



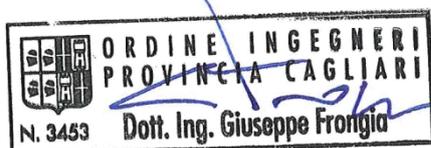
PROGETTO DI COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN
IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 75 MW
DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI UTA
DENOMINATO "MADAGOCCU"

RELAZIONE GEOTECNICA

Rev. 0.0

Data: Settembre 2023

REU-AVU-RP4-1



Committente:

REPSOL UTA S.r.l.
Via Michele Mercati 39
00197 – Roma (RM)
C. F. e P. IVA: 16699301004
PEC: repsoluta@pec.it

Incaricato:

Queequeg Renewables, ltd
2nd Floor, the Works,
14 Turnham Green Terrace Mews,
W41QU London (UK)
Company number: 11780524
email: mail@quren.co.uk

Progettazione e SIA:

I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l.



www.iatprogetti.it

PROGETTAZIONE:

I.A.T. Consulenza e Progetti S.r.l.

Ing. Giuseppe Frongia (Direttore Tecnico)

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

Ing. Giuseppe Frongia (Coordinatore e responsabile)

Ing. Marianna Barbarino

Ing. Enrica Batzella

Dott. Pian. Andrea Cappai

Ing. Paolo Desogus

Pian. Terr. Veronica Fais

Dott. Fabio Mancosu

Ing. Gianluca Melis

Dott. Fabrizio Murru

Ing. Andrea Onnis

Pian. Terr. Eleonora Re

Ing. Elisa Roych

Ing. Marco Utzeri

COLLABORAZIONI SPECIALISTICHE:

Verifiche strutturali: Ing. Gianfranco Corda

Aspetti geologici e geotecnici: Dott. Geol. Maria Francesca Lobina

Aspetti faunistici: Dott. Nat. Maurizio Medda

Acustica: Ing. Antonio Dedoni

Aspetti floristico-vegetazionali: Agr. Dott. Nat. Fabio Schirru

Aspetti agronomici: Agr. Dott. Nat. Federico Corona

Aspetti archeologici: Dott. Matteo Tatti e Dott.ssa Alice Nozza

SOMMARIO

1	GENERALITÀ.....	4
1.1	Premessa.....	4
1.2	Normativa di riferimento e relative prescrizioni	4
1.3	Inquadramento topografico e territoriale.....	6
1.4	Descrizione sommaria degli interventi in progetto.....	10
2	MODELLO GEOTECNICO.....	13
2.1	Assetto litostratigrafico locale	13
2.2	Stratigrafia del sottosuolo.....	13
2.3	Aspetti sismici	15
2.4	Assetto idrogeologico	15
2.5	Parametrizzazione geotecnica preliminare.....	16
2.6	Stima della capacità portante	18
2.7	Suscettibilità alla liquefazione.....	18
3	CONCLUSIONI.....	19

1 GENERALITÀ

1.1 Premessa

La società Repsol Uta S.r.l., d’ora in avanti il proponente, intende realizzare un impianto agrivoltaico in agro di Uta (Città Metropolitana di Cagliari).

In tale ambito, la scrivente geologa *Dott.ssa MARIA FRANCESCA LOBINA*⁽¹⁾ ha proceduto, su mandato della società di ingegneria I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l. incaricata della progettazione, alla stesura del presente elaborato, quale corredo obbligatorio degli elaborati ai fini del conseguimento del titolo autorizzativo.

Gli argomenti sviluppati in questa sede hanno come base informativa i rilievi diretti nel settore di intervento ed in pozzetti stratigrafici all’uopo eseguiti, oadiuvati da dati in possesso dello scrivente, acquisiti in occasione di indagini geognostiche condotte nelle immediate vicinanze per varie iniziative edilizie, nonché da altre informazioni ricavate dalla letteratura geologica internazionale e dalla cartografia geotematica estratta dal geoportale regionale.

In questa sede la trattazione è incentrata sulla descrizione del modello geotecnico a supporto della progettazione strutturale ed in particolare dell’analisi dell’interazione opera-terreno. La finalità è stata quindi quella di fornire gli elementi per definire il comportamento meccanico del volume significativo di terreno influenzato, direttamente o indirettamente, dall’intervento.

