ciclo vulcanico più importante con le stesse caratteristiche del precedente. Tutto il Mesozoico è caratterizzato da stabilità tettonica e da numerosi eventi trasgressivi e regressivi che portano alla formazione di depositi sedimentari di natura diversa. Nella zona occidentale dell'isola, principalmente in corrispondenza della Nurra, si osserva una serie costituita da calcari selciferi, dolomie, calcari, calcari marnosi. Il Cretaceo mostra piccoli e frammentati affioramenti di natura carbonatica in corrispondenza della Nurra, nel Cretaceo superiore una nuova fase tettonica determina il parziale distacco della Sardegna dall'Europa, la sua emersione è pressochè totale e si innesca una fase totale di intensa erosione. Durante il Cenozoico in tutta l'area mediterranea s'innescano importanti movimenti geodinamici che hanno interessato anche il blocco sardo Corso comportandone il completo distacco dal continente europeo; la Sardegna che insieme alla Corsica costituiva un unico blocco facente parte della placca europea, nell'Oligo-Miocene si separa dal continente iberico-provenzale come conseguenza all'apertura del mediterraneo occidentale e successivamente ruotata con un movimento anti orario di 30-35° durante il Miocene inferiore in un lasso di tempo compreso tra 21 e 17.5 milioni di anni. A causa di tali movimenti geodinamici, s'instaura nella parte occidentale della Sardegna, un Sistema di rift a conformazione di graben, che va tra il golfo di Cagliari a quello dell'Asinara per una lunghezza di oltre 200 km e una larghezza di circa 60 km; dall'Oligocene superiore al Miocene inferiore, si sviluppa lungo tale rift un intenso vulcanismo calco-alcalino che porta alla messa in posto della successione vulcanica di elevate potenza rappresentata da andesiti, rioliti e colmata da sedimenti marini. Durante il Pliocene-Pleistocene a causa di una tettonica distensiva con faglie di direzione NW-SE, si ha uno smembramento di queste ultime strutture che porta alla formazione del graben del Campidano.

A questa fase sono associate depositi sabbiosi e agillosi e un vulcanismo alcalino che si sviluppa prevalentemente lungo i bordi settentrionali con prodotti inizialmente acidi (rioliti) e poi basici (basalti) che si protrae fino al quaternario. Nel quaternario, la maggior parte dei sedimenti deposti sono di origine continentale, rappresentati per la maggior parte da alluvioni ciottolose localizzate lungo le più importanti pianure dell'isola e subordinatamente di ambiente marino litorale. Nelle aree costiere si presentano in modo discontinuo depositi marini con conglomerati, arenarie e calcari organogeni, dune attuali e fossili e depositi di stagno.

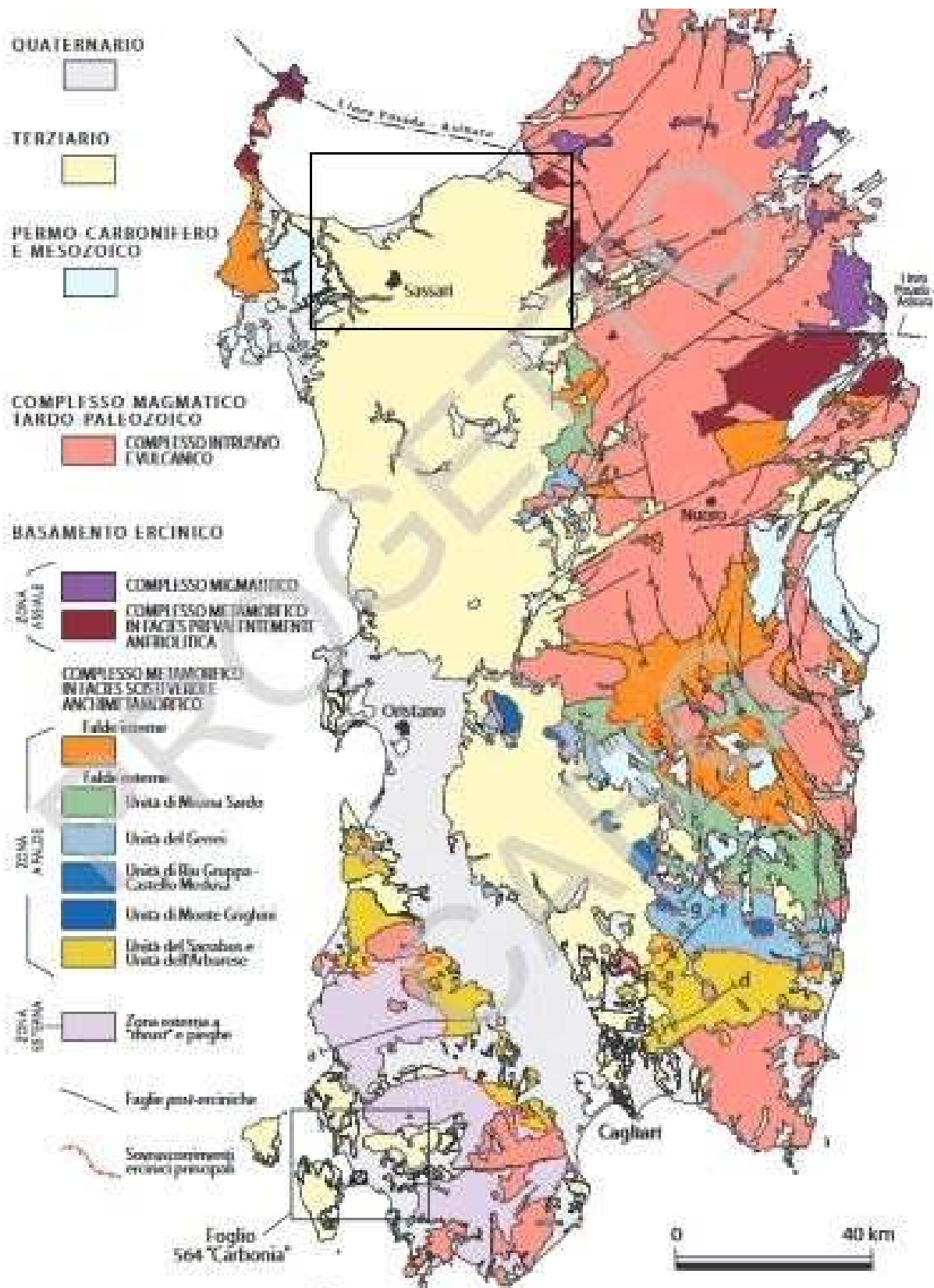


Figura 3.1 - Schema tettonico della Sardegna, il rettangolo indica l'ubicazione dell'intervento

3.2 Inquadramento geologico di dettaglio (estratto dalla relazione geologica di Progetto)

Il settore in esame rappresenta la parte marginale nord-occidentale dell'ampio bacino Sassarese su cui si è impostata, tra l'Oligocene superiore ed il Miocene inferiore, la cosiddetta "fossa Sarda", compresa tra il Golfo dell'Asinara ed il Golfo di Cagliari. Durante tale periodo, a causa dei movimenti roto-traslazionali del micro-continente sardo-corso, la formazione del vasto rift ha permesso la messa in posto delle vulcaniti oligomioceniche e l'ingressione marina miocenica.

Il vulcanismo oligo-miocenico è costituito da una serie ignimbratica caratterizzata da prodotti riolitici-dacitici e principalmente da Ash-flow ed in minore quantità di Pomice-flow di tipo fessurale altamente esplosivo; si presenta di norma, in grosse bancate sub-parallele, arealmente anche molto estese (tufi e ignimbriti); diffusa soprattutto nel nord Sardegna, si alterna con lave andesitiche fino alla fine del ciclo. Tali prodotti hanno generalmente un aspetto massivo, spesso cupuliforme, e sono da ritenersi un prodotto di effusioni laviche locali con deboli episodi esplosivi.

Nella Sardegna nord-occidentale tale fase tettonica non ha portato alla formazione di depositi sedimentari marini e/o vulcanici terziari, ma si è esplicata con una serie di discontinuità strutturali che hanno portato alla fratturazione del basamento mesozoico sottostante costituito da un'alternanza di calcari e dolomie. Tali discontinuità sono state riattivate durante gli ultimi eventi tettonici d'età plioquaternaria, con conseguenze morfologiche tuttora evidenti.

Il quaternario infine, è caratterizzato sia da una fase tettonica di tipo distensiva, sia dalle grandi variazioni climatiche che, nel settore in esame, hanno dato luogo alla formazione di depositi alluvionali e di vasti depositi eolici.

La fase tettonica plio-quaternaria si è sviluppata accentuando, in prossimità della costa occidentale, la sua subsidenza pliocenica; la concomitanza con le grandi variazioni climatiche ha favorito dei processi erosivi particolarmente intensi. Il mare ed i torrenti, con la loro attività erosiva e d'accumulo, hanno determinato, in quest'era, l'attuale configurazione dell'isola.

Nel settore in studio, le litologie presenti sono costituite in prevalenza da rocce sedimentarie e limitatamente vulcaniche di età cenozoica miocenica, lungo le valli fluviali, depositi di età quaternaria e recente, nella parte meridionale affiorano rocce sedimentarie di età Mesozoica.

Localmente, per il settore interessato dal **campo Agro fotovoltaico**, s'individuano le litologie sedimentarie del miocene medio, ricoperte solo localmente dai depositi quaternari e recenti. La litologia, rappresentata per l'area in esame da un calcare bioclastico generalmente tenace, è osservabile in corrispondenza di alcuni tagli stradali lungo la strada Provinciale n. 86. Il calcare si presenta autosostenuto; quando è integro mostra una colorazione biancastra, se alterato assume invece delle colorazioni giallastre indicanti una certa circolazione d'acqua. Non si nota alcuna stratificazione.

Lo spessore non è facilmente quantificabile in quanto non è visibile il letto di tale deposito. Da dati bibliografici in possesso, la litologia calcarea per l'intero settore in esame dovrebbe avere uno spessore di circa 60-80 metri, alternati a strati calcarenitici generalmente poco spessi. In prossimità del campo Agro fotovoltaico, lo spessore è variabile e sul lato sud orientale si assottiglia fino ad azzerarsi, lasciando scorgere in affioramento il deposito di flusso piroclastico in facies ignimbratica (PRJ- Unità di Punta Rujà) del distretto vulcanico di Capo Marargiu.

I depositi quaternari sono molto limitati come estensione, normalmente sono dati dal prodotto di alterazione del substrato roccioso in sito e trasporto pressoché nullo. Lo spessore del suolo e della copertura colluviale in genere non è superiore ai 50 cm ed è dipendente in particolare dalla morfologia e dalla natura del substrato. In alcuni punti affiora il substrato stesso.

Secondo la classificazione del Soil Taxonomy U.S.D.A., i suoli che si formano sulle litologie calcaree e calcareo-marnose del miocene appartengono ai Xerorthents, caratterizzati da profondità inferiori al metro con tessitura franco-sabbiose e argillo-sabbiose. Il contenuto in scheletro è vario, prevale una certa pietrosità quando il suolo si forma sulle marne, mentre quando il substrato è formato da calcari arenacei alla pietrosità si accompagna una certa percentuale di rocciosità.

I depositi quaternari sono rinvenibili nelle aree topograficamente più depresse, rappresentati da coltri eluviali (b2), con una matrice argillo sabbiosa, ricche in ghiaie e ciottoli del substrato. Lo spessore è generalmente alquanto modesto, come si riscontra nell'area in esame. Nelle aree vallive ed incise, lungo il reticolo idrografico attuale, si riscontrano i depositi alluvionali (bb), caratterizzati da depositi conglomeratici con ghiaie e ciottolotti con abbondante matrice sabbiosa, di colorazione rossastra. Verso valle, con la diminuzione dell'energia del corso d'acqua, i depositi più grossolani lasciano posto a quelli più fini (ba), rappresentati da depositi sabbiosi e sabbioso limosi a matrice argillosa con stato di consistenza

variabile. La potenza è variabile, in prossimità degli attraversamenti del Rio D'Ottava e Rio Mannu può essere modesta (si veda la Tav. C.05_01 Carta Geolitologica).



Figura 3.2 - affioramento dei calcari bioclastici (RESa) lungo la strada Provinciale N. 56

L'impianto agro-fotovoltaico è ubicato in Loc. "Nuragheddu-Camusina e Santa Caderina". Per ricostruire una stratigrafia esaustiva sono stati eseguiti n. 22 pozzetti geognostici e uno stendimento MASW (si veda la Figura 3.3).

I depositi terrigeni di copertura (deposito eluviale) a matrice argillosa sabbiosa con ghiaie e ciottoli del substrato, si sono presentati generalmente consistenti, s'intercetta il substrato calcereo (**RESa**) per i punti direttamente indagati, ad una profondità variabile compresa tra un minimo di 0.20 m ad un massimo di 0.70 m dal p.c.; solo nel pozzetto geognostico Pz22, spinto alla profondità massima di 1.30 m, non si è intercettato il substrato. Il deposito calcareo seppure generalmente fratturato in testa si presena compatto, tenace, generalmente con una resistenza allo schiacciamento maggiore di 120 kg/cmq e scavabile esclusivamente con il sistema a martellone.

L'indagine geofisica effettuata nell'area dell'impianto agro-fotovoltaico ha fornito un profilo sismico con un modello semplificato composto da 6 sismostrati con un raggiungimento del substrato sismico a 7 m dal p.c.. Al primo sismostrato può essere associato lo spessore del substrato più allentato e fratturato per circa 3,0 m per passare stratigraficamente verso il basso al substrato tenace. I sismostrati più profondo che mostrano una maggiore velocità dell'onda sismica possono essere correlati con il substrato vulcanico.

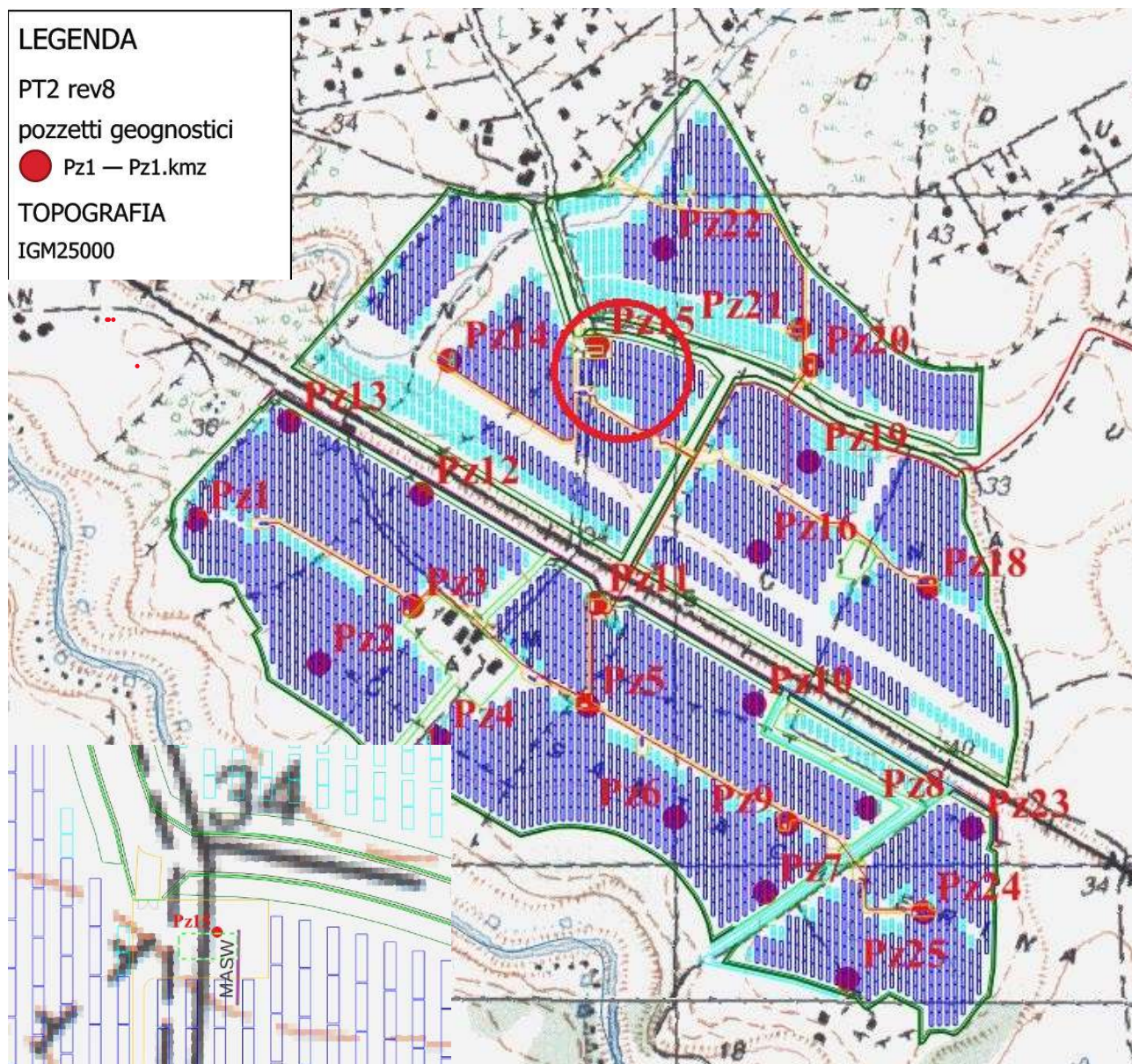


Figura 3.3 - dettaglio dell'area interessata dal campo agro fotovoltaico su Base I.G.M. con indicazione dei pozzetti geognostici realizzati ed indagine MASW.

Sulla base della stratigrafia ottenuta, dal piano campagna, la V_{seq} (NTC 2018) risultante è di **426,10 m/sec**. Tali caratteristiche inquadrano il terreno di fondazione (NTC 2018) nella **categoria B**.

Tabella 3.3.1 – Sismostrati – impianto agro fotovoltaico

Strati	Profondità (m)	Spessore strato (m)	Vs (m/sec)
A	3.0	3.0	421
B	7.0	4.0	430
C	12.0	5.0	896
D	18.0	6.0	902

Strati	Profondità (m)	Spessore strato (m)	Vs (m/sec)
E	25.0	7.0	781
F	-	-	716

Di seguito sono riportate le litologie interessate dal **campo Agro fotovoltaico**:

- B2: COLTRI ELUVIO COLLUVIALI: detriti immersi in una matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica (OLOCENE);
- RESa: Litofacies nella FORMAZIONE DI MORES. Calcareniti, calcari bioclastici fossiliferi. Calcari nodulari a componente terrigena, variabile, con faune a gasteropodi (Turrrellidi), ostreidi ed echinidi (Scutella, Amphiope) ("Calcari inferiori" Auct.). SUCCESSIONE SEDIMENTARIA OLIGO-MIOCENICA DEL LOGUDORO-SASSARESE.

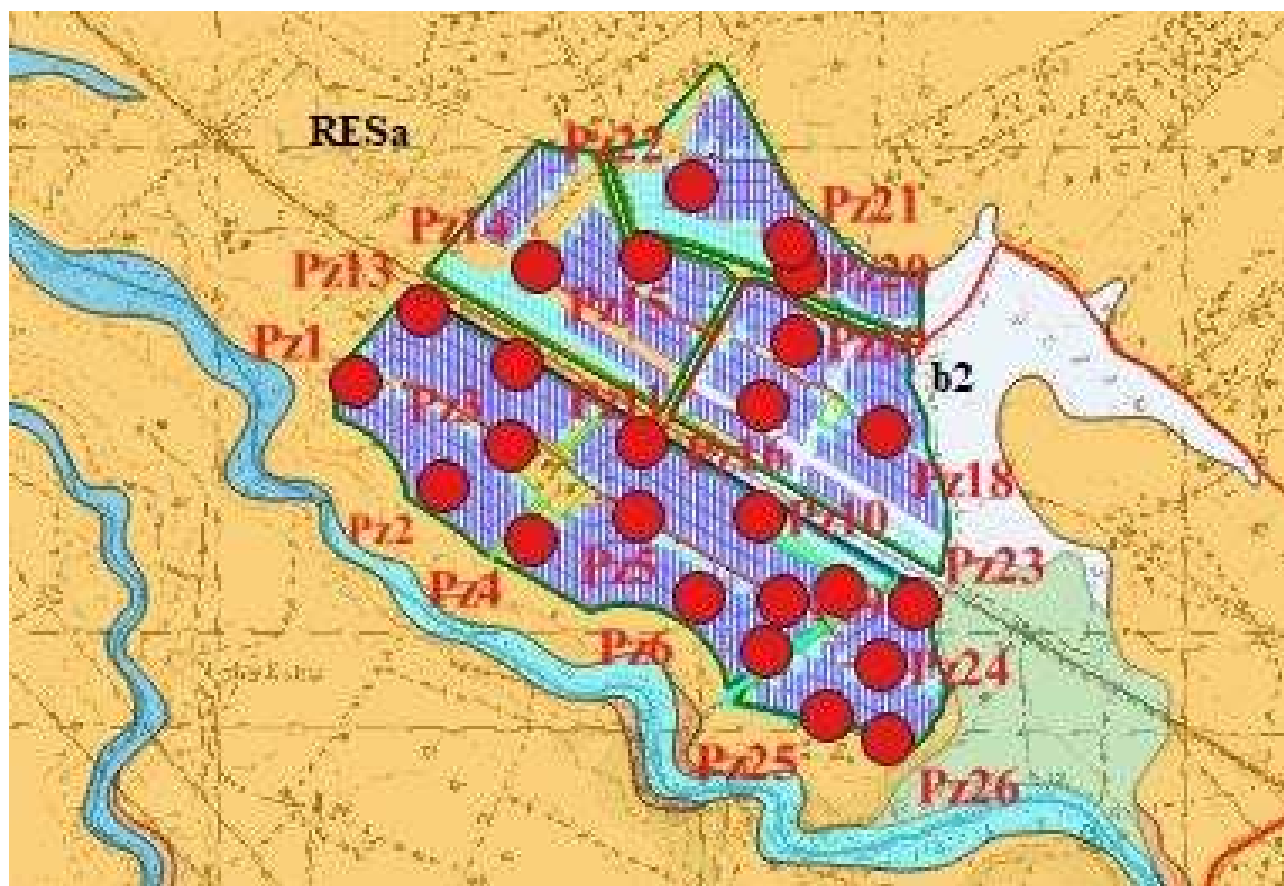


Figura 3.4 – Stralcio carta Geolitologica d’interesse del campo agro fotovoltaico con indicazione dei pozzetti geognostici su Base I.G.M.

Il tracciato del cavidotto a 36 kV in uscita dall’impianto agro-fotovoltaico verso la Cabina Utente intercetta due limitati settori con grado di pericolosità **Hg2**, individuati lungo alcuni tagli stradali di scarsa valenza lungo la strada Provinciale n. 56, prima e dopo l’attraversamento del cavidotto in TOC del Rio D’Ottava (si veda la Figura 3.8).

Per tale punto non sono state eseguite specifiche indagini geognostiche, in quanto in questa fase di progettazione si è ritenuto sufficiente fare riferimento al solo rilievo geologico di superficie.

L’intero alveo in prossimità dell’attraversamento è completamente mascherato dalla vegetazione mentre a monte idraulico, in prossimità dell’area dell’impianto agro-fotovoltaico, è ben visibile il substrato in affioramento, rappresentato dai calcari bioclastici compatti (**RESa**) della formazione di Mores. La fittezza delle discontinuità del substrato calcareo determina una

generale debolezza di testa, testimoniata dalla notevole quantità di detrito clastico rinvenibile sul suolo nei terreni limtrofi all'attraversamento, portato in superficie nelle azioni di lavorazione del terreno.

Limitatamente si riscontra la litologia arenacea (**RESb**) a cemento carbonatico sempre afferente alla Formazione di Mores. Chiude la serie stratigrafica verso l'alto un deposito alluvionale olocenico rappresentato da ghiaie da grossolane a medie, con spessore che generalmente non supera un paio di metri.

L'attraversamento verrà effettuato con il sistema "TOC" alla profondità minima di 2 m dal fondo dell'alveo, all'interno del deposito alluvionale. Tale sistema di posa, anche denominato "No-Dig", consiste nella realizzazione di un foro sotterraneo che costituirà la sede di posa di una tubazione plastica o metallica precedentemente saldata in superficie. Il foro nel sottosuolo viene realizzato mediante l'azione di una fresa rotante posta all'estremità di un treno d'aste.

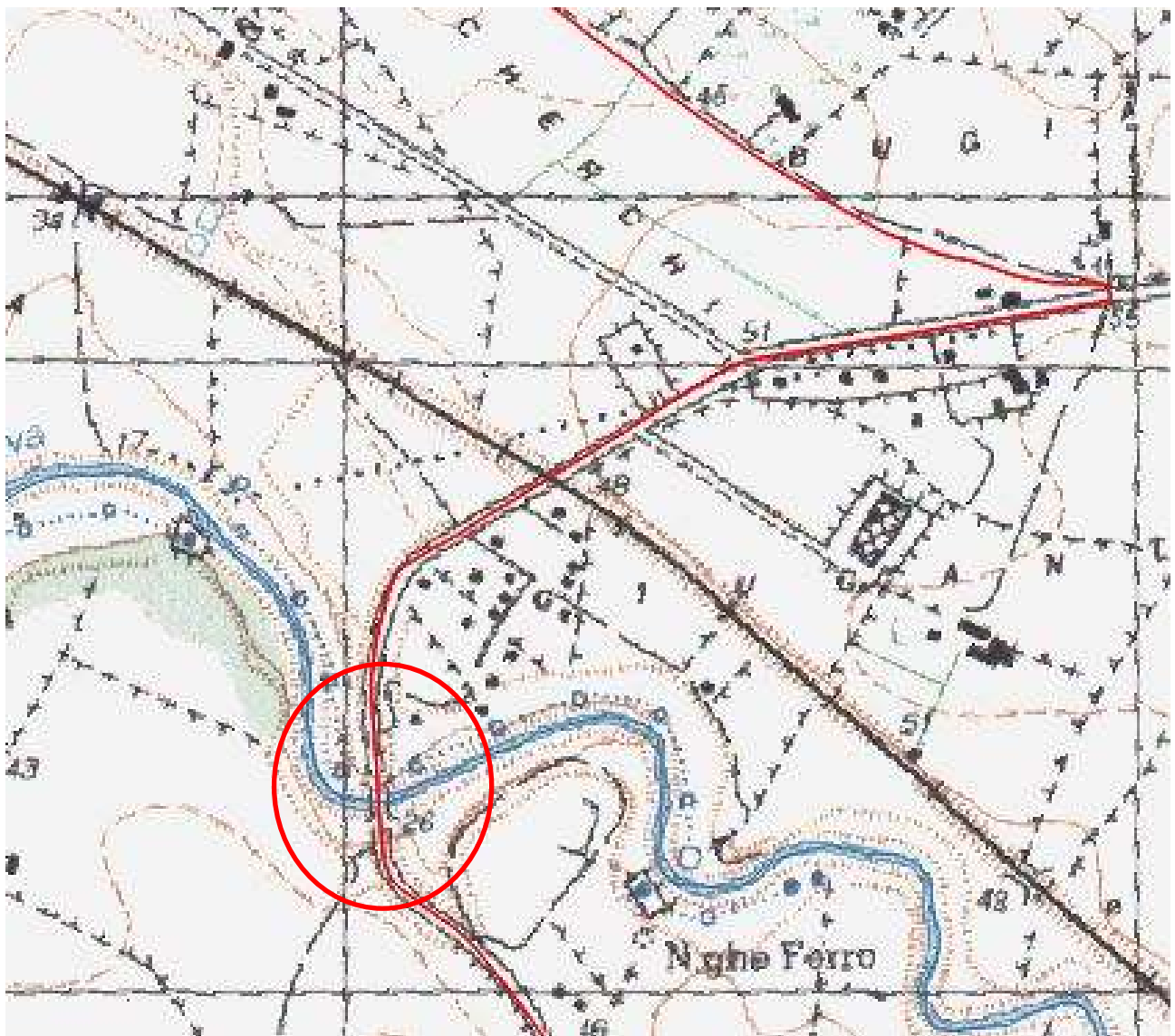


Figura 3.5 - Dettaglio dell'area interessata dall'attraversamento in subalveo del Rio D'Ottava da parte delle dorsali 36 kV (Base I.G.M).

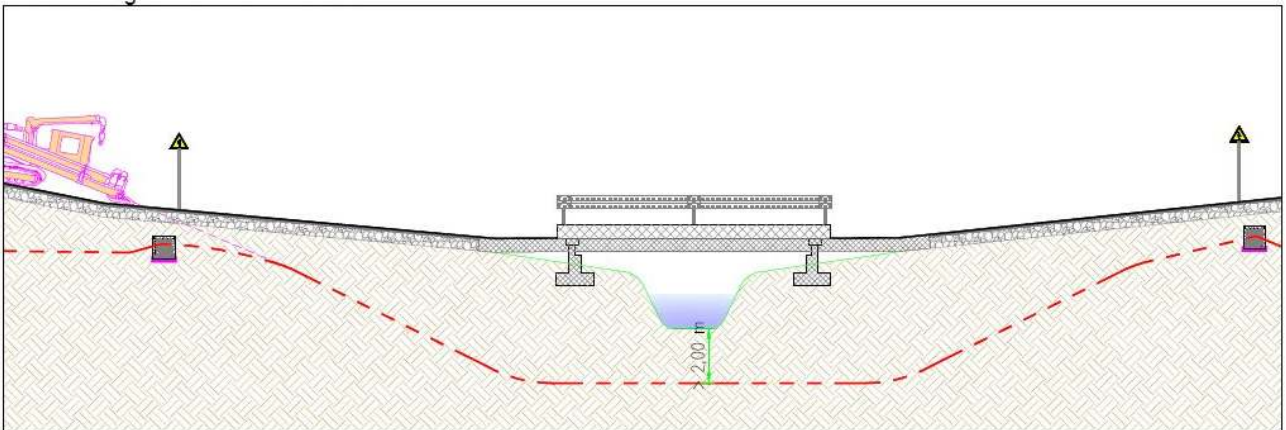


Figura 3.6 - Attraversamento in TOC corso d'acqua Rio D'Ottava (profondità minima di posa dal fondo alveo 2 m)



Figura 3.7 - Veduta del ponticello di attraversamento del Rio D'Ottava

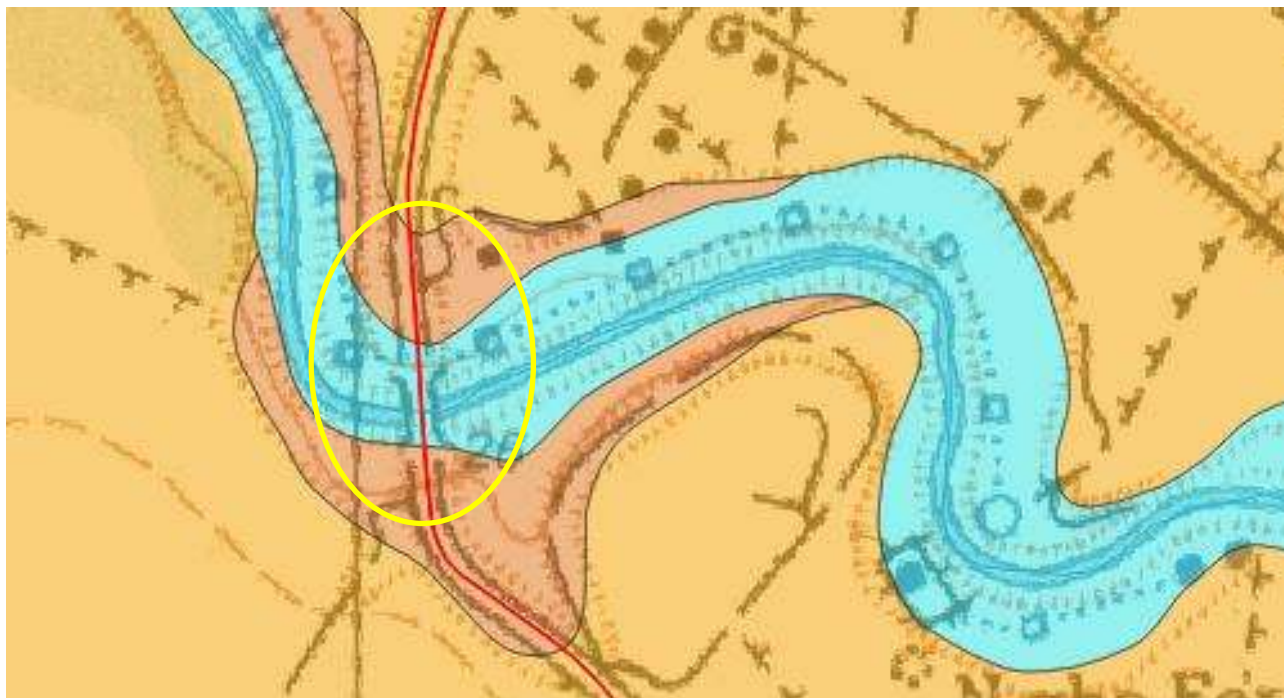


Figura 3.8 – Stralcio carta Geolitologica dell'area interessata dall'attraversamento in subalveo del Rio D'Ottava da parte delle dorsali 36 kV (Base I.G.M).

In prossimità della loc. "Badde Mulinu", prima dell'attraversamento del ponte sul Rio Mannu di Porto Torres, **s'individua un'altra interferenza del tracciato del cavidotto lungo la sede stradale esistente con un ridottissimo tratto in Hg2.**

Per tale punto non sono state eseguite specifiche indagini geognostiche, in quanto in questa fase di progettazione si è ritenuto sufficiente fare riferimento al solo rilievo geologico di superficie.

In prossimità dell'area, è ben visibile il substrato in affioramento, rappresentato dai calcari bioclastici compatti (**RESa**) della formazione di Mores. Limitatamente si riscontra la litologia arenacea (**RESb**) a cemento carbonatico sempre afferente alla Formazione di Mores (vd. C05_01 Carta Geolitologica in allegato).

Di seguito sono riportate le litologie interessate nell'attraversamento del Rio D'Ottava e per la loc. "Badde Mulinu":

- bb: SEDIMENTI ALLUVIONALI: Depositi alluvionali. Sabbie con subordinati limi e argille (OLOCENE).
- RESa: Litofacies nella FORMAZIONE DI MORES. Calcareniti, calcari bioclastici fossiliferi. Calcari nodulari a componente terrigena, variabile, con faune a gasteropodi (Turritellidi), ostreidi ed echinidi (Scutella, Amphiope) ("Calcari inferiori" Auct.). SUCCESSIONE SEDIMENTARIA OLIGO-MIOCENICA DEL LOGUDORO-SASSARESE.
- RESb: Litofacies nella FORMAZIONE DI MORES. arenarie e conglomerati a cemento carbonatico, fossiliferi e bioturbati, intercalazioni di depositi sabbioso-arenacei quarzoso feldspatici a grana medio grossa, localmente ricchi in ossidi di ferro ("Calcari inferiori" Auct.). SUCCESSIONE SEDIMENTARIA OLIGO-MIOCENICA DEL LOGUDORO-SASSARESE.

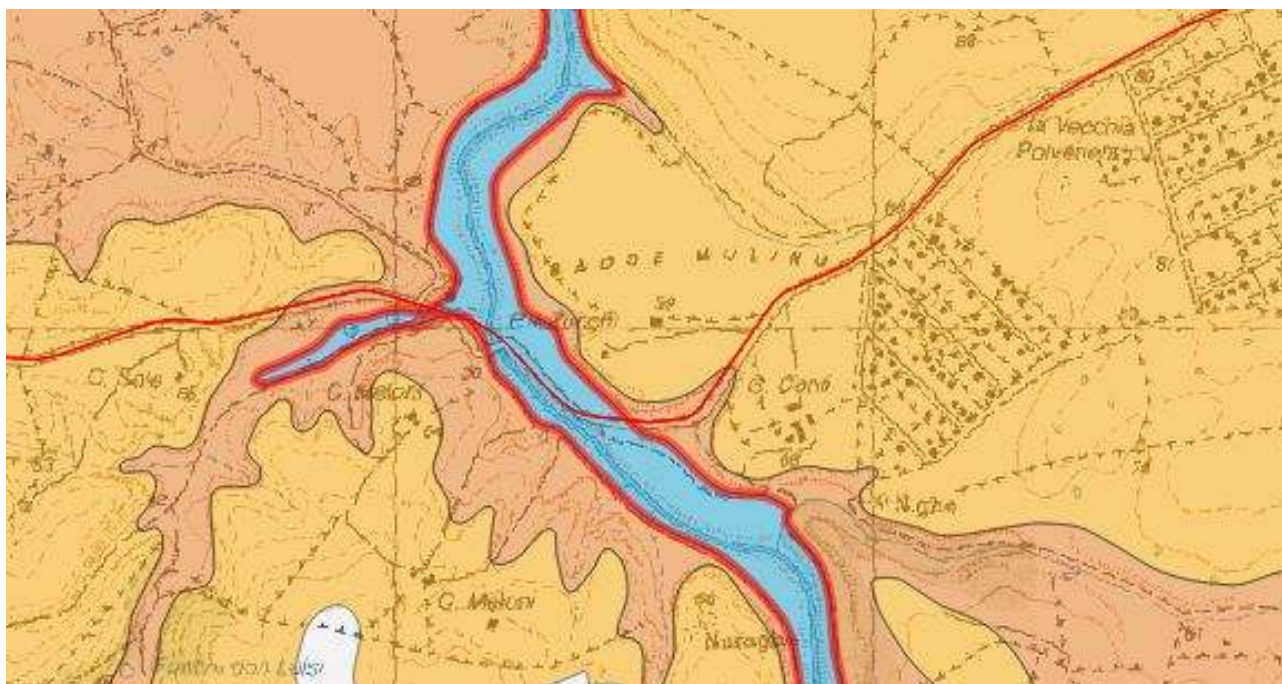


Figura 3.9 – Stralcio carta Geolitologica d'interesse dell'attraversamento del Rio Mannu di Ozieri su base I.G.M.

3.3 Lineamenti geomorfologici locali (estratto dalla relazione geologica di Progetto)

La morfologia del settore in esame è funzione sia delle litologie affioranti, caratterizzate da un diverso grado di erodibilità, sia della tettonica plio-quadernaria che ha fratturato i litotipi più compatti e modificato i livelli di base dei corsi d'acqua (le variazioni climatiche hanno determinato l'oscillazione del mare).

L'intervento risulta ubicati nel territorio dei Comuni di Porto Torres e Sassari, in un'area scarsamente antropizzata. La morfologia del settore è condizionata dalla natura calcarea, arenacea e marnosa delle litologie sedimentarie mioceniche e da quelle calcaree e calcaree dolomitiche mesozoiche, dalla tettonica plio-quadernaria e dalle grandi oscillazioni climatiche avute nel quadernario.

L'impianto agro-fotovoltaico ricade interamente nei limiti amministrativi del Comune di Porto Torres. I limitati settori classificati con grado di pericolosità Hg2 in prossimità degli attraversamenti fluviali con le dorsali a 36 kV del Rio D'Ottava e del Rio Mannu, ricadono nei limiti amministrativi del Comune di Sassari.

L'impianto agro-fotovoltaico è inserito in una morfologia debolmente acclive, con quota del piano di campagna variabile da circa 28 m s.l.m. a nord in prossimità del pozzetto Pz22 a circa 43 m s.l.m., nel settore sud orientale in prossimità del pozzetto geognostico Pz26. La morfologia si presenta dolce e regolare senza rotture di pendio. In direzione sud, l'impianto agro-fotovoltaico confina con il compluvio facente parte del Rio D'Ottava. Localmente, l'area oggetto di studio mostra una scarsa urbanizzazione ed una scarsa propensione al dissesto; l'impatto antropico è alquanto limitato.

Il reticolo idrografico è rappresentato, a sud, dal Rio d'Ottava che scorre ad una distanza di poco più di 150 m dall'area dell'impianto agro-fotovoltaico, praticamente al centro della fossa tettonica miocenica, fino ad intercettare il Rio Mannu di Porto Torres in sponda destra e sfociare nel Golfo dell'Asinara, immediatamente ad occidente dell'abitato di Porto Torres.

L'alveo, del Rio Mannu di Porto Torres è impostato su un evidente linea di fratturazione sul bordo occidentale della fossa miocenica. Le variazioni di pendenza sono abbastanza regolari ed i versanti degradano dolcemente verso la linea di compluvio (si veda la Tavola C05_02 Carta Geomorfologica).

Dal punto di vista morfologico, per il territorio in studio, non si riscontrano particolari processi morfogenetici. L'Area N. 1 (impianto agro-fotovoltaico) si presenta con una morfologia debolmente acclive, con variazioni di quota alquanto limitate. La carta dell'acclività prodotta dal Comune di Porto Torres per la redazione del Piano Urbanistico Comunale, indica delle classi di pendenza comprese tra 0 e 2,5% (classe A1), tra >2,5 e 5% (classe A2) e per aree limitate da >5 e 10% (classe A3) (si veda la Figura 3.10). Per il territorio interessato dalla Cabina utente (Area N. 6) la morfologia è praticamente sub orizzontale: la carta dell'acclività prodotta dal Comune di Sassari redatta in occasione del Piano Urbanistico Comunale, indica delle classi di pendenza comprese tra 0 e 2,5% (classe A1) e tra >2,5 e 5% (classe A2) (vd. Fig. 6.2).

Per le classi A1 e A2 con pendenze molto limitate si ha in generale una difficoltà di drenaggio delle acque se non opportunamente regimate; la componente argillosa dello scheletro della copertura pedogenetica, seppur riscontrata tendenzialmente con uno scarso spessore, potenzialmente favorisce i ristagni superficiali. Maggiore propensione al ristagno si evince per il settore individuato con il pozzetto geognostico Pz22, dove la coltre eluviale è risultata localmente di maggiore spessore in prossimità di una piccola area di compluvio poco accentuata.

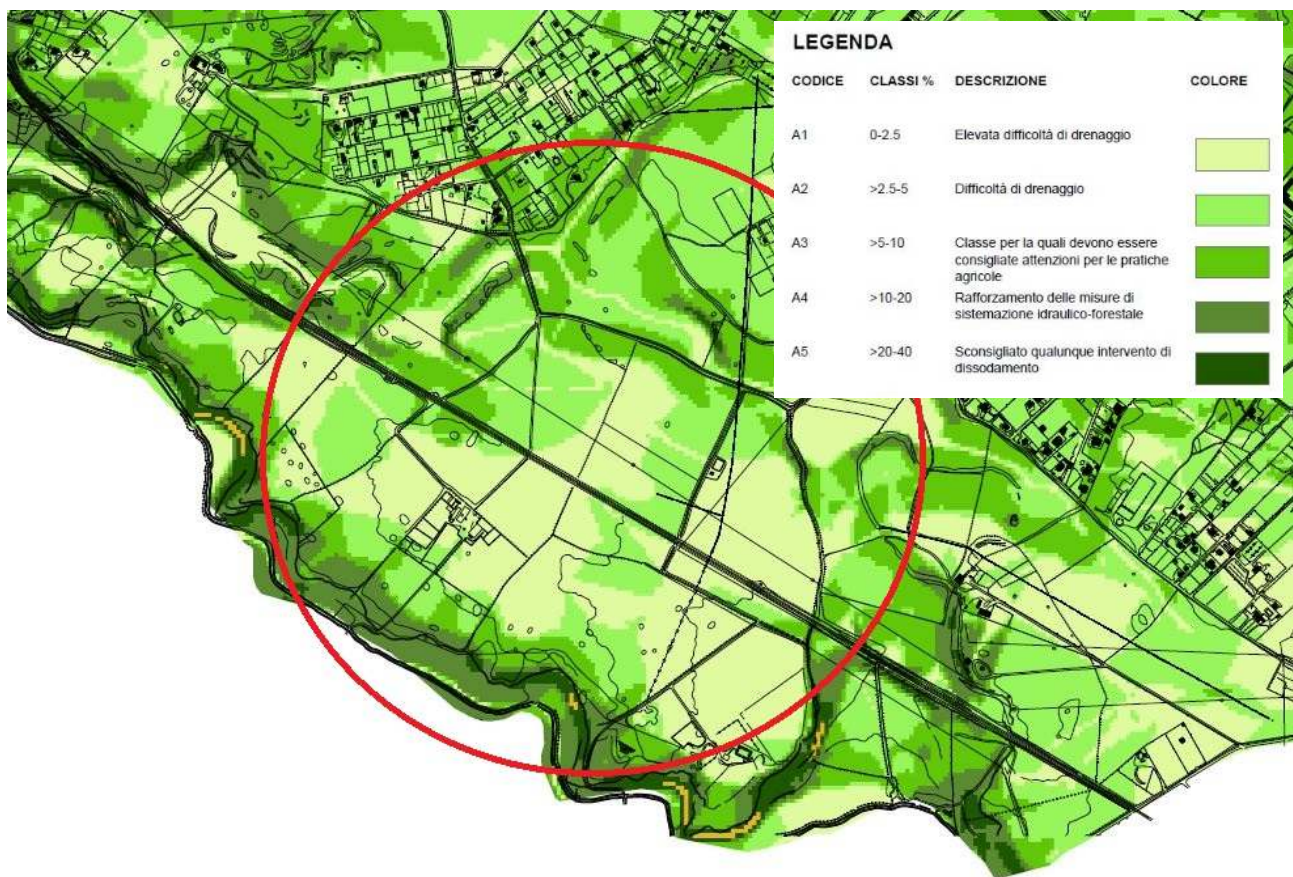


Figura 3.10 - Stralcio carta dell'acclività del Comune di PortoTorres

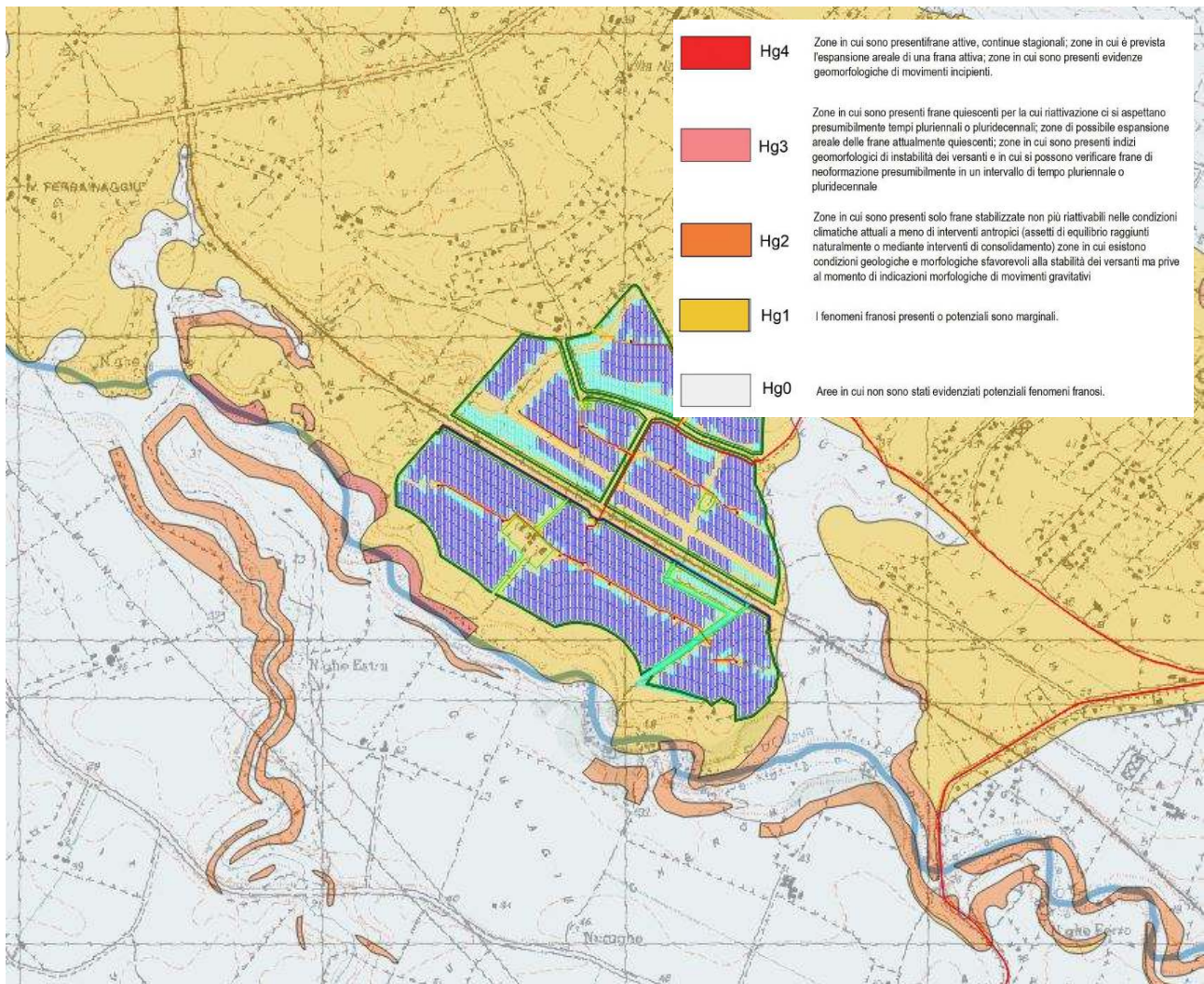


Figura 3.11 - Stralcio della carta della pericolosità da frana (Perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità geomorfologica mappate in ambito P.A.I. aggiornate alla data del 31.01.2018 – fonte Sardegna Geoportale)

Il tracciato del cavidotto in uscita dall'impianto agro-fotovoltaico prosegue il suo percorso all'interno del limite comunale del Comune di Porto Torres ancora su territorio con grado di pericolosità **Hg1**, attraversa il confine a meridione sul territorio del Comune di Sassari con grado di pericolosità **Hg1** per poi intercettare due limitati settori con grado di pericolosità **Hg2**, individuati lungo alcuni tagli stradali di scarsa valenza lungo la strada Provinciale n. 56 prima dell'attraversamento del cavidotto in TOC nel Rio D'Ottava (si vedano la Figura 3.12 e Figura 3.13).

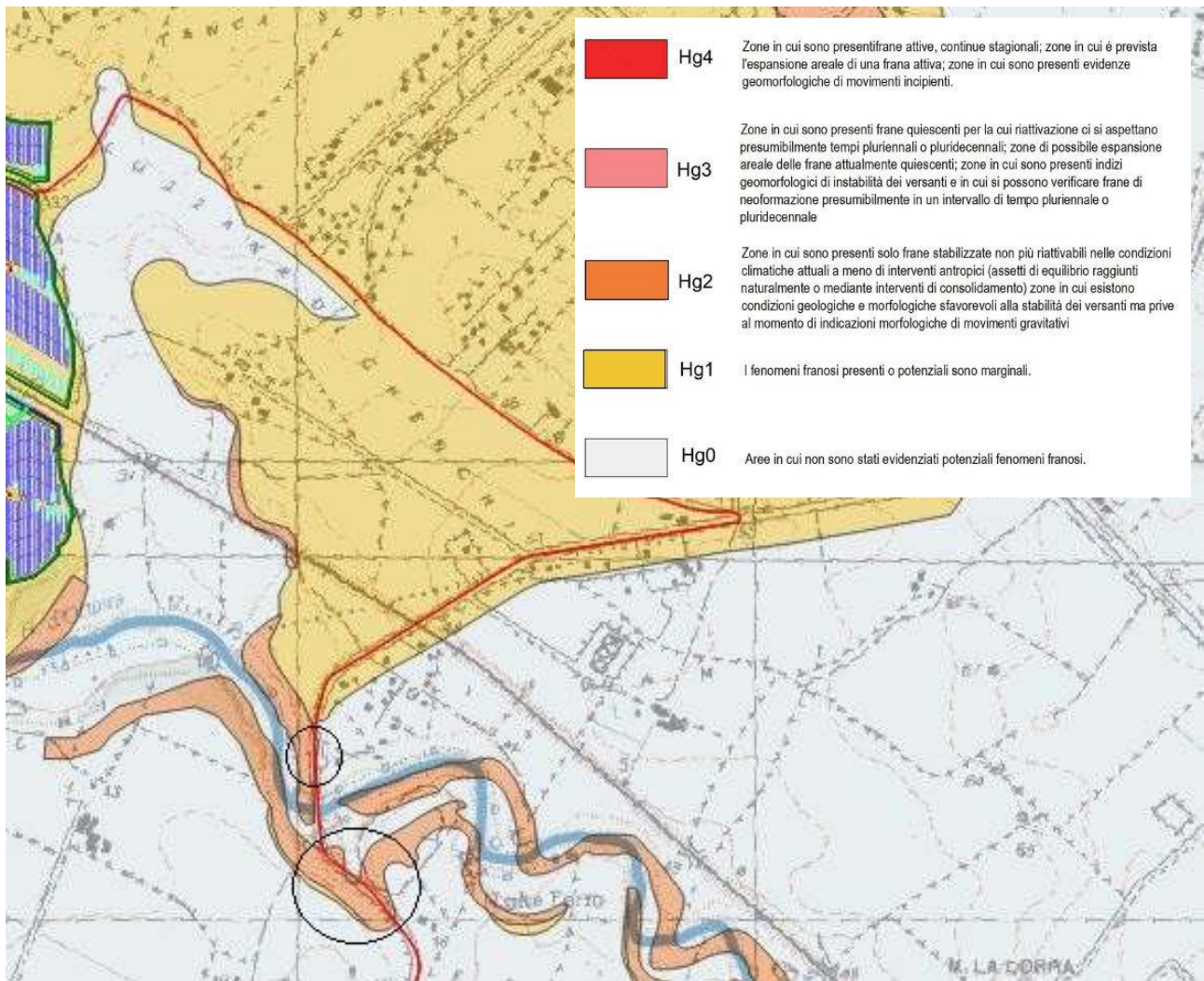


Figura 3.12 - Stralcio della carta della pericolosità da frana (Perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità geomorfologica mappate in ambito P.A.I. aggiornate alla data del 31.01.2018 – fonte Sardegna Geoportale)



Figura 3.13 – Dettaglio della della carta della pericolosità da frana (Perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità geomorfologica mappate in ambito P.A.I. aggiornate alla data del 31.01.2018 – fonte Sardegna Geoportale) prima e dopo l’attraversamento sul Rio D’Ottava.

Si riscontrano altre due interferenze del tracciato del cavidotto con il vincolo PAI nel limite comunale di Sassari in prossimità della località “Badde Mulinu” ad ovest della frazione di Bancali, la prima con grado di pericolosità **Hg2** e la seconda con grado **Hg1**, ambedue superficialmente molto limitate (si veda la Figura 3.14 e Figura 3.15).