Ciò anche al fine di poter predisporre il programma di indagini più consono ad approfondire e meglio specificare alcuni aspetti di dettaglio necessari a supportare adeguatamente la successiva fase di progettazione in relazione alla natura dell’intervento e dell’assetto geologico s.l. e geotecnico dei luoghi.

1.2 Normativa di riferimento e relative prescrizioni

La normativa vigente in materia a cui si è fatto riferimento per lo svolgimento degli studi e la compilazione del presente documento tecnico è la seguente:

- Circolare C.S. LL.PP. n. 7 del 21.01.2019 «Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni» di cui al D.M. 17.01.2018»;
- D.M. 17.01.2018 «Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni»;
- Ordinanza P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006 «Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone»;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316 del 02.10.2003 «Modifiche ed integrazioni all’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003»;

(1) Albo Geologi della Regione Sardegna N. 222 – Sezione A.

-
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003 «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica»;
 - Legge n. 64 del 02.02.1974 «Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche», che prevede l'obbligatorietà dell'applicazione per tutte le opere, pubbliche e private, delle norme tecniche che saranno fissate con successivi decreti del Ministero per il Lavori Pubblici.

1.3 Inquadramento topografico e territoriale

L'areale che ospiterà il parco agrivoltaico è ubicato nella Sardegna meridionale e precisamente nella subregione del Campidano di Cagliari entro le pertinenze del Comune di Uta (Città Metropolitana di Cagliari). Si svilupperà entro una fascia di circa 3 km in direzione WSW-ENE e larga approssimativamente 1 km, che comprende, da ovest verso est, le località *Bega S'Isca de Pingiada, Meda Goccu, Planu de Monte Arrexì e Is Begas*.

Il cavodotto a servizio si estenderà fino al territorio del Comune di Assemini. Il suo tracciato sarà coincidente con quello delle strade vicinali a servizio delle aziende agricole della zona per poi svilupparsi in adiacenza alla strada provinciale S.P. N. 2 e poi alla Strada Consortile di Macchiareddu fino alla stazione elettrica Futura SE RTN 380-150-36 kV in località *Pixina Gravas*.

I riferimenti cartografici sono rappresentati da:

- Foglio 556 "ASSEMINI" dell'I.G.M.I. [scala 1:50.000]
- Sez. 556-II "ASSEMINI" dell'I.G.M.I. [scala 1:25.000]
- Sez. 556110 "CADAU" della C.T.R. [scala 1:10.000]
- Sez. 538120 "ASSEMINI" della C.T.R. [scala 1:10.000]
- Sez. 538150 "PUNTA SU NARBONI" della C.T.R. [scala 1:10.000]
- Sez. 538160 "AZ. AGRICOLA PLANEMESU" della C.T.R. [scala 1:10.000]