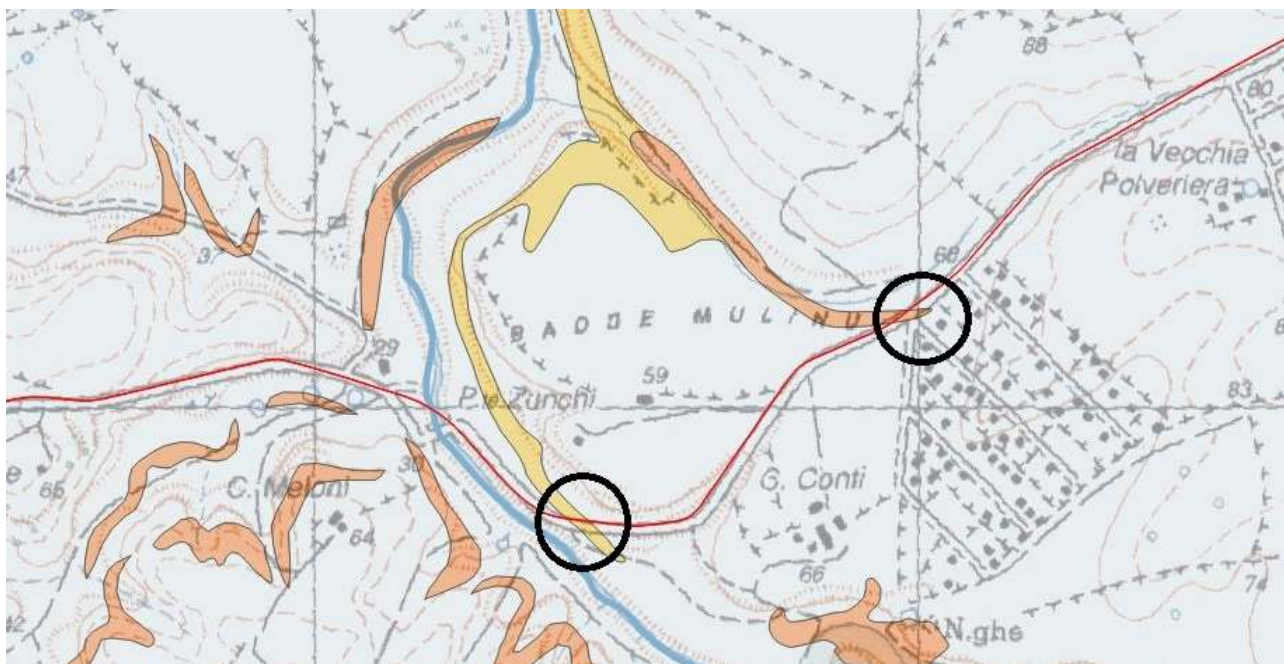


Figura 3.14 - Dettaglio della carta della pericolosità da frana (Perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità geomorfologica mappate in ambito P.A.I. aggiornate alla data del 31.01.2018 – fonte Sardegna Geoportale).

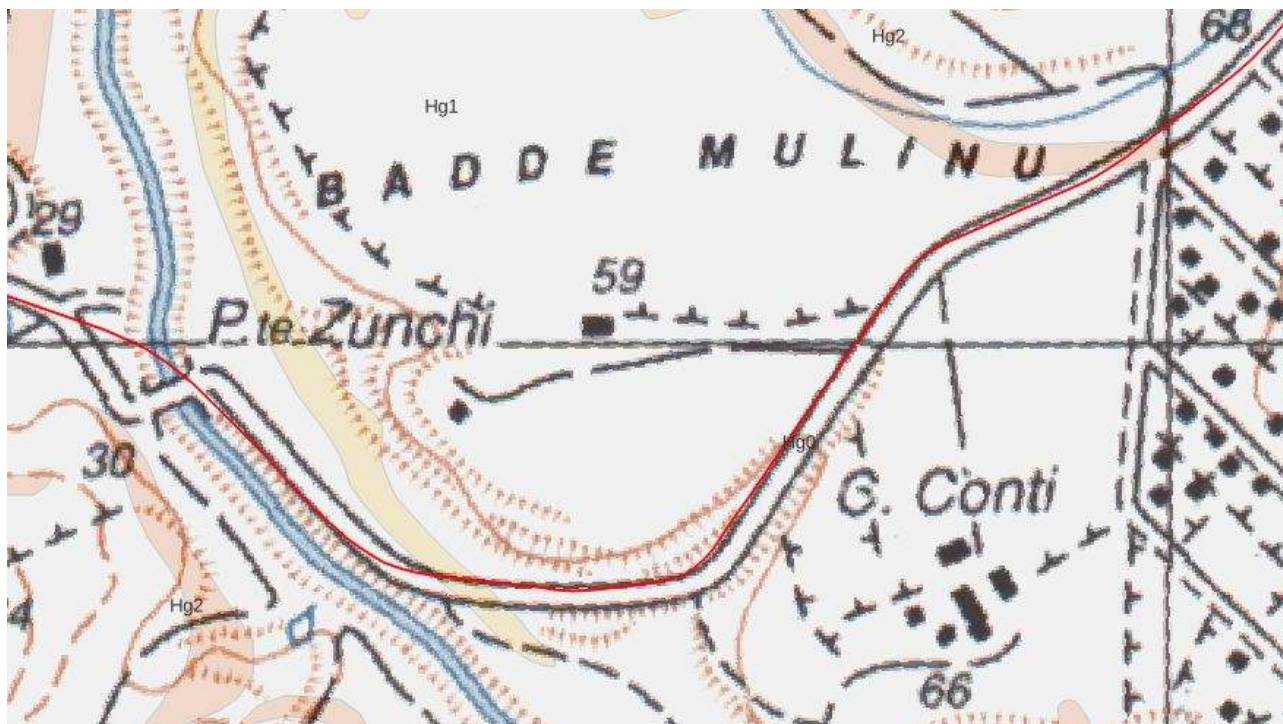


Figura 3.15 – dettaglio dell’area perimetrata con grado di pericolosità Hg2 e Hg1 nel territorio comunale di Sassari (Perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità geomorfologica mappate in ambito P.A.I. aggiornate alla data del 31.01.2018 – fonte Sardegna Geoportale).

Le aree interessate dalla realizzazione dell’impianto agro-fotovoltaico e dei tratti di dorsali a 36 kV lungo il tracciato stradale esistente sopra richiamate, in considerazione della natura geologica, delle caratteristiche geo-meccaniche, nonché della conformazione geomorfologica, non presentano a tutt’oggi condizioni di instabilità dei versanti e/o pendii o altri evidenti fenomeni deformativi (erosioni, smottamenti, frane).

Sulle medesime aree non si segnala la presenza di alterazioni significative della struttura pedologica (variazione ad es. della permeabilità e della porosità), né forme significative di erosione (idrica e/o eolica).

L’impatto che l’intervento andrà a realizzare sull’assetto geomorfologico attuale, sarà abbastanza limitato in quanto non sono previsti particolare movimenti di materiale e/o sbancamenti. Per la realizzazione delle strade e dei piazzali, non si produrranno eccessivi movimenti di terra in quanto queste “seguiranno” l’attuale conformazione geomorfologica dell’area.

3.4 Caratteristiche idrografiche e idrogeologiche (estratto dalla relazione geologica di Progetto)

Nell’area dove è prevista la realizzazione dell’impianto agro-fotovoltaico non si individua un reticolo idrografico definito: dal punto di vista morfologico s’individuano dei settori morfologicamente più depressi, aree di compluvio poco accentuate e prive di deflusso superficiale, se non direttamente connesse alle precipitazioni meteoriche.

Per le opere in progetto si prevedono piccole superfici impermeabilizzate: i piani delle fondazioni delle Power stations, cabina servizi ausiliari, cabina di raccolta 36 kV ed edificio magazzini/sala di controllo saranno rialzati di circa 60 cm dall’attuale p.c.

Gli attraversamenti dei cavidotti interrati verranno progettati in modo da salvaguardare il libero deflusso delle acque superficiali. E’ previsto l’attraversamento fluviale del Rio D’Ottava e del suo affluente in sponda sinistra idraulica mediante TOC ad una profondità di posa non inferiore a 2 m da fondo alveo. L’attraversamento del Riu Mannu di Porto Torres avverrà invece mediante staffatura diretta all’impalcato al fine di non costituire ostacolo alla corrente.

Nel settore in esame l'idrologia sotterranea è regolata dalla presenza del substrato essenzialmente calcareo e calcareo-dolomitico, che nel settore interessato dalla Cabina Utente ha permeabilità media-alta.

Il grado di permeabilità di questi acquiferi dipende soprattutto dal grado di fratturazione del complesso ed è limitata dagli orizzonti francamente argillosi frequentemente intercalati. Le formazioni sedimentarie mioceniche e quaternarie presenti nel settore nord-occidentale che interessano l'impianto agro-fotovoltaico del territorio sono caratterizzate, nel complesso, da una buona conducibilità idraulica e la falda è individuata ad una profondità media di circa 50 m s.l.m. (soggiacenza).

L'escursione stagionale del livello statico della falda, soprattutto per il settore interessato dall'impianto agro-fotovoltaico, in relazione delle future opere da realizzarsi, può considerarsi minima ed ininfluente. Sono esclusi eventuali interferenze del livello piezometrico della falda con le opere in progetto per le aree d'interesse perimetrate dal PAI. L'eventuale oscillazione piezometrica della falda non interferirà con potenziali superfici di scivolamento, né potrà determinare condizioni di dissesti attivi o potenziali dell'area interessata o fenomeni di subsidenza o alterazioni permanenti della circolazione idrica, o comunque tali da non pregiudicare o aggravare la situazione esistente. La componente argillosa dei depositi terrigeni di copertura è la causa della riduzione della permeabilità superficiale, la quale potenzialmente può determinare la formazione di ristagni idrici per le aree morfologicamente più depresse ma generalmente di scarse dimensioni.

Dal punto di vista di una potenziale contaminazione, da imputare agli interventi previsti in progetto, si può ritenere praticamente nullo il rischio d'inquinamento, non generando inquinamento acustico e non emettendo gas serra nell'ambiente.

4 Modellazione sismica del sito (estratto dalla relazione sismica di progetto)

4.1 Pericolosità sismica di base

La "pericolosità sismica di base" costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni e alle strutture connesse con il funzionamento di opere.

Le *azioni sismiche di progetto* in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche *morfologiche* e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale (RSL).

La pericolosità sismica è definita in termini di:

- **ag** accelerazione orizzontale massima attesa al bedrock con superficie topografica orizzontale (espressa in g/10);
- **Fo** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- **Tc*** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (espresso in s).

Le NTC 2018 definiscono l'azione sismica considerando un periodo di ritorno (T_r) che è funzione della probabilità di superamento di un valore di accelerazione orizzontale (P_{Vr}) nel periodo di riferimento dell'opera (V_r). La probabilità che, in un fissato lasso di tempo ("periodo di riferimento" V_r espresso in anni), in un determinato sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato, è denominata "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" P_{Vr} .

Il periodo di riferimento dell'opera (V_r) si ottiene dal prodotto tra la Vita Nominale (V_n), intesa come il numero di anni nel quale l'opera è utilizzata allo scopo a cui è stata destinata, e il Coefficiente d'uso (C_u), funzione della Classe d'uso della costruzione.

- Vita Nominale (V_n) di 50 anni;
- Classe d'uso II, Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali; corrispondente ad un Coefficiente d'uso (C_u) pari a 1,0;

Le probabilità di superamento di un valore di accelerazione orizzontale (P_{vr}) nel periodo di riferimento dell'opera (V_r) sono funzione dell'importanza dell'opera e dello stato limite considerato.

Data l'importanza dell'opera ed in accordo al paragrafo 7.1 delle NTC 2018, sono stati considerati due stati limite.

Tabella 4.1 - Probabilità di superamento di un valore di accelerazione orizzontale al bedrock in funzione dello stato limite considerato (Tabella 3.2.1 delle NTC 2018). In rosso sono evidenziati gli stati limite considerati.

Stati Limite	P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Da tali assunzioni sono stati calcolati i valori dei periodi di ritorno (T_r) per i due stati limite considerati mediante la formula:

$$T_r = \frac{V_r}{\ln(1 - P_{V_r})}$$

da cui si ottengono i seguenti periodi di ritorno (T_r):

- TR pari a 101 anni, per lo Stato Limite di Danno (**SLD**);
- TR pari a 949 anni, per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**).

Calcolati i periodi di ritorno per i due stati limite sono stati definiti, in accordo alle NTC 2018, i valori di accelerazione orizzontale massima (ag) attesi al bedrock con superficie topografica orizzontale validi per il territorio interessato dal progetto.

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	30	[anni]
ag:	0,019	g
Fo:	2,610	
Tc*:	0,273	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	50	[anni]
ag:	0,024	g
Fo:	2,670	
Tc*:	0,296	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	475	[anni]
ag:	0,050	g
Fo:	2,880	
Tc*:	0,340	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	975	[anni]
ag:	0,060	g
Fo:	2,980	
Tc*:	0,372	[s]

4.2 Risposta sismica locale

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale (RSL) si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 delle NTC. *In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs.* I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità Vs per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo*, di cui al § 6.2.2 delle NTC.

Le norme di riferimento (NTC 2018) definiscono la risposta sismica locale (S) di un sito attraverso la stima di due parametri:

- Categoria di Sottosuolo;
- Condizione Topografica.

4.2.1 Categorie di suolo di fondazione

Il sottosuolo nelle NTC 2018 è suddiviso in cinque classi di riferimento, in funzione della natura e di specifici parametri di comportamento meccanico dei terreni. I diversi tipi di sottosuolo inducono modifiche sul segnale sismico con variazioni dell'accelerazione di picco e del contenuto in frequenza.

Le categorie di sottosuolo per le aree di interesse sono state desunte con specifiche prove MASW. Le analisi condotte rispettivamente sulle aree di sedime del campo agro fotovoltaico (da "Area 1") e per la Cabina Utente ("Area 6"), hanno indicato un valore di V_{seq} (NTC 2018) compreso tra **426.10 – 506.94 m/s**.

Tabella 4.2 - Risultati analisi geofisica campagna d'indagini anno 2021

N. indagine	Categoria sismica	V_{seq} (NTC 2018)
MASW 1	B	426.10
MASW 2	B	506.94

Tali caratteristiche permettono di classificare i siti (NTC 2018) secondo la seguente tabella:

Tabella 4.3 - Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (Tab. 3.2.II NTC 2018)

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

Per la determinazione dei parametri sismici si è considerata la categoria di sottosuolo indicata con B (Vd. Relazione Geofisica in allegato) e solo qualora si dovesse optare per fondazioni di tipo superficiale.

Per le componenti orizzontali del moto e per le categorie di sottosuolo di fondazione definite nel § 3.2.2, la forma spettrale su sottosuolo di categoria **A** è modificata attraverso il coefficiente stratigrafico S_s , il coefficiente topografico S_T e il coefficiente CC che modifica il valore del periodo T_c .

4.2.2 Amplificazione stratigrafica

Definita la categoria del sottosuolo è possibile calcolare i coefficienti:

- S_s** coefficiente di amplificazione stratigrafica necessario per calcolare l'accelerazione di picco al suolo ags (o PGA);
- CC** coefficiente in funzione della categoria di sottosuolo necessario per il calcolo del periodo T_c e quindi la velocità orizzontale massima attesa al suolo Vg (o PGV).

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti SS e CC valgono 1.

Tabella 4.4 - Definizione dei parametri sismici SS e CC in accordo alla Tabella 3.2.IV, NTC 2018

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

Per le categorie di sottosuolo **B, C, D** ed **E** i coefficienti SS e CC possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_c^* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV, nelle quali $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità e T_c^* è espresso in secondi.

4.2.3 Amplificazione topografica

La classificazione del territorio in categorie avviene semplificando le caratteristiche della superficie topografica (pendenza media e morfologia) e considerando l'ubicazione del sito (base, sommità, ecc), rispetto a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali (creste o dorsali allungate), con altezze maggiori di 30 metri.

Le NTC 2018 assegnano a ciascuna Categoria Topografica un Coefficiente di amplificazione topografica (ST). Questo coefficiente, insieme al coefficiente di amplificazione stratigrafica (SS), precedentemente descritto, è necessario per il calcolo del valore di accelerazione orizzontale massima attesa al suolo (PGA).

La superficie topografica da considerare varierà in funzione del settore preso in considerazione sulla base della tabella di riferimento seguente.

Tabella 4.5 - Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica ST (Tab. 3.2.V delle NTC 2018)

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	ST
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4

Sulla base della cartografia delle pendenze, tutti i siti indagati ricadono in una classe di pendenza non superiore a 14° ; si considereranno quindi tutti i settori in categoria T1.

Il coefficiente di amplificazione topografica ST e il coefficiente di amplificazione stratigrafica SS sono necessari per il calcolo del valore di accelerazione orizzontale massima attesa al suolo (PGA). La stima dell'accelerazione di picco in superficie a_{gs}

(PGA) per il sito in esame si ottiene dal prodotto tra il fattore di risposta sismica locale (S) e l'accelerazione orizzontale massima attesa al suolo rigido a_g :

$$A_{gs} = a_g * S$$

Il coefficiente S, che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche è calcolato mediante la relazione:

$$S = S_s * S_t$$

in cui S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica ed S_t è il coefficiente di amplificazione topografica.

Per "l'area 1" **campo agro-fotovoltaico** e "area 6" **Cabina Utente** ricadente in categoria di **sottosuolo B**:

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii e fondazioni

SLO:

Ss:	1,200
Cc:	1,430
St:	1,000
Kh:	0,004
Kv:	0,002
Amax:	0,219
Beta:	0,200

SLD:

Ss:	1,200
Cc:	1,400
St:	1,000
Kh:	0,006
Kv:	0,003
Amax:	0,277
Beta:	0,200

SLV:

Ss:	1,200
Cc:	1,360
St:	1,000
Kh:	0,012
Kv:	0,006
Amax:	0,588
Beta:	0,200

SLC:

Ss:	1,200
-----	-------

Cc: 1,340
St: 1,000
Kh: 0,014
Kv: 0,007
Amax: 0,710
Beta: 0,200

5 Modello Geologico (estratto dalla relazione geologica di progetto)

Lo studio ha interessato l'area di progetto e ha comportato la raccolta di tutte le informazioni utili alla caratterizzazione geologica del sottosuolo. Sono stati presi in considerazione inoltre gli aspetti più generali riguardanti la situazione litostratigrafica locale, il regime idraulico locale per riscontro ai problemi in esame.

Per una caratterizzazione geologica e geotecnica dei terreni di fondazione si è proceduto come segue:

- sopralluogo ed osservazione diretta dei terreni in sito e nell'area limitrofa;
- consultazione di carte tematiche disponibili sul Geoportale della Regione Sardegna e sul sito del Comune di Porto Torres e del Comune di Sassari;
- esecuzione d'indagine diretta mediante pozzetti geognostici ed indagine indiretta mediante geofisica (MASW).

La consultazione delle carte tematiche sul Geoportale della regione Sardegna e del sito del Comune di Porto Torres e del Comune di Sassari ha permesso d'individuare macroscopicamente le litologie dell'area in esame confermate poi nel corso dell'indagine geognostica.

I dati ottenuti dalle indagini dirette eseguite nel **maggio 2022**, posizionate in corrispondenza delle strutture progettuali di maggior rilevanza, sono stati essenziali alla valutazione degli spessori dei terreni di copertura quali coltri pedogenetiche e eluviali, al fine di poter fornire una indicazione sui terreni di fondazione per le strutture del campo fotovoltaico, permettendo di costruire un sufficiente modello geologico. Per le tipologie di opere previste in progetto, è stato rilevante definire la tipologia di terreno di fondazione superficiale, al fine di valutare la possibilità di fondare le strutture dei pannelli fotovoltaici per infissione. Per tutti i punti indagati si è riscontrato la presenza di un deposito di copertura in scheletro argillo sabbioso e limitatamente sabbioso argilloso ricco in ghiaie e ciottoli, generalmente alquanto addensati.

Il modello geologico generale del settore indagato può essere in forma generale riassunto, sia per **il campo agro-fotovoltaico, l'attraversamento in TOC del Rio D'Ottava e suo affluente, l'attraversamento in TOC della SS 131** in n. 1 strato:

- **il substrato calcareo bioclastico (RESa)** individuato ad una profondità minima di circa 0,20 m dal p.c., è rappresentato, superiormente da calcari giallo beige; nel complesso risulta tenace. L'indice di fratturazione (RQD) risulta generalmente elevato soprattutto nei primi metri di spessore di testa.

I Depositi terrigeni di copertura, rappresentati da una copertura pedogenetica passante con continuità ad un deposito continentale argillo sabbioso brunastro (coltri eluviali) con spessore alquanto contenuto, geotecnicamente irrilevanti in quanto tutte le opere edili previste fonderanno direttamente sul substrato che su un riporto (realizzato sempre sul substrato); per quanto riguarda le strutture di fondazione delle pensiline queste verranno fondate all'interno del substrato calcareo, valuterà il progettista la profondità d'infissione degli ancoraggi. Tali depositi verranno quindi sempre asportati.

Dal punto di vista morfologico, non si riscontrano particolari processi morfogenetici; i settori interessati presentano una morfologia sub pianeggiante o debolmente acclive, le variazioni di quota sono alquanto limitate, si ha in generale una difficoltà di drenaggio delle acque se non opportunamente regimate, la componente argillosa dello scheletro della copertura pedogenetica, seppur riscontrata tendenzialmente con uno scarso spessore, favorisce in alcuni casi i ristagni superficiali. Sulla base dei dati ottenuti dalle campagne d'indagini eseguite, corroborati con dati riferiti a terreni simili in aree limitrofe e sulla base delle considerazioni sopra esposte, si possono sinteticamente riassumere le caratteristiche geotecniche dei terreni di Fondazione. Di seguito si fornisce il modello geologico di dettaglio per ogni settore indagato.

Il modello geologico definito per l'area è del tipo a "**n. 1 strato**" di seguito schematizzato:

- **strato C1:** substrato calcareo bioclastico fratturato (RESa).

Tabella 5.1 - Campo agro-fotovoltaico - substrato calcareo bioclastico fratturato (rif. Pozzetti geognostici)

Parametro	Valore	Unità di misura
C ^{**}	0-1	kg/cm ²
φ ^{**}	38-43	°

Parametro	Valore	Unità di misura
γ_{nat}^{**}	24-25	t/m ³
RQD	40 - 60	%
E*	300 – 700	kg/cm ²
ν^*	0,20	-

* valore bibliografico

** Valori ottenuti in analogia con i risultati ottenuti con altre indagini sulla stessa tipologia di "terreno"; il valore di C' e φ per una roccia sono generalmente elevati, nelle verifiche geotecniche si valuterà l'utilizzo di tali parametri tenendo in considerazione il grado di fratturazione dell'ammasso e di riempimento delle stesse fratture di prodotti argillosi.

Con:

φ : angolo di attrito interno del terreno;

C: coesione;

γ_n : Peso di volume naturale;

γ_s : Peso di volume secco;

σ : carico di rottura;

RQD: indice di fratturazione;

E: modulo elastico;

ν : coefficiente di Poisson.

6 Caratterizzazione geotecnica-calcolo della capacità portante limite (estratto dalla relazione geotecnica di progetto)

6.1 Formule per il calcolo del carico limite

Per fondazione s'intende una struttura adatta a trasmettere il peso del fabbricato e le altre forze agenti sulla sovrastruttura al terreno. I carichi trasmessi non devono superare la massima resistenza al taglio mobilizabile dal terreno stesso. Nel caso ciò avvenisse la conseguenza sarebbe la rottura degli strati portanti, che si manifesterebbe con ampie deformazioni non tollerabili dalla struttura. Il valore della resistenza al taglio massima mobilizabile viene definita capacità portante limite del terreno di fondazione.

Il carico limite viene calcolato in funzione delle caratteristiche fisico-meccaniche e del tipo di fondazione scelto. Il carico limite può essere calcolato con le seguenti formule:

Formula di Terzaghi:

$$q_{ult} = c' N_c s_c + g' D' N_q + 0.5 g' B' N_\gamma s_\gamma$$

dove:

$$N_q = \frac{a^2}{2 \cos^2 (45 + \varphi/2)}$$

$$a = e^{(0.75\pi - \varphi/2) \tan \varphi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_\gamma = \frac{\tan \varphi}{2} \left(\frac{K p \gamma}{\cos^2 \varphi} - 1 \right)$$

Formula Meyerhof:

Carico verticale:

$$q_{ult} = c' N_c s_c d_c + g' D' N_q s_q d_q + 0.5 g' B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma$$

Carico inclinato:

$$q_{ult} = c' N_c i_c d_c + g' D' N_q i_q d_q + 0.5 g' B' N_\gamma i_\gamma d_\gamma$$

Dove:

fattori adimensionali di capacità portante:

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \tan^2 (45 + \varphi / 2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1.4 \varphi)$$

fattore di forma:

$$s_c = 1 + 0.2 k_p \frac{B}{L} \quad \text{per } \varphi > 10$$

$$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1 k_p \frac{B}{L} \quad \text{per } \varphi = 0$$

fattore di profondità:

$$d_c = 1 + 0.2 \sqrt{k_p} \frac{D}{B}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \sqrt{k_p} \frac{D}{B} \quad \text{per } \varphi > 10$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \text{per } \varphi = 0$$

inclinazione:

$$i_c = i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta}{90}\right)^2$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta}{\varphi}\right)^2 \quad \text{per } \varphi > 0$$

$$i_\gamma = 0 \quad \text{per } \varphi = 0$$

con:

$K_p = \tan^2 (45 + j/2)$

$q =$ *Inclinazione della risultante sulla verticale.*

$C' =$ *coesione del terreno;*

$B' =$ *larghezza della fondazione;*

$D' =$ *profondità di posa;*

Formula di Hansen (1970):

E' una ulteriore estensione della formula di *Meyerhof*; le estensioni consistono nell'introduzione di bi che tiene conto della eventuale inclinazione sull'orizzontale del piano di posa e un fattore gi per terreno in pendenza.

La formula di Hansen vale per qualsiasi rapporto D/B , quindi sia per fondazioni superficiali che profonde, ma lo stesso autore introdusse dei coefficienti per meglio interpretare il comportamento reale della fondazione, senza di essi, infatti, si avrebbe un aumento troppo forte del carico limite con la profondità.

Per valori di $D/B < 1$

$$d_c = 1 + 0.4 \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 \frac{D}{B}$$

Per valori $D/B > 1$:

$$d_c = 1 + 0.4 \tan^{-1} \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 \tan^{-1} \frac{D}{B}$$

Nel caso $\varphi = 0$

D/B	0	1	1.1	2	5	10	20	100
d' _c	0	0.40	0.33	0.44	0.55	0.59	0.61	0.62

Nei fattori seguenti le espressioni con apici (') valgono quando $\varphi=0$.

Fattore di forma:

$$s'_c = 0.2 \frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 \quad \text{per fondazioni nastroformi}$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \varphi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

Fattore di profondità:

$$d'_c = 0.4 k$$

$$d_c = 1 + 0.4 k$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi) k$$

$$d_\gamma = 1 \quad \text{per qualsiasi } \varphi$$

$$k = \frac{D}{B} \quad \text{se } \frac{D}{B} \leq 1$$

$$k = \tan^{-1} \frac{D}{B} \quad \text{se } \frac{D}{B} > 1$$

Fattori di inclinazione del carico

$$i'_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5 \quad (\eta = 0)$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta / 450)H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5 \quad (\eta > 0)$$

Fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio):

$$g'_c = \frac{\beta}{147}$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147}$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5 \tan \beta)^5$$

Fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata):

$$b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_q = \exp(-2\eta \tan \varphi)$$

$$b_\gamma = \exp(-2.7\eta \tan \varphi)$$

I metodi proposti vengono normalmente utilizzati per il calcolo **della Qlim su terreni**. Le fondazioni impostate su **formazioni rocciose lapidee o semilapidee** sono generalmente più sicure a parità di condizioni di quelle sui terreni, data la grande resistenza alla compressione di molte formazioni rocciose (se si esclude la possibilità della presenza di depositi argillosi o di vuoti franchi che ridurrebbero drasticamente la portanza del terreno di fondazione), **naturalmente in correlazione con il grado di fratturazione**. Nella capacità portante delle rocce si utilizzano normalmente fattori di sicurezza molto alti e legati in **qualche modo al valore del coefficiente RQD**.

Per la determinazione della capacità portante di una roccia si possono usare le formule di Terzaghi, usando angolo d'attrito e coesione della roccia, o quelle proposte da **Stagg e Zienkiewicz** (1968) in cui i coefficienti della formula della capacità portante valgono:

$$N_q = Tg^6 (45 + \phi/2);$$

$$N_c = 5 \times Tg^4 (45 + \phi/2);$$

$$N_\gamma = N_q + 1.$$

Con tali coefficienti vanno usati i fattori di forma impiegati nella formula di Terzaghi; il valore della Q_{lim} ottenuto va poi ridotto in base al valore del parametro RQD (indice di fratturazione). Il metodo di **Stagg e Zienkiewicz** non tiene conto dei fattori di approfondimento della fondazione.

Il valore della Q_{lim} verrà determinato secondo le **Norme Tecniche per le Costruzioni 2018** *Aggiornamento alle Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17 gennaio 2018*, in cui viene adottato l'approccio agli stati limite ultimo e di servizio unitamente all'impiego di coefficienti di sicurezza parziali. Le verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi relative alle condizioni di esercizio (SLE), devono essere effettuate nel rispetto dei principi e delle procedure seguenti:

- La capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (SLE) deve essere verificata confrontando il valore limite di progetto associato a ciascun aspetto di funzionalità esaminato (C_d), con il corrispondente valore di progetto dell'effetto delle azioni (E_d), attraverso la seguente espressione formale:

$$E_d < C_d$$

con:

E_d = valore di progetto dell'azione o degli effetti dell'azione

C_d = valore limite dell'effetto delle azioni (spostamenti e deformazioni che possano compromettere la funzionalità di una struttura).

- Gli **stati limite** ultimi per sviluppo di meccanismi di collasso determinati dal raggiungimento della resistenza del terreno interagente con le fondazioni (**GEO**) riguardano:
 - collasso per **carico limite** nei terreni di fondazione;
 - **scorrimento** sul piano di posa.

L'analisi deve essere condotta con la Combinazione (**A1+M1+R3**), nella quale i coefficienti parziali sui parametri di resistenza del terreno (**M1**) sono unitari, i coefficienti parziali sulle azioni (**A1**) sono indicati dalla tabella 6.2.I delle NTC e la resistenza globale del sistema è ridotta tramite i coefficienti γ_R del gruppo **R3**.

Tabella 6.1 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni (Tabella 6.2.I delle NTC)

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Carichi permanenti G_2 (1)	Favorevole	γ_{G2}	0.8	0.8	0.8
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

6.2 Parametri sismici area impianto agro-fotovoltaico

L'indagine geognostica effettuata ha individuato la presenza di un terreno di copertura di spessore variabile compreso tra 0,20 e 0,80 m, con valore medio di 0,40 m. I calcoli che seguono prendono in considerazione la condizione che contempla lo scavo per l'incasso della fondazione nel substrato calcareo. La copertura pedogenetica/eluviale verrà sempre asportata e il terreno di fondazione risulterà quindi lo strato C1.

SISMA

=====

Accelerazione massima (a_{max}/g) 0.072

Effetto sismico secondo Paolucci, Pecker (1997)

Coefficiente sismico orizzontale 0.0144

=====

Coefficienti sismici [N.T.C.]

=====

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
 Classe d'uso: Classe IV
 Vita nominale: 50.0 [anni]
 Vita di riferimento: 100.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B
 Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR - Tempo ritorno [anni]	a_g [m/s^2]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60.0	0.245	2.685	0.299
S.L.D.	101.0	0.304	2.730	0.307
S.L.V.	949.0	0.588	2.976	0.371
S.L.C.	1950.0	0.696	3.061	0.393

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	a_{max} [m/s^2]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.294	0.2	0.006	0.003
S.L.D.	0.3648	0.2	0.0074	0.0037

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.V.	0.7056	0.2	0.0144	0.0072
S.L.C.	0.8352	0.2	0.017	0.0085

Resta inteso che le valutazioni espresse nelle verifiche seguenti si limitano alla sfera geotecnica, attinenti quindi all'interazione tra terreno di fondazione e fondazione, senza alcuna valutazione in merito alle condizioni di efficienza e alla portanza dei singoli elementi strutturali oggetto di intervento quali, a titolo di esempio, solai, mensole, travi a sbalzo ecc.

Per le valutazioni su queste strutture si rimanda a valutazioni specifiche da eseguire a cura del progettista o del committente per il tramite di un professionista.

6.3 Verifica della capacità portante limite

6.3.1 Edificio ricovero mezzi agricoli

Il progetto prevede la realizzazione di un fabbricato **“edificio ricovero mezzi agricoli”** di un unico corpo di fabbrica di n. 1 piano fuori terra con **fondazione di tipo nastriforme** di larghezza B = 0.80 m incastrata alla profondità minima D= 0.50 m.

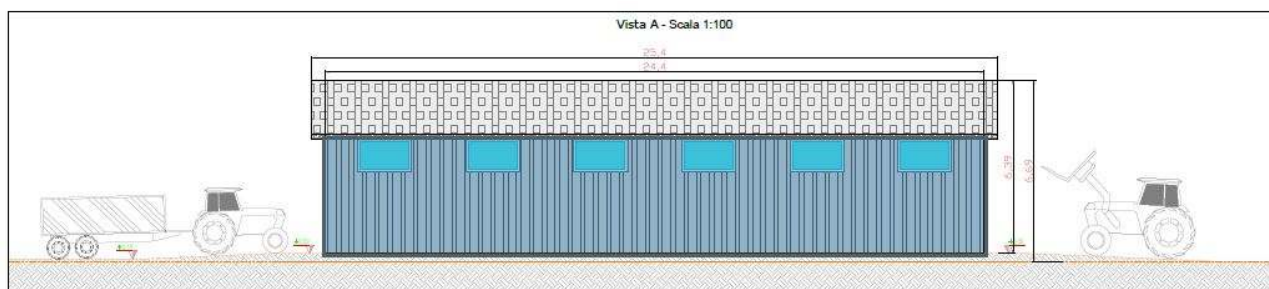


Figura 6.1 – Vista edificio ricovero mezzi agricoli

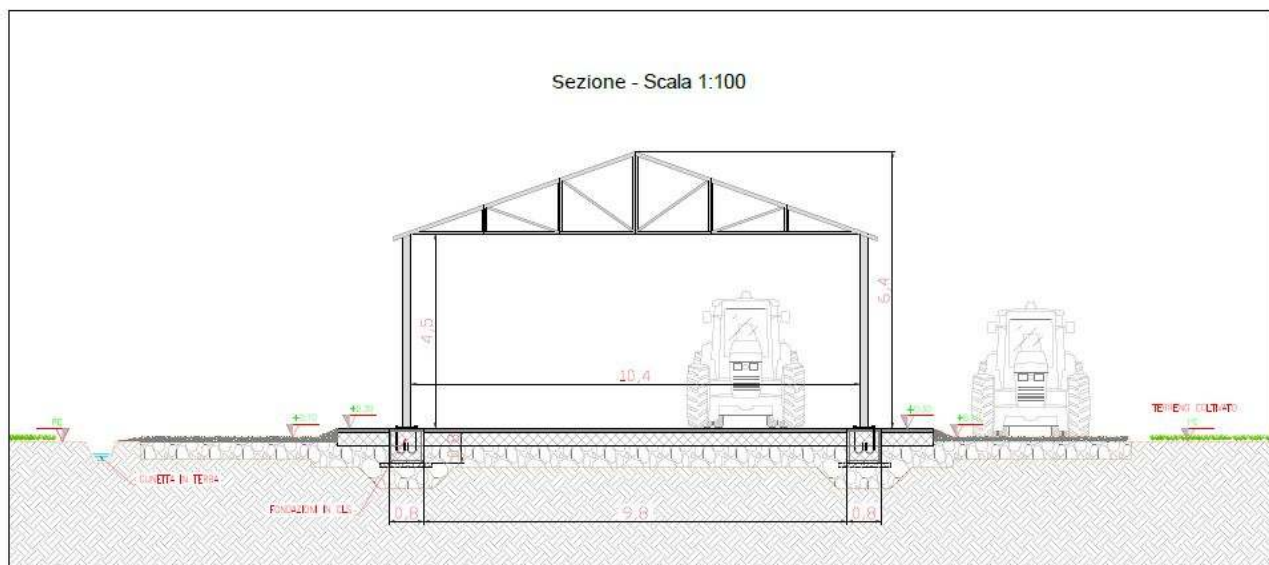


Figura 6.2 - Sezione edificio ricovero mezzi agricoli

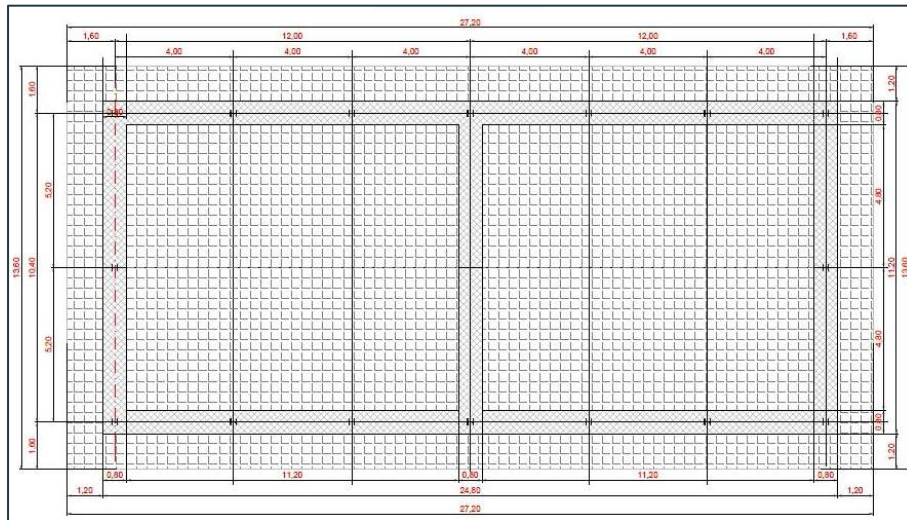


Figura 6.3 - pianta fondazioni edificio ricovero mezzi agricoli

DATI GENERALI

=====

Normativa	NTC 2018
Larghezza fondazione	0.8 m
Lunghezza fondazione	4.8 m
Profondità piano di posa	0.5 m
Altezza di incastro	0.5 m

=====

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [Kg/cm ²]	N [Kg]	Mx [Kg-m]	My [Kg-m]	Hx [Kg]	Hy [Kg]	Tipo
1	A1+M1+R3	1.00	-	-	-	-	-	Progetto
2	S.L.E.	1.00	-	-	-	-	-	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	2.3	1

A1+M1+R3

Autore: Zienkiewicz

=====

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

=====

Peso unità di volume	2400.0 Kg/m ³
Angolo di attrito	38.0 °
Coesione	0.4 Kg/cm ²

Fattore [Nq]	74.29
Fattore [Nc]	88.36
Fattore [Ng]	75.29
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0

Carico limite	6.93 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	3.01 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
---------------------------------	------------

=====

SISMA

Autore: Zienkiewicz

=====

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

=====

Peso unità di volume	2400.0 Kg/m ³
Angolo di attrito	38.0 °
Coesione	0.4 Kg/cm ²

Fattore [Nq]	74.29
Fattore [Nc]	88.36
Fattore [Ng]	75.29
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0

Carico limite	6.75 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	2.94 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
---------------------------------	------------

=====

6.3.2 Edificio cabina di raccolta 36 kV

Il progetto prevede la realizzazione di un fabbricato "cabina di raccolta 36 kV" di un unico corpo di fabbrica, di n. 1 piano fuori terra con fondazione di **tipo platea** delle dimensioni 6.90 x 2.70 m, incastrata alla profondità minima D= 0.20 m (previa schiarificazione della coltre vegetale).

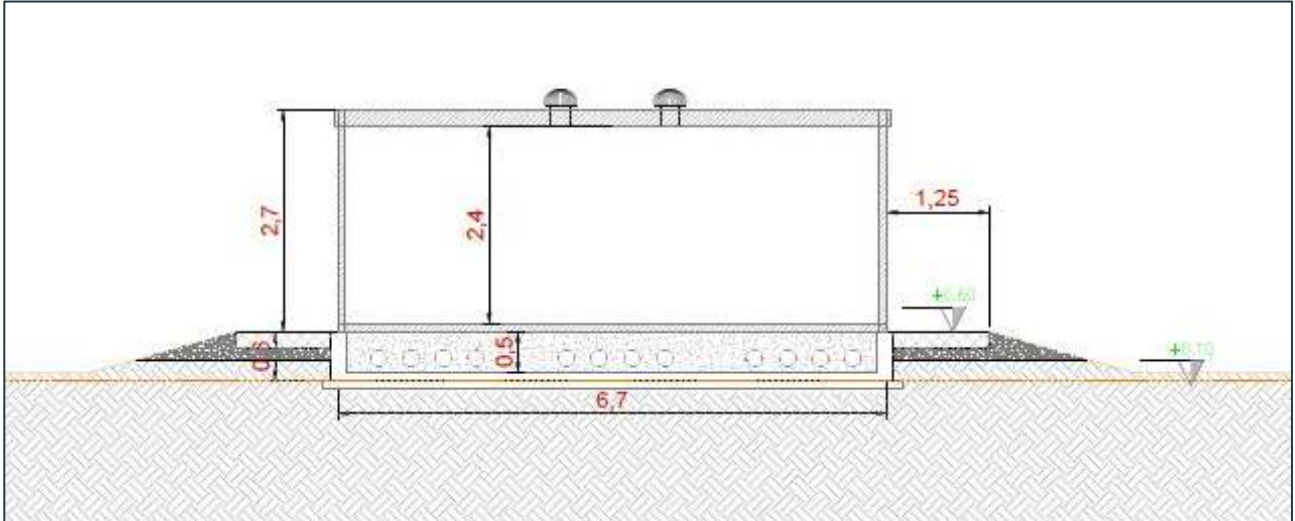


Figura 6.4 - sezione cabina di raccolta 36 kV

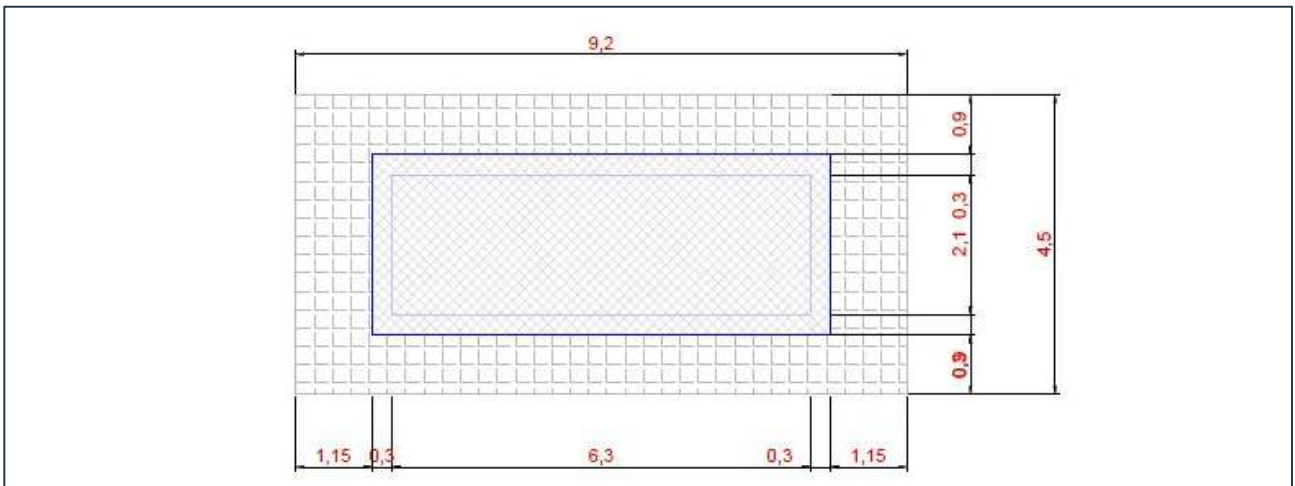


Figura 6.5 - Pianta cabina di raccolta 36 kV

DATI GENERALI

=====	
Normativa	NTC 2018
Larghezza fondazione	2.7 m
Lunghezza fondazione	6.9 m
Profondità piano di posa	0.2 m
Altezza di incastro	0.2 m
=====	

A1+M1+R3

Autore: Zienkiewicz

=====

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

=====

Peso unità di volume	2400.0 Kg/m ³
Angolo di attrito	38.0 °
Coesione	0.4 Kg/cm ²

=====

Fattore [Nq]	74.29
Fattore [Nc]	88.36
Fattore [Ng]	75.29
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0

=====

Carico limite	9.68 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	4.21 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
---------------------------------	------------

=====

SISMA

Autore: Zienkiewicz

=====

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

=====

Peso unità di volume	2400.0 Kg/m ³
Angolo di attrito	38.0 °
Coesione	0.4 Kg/cm ²

=====

Fattore [Nq]	74.29
Fattore [Nc]	88.36
Fattore [Ng]	75.29
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0

=====

Carico limite	9.39 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	4.08 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
---------------------------------	------------

=====

6.3.3 Edificio cabina servizi ausiliari

Il progetto prevede la realizzazione di un fabbricato "cabina servizi ausiliari" di un unico corpo di fabbrica di n. 1 piano fuori terra con fondazione di **tipo platea** delle dimensioni 3.80 x 2.70 m incastrata alla profondità minima D= 0.20 m (previa schiarificazione della coltre vegetale).

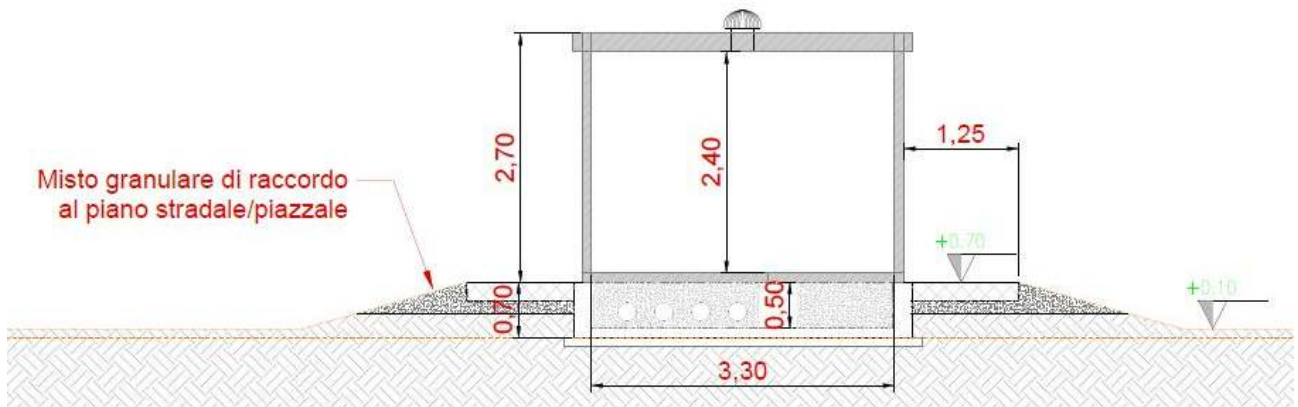


Figura 6.6 - Sezione della cabina servizi ausiliari

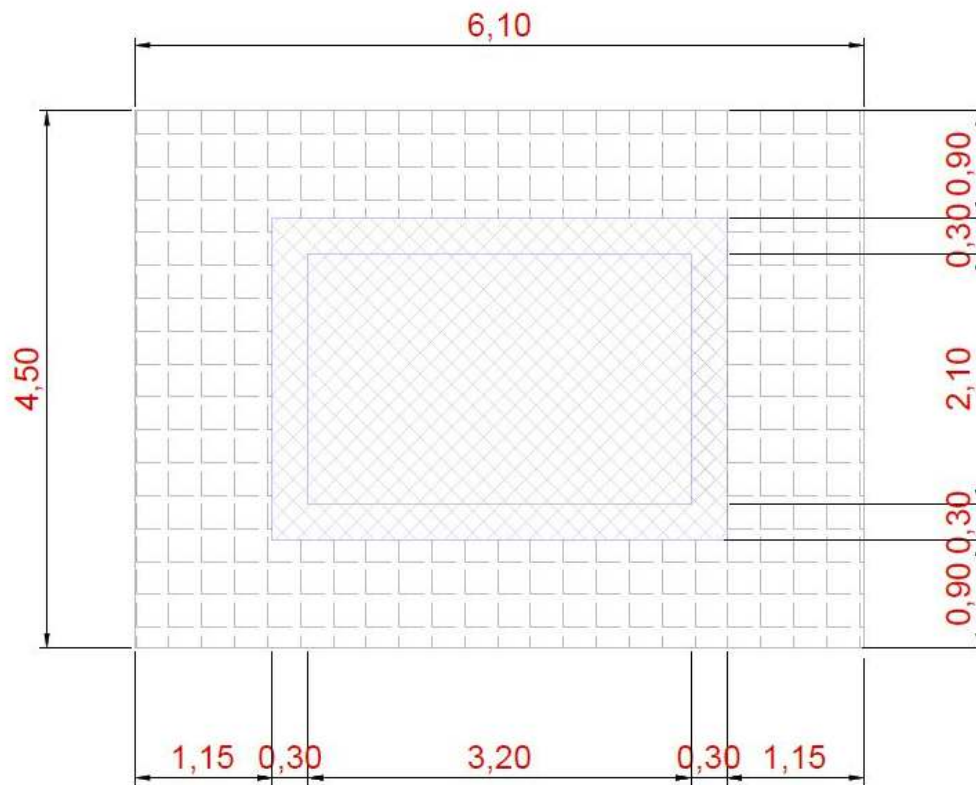


Figura 6.7 - Pianta della cabina servizi ausiliari

DATI GENERALI

=====	
Normativa	NTC 2018
Larghezza fondazione	2,7 m
Lunghezza fondazione	3,8 m
Profondità piano di posa	0,2 m
Altezza di incastro	0,2 m
=====	

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [Kg/cm ²]	N [Kg]	Mx [Kg·m]	My [Kg·m]	Hx [Kg]	Hy [Kg]	Tipo
1	A1+M1+R3	1.00	-	-	-	-	-	Progetto
2	S.L.E.	1.00	-	-	-	-	-	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid.Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	2.3	1

A1+M1+R3

Autore: Zienkiewicz

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume 2400.0 Kg/m³
 Angolo di attrito 38.0 °
 Coesione 0.4 Kg/cm²

Fattore [Nq] 74.29
 Fattore [Nc] 88.36
 Fattore [Ng] 75.29
 Fattore forma [Sc] 1.0
 Fattore forma [Sg] 1.0

Carico limite 9.68 Kg/cm²
 Resistenza di progetto **4.21 Kg/cm²**

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

SISMA

Autore: Zienkiewicz

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume 2400.0 Kg/m³
 Angolo di attrito 38.0 °
 Coesione 0.4 Kg/cm²

Fattore [Nq] 74.29
 Fattore [Nc] 88.36

Fattore [Ng]	75.29
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
=====	
Carico limite	9.39 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	4.08 Kg/cm²
=====	
Condizione di verifica [Ed ≤ Rd]	Verificata
=====	

6.3.4 Edificio magazzino/sala controllo

Il progetto prevede la realizzazione di un fabbricato “**magazzino/sala controllo**” di un unico corpo di fabbrica di n. 1 piano fuori terra con fondazione di **tipo platea con plinti**, in via cautelativa la verifica verrà condotta solo sul plinto delle dimensioni 0.60 x 0.60 e travi di collegamento d'irrigidimento m incastrata alla profondità minima D= 0.50 m (previa schiarificazione della coltre vegetale).