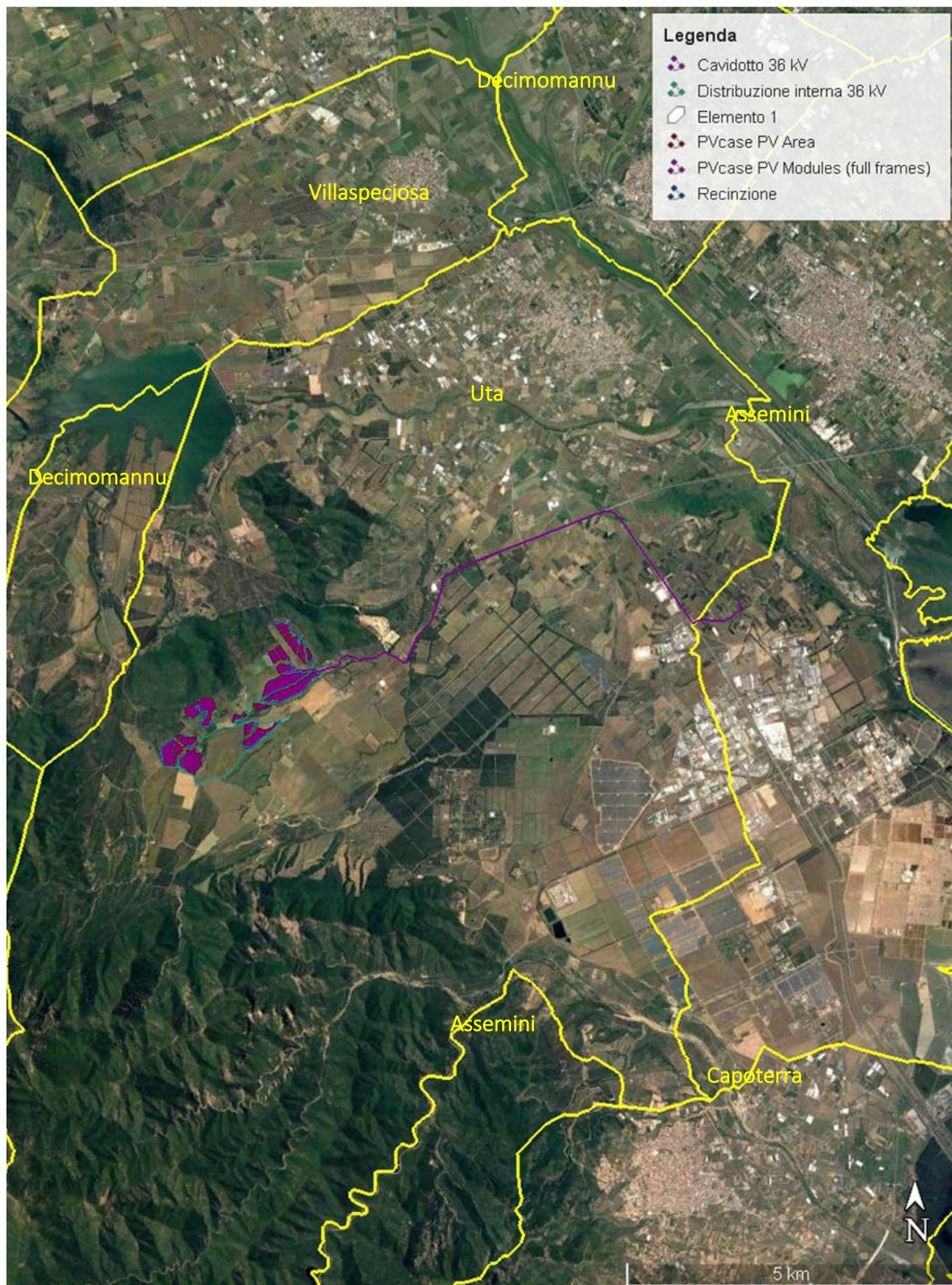


Figura 1.1 – Pertinenze amministrative dell’area del parco agrivoltaico e del suo intorno su immagine satellitare (Google Earth).