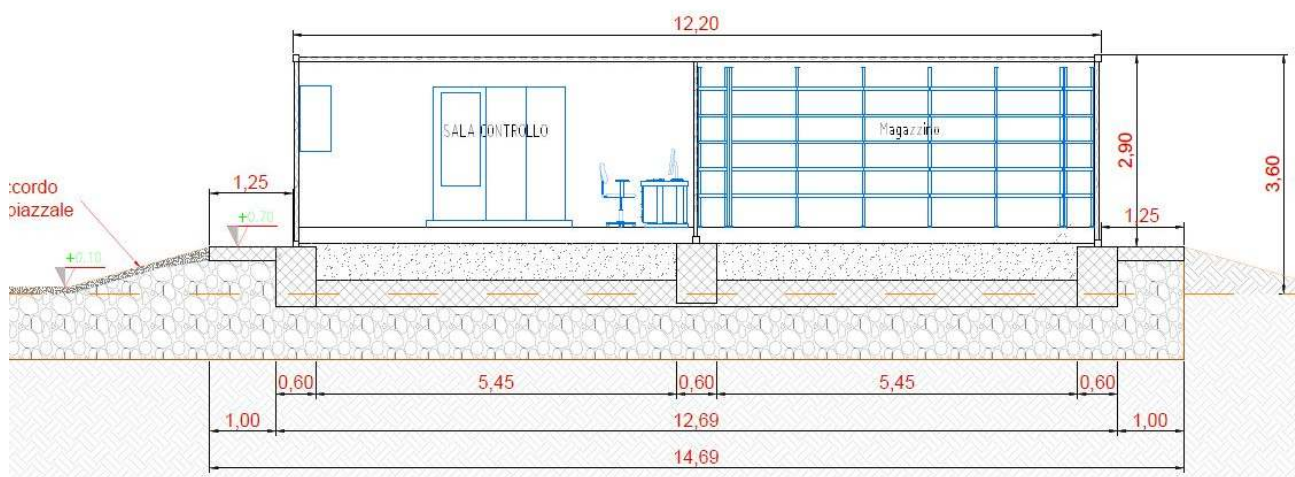


Figura 6.8 - sezione del magazzino/sala controllo

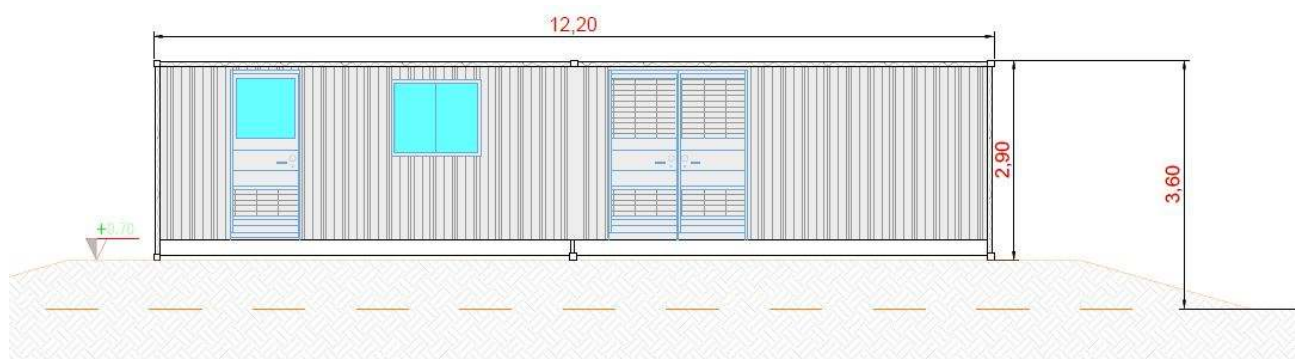


Figura 6.9 - vista del del magazzino/sala di controllo

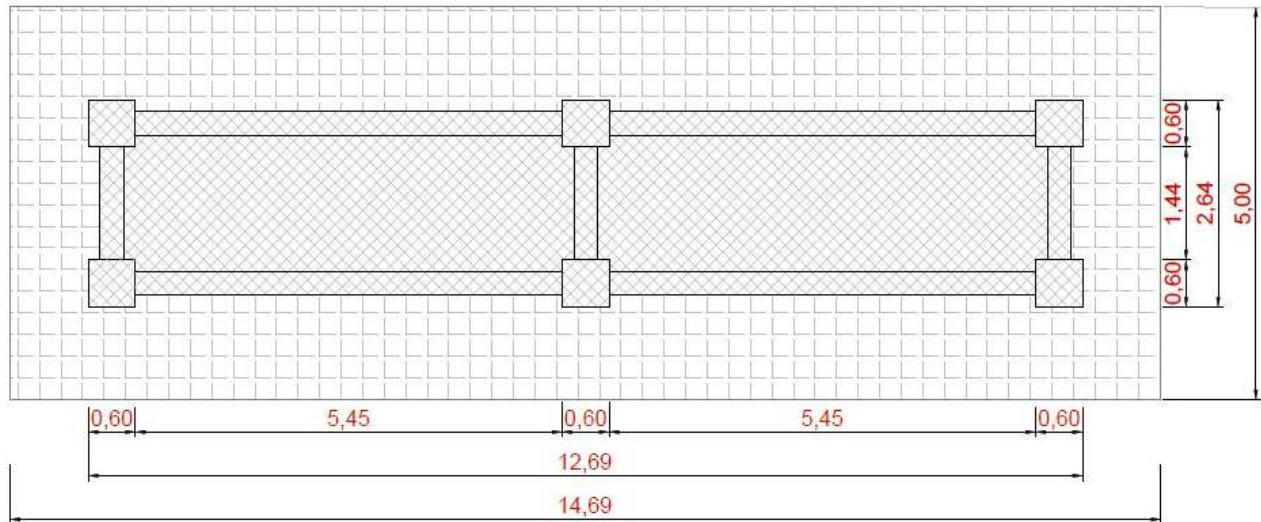


Figura 6.10 - pianta fondazioni del magazzino/sala di controllo

DATI GENERALI

Normativa	NTC 2018
Larghezza fondazione	0.6 m
Lunghezza fondazione	0.6 m
Profondità piano di posa	0.5 m
Altezza di incastro	0.5 m

A1+M1+R3

Autore: Zienkiewicz

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	2400.0 Kg/m ³
Angolo di attrito	38.0 °
Coesione	0.4 Kg/cm ²

Fattore [Nq]	74.29
Fattore [Nc]	88.36
Fattore [Ng]	75.29
Fattore forma [Sc]	1.3
Fattore forma [Sg]	0.8

Carico limite	8.17 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	3.55 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed ≤ Rd] Verificata

SISMA

Autore: Zienkiewicz

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	2400.0 Kg/m ³
Angolo di attrito	38.0 °
Coesione	0.4 Kg/cm ²

Fattore [Nq]	74.29
Fattore [Nc]	88.36
Fattore [Ng]	75.29
Fattore forma [Sc]	1.3
Fattore forma [Sg]	0.8

Carico limite	7.97 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	3.46 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed <= Rd] Verificata

6.3.5 Edificio power station

Il progetto prevede la realizzazione di un fabbricato **“power station”** di un unico corpo di fabbrica di n. 1 piano fuori terra con fondazione di tipo platea delle dimensioni 13.19 x 3.50 m incastrata alla profondità minima D= 0.20 m (previa schiarificazione della coltre vegetale).

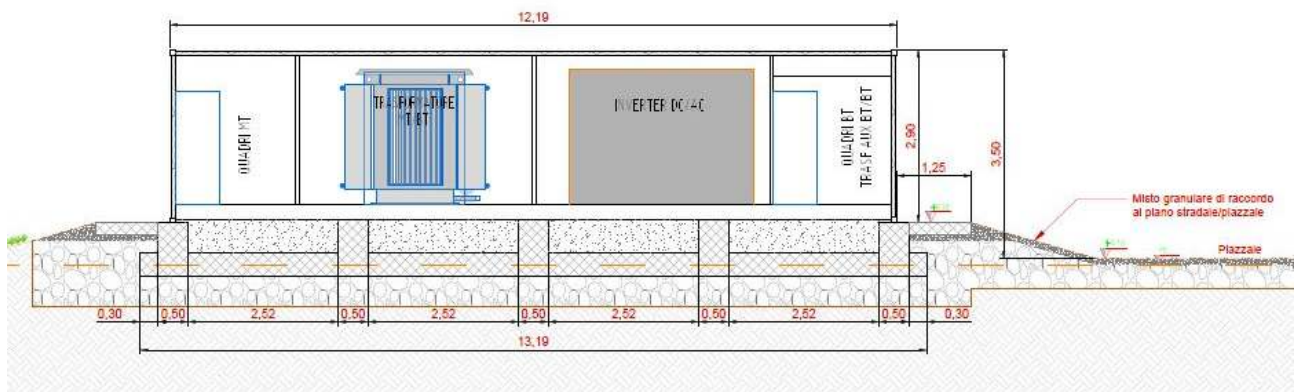


Figura 6.11 - Sezione della power station

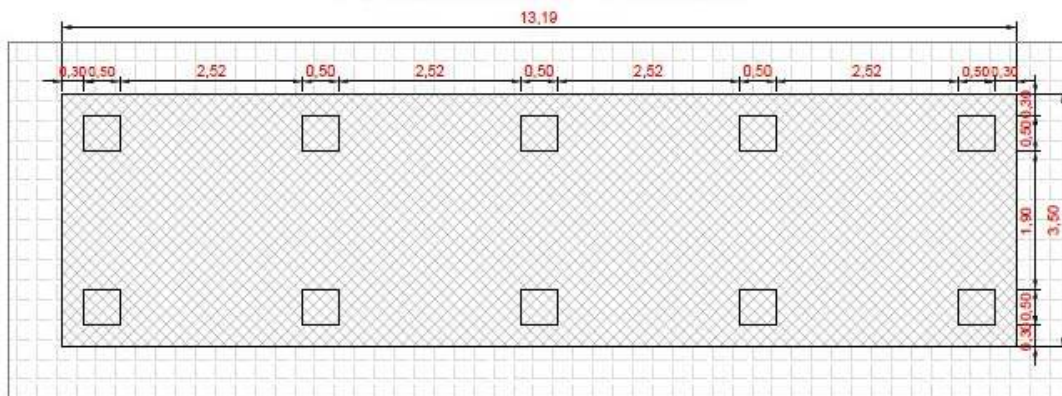


Figura 6.12 - Pianta fondazioni del power station (stralcio tav. 21 "Tipico power station).

Il progetto prevede la realizzazione di un unico corpo di fabbrica di n. 1 piano fuori terra con fondazione di **tipo platea** delle dimensioni 3.50 x 13.19 m con incastro minimo alla profondità $D = 0.20$ m (previa schiarificazione della coltre vegetale).

DATI GENERALI

Normativa	NTC 2018
Larghezza fondazione	3.5 m
Lunghezza fondazione	13.19 m
Profondità piano di posa	0.2 m
Altezza di incastro	0.2 m

A1+M1+R3

Autore: Zienkiewicz

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	2400.0 Kg/m ³
Angolo di attrito	38.0 °
Coesione	0.4 Kg/cm ²

Fattore [Nq]	74.29
Fattore [Nc]	88.36
Fattore [Ng]	75.29
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0

Carico limite	10.84 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	4.71 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed ≤ Rd] Verificata

SISMA

Autore: Zienkiewicz

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	2400.0 Kg/m ³
Angolo di attrito	38.0 °
Coesione	0.4 Kg/cm ²

Fattore [Nq]	74.29
Fattore [Nc]	88.36
Fattore [Ng]	75.29
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0

Carico limite	10.49 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	4.56 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed <= Rd] Verificata

6.4 Posa dorsali 36 kV

La posa dei cavi interrati a 36 kV è prevista in parte su terreno agricolo e in parte lungo la strada esistente, su area con grado di pericolosità Hg1 (equiparato all'Hg2 per il Comune di Porto Torres) e con un grado di pericolosità Hg2 per il Comune di Sassari, per i quali è previsto uno scavo a sezione obbligata, in roccia, per una profondità di circa 1,2 m dal piano di calpestio, e comunque non superiore a 2 m (si veda la Figura 6.13). Il cavidotto verrà adagiato a fondo scavo, in letto di sabbia, e sarà opportunamente protetto. Il carico netto è alquanto irrisorio, limitato al peso del cavidotto stesso. Anche senza elaborazioni numeriche, si è in grado di asserire che i terreni di fondazione individuati presentano un valore di qlim. di gran lunga superiore alla resistenza di progetto.

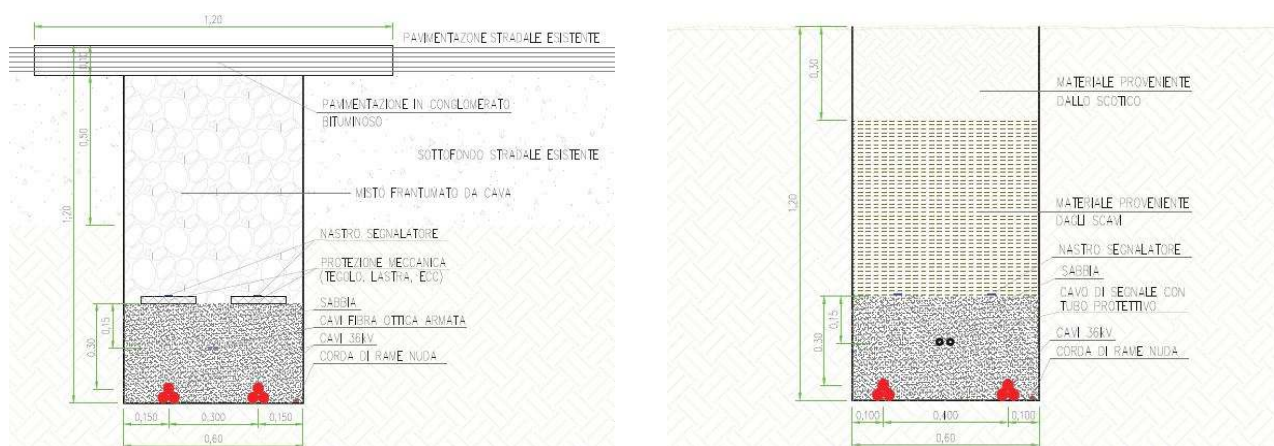


Figura 6.13 – schema di posa su terreno agricolo e su strada sfaltata (sezione tipo 60 cm)

7 Previsione dei cedimenti (estratto dalla relazione geotecnica di progetto)

7.1 Formula per il calcolo dei cedimenti

Anche se la pressione esercitata sul terreno di fondazione non supera il valore calcolato si possono, in alcuni casi, manifestare delle deformazioni del terreno non tollerabili dall'opera. Poiché le caratteristiche geotecniche del terreno variano da punto a punto, così come spesso variano da punto a punto anche le condizioni di carico, i cedimenti possono assumere localmente valori differenti. Il cedimento calcolato in un punto prende il nome di cedimento assoluto; la differenza fra i cedimenti assoluti misurati in due o più punti prende il nome di cedimento differenziale.

I procedimenti più utilizzati per il calcolo dei cedimenti nella pratica progettuale sono quelli che si avvalgono della teoria della elasticità. Secondo la teoria di Skempton, per terreni **omogenei**, può essere utilizzata la seguente formula:

$$\Delta H = q_0 B' \frac{1-\mu^2}{E_s} \left(I_1 + \frac{1-2\mu}{1-\mu} I_2 \right) \cdot I_F \quad (1)$$

dove:

q_0 Intensità della pressione di contatto

B' Minima dimensione dell'area reagente,

E e m Parametri elastici del terreno.

I_1 Coefficienti di influenza dipendenti da: L'/B' , spessore dello strato H , coefficiente di Poisson m , profondità del piano di posa D ;

7.2 Verifica dei cedimenti

7.2.1 Edificio "Deposito ricovero mezzi agricoli"

CEDIMENTI ELASTICI

Pressione normale di progetto	1.0 Kg/cm ²
Spessore strato	10.0 m
Profondità substrato roccioso	0.0 m
Modulo Elastico	300.0 Kg/cm ²
Coefficiente di Poisson	0.2
Coefficiente di influenza I1	0.15
Coefficiente di influenza I2	0.13
Coefficiente di influenza Is	0.25
Cedimento al centro della fondazione	0.95 mm
Coefficiente di influenza I1	0.05
Coefficiente di influenza I2	0.1
Coefficiente di influenza Is	0.13
Cedimento al bordo	0.24 mm

Il valore del cedimento assoluto può ritenersi trascurabile.

7.2.2 Edificio "Cabina servizi ausiliari"

CEDIMENTI ELASTICI

Pressione normale di progetto	0.8 Kg/cm ²
Spessore strato	10.0 m
Profondità substrato roccioso	0.0 m
Modulo Elastico	300.0 Kg/cm ²
Coefficiente di Poisson	0.2
Coefficiente di influenza I1	0.0
Coefficiente di influenza I2	0.03
Coefficiente di influenza Is	0.03
Cedimento al centro della fondazione	0.29 mm
Coefficiente di influenza I1	0.0
Coefficiente di influenza I2	0.02
Coefficiente di influenza Is	0.01
Cedimento al bordo	0.07 mm

Il valore del cedimento assoluto può ritenersi trascurabile.

7.2.3 Edificio "Cabina di raccolta 36 kV"

CEDIMENTI ELASTICI

Pressione normale di progetto	0.8 Kg/cm ²
Spessore strato	10.0 m
Profondità substrato roccioso	0.0 m
Modulo Elastico	300.0 Kg/cm ²
Coefficiente di Poisson	0.2
Coefficiente di influenza I1	0.0
Coefficiente di influenza I2	0.03
Coefficiente di influenza Is	0.03
Cedimento al centro della fondazione	0.3 mm
Coefficiente di influenza I1	0.0
Coefficiente di influenza I2	0.02
Coefficiente di influenza Is	0.01
Cedimento al bordo	0.07 mm

Il valore del cedimento assoluto può ritenersi trascurabile.

7.2.4 Edificio “Power Station”

CEDIMENTI ELASTICI

Pressione normale di progetto	1.0 Kg/cm ²
Spessore strato	10.0 m
Profondità substrato roccioso	0.0 m
Modulo Elastico	300.0 Kg/cm ²
Coefficiente di Poisson	0.2
Coefficiente di influenza I1	0.0
Coefficiente di influenza I2	0.03
Coefficiente di influenza Is	0.02
Cedimento al centro della fondazione	0.39 mm
Coefficiente di influenza I1	0.0
Coefficiente di influenza I2	0.01
Coefficiente di influenza Is	0.01
Cedimento al bordo	0.1 mm

Il valore del cedimento assoluto può ritenersi trascurabile.

7.2.5 Edificio “Magazzino/Sala di controllo”

CEDIMENTI ELASTICI

Pressione normale di progetto	1.5 Kg/cm ²
Spessore strato	10.0 m
Profondità substrato roccioso	0.0 m
Modulo Elastico	300.0 Kg/cm ²
Coefficiente di Poisson	0.2
Coefficiente di influenza I1	0.25
Coefficiente di influenza I2	0.07
Coefficiente di influenza Is	0.3
Cedimento al centro della fondazione	1.06 mm
Coefficiente di influenza I1	0.11
Coefficiente di influenza I2	0.08
Coefficiente di influenza Is	0.17
Cedimento al bordo	0.31 mm

Il valore del cedimento assoluto può ritenersi trascurabile.

8 Compatibilità dello intervento

Gli interventi previsti per l'impianto agro fotovoltaico comprendono:

- delle strutture fuori terra leggere su fondazione superficiale di tipo continua, a platea ed isolata, insistenti sul territorio del Comune di Porto Torres con grado di pericolosità Hg1 ma equiparato al grado Hg2;
- un tracciato per la posa del cavidotto interrato di collegamento lungo strade esistenti nel territorio comunale di Porto Torres e di Sassari. Per quest'ultimo, i movimenti terra sono limitati alla realizzazione della trincea per la posa del cavo interrato, con profondità non superiori ad 1,2 m dall'attuale piano di calpestio. Gli interventi previsti non avranno ripercussioni sulla stabilità geomorfologica dell'area.

Dallo studio svolto non sono emerse e non si riscontrano problematiche geologico-geotecniche in atto che possano originare rischi per l'intervento, né l'intervento in progetto modifica la situazione di stabilità accertata allo stato attuale di studio. Lo stesso dimostra quindi che la soluzione progettuale da adottarsi, se eseguita a regola d'arte, non comporterà variazioni sostanziali al regime idrico locale.

Di seguito si procede quindi alla verifica del grado di rischio stabilito dalla norma in via generale sull'intervento previsto.

Nella definizione del grado di rischio si è fatto riferimento alla metodologia indicata ed utilizzata nel P.A.I. In particolare sono state utilizzate le metodiche fornite dal D.L. 180/98 e dal successivo "Atto di indirizzo e coordinamento" di cui al D.P.C.M. 20/09/1998, con riferimento al punto 2.3. (aree a rischio geomorfologico). Il rischio di frana è definito come prodotto fra la pericolosità Hg dei fenomeni di dissesto, la presenza sul territorio di elementi a rischio E e la loro vulnerabilità V.

$$R_g = H_g \times E \times V$$

Il rischio geologico totale Rg è quantificato secondo 4 livelli elencati in Tabella 4 delle Linee Guida e qui di seguito riportati, dove sono evidenziati gli estremi superiori delle classi.

Tabella 8.1 - Descrizione delle classi di rischio di frana e loro quantificazione (Linee Guida del PAI - Tabella 4)

Rischio geologico totale			Descrizione degli effetti
Classe	Intensità	valore	
Rg1	Moderato	≤ 0,25	danni sociali, economici e al patrimonio ambientale marginali
Rg2	Medio	≤ 0,50	sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche
Rg3	Elevato	≤ 0,75	sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale
Rg4	Molto elevato	≤ 1,00	sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione delle attività socio-economiche

La pericolosità geologica Hg è di non agevole definizione in quanto risulta spesso non quantificabile la frequenza di accadimento di un evento franoso. Per tale motivo si assume una suddivisione della pericolosità in quattro classi di seguito riportate (Tabella 5 delle Linee Guida):

Tabella 8.2 - Classi di pericolosità (Hg) e quantificazione lineare nell'intervallo [0,1] (Tabella 5 delle Linee Guida del PAI)

Pericolosità (Hg)			Descrizione
Classe	Intensità	Valore	
Hg1	Moderata	0,25	I fenomeni franosi presenti o potenziali sono marginali
Hg2	Media	0,50	zone in cui sono presenti solo frane stabilizzate non più riattivabili nelle condizioni climatiche attuali a meno di interventi antropici (assetti di equilibrio raggiunti naturalmente o mediante interventi di consolidamento) zone in cui esistono condizioni geologiche e morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti ma prive al momento di indicazioni morfologiche di movimenti gravitativi
Hg3	Elevata	0,75	zone in cui sono presenti frane quiescenti per la cui riattivazione ci si aspettano presumibilmente tempi pluriennali o pluridecennali; zone di possibile espansione areale delle frane attualmente quiescenti; zone in cui sono presenti indizi geomorfologici di instabilità dei versanti e in cui si possono verificare frane di neoformazione presumibilmente in un; intervallo di tempo pluriennale o pluridecennali
Hg4	Molto elevata	1	Zone in cui sono presenti frane attive, continue o stagionali; zone in cui è prevista l'espansione areale di una frana attiva; zone in cui sono presenti evidenze geomorfologiche di movimenti incipienti

Gli elementi a rischio E sono classificati in base alle caratteristiche essenziali di urbanizzazione e di uso del suolo, come indicato nella Tabella 6.

Tabella 8.3 - Classificazione degli elementi a rischio e attribuzione del relativo peso (Tabella 6 delle Linee Guida del PAI)

Classi	Elementi	Peso
E1	Aree libere da insediamenti e aree improduttive; zona boschiva; zona agricola non edificabile; demanio pubblico non edificato e/o edificabile	0.25
E2	Aree con limitata presenza di persone; aree extraurbane, poco abitate; edifici sparsi Zona agricola generica (con possibilità di edificazione); zona di protezione ambientale, rispetto, verde privato; Parchi, verde pubblico non edificato; infrastrutture secondarie	0.50
E3	Nuclei urbani non densamente popolati; infrastrutture pubbliche (strade statali, provinciali e comunali strategiche, ferrovie, lifelines, oleodotti, elettrodotti, acquedotti); aree sedi di significative attività produttive (insediamenti artigianali, industriali, commerciali minori); zone per impianti tecnologici e discariche RSU o inerti, zone a cava.	0.75
E4	Centri urbani ed aree urbanizzate con continuità (densità abitativa superiore al 20% della superficie fondiaria); nuclei rurali minori di particolare pregio; zone di completamento; zone di espansione; grandi insediamenti industriali e commerciali; servizi pubblici prevalentemente con fabbricati di rilevante interesse sociale; infrastrutture pubbliche (infrastrutture viarie principali strategiche); zona discarica speciali o tossico nocivi; zona alberghiera; zona campeggi e villaggi turistici; beni architettonici, storici e artistici	1.00

La vulnerabilità V dei luoghi è stata assunta pari all'unità per considerare le situazioni di massimo rischio per la vita umana e quindi ritenendo i manufatti pubblici o privati privi di elementi in grado di limitare i danni derivanti dal potenziale evento franoso.

Gli interventi sono stati progettati rispettando il vincolo di non aumentare il livello di pericolosità esistente. Nell'ambito dei lavori previsti in progetto, compatibili con le disposizioni del piano di Assetto Idrogeologico, essi non alterano la classificazione attuale degli elementi a rischio considerati per area dell'impianto agro-fotovoltaico come "E2" e per il tracciato stradale come "E3". Di fatto non vi è un incremento degli elementi di rischio.

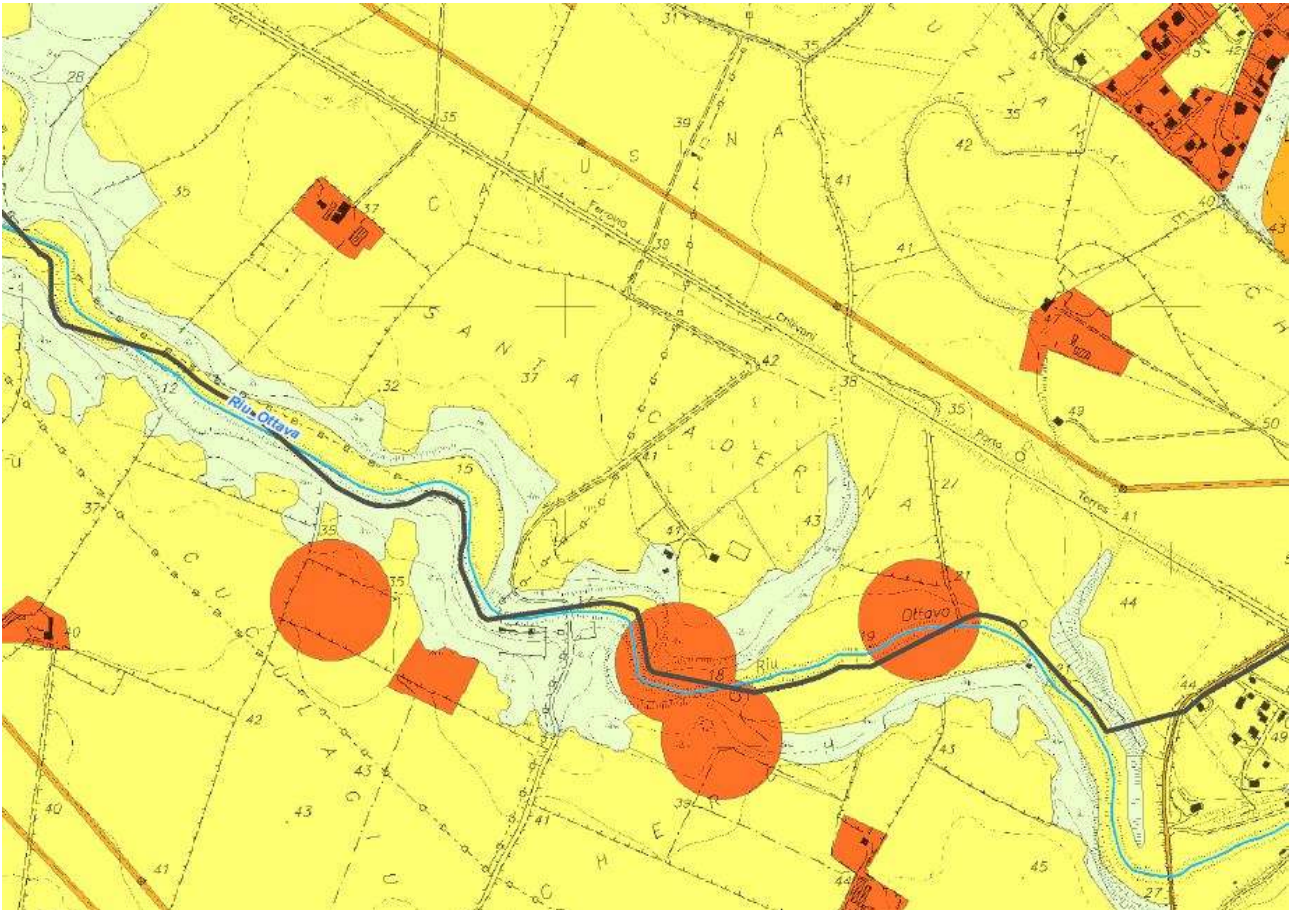


Figura 8.1 – Stralcio carta degli elementi a rischio “Studio di dettaglio e approfondimento del quadro conoscitivo della pericolosità e del rischio da frana nel sub bacino N°3 Coghinas-Mannu-Temo. Progetto di variante generale e di revisione del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna (di cui all’art. 37, comma 1 delle vigenti norme di attuazione)”

Di seguito si procede alla verifica della variazione del livello di rischio in relazione alla presenza di persone e di beni. Applicando la matrice di valutazione del rischio di frana sotto riportata per un valore di pericolosità **Hg2** rimasta invariata, il rischio **Rg1 per il campo agro-fotovoltaico e il rischio Rg2 per il tracciato stradale** rimangono immutati.

Tabella 8.4 - Classificazione degli elementi a rischio e attribuzione del relativo peso (circolare 1/2019 Indirizzi interpretativi e procedurali relativi alle norme di Attuazione del PAI)

Matrice del Rischio da Frana				
Classi	Hg4	Hg3	Hg2	Hg1
E4	Rg4	Rg3	Rg2	Rg1
E3	Rg3	Rg3	Rg2	Rg1
E2	Rg2	Rg2	Rg1	Rg1
E1	Rg1	Rg1	Rg1	Rg1

Lo studio dimostra quindi che la soluzione progettuale prevista, se eseguita a regola d'arte, non comporterà variazioni sostanziali né al regime idrico locale né in termini di sovraccarico sul terreno. Per la tipologia di progetto, non è previsto un piano di manutenzione degli interventi.

Sulla base delle considerazioni sopra esposte, l'intervento in progetto è verificato e coerente con le previsioni e le norme del PAI e ammissibile.

L'intervento non interferirà con eventuali interventi futuri che possano coinvolgere aree ampie segnalate nella cartografia del PAI per le sistemazioni e i relativi consolidamenti.

Il progetto risulta ammissibile secondo l'art. 31 comma 3 lettera e) (allacciamenti a reti principali e nuovi sottoservizi a rete interrati lungo tracciati stradali esistenti ed opere connesse compresi i nuovi attraversamenti) delle N.A. del PAI e secondo art. 31 comma 3 lettera l) e l'art. 33 comma 3 lettera a) "gli ampliamenti, le ristrutturazioni e le nuove realizzazioni di infrastrutture riferibili a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili o non delocalizzabili, a condizione che non esistano alternative tecnicamente ed economicamente sostenibili, che tali interventi siano coerenti con i piani di protezione civile, e che ove necessario siano realizzate preventivamente o contestualmente opere di mitigazione dei rischi specifici" delle N.A. del PAI.

9 Conclusioni

Lo studio ha interessato l'area di progetto e ha comportato la raccolta di tutte le informazioni utili alla caratterizzazione geologica del sottosuolo. Sono stati presi in considerazione inoltre gli aspetti più generali riguardanti la situazione litostratigrafica locale, il regime idraulico locale per riscontro ai problemi in esame.

Le verifiche condotte hanno permesso di dimostrare che le opere previste in progetto valori di coefficiente di sicurezza rassicuranti, sarà necessario in fase di lavorazione adottare tutti gli accorgimenti di sicurezza necessari.

Sulla base delle valutazioni sopra esposte, in definitiva:

- in considerazione che con l'intervento proposto viene rispettato il vincolo di non aumentare il livello di pericolosità e di rischio esistente;
- valutato che tali interventi non hanno alcuna influenza sulla stabilità opere – terreno;
- verificato che le opere in progetto non aumenteranno gli elementi di rischio rispettando quindi il vincolo di non aumentare il livello di pericolosità;
- Sono esclusi eventuali interferenze del livello piezometrico della falda con le opere in Progetto esclusivamente per le aree d'interesse perimtrarte dal PAI; l'eventuale oscillazione piezometrica della falda non interferirà con potenziali superfici di scivolamento, né potrà determinare condizioni di dissesti attivi o potenziali dell'area interessata o fenomeni di subsidenza o alterazioni permanenti della circolazione idrica o comunque tali da non pregiudicare o aggravare la situazione esistente;
- che l'intervento non interferisce e non interferirà con eventuali interventi futuri che possano coinvolgere aree ampie segnalate nella cartografia del P.A.I. per le sistemazioni e i relativi consolidamenti;
- non si ritiene necessario realizzare preventivamente o contestualmente opere di mitigazione dei rischi specifici, non sono previste opere di consolidamento, è quindi escluso la redazione di un piano di manutenzione e monitoraggio per il controllo dell'efficacia degli eventuali interventi.

L'area in esame è ubicata in un settore praticamente sub pianeggiante; sulla base dell'allegato F "Criteri per la predisposizione degli studi di compatibilità geologica e geotecnica di cui all'art. 25 delle norme di attuazione del PAI" non si ritiene necessario eseguire delle verifiche di stabilità opera -terreno.

Lo studio dimostra quindi che la soluzione progettuale da adottarsi, se eseguita a regola d'arte, non comporterà variazioni sostanziali né al regime idrico locale né in termini di carico sul terreno ritenuto sulla base degli elaborati di progetto alquanto limitato.

L'intervento sottoposto è stato progettato rispettando il vincolo di non aumentare il livello di pericolosità esistente. Nell'ambito dei lavori previsti in progetto, compatibili con le disposizioni del piano di Assetto Idrogeologico, essi non alterano la classificazione attuale degli elementi a rischio

Si conclude che l'intervento in progetto, se eseguiti a regola d'arte, sono compatibile con le finalità indicate dall'art. 25 delle Norme di Attuazione dello stesso PAI ed ammissibili secondo l'art. 31 c. 3 lettera e, art. 31 comma 3 lettera l e art. 32 comma 3 lettera a.

Sassari, Agosto 2022

I professionisti

Dott. Geol. Domenico Praticò

Dott. Ing. Gabriele Tomiselli

Appendice 01
Elaborati Stratigrafici

Riferimento: Impianto agro-fotovoltaico Porto Torres 2 da 58.128 KWp	Sondaggio: Pz1
Località: Nuragheddu - Comune di Porto Torres (SS).	Quota: 31 m s.l.m.,
Impresa esecutrice: -	Data: 27/05/2022
Coordinate: 450205.1 4517320.9	Redattore: Dott. Geol. Domenico Praticò
Perforazione: scavatore meccanico	

Ø mm	R v	A r	Pz s	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
				1									0.3	Copertura pedogenetica in scheletro argillo sabbioso di colorazione rossastra, ricca in clasti ghiaiosi e ciottolosi a spigoli vivi di alterazione del substrato.
													0.6	Deposito sabbioso argilloso rossastra ad elementi ghiaiosi e ciottolosi calcarei a spigoli vivi (coltre eluviale).
													0.7	Substrato calcareo, biancastro, disgregabile in superficie con difficoltà sotto l'azione meccanica dello scavatore per l'elevata fratturazione, tenace.
													1.6	

NOTE: non si sono verificati problemi di perforazione.

Riferimento: Impianto agro-fotovoltaico Porto Torres 2 da 58.128 KWp	Sondaggio: Pz2
Località: Nuragheddu - Comune di Porto Torres (SS).	Quota: 33 m s.l.m.,
Impresa esecutrice: -	Data: 27/05/2022
Coordinate: 450387.8 4517113.9	Redattore: Dott. Geol. Domenico Praticò
Perforazione: scavatore meccanico	

Ø mm	R v	A r	Pz s	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
				1									0.3	Copertura pedogenetica in scheletro argillo sabbioso di colorazione rossastra, ricca in clasti ghiaiosi e ciottolosi a spigoli vivi di alterazione del substrato.
													0.5	Deposito sabbioso argilloso rossastra ad elementi ghiaiosi e ciottolosi calcarei a spigoli vivi (coltre eluviale).
													0.6	Substrato calcareo, biancastro, disgregabile in superficie con difficoltà sotto l'azione meccanica dello escavatore per l'elevata fratturazione, tenace.
													1.6	

NOTE: non si sono verificati problemi di perforazione.

Riferimento: Impianto agro-fotovoltaico Porto Torres 2 da 58.128 KWp	Sondaggio: Pz3
Località: Nuragheddu - Comune di Porto Torres (SS).	Quota: 36 m s.l.m.,
Impresa esecutrice: -	Data: 27/05/2022
Coordinate: 450535.7 4517193.9	Redattore: Dott. Geol. Domenico Praticò
Perforazione: scavatore meccanico	

Ø mm	R v	A r	Pz s	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
				1	L1								0.1 0.2	<p>Copertura pedogenetica in scheletro argillo sabbioso di colorazione rossastra, ricca in clasti ghiaiosi e ciottolosi a spigoli vivi di alterazione del substrato.</p> <p>Substrato calcareo, biancastro, disgregabile in superficie con difficoltà sotto l'azione meccanica dello escavatore per l'elevata fratturazione, tenace.</p>
													1.6	

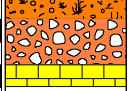
NOTE: non si sono verificati problemi di perforazione.

STRATIGRAFIA - Pz4

SCALA 1 : 33

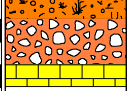
Pagina 1/1

Riferimento: Impianto agro-fotovoltaico Porto Torres 2 da 58.128 KWp	Sondaggio: Pz4
Località: Nuragheddu - Comune di Porto Torres (SS).	Quota: 34 m s.l.m.,
Impresa esecutrice: -	Data: 27/05/2022
Coordinate: 450575.7 4516997.3	Redattore: Dott. Geol. Domenico Praticò
Perforazione: scavatore meccanico	

Ø mm	R v	A r	Pz s	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
				1									0.1	Copertura pedogenetica in scheletro argillo sabbioso di colorazione rossastra, ricco in clasti ghiaiosi e ciottolosi a spigoli vivi di alterazione del substrato. Deposito sabbioso argilloso rossastra ad elementi ghiaiosi e ciottolosi a spigoli vivi, calcarei (coltre eluviale). Substrato calcareo, biancastro, disgregabile in superficie con difficoltà sotto l'azione meccanica dello escavatore per l'elevata fratturazione, tenace.
													0.3	
													0.4	
													1.6	

NOTE: non si sono verificati problemi di perforazione.

Riferimento: Impianto agro-fotovoltaico Porto Torres 2 da 58.128 KWp	Sondaggio: Pz5
Località: Nuragheddu - Comune di Porto Torres (SS).	Quota: 36 m s.l.m.,
Impresa esecutrice: -	Data: 27/05/2022
Coordinate: 450798.4 4517044.3	Redattore: Dott. Geol. Domenico Praticò
Perforazione: scavatore meccanico	

Ø mm	R v	A r	Pz s	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
				1									0.1	Copertura pedogenetica in scheletro argillo sabbioso di colorazione rossastra, ricca in clasti ghiaiosi e ciottolosi a spigoli vivi di alterazione del substrato. Deposito sabbioso argilloso rossastra ad elementi ghiaiosi e ciottolosi calcarei a spigoli vivi (coltre eluviale). Substrato calcareo, biancastro, disgregabile in superficie con difficoltà sotto l'azione meccanica dello escavatore, tenace.
													0.3	
													0.4	
													1.6	

NOTE: non si sono verificati problemi di perforazione.

Riferimento: Impianto agro-fotovoltaico Porto Torres 2 da 58.128 KWp	Sondaggio: Pz7
Località: Nuragheddu - Comune di Porto Torres (SS).	Quota: 40 m s.l.m.,
Impresa esecutrice: -	Data: 27/05/2022
Coordinate: 451057.6 4516772.9	Redattore: Dott. Geol. Domenico Praticò
Perforazione: scavatore meccanico	

Ø mm	R v	A r	Pz s	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
				1	L1								0.1 0.2	<p>Copertura pedogenetica in scheletro argillo sabbioso di colorazione rossastra, ricca in clasti ghiaiosi e ciottolosi a spigoli vivi di alterazione del substrato.</p> <p>Substrato calcareo, biancastro, disgregabile in superficie con difficoltà sotto l'azione meccanica dello escavatore, tenace.</p>
													1.6	

NOTE: non si sono verificati problemi di perforazione.

Riferimento: Impianto agro-fotovoltaico Porto Torres 2 da 58.128 KWp	Sondaggio: Pz8
Località: Nuragheddu - Comune di Porto Torres (SS).	Quota: 41 m s.l.m.,
Impresa esecutrice: -	Data: 27/05/2022
Coordinate: 451219.4 4516894.7	Redattore: Dott. Geol. Domenico Praticò
Perforazione: scavatore meccanico	

Ø mm	R v	A r	Pz s	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
				1										0.1 Copertura pedogenetica in scheletro argillo sabbioso di colorazione rossastra, ricca in clasti ghiaiosi e ciottolosi a spigoli vivi di alterazione del substrato.
														0.3 Deposito sabbioso argilloso rossastra ad elementi ghiaiosi e ciottolosi a spigoli vivi, calcarei (coltre eluviale).
														0.5 Substrato calcareo, biancastro, disgregabile in superficie con difficoltà sotto l'azione meccanica dello escavatore per l'elevata fratturazione, tenace.
														1.6

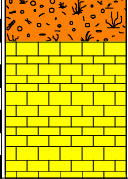
NOTE: non si sono verificati problemi di perforazione.

STRATIGRAFIA - Pz10

SCALA 1 : 33

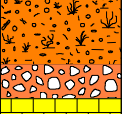
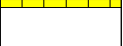

Pagina 1/1

Riferimento: Impianto agro-fotovoltaico Porto Torres 2 da 58.128 KWp	Sondaggio: Pz10
Località: Nuragheddu - Comune di Porto Torres (SS).	Quota: 41 m s.l.m.,
Impresa esecutrice: -	Data: 27/05/2022
Coordinate: 451219.4 4516894.7	Redattore: Dott. Geol. Domenico Praticò
Perforazione: scavatore meccanico	

Ø mm	R v	A r	A s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	
											S.P.T.	N				
															0.2	Copertura pedogenetica in scheletro argillo sabbioso di colorazione rossastra, ricca in clasti ghiaiosi e ciottolosi a spigoli vivi di alterazione del substrato.
															0.8	Substrato calcareo, giallastro, alterato, facilmente disgregabile sotto l'azione meccanica dello escavatore, fortemente fratturato.

NOTE: non si sono verificati problemi di perforazione.

Riferimento: Impianto agro-fotovoltaico Porto Torres 2 da 58.128 KWp	Sondaggio: Pz12
Località: Nuragheddu - Comune di Porto Torres (SS).	Quota: 33 m s.l.m.,
Impresa esecutrice: -	Data: 27/05/2022
Coordinate: 450547.8 4517359.2	Redattore: Dott. Geol. Domenico Praticò
Perforazione: scavatore meccanico	

Ø mm	R v	A r	Pz s	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
				1									0.3	Copertura pedogenetica in scheletro argillo sabbioso di colorazione rossastra, ricca in clasti ghiaiosi e ciottolosi a spigoli vivi di alterazione del substrato.
													0.5	Deposito sabbioso argilloso rossastra ad elementi ghiaiosi e ciottolosi calcarei a spigoli vivi (coltre eluviale).
													0.6	
													1.6	

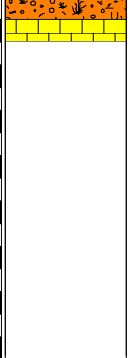
NOTE: non si sono verificati problemi di perforazione.

STRATIGRAFIA - Pz13

SCALA 1 : 33

Pagina 1/1

Riferimento: Impianto agro-fotovoltaico Porto Torres 2 da 58.128 KWp	Sondaggio: Pz13
Località: Nuragheddu - Comune di Porto Torres (SS).	Quota: 33 m s.l.m.,
Impresa esecutrice: -	Data: 27/05/2022
Coordinate: 450347.8 4517470.5	Redattore: Dott. Geol. Domenico Praticò
Perforazione: scavatore meccanico	

Ø mm	R v	A r	A s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	
											S.P.T.	N				
					1									0.1 0.2	Copertura pedogenetica in scheletro argillo sabbioso di colorazione rossastra, ricca in clasti ghiaiosi e ciottolosi a spigoli vivi di alterazione del substrato. Substrato calcareo, biancastro, disgregabile in superficie con difficoltà sotto l'azione meccanica dello escavatore, tenace.	
															1.6	

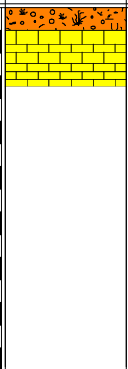
NOTE: non si sono verificati problemi di perforazione.

STRATIGRAFIA - Pz14

SCALA 1 : 33

Pagina 1/1

Riferimento: Impianto agro-fotovoltaico Porto Torres 2 da 58.128 KWp	Sondaggio: Pz14
Località: Nuragheddu - Comune di Porto Torres (SS).	Quota: 28 m s.l.m.,
Impresa esecutrice: -	Data: 27/05/2022
Coordinate: 450598.3 4517573.2	Redattore: Dott. Geol. Domenico Praticò
Perforazione: scavatore meccanico	

Ø mm	R v	A r	s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
											S.P.T.	N			
					1									0.1	Copertura pedogenetica in scheletro argillo sabbioso di colorazione rossastra, ricca in clasti ghiaiosi e ciottolosi a spigoli vivi di alterazione del substrato.
														0.4	Substrato calcareo, biancastro, disgregabile in superficie con difficoltà sotto l'azione meccanica dello escavatore, tenace.
														1.6	

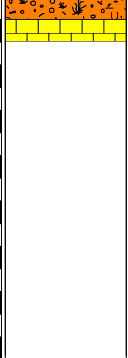
NOTE: non si sono verificati problemi di perforazione.

STRATIGRAFIA - Pz15

SCALA 1 : 33

Pagina 1/1

Riferimento: Impianto agro-fotovoltaico Porto Torres 2 da 58.128 KWp	Sondaggio: Pz15
Località: Nuragheddu - Comune di Porto Torres (SS).	Quota: 34 m s.l.m.,
Impresa esecutrice: -	Data: 27/05/2022
Coordinate: 450815.8 4517594.0	Redattore: Dott. Geol. Domenico Praticò
Perforazione: scavatore meccanico	

Ø mm	R v	A r	A s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
											S.P.T.	N			
					1									0.1 0.2	Copertura pedogenetica in scheletro argillo sabbioso di colorazione rossastra, ricca in clasti ghiaiosi e ciottolosi a spigoli vivi di alterazione del substrato. Substrato calcareo, biancastro, disgregabile in superficie con difficoltà sotto l'azione meccanica dello escavatore, tenace.
														1.6	

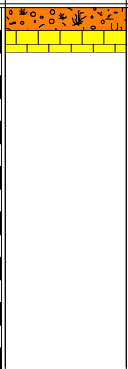
NOTE: non si sono verificati problemi di perforazione.

STRATIGRAFIA - Pz16

SCALA 1 : 33

Pagina 1/1

Riferimento: Impianto agro-fotovoltaico Porto Torres 2 da 58.128 KWp	Sondaggio: Pz16
Località: Nuragheddu - Comune di Porto Torres (SS).	Quota: 37 m s.l.m.,
Impresa esecutrice: -	Data: 27/05/2022
Coordinate: 451059.3 4517282.6	Redattore: Dott. Geol. Domenico Praticò
Perforazione: scavatore meccanico	

Ø mm	R v	A r	A s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
											S.P.T.	N			
					1									0.1 0.2	Copertura pedogenetica in scheletro argillo sabbioso di colorazione rossastra, ricca in clasti ghiaiosi e ciottolosi a spigoli vivi di alterazione del substrato. Substrato calcareo, biancastro, disgregabile in superficie con difficoltà sotto l'azione meccanica dello escavatore, tenace.
														1.6	

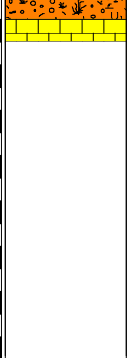
NOTE: non si sono verificati problemi di perforazione.

STRATIGRAFIA - Pz18

SCALA 1 : 33

Pagina 1/1

Riferimento: Impianto agro-fotovoltaico Porto Torres 2 da 58.128 KWp	Sondaggio: Pz18
Località: Nuragheddu - Comune di Porto Torres (SS).	Quota: 41 m s.l.m.,
Impresa esecutrice: -	Data: 27/05/2022
Coordinate: 451309.9 4517221.7	Redattore: Dott. Geol. Domenico Praticò
Perforazione: scavatore meccanico	

Ø mm	R v	A r s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
				1								0.1 0.2		Copertura pedogenetica in scheletro argillo sabbioso di colorazione rossastra, ricca in clasti ghiaiosi e ciottolosi a spigoli vivi di alterazione del substrato. Substrato calcareo, biancastro, disgregabile in superficie con difficoltà sotto l'azione meccanica dello escavatore, tenace.
													1.6	




NOTE: non si sono verificati problemi di perforazione.

STRATIGRAFIA - Pz19

SCALA 1 : 33

Pagina 1/1

Riferimento: Impianto agro-fotovoltaico Porto Torres 2 da 58.128 KWp	Sondaggio: Pz19
Località: Nuragheddu - Comune di Porto Torres (SS).	Quota: 36 m s.l.m.,
Impresa esecutrice: -	Data: 27/05/2022
Coordinate: 451127.2 4517407.9	Redattore: Dott. Geol. Domenico Praticò
Perforazione: scavatore meccanico	

Ø mm	R v	A r	Pz s	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
				1									0.2	Copertura pedogenetica in scheletro argillo sabbioso di colorazione rossastra, ricca in clasti ghiaiosi e ciottolosi a spigoli vivi di alterazione del substrato.
													0.5	Deposito sabbioso argilloso rossastra ad elementi ghiaiosi e ciottolosi calcarei a spigoli vivi (coltre eluviale).
													0.6	
													1.6	

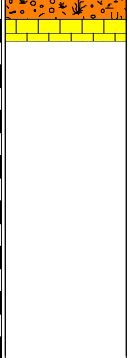
NOTE: non si sono verificati problemi di perforazione.

STRATIGRAFIA - Pz20

SCALA 1 : 33

Pagina 1/1

Riferimento: Impianto agro-fotovoltaico Porto Torres 2 da 58.128 KWp	Sondaggio: Pz20
Località: Nuragheddu - Comune di Porto Torres (SS).	Quota: 31 m s.l.m.,
Impresa esecutrice: -	Data: 27/05/2022
Coordinate: 451137.6 4517557.5	Redattore: Dott. Geol. Domenico Praticò
Perforazione: scavatore meccanico	

Ø mm	R v	A r	A s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
											S.P.T.	N			
					1									0.1 0.2	Copertura pedogenetica in scheletro argillo sabbioso di colorazione rossastra, ricca in clasti ghiaiosi e ciottolosi a spigoli vivi di alterazione del substrato. Substrato calcareo, biancastro, disgregabile in superficie con difficoltà sotto l'azione meccanica dello escavatore, tenace.
														1.6	

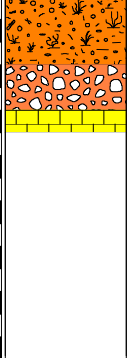
NOTE: non si sono verificati problemi di perforazione.

STRATIGRAFIA - Pz21

SCALA 1 : 33

Pagina 1/1

Riferimento: Impianto agro-fotovoltaico Porto Torres 2 da 58.128 KWp	Sondaggio: Pz21
Località: Nuragheddu - Comune di Porto Torres (SS).	Quota: 28 m s.l.m.,
Impresa esecutrice: -	Data: 27/05/2022
Coordinate: 451127.2 4517618.4	Redattore: Dott. Geol. Domenico Praticò
Perforazione: scavatore meccanico	

Ø mm	R v	A r s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
				1									0.3	Copertura pedogenetica in scheletro argillo sabbioso di colorazione rossastra, ricca in clasti ghiaiosi e ciottolosi a spigoli vivi di alterazione del substrato.
													0.5	Deposito sabbioso argilloso rossastra ad elementi ghiosi e ciottolosi calcarei a spigoli vivi (coltre eluviale).
													0.6	
													1.6	Substrato calcareo, biancastro, disgregabile in superficie con difficoltà sotto l'azione meccanica dell'escavatore, tenace.

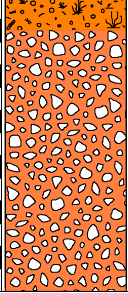
NOTE: non si sono verificati problemi di perforazione.

STRATIGRAFIA - Pz22

SCALA 1 : 33

Pagina 1/1

Riferimento: Impianto agro-fotovoltaico Porto Torres 2 da 58.128 KWp	Sondaggio: Pz22
Località: Nuragheddu - Comune di Porto Torres (SS).	Quota: 29 m s.l.m.,
Impresa esecutrice: -	Data: 27/05/2022
Coordinate: 450902.7 4517735.0	Redattore: Dott. Geol. Domenico Praticò
Perforazione: scavatore meccanico	

Ø mm	R v	A r	A s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
											S.P.T.	N			
					1									0.2	<p>Copertura pedogenetica in scheletro argillo sabbioso di colorazione rossastra, ricca in clasti ghiaiosi e ciottolosi a spigoli vivi di alterazione del substrato, addensate.</p> <p>Deposito sabbioso argilloso rossastra a scarsi elementi ghiaiosi calcarei e ciottolosi a spigoli vivi (coltre eluviale).</p>
														1.3	

NOTE: non si sono verificati problemi di perforazione.

Riferimento: Impianto agro-fotovoltaico Porto Torres 2 da 58.128 KWp	Sondaggio: Pz23
Località: Nuragheddu - Comune di Porto Torres (SS).	Quota: 42 m s.l.m.,
Impresa esecutrice: -	Data: 27/05/2022
Coordinate: 451374.2 4516866.8	Redattore: Dott. Geol. Domenico Praticò
Perforazione: scavatore meccanico	

Ø mm	R v	A r	Pz s	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
				1									0.2	Copertura pedogenetica in scheletro argillo sabbioso di colorazione rossastra, ricca in clasti ghiaiosi e ciottolosi a spigoli vivi di alterazione del substrato.
													0.5	Deposito sabbioso argilloso rossastra ad elementi ghiaiosi e ciottolosi calcarei a spigoli vivi (coltre eluviale).
													1.6	Substrato calcareo, biancastro, disgregabile in superficie con difficoltà sotto l'azione meccanica dell'escavatore, tenace.

NOTE: non si sono verificati problemi di perforazione.

STRATIGRAFIA - Pz24

SCALA 1 : 33

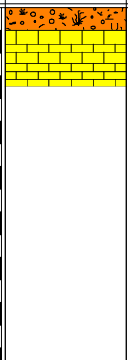
Pagina 1/1

Riferimento: Impianto agro-fotovoltaico Porto Torres 2 da 58.128 KWp	Sondaggio: Pz24
Località: Nuragheddu - Comune di Porto Torres (SS).	Quota: 43 m s.l.m.,
Impresa esecutrice: -	Data: 27/05/2022
Coordinate: 451295.9 4516743.3	Redattore: Dott. Geol. Domenico Praticò
Perforazione: scavatore meccanico	

Ø mm	R v	A r s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
				1								0.2		Copertura pedogenetica in scheletro argillo sabbioso di colorazione rossastra, ricca in clasti ghiaiosi e ciottolosi a spigoli vivi di alterazione del substrato.
												0.6		Deposito sabbioso argilloso rossastra ad elementi ghiaiosi e ciottolosi calcarei a spigoli vivi (coltre eluviale).
												0.7		Substrato calcareo, grigiastro, disgregabile in superficie con difficoltà sotto l'azione meccanica dell'escavatore per l'elevata fratturazione, tenace.
												1.6		

NOTE: non si sono verificati problemi di perforazione.

Riferimento: Impianto agro-fotovoltaico Porto Torres 2 da 58.128 KWp	Sondaggio: Pz25
Località: Nuragheddu - Comune di Porto Torres (SS).	Quota: 41 m s.l.m.,
Impresa esecutrice: -	Data: 27/05/2022
Coordinate: 451186.3 4516645.9	Redattore: Dott. Geol. Domenico Praticò
Perforazione: scavatore meccanico	

Ø mm	R v	A r	A s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	
											S.P.T.	N				
					1										0.1	Copertura pedogenetica in scheletro argillo sabbioso di colorazione rossastra, ricca in clasti ghiaiosi e ciottolosi a spigoli vivi di alterazione del substrato. Substrato calcareo, biancastro, disgregabile in superficie con difficoltà sotto l'azione meccanica dello escavatore, tenace.
															0.4	
															1.6	

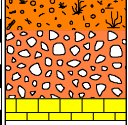
NOTE: non si sono verificati problemi di perforazione.

STRATIGRAFIA - Pz26

SCALA 1 : 33

Pagina 1/1

Riferimento: Impianto agro-fotovoltaico Porto Torres 2 da 58.128 KWp	Sondaggio: Pz26
Località: Nuragheddu - Comune di Porto Torres (SS).	Quota: 43 m s.l.m.,
Impresa esecutrice: -	Data: 27/05/2022
Coordinate: 451330.7 4516597.2	Redattore: Dott. Geol. Domenico Praticò
Perforazione: scavatore meccanico	

Ø mm	R v	A r s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
				1									0.2	Copertura pedogenetica in scheletro argillo sabbioso di colorazione rossastra, ricca in clasti ghiaiosi e ciottolosi a spigoli vivi di alterazione del substrato.
													0.5	Deposito sabbioso argilloso rossastra ad elementi ghiaiosi e ciottolosi calcarei a spigoli vivi (coltre eluviale).
													0.6	Substrato calcareo, biancastro, disgregabile in superficie con difficoltà sotto l'azione meccanica dell'escavatore, tenace.
													1.6	

NOTE: non si sono verificati problemi di perforazione.

Appendice 02
Documentazione fotografica



Fig. 1: esecuzione pozzetto geognostico Pz1 (prof.0,00 – 0,70 m dal p.c.)



Fig. 2: particolare pozzetto geognostico Pz1.



Fig. 3: particolare posizionamento pozzetto geognostico Pz1.



Fig. 4: pozzetto geognostico Pz2 (prof. 0,00-0,55 m dal p.c.).



Fig. 5: particolare pozzetto geognostico Pz1.



Fig. 6: posizionamento pozzetto geognostico Pz2.



Fig. 7: pozzetto geognostico Pz3 (prof. 0,00 – 0,20 m).



Fig. 8: posizionamento pozzetto geognostico Pz3.



Fig. 9: pozzetto geognostico Pz4 (prof. 0,00 – 0,40 m dal p.c.).



Fig. 10: posizionamento pozzetto geognostico Pz4.



Fig. 11: pozzetto geognostico Pz5 (prof. 0,00 – 0,40 m dal p.c.)



Fig. 12: posizionamento pozzetto geognostico Pz5.



Fig. 13: pozzetto geognostico Pz7 (prof. 0,00 – 0,20 m dal p.c.).



Fig. 14: posizionamento pozzetto geognostico Pz7.



Fig. 15: pozzetto geognostico Pz8 (prof. 0,00 – 0,50 m dal p.c.).



Fig. 16: posizionamento pozzetto geognostico Pz8.



Fig. 17: pozzetto geognostico Pz10 (prof. 0,00 – 0,80 m dal p.c.).



Fig. 18: posizionamento pozzetto geognostico Pz10.



Fig. 19: pozzetto geognostico Pz12 (prof. 0,00 – 0,55 m dal p.c.).



Fig. 20: posizionamento pozzetto geognostico Pz12.



Fig. 21: pozzetto geognostico Pz13 (prof. 0,00 – 0,20 m dal p.c.).



Fig. 22: posizionamento pozzetto geognostico Pz13.



Fig. 23: pozzetto geognostico Pz14 (prof. 0,00 – 0,35 m dal p.c.).



Fig. 24: posizionamento pozzetto geognostico Pz14.



Fig. 25: pozzetto geognostico Pz15 (prof. 0,00 – 0,20 m dal p.c.).



Fig. 26: posizionamento pozzetto geognostico Pz15.



Fig. 27: pozzetto geognostico Pz16 (prof. 0,00 – 0,20 m dal p.c.).



Fig. 28: posizionamento pozzetto geognostico Pz16.



Fig. 29: pozzetto geognostico Pz18 (prof. 0,00 – 0,20 m dal p.c.).



Fig. 30: posizionamento pozzetto geognostico Pz18.



Fig. 31: pozzetto geognostico Pz19 (prof. 0,00 – 0,60 m dal p.c.).



Fig. 32: posizionamento pozzetto geognostico Pz19.



Fig. 33: pozzetto geognostico Pz20 (prof. 0,00 – 0,30 m dal p.c.).



Fig. 34: posizionamento pozzetto geognostico Pz20.



Fig. 35: pozzetto geognostico Pz21 (prof. 0,00 – 0,60 m dal p.c.).



Fig. 36: posizionamento pozzetto geognostico Pz21.



Fig. 37: pozzetto geognostico Pz22 (prof. 0,00 – 1,30 m dal p.c.).



Fig. 38: particolare pozzetto geognostico Pz22.



Fig. 39: posizionamento pozzetto geognostico Pz22.



Fig. 40: pozzetto geognostico Pz23 (prof. 0,00 – 0,60 m dal p.c.).



Fig. 41: posizionamento pozzetto geognostico Pz23.



Fig. 42: pozzetto geognostico Pz24 (prof. 0,00 – 0,65 m dal p.c.).



Fig. 43: posizionamento pozzetto geognostico Pz24.



Fig. 44: pozzetto geognostico Pz25 (prof. 0,00 – 0,35 m dal p.c.).



Fig. 45: posizionamento pozzetto geognostico Pz25.



Fig. 46: pozzetto geognostico Pz26 (prof. 0,00 – 0,55 m dal p.c.).



Fig. 47: posizionamento pozzetto geognostico Pz26.



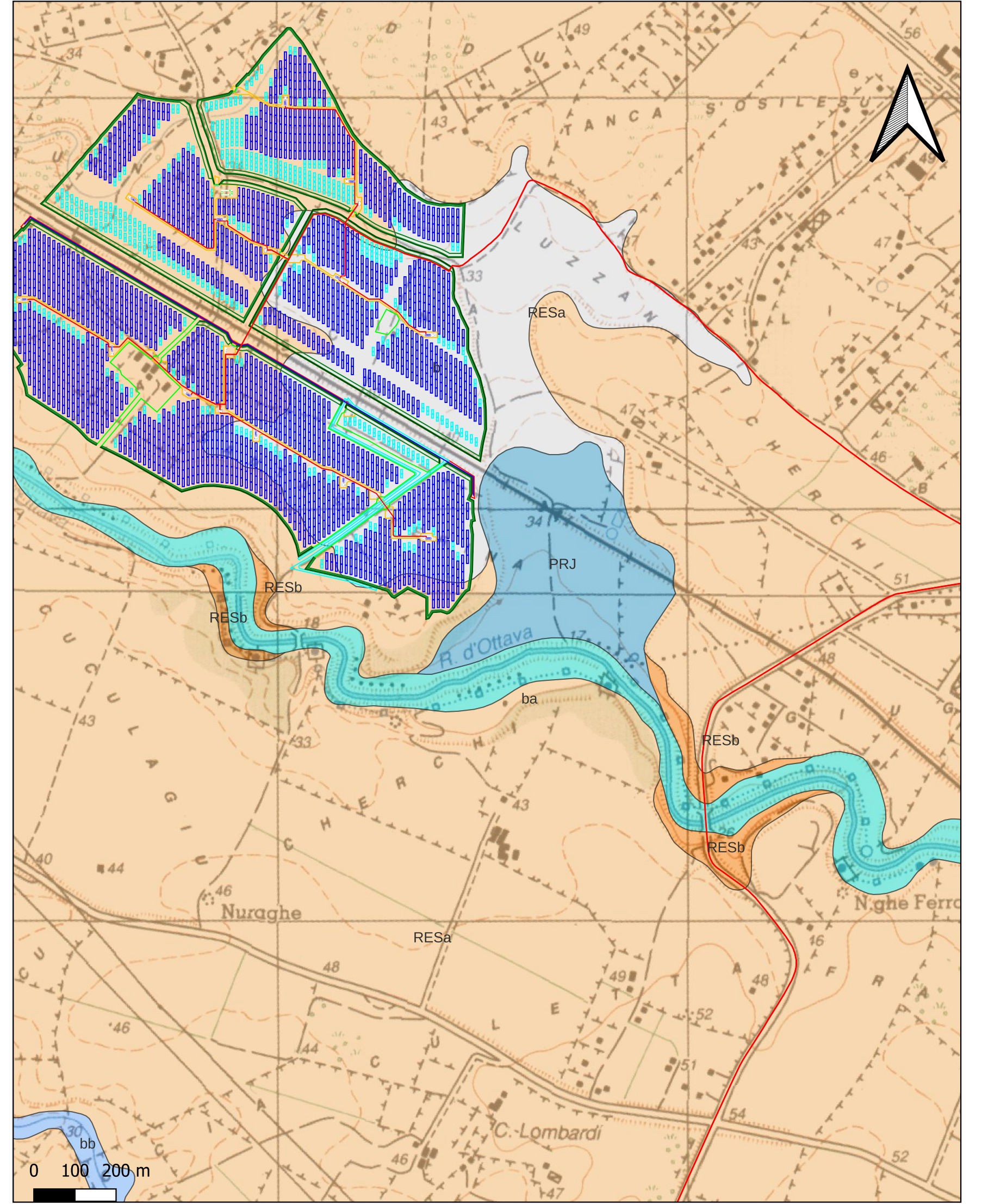
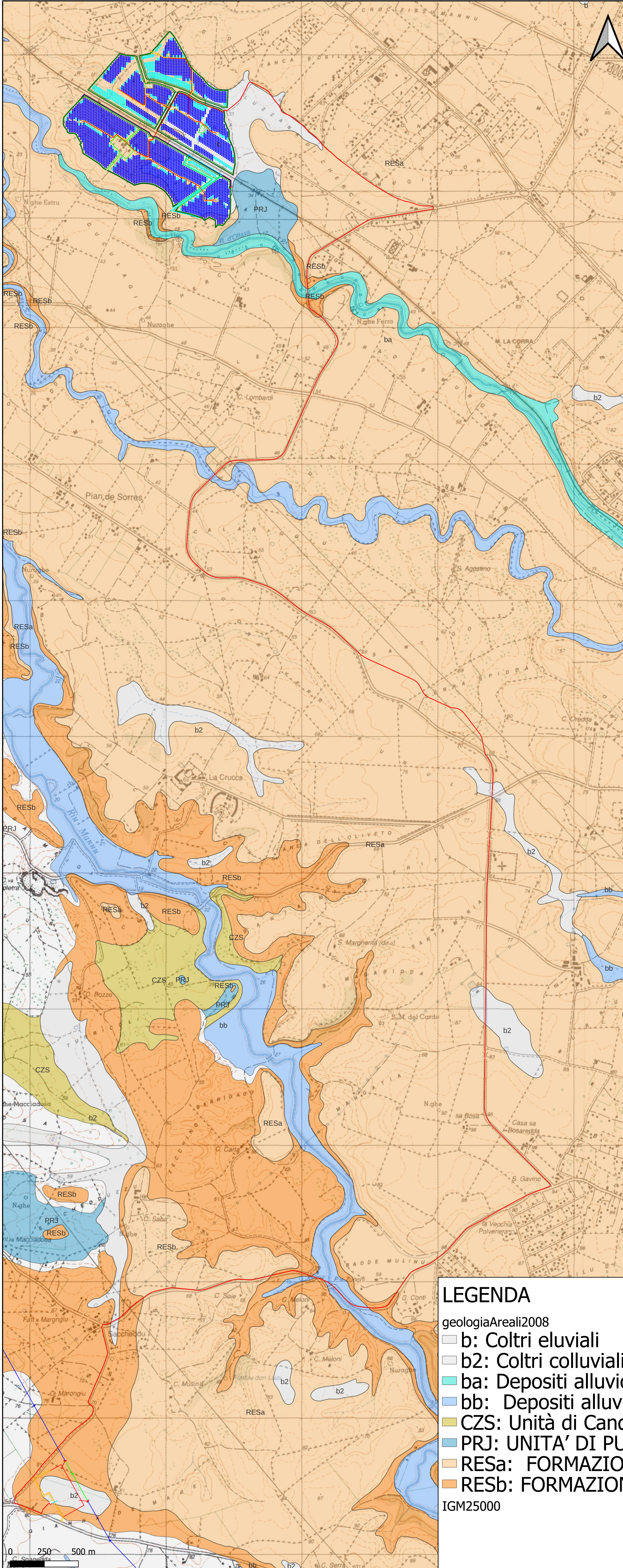
Fig. 48: panoramica stendimento MASW su area “Campo agro fotovoltaico”.



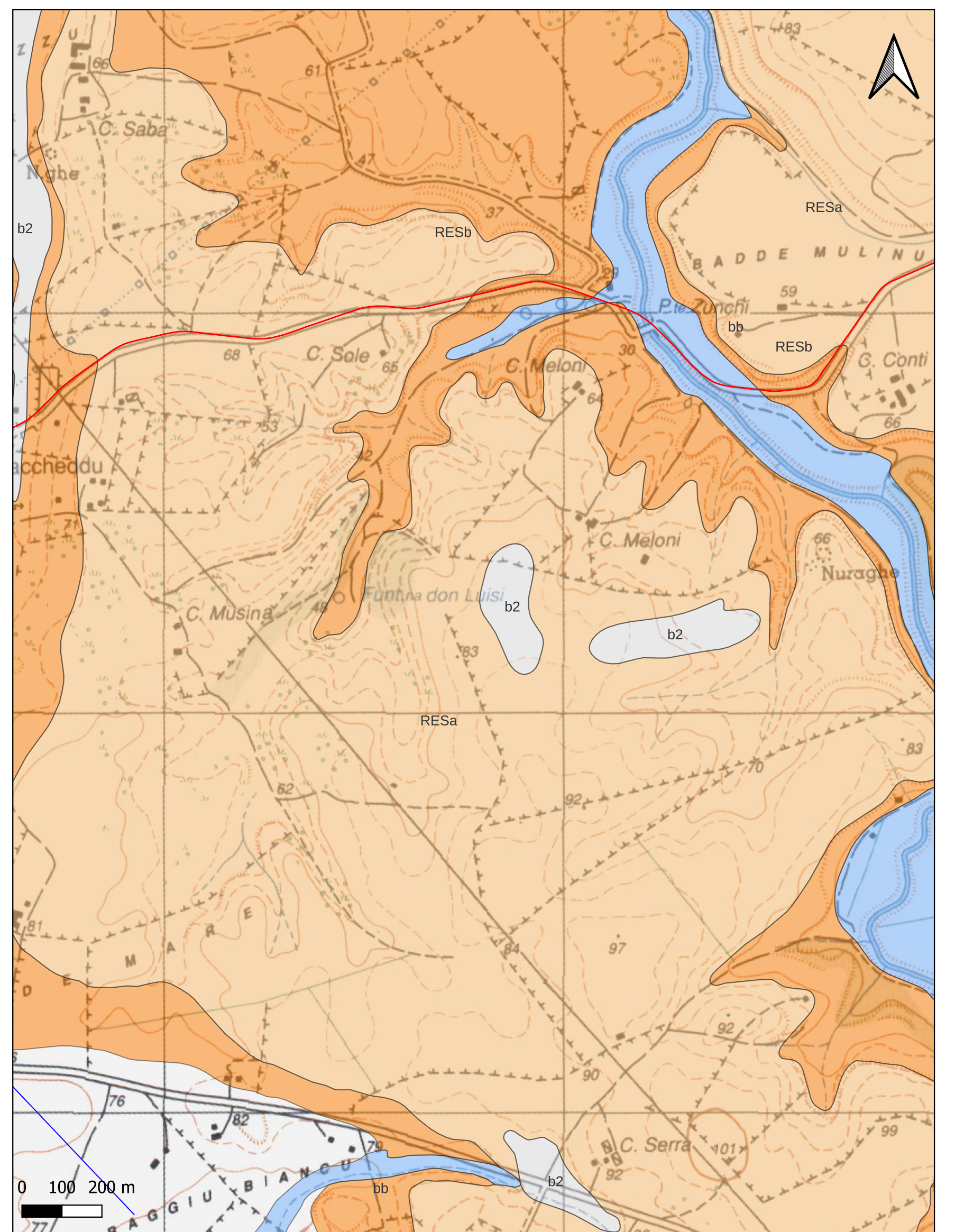
Fig. 49: panoramica stendimento MASW su area “stazione elettrica”.

Appendice 03
Elaborati cartografici

C05_01 - CARTA GEOLITOLOGICA



Dettaglio attraversamento Rio d'Ottava - Scala 1:10.000



Dettaglio attraversamento Rio Mannu - Scala 1:10.000

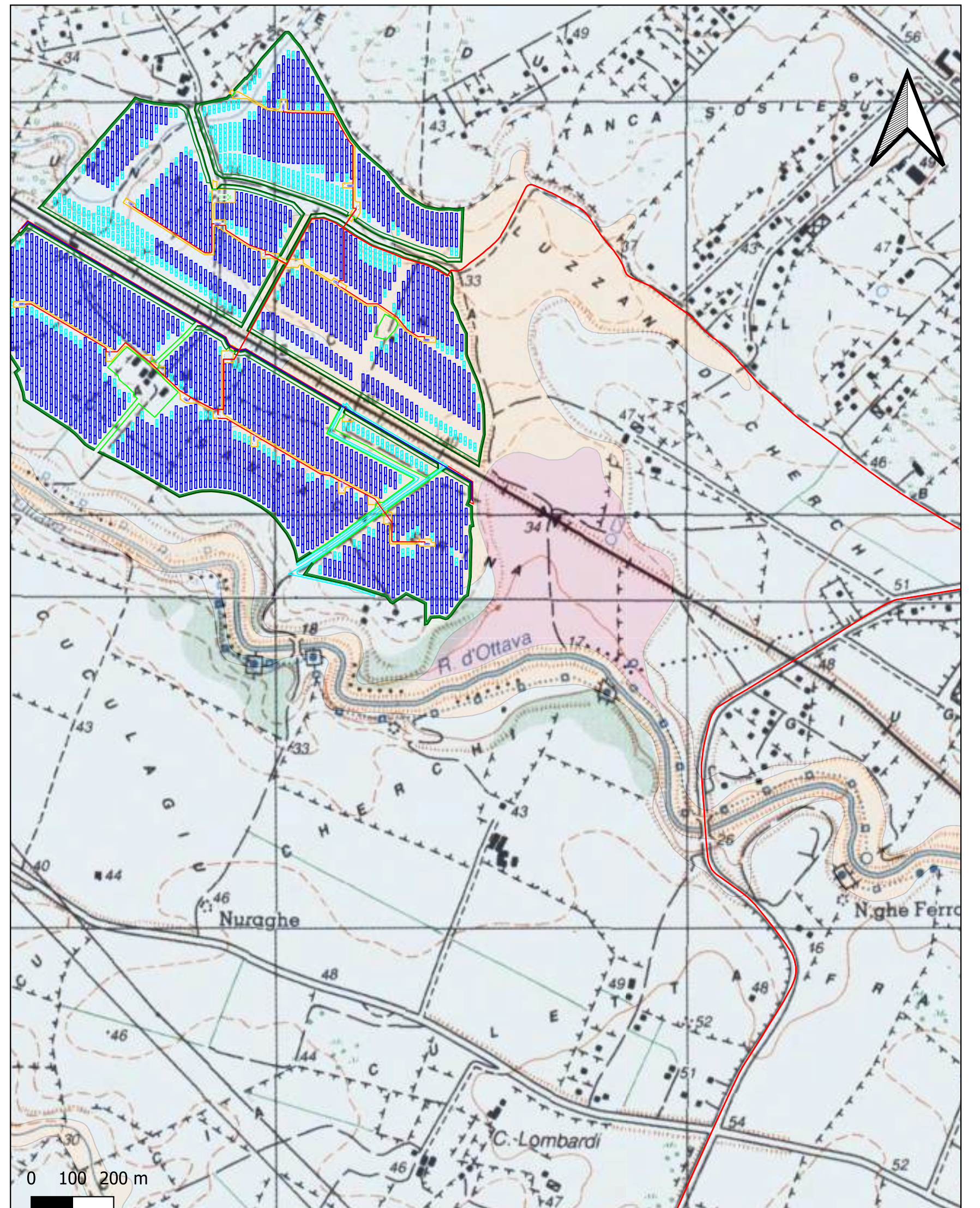
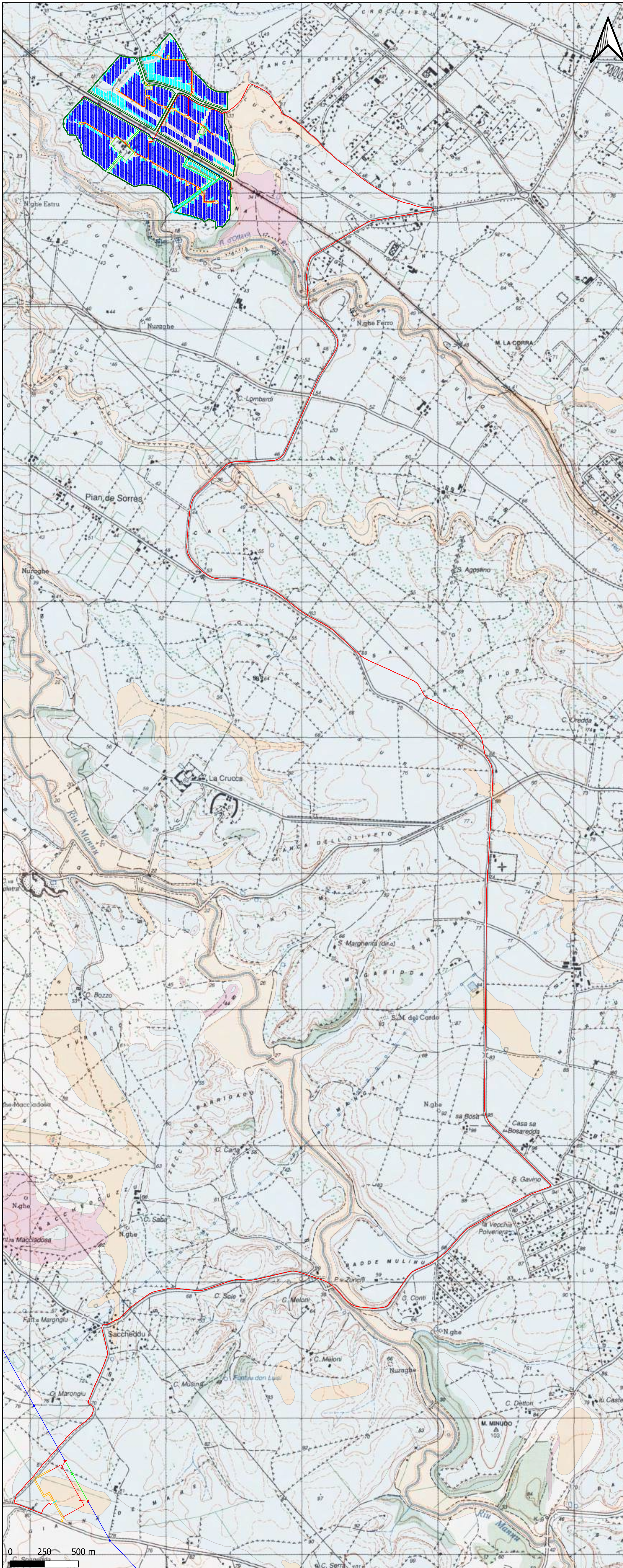
LEGENDA

geologiaAreali2008

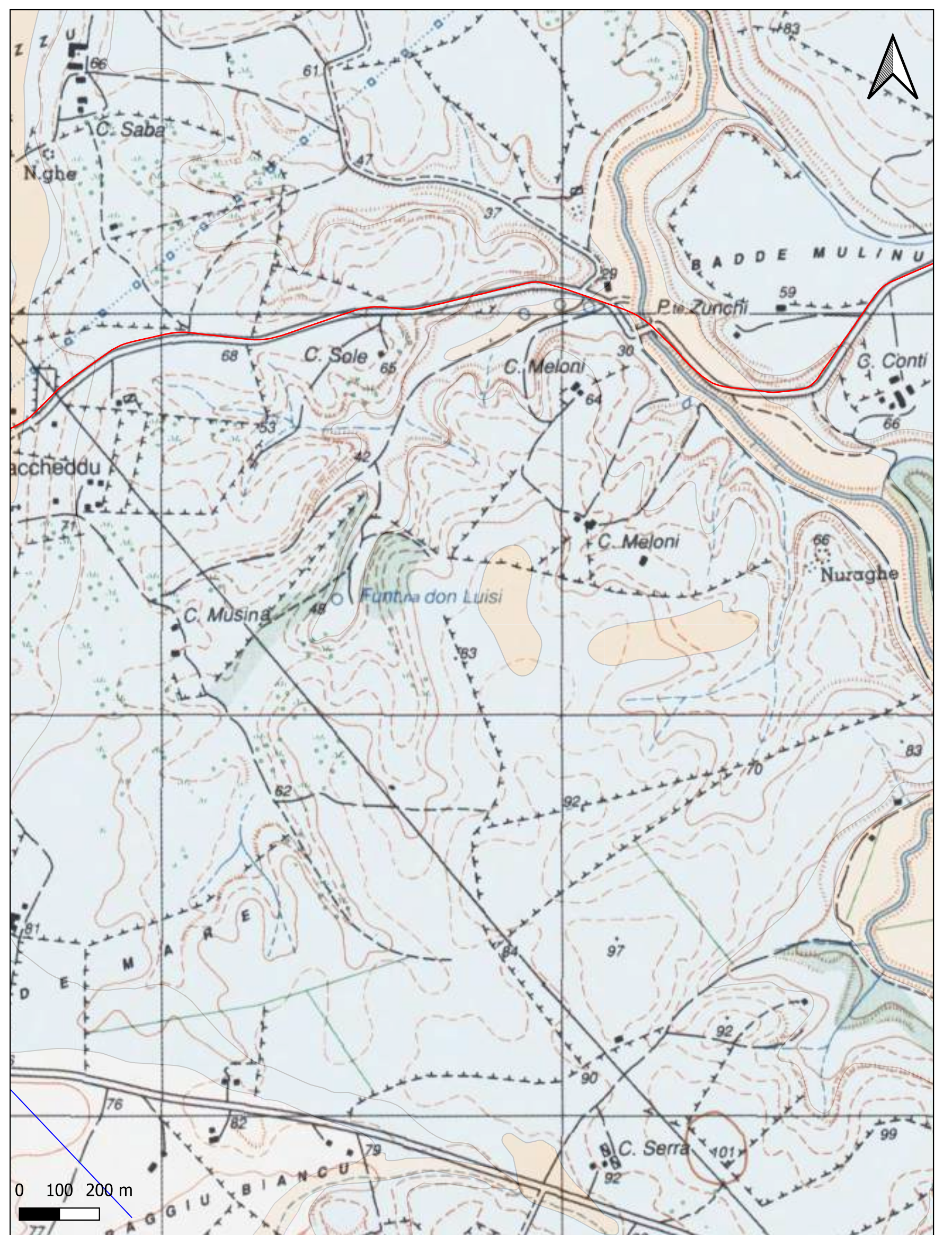
- b: Coltri eluviali
- b2: Coltri colluviali
- ba: Depositi alluvionali. Ghiaie da grossolane a medie
- bb: Depositi alluvionali. Sabbie con subordinati limi e argille
- CZS: Unità di Candelazzo: depositi di flusso piroclastico
- PRJ: UNITA' DI PUNTA RUJA: depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica
- RESa: FORMAZIONE DI MORES. Calcareniti, calcari bioclastici fossiliferi.
- RESb: FORMAZIONE DI MORES. arenarie e conglomerati

IGM25000

C05_02 - CARTA GEOMORFOLOGICA



Dettaglio attraversamento Rio D'Ottava - Scala 1:10.000

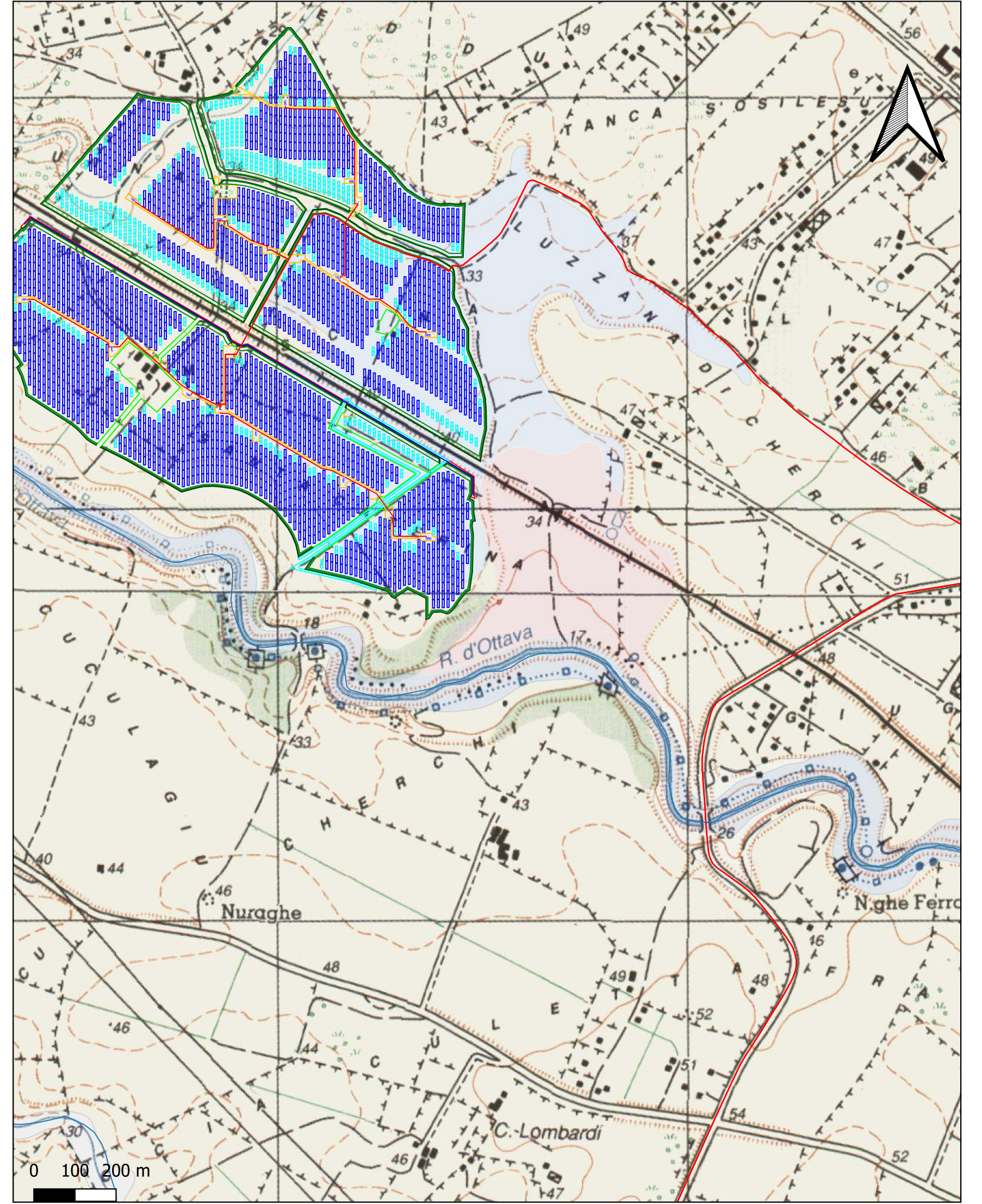
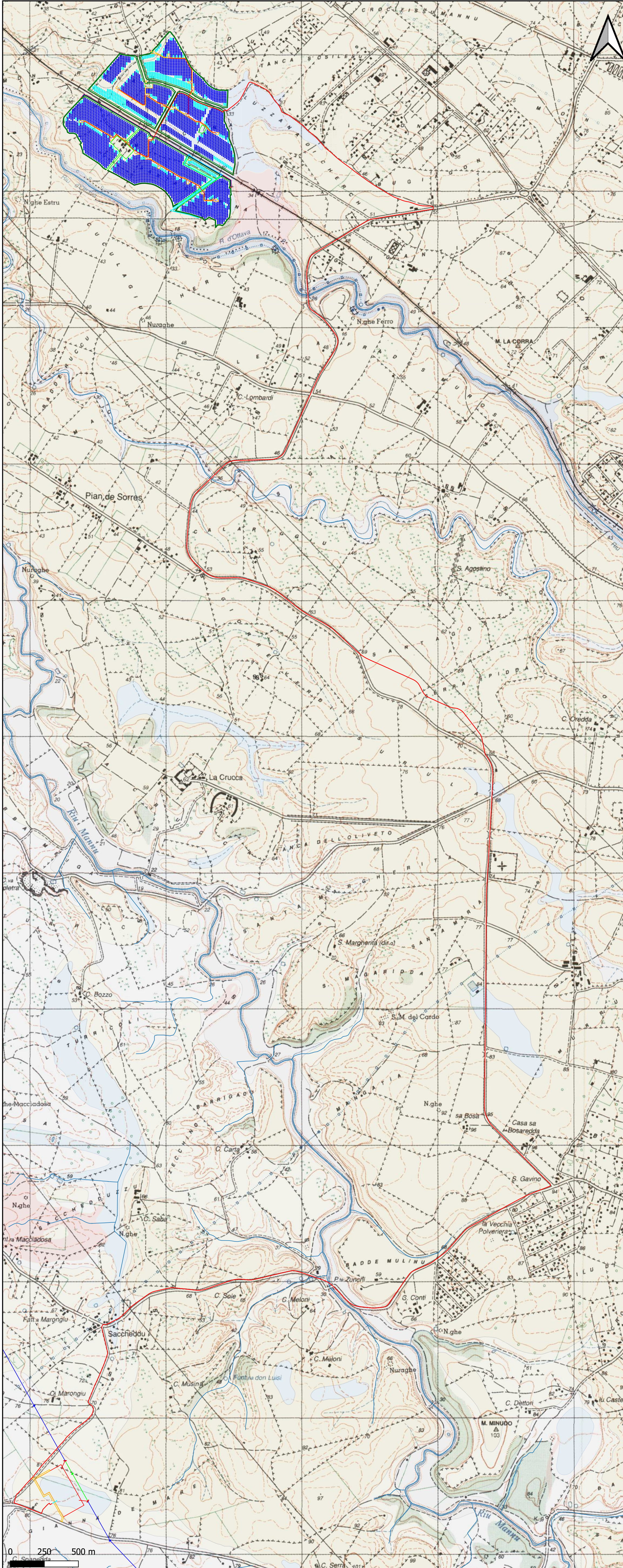


Dettaglio attraversamento Rio Mannu - Scala 1:10.000

LEGENDA

- Materiali della copertura detritica eluvio colluviali
- Depositi alluvionali
- Rocce prevalentemente calcaree
- Rocce effusive

C05_03 - CARTA IDROGEOLOGICA



Dettaglio attraversamento Rio D'Ottava - Scala 1:10.000

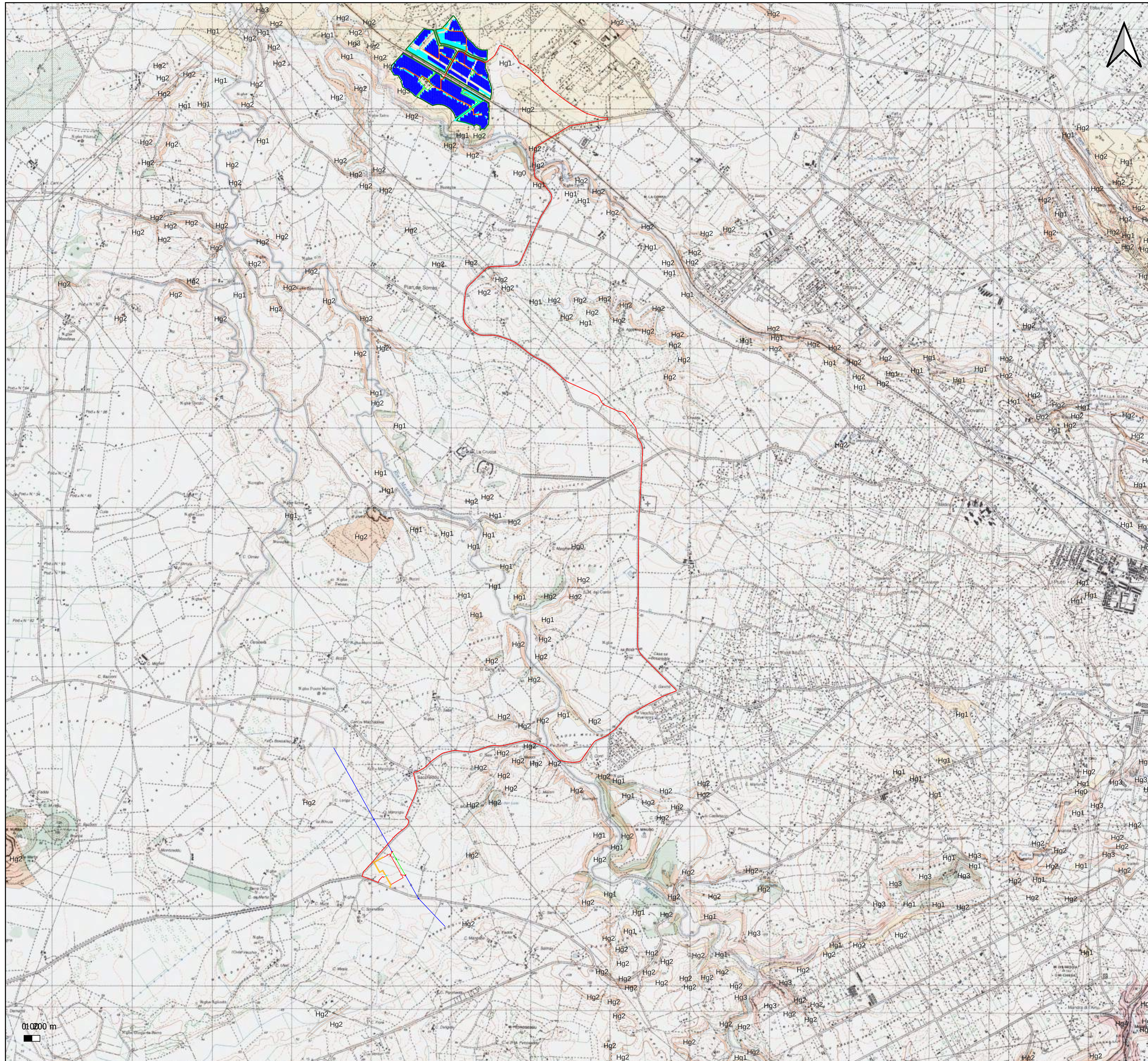


Dettaglio attraversamento Rio Mannu - Scala 1:10.000

LEGENDA

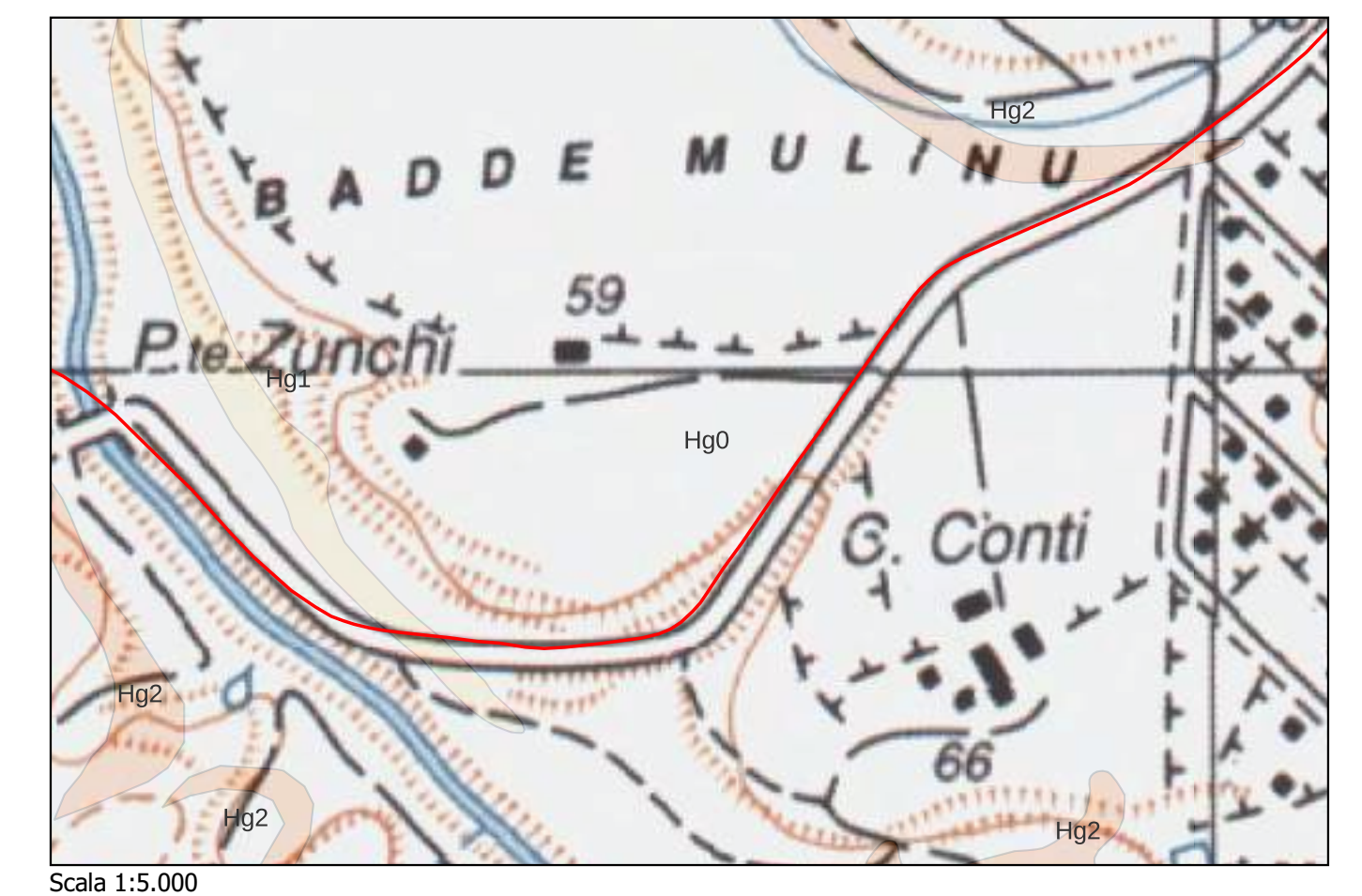
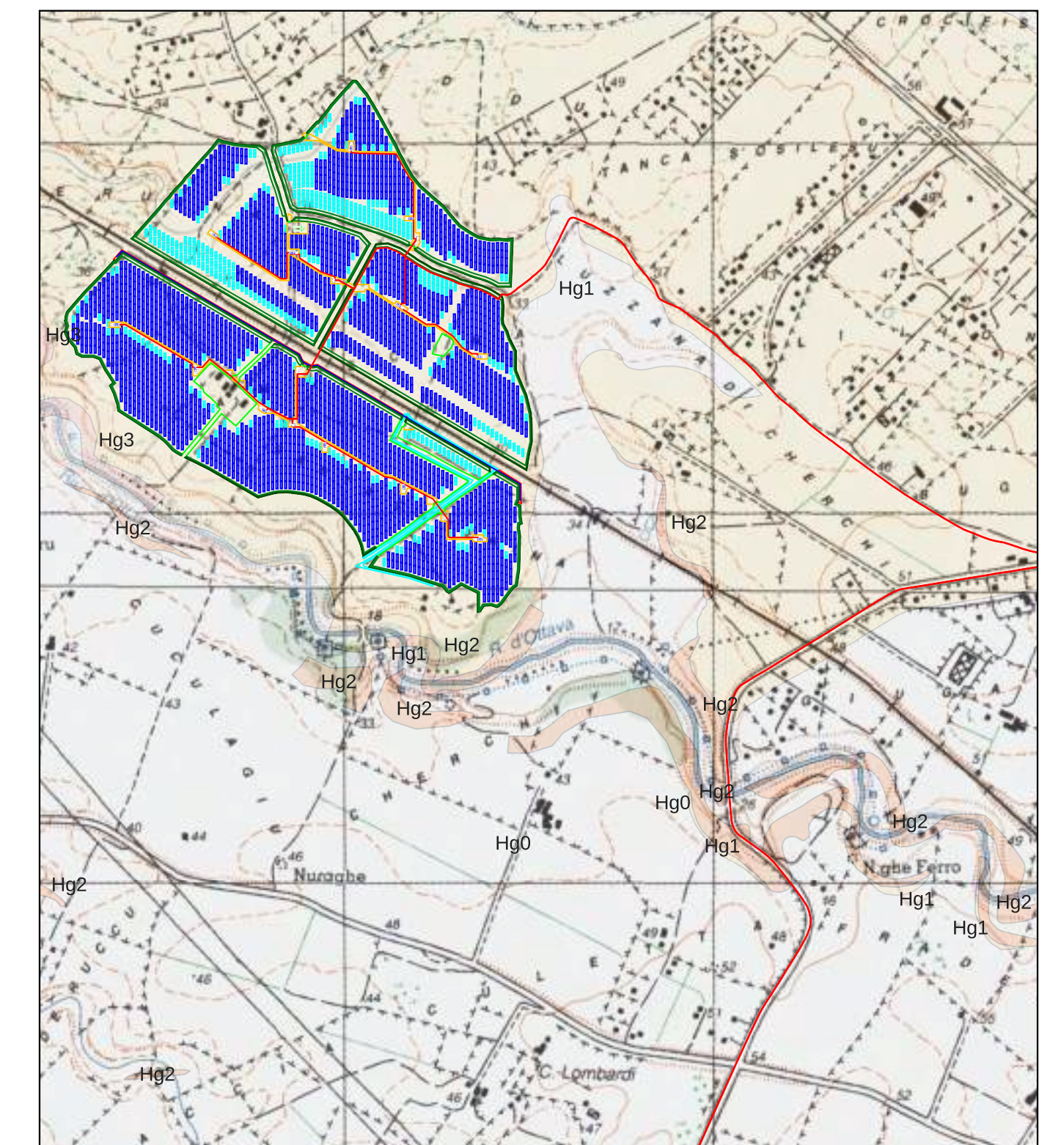
- Unità detritica Carbonatica quaternaria
- Unità delle alluvioni Plioquaternarie
- Unità detritica Carbonatica Oligo-Miocenica sup.
- Unità detritica Carbonatica Oligo-Miocenica sup.
- Unità delle vulcaniti Oligo-Mioceniche

C05_4 CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA - Scala 1:25.000

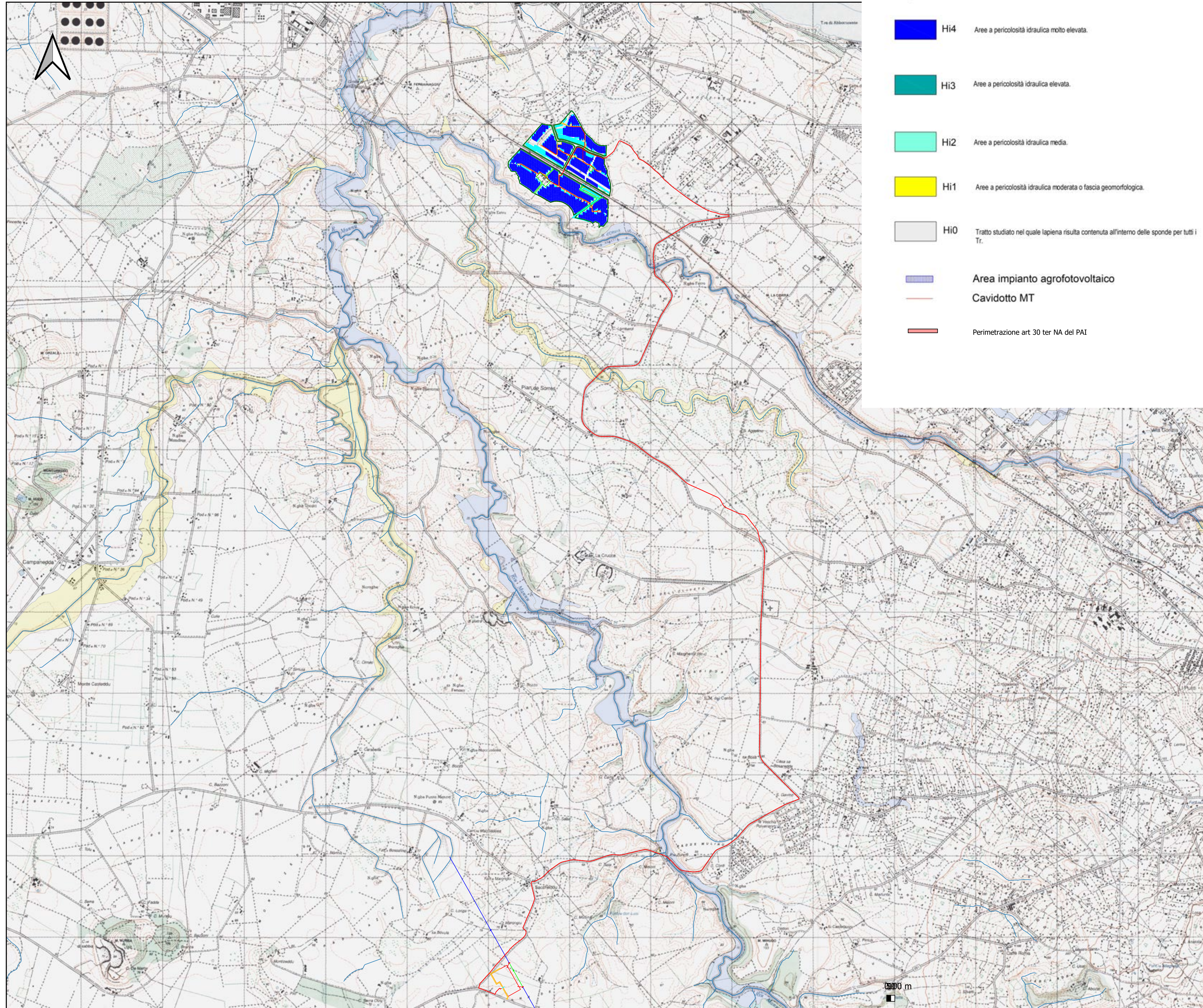


Legenda

- Hg4** Zone in cui sono presentifrane attive, continue stagionali; zone in cui è prevista l'espansione areale di una frana attiva; zone in cui sono presenti evidenze geomorfologiche di movimenti incipienti.
- Hg3** Zone in cui sono presenti frane quiescenti per la cui riattivazione ci si aspettano presumibilmente tempi pluriennali o pluridecennali; zone di possibile espansione areale delle frane attualmente quiescenti; zone in cui sono presenti indizi geomorfologici di instabilità dei versanti e in cui si possono verificare frane di neoformazione presumibilmente in un intervallo di tempo pluriennale o pluridecennale
- Hg2** Zone in cui sono presenti solo frane stabilizzate non più riattivabili nelle condizioni climatiche attuali a meno di interventi antropici (assetti di equilibrio raggiunti naturalmente o mediante interventi di consolidamento) zone in cui esistono condizioni geologiche e morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti ma prive al momento di indicazioni morfologiche di movimenti gravitativi
- Hg1** I fenomeni franosi presenti o potenziali sono marginali.
- Hg0** Aree in cui non sono stati evidenziati potenziali fenomeni franosi.
- Area impianto agrofotovoltaico**
- Cavidotto MT**



C05_5 - CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA - Scala 1:25.000

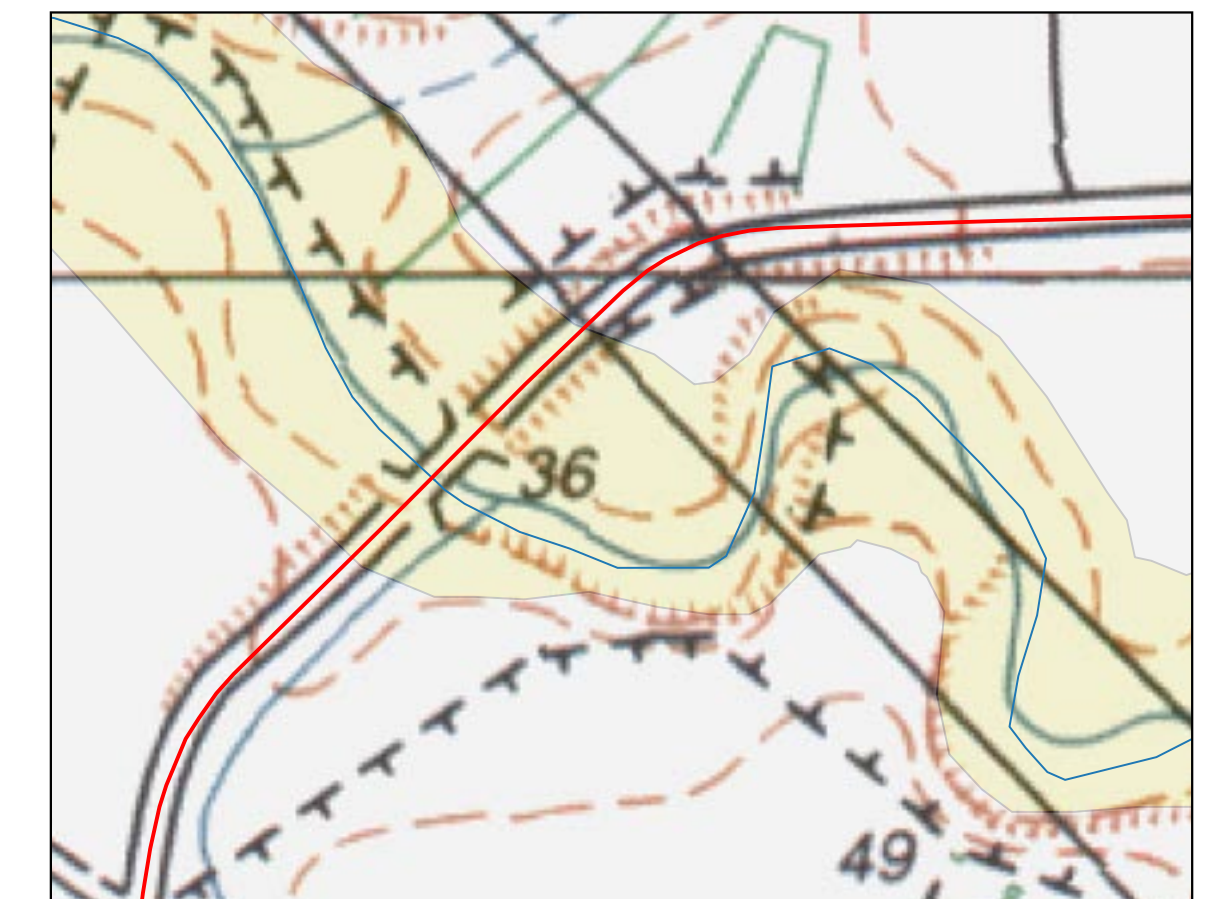


Legenda

- Hi4 Aree a pericolosità idraulica molto elevata.
- Hi3 Aree a pericolosità idraulica elevata.
- Hi2 Aree a pericolosità idraulica media.
- Hi1 Aree a pericolosità idraulica moderata o fascia geomorfologica.
- Hi0 Tratto studiato nel quale l'apenia risulta contenuta all'interno delle sponde per tutti i Tr.
- Area impianto agrofotovoltaico
- Caviddo MT
- Perimetrazione art 30 ter NA del PAI



Attraversamento Rio D'Ottava - Scala 1:4.000



Attraversamento affluente Rio D'Ottava - Scala 1:4.000



Staffaggio sul ponte ad attraversamento Rio Mannu - Scala 1:4.000