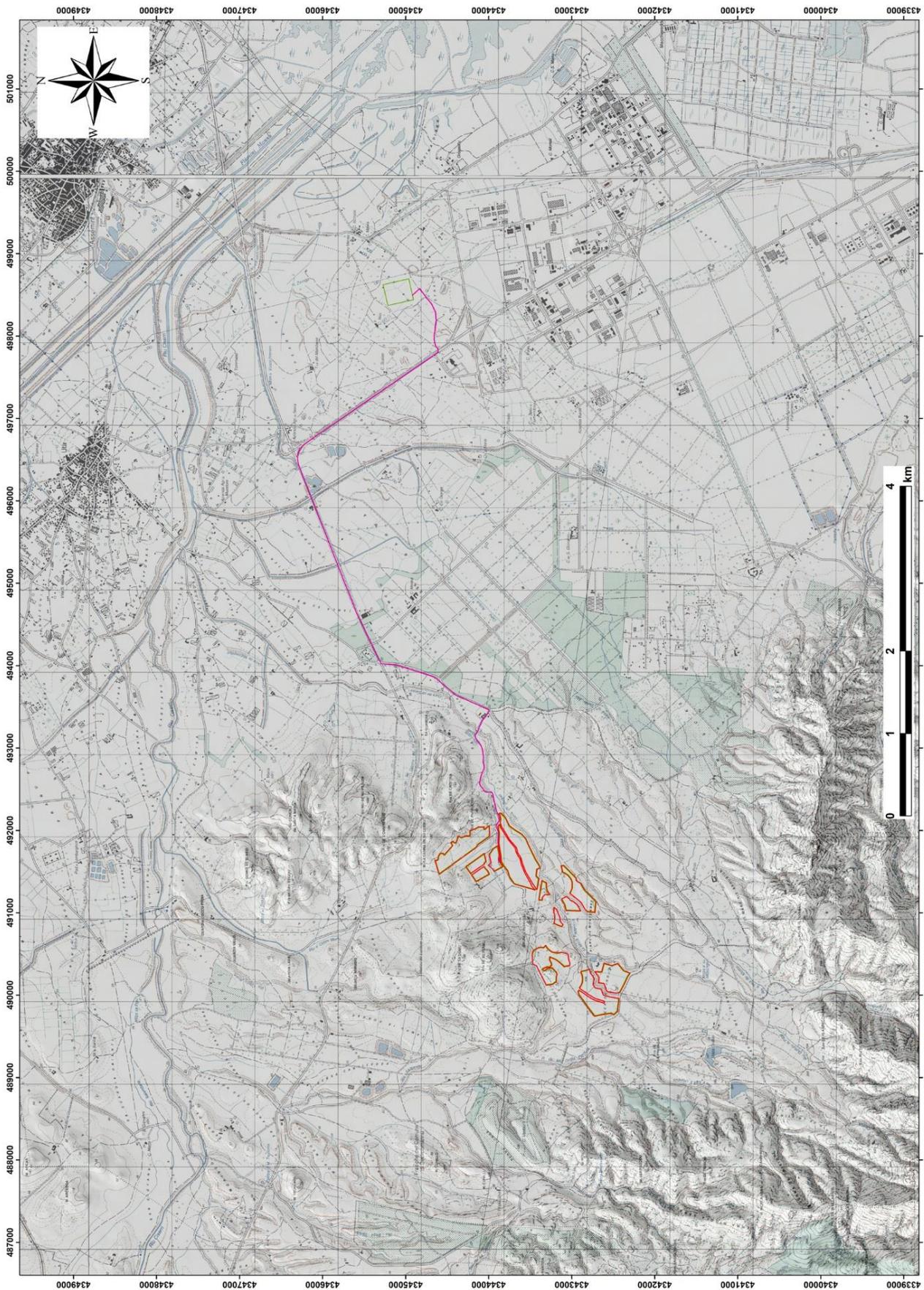


Figura 1.2 – Inquadramento topografico su stralcio I.G.M.I. 1:25.000, fuori scala.



Figura 1.3 – Inquadramento topografico su stralcio C.T.R. 1:10.000, fuori scala.

1.4 Descrizione sommaria degli interventi in progetto

È prevista l'installazione di un impianto agrivoltaico in agro del comune di Uta che avrà una potenza complessiva in immissione di 75,0 MW_{AC}, valore ottenuto dalla somma delle potenze nominali dei singoli inverter (potenza nominale lato DC pari a 81,803 MW_P), e comprenderà n. 1617 inseguitori solari (di seguito *tracker*) monoassiali di cui: n. 217 da 2x13 moduli FV, n. 222 da 2x26 moduli FV e n.1178 da 2x39 moduli FV.

Il campo solare sarà suddiviso elettricamente in n. 5 blocchi di potenza (sottocampi), la cui energia prodotta in corrente continua verrà convogliata agli inverter, distribuiti all'interno dell'impianto, al fine di essere convertita in alternata ed essere resa disponibile alle cabine di trasformazione equipaggiate di trasformatori elevatori da 1,0 MW e 3,0 MW. All'interno di suddette cabine la tensione verrà elevata dal livello di 800 V (Bassa Tensione) al livello di 36 kV prima del successivo vettoriamento dell'energia al succitato punto di connessione alla RTN.

In questa sede al fine di descrivere in dettaglio la variabilità delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del sito in analisi, l'area interessata dal Progetto è stata divisa in 7 settori (Figura 1.5), nominati con lettere maiuscole in ordine progressivo da ovest verso est.

La viabilità di accesso al sito prevista è composta da strade statali, provinciali e comunali. La viabilità esistente è per lo più in condizioni idonee, e saranno necessari adeguamenti solo nell'ultimo tratto di accesso al sito di progetto, limitando gli interventi a modifiche temporanee del tracciato per permettere il transito in sicurezza delle componenti e dei mezzi.

Per ulteriori specifiche si rimanda agli elaborati tecnici di progetto.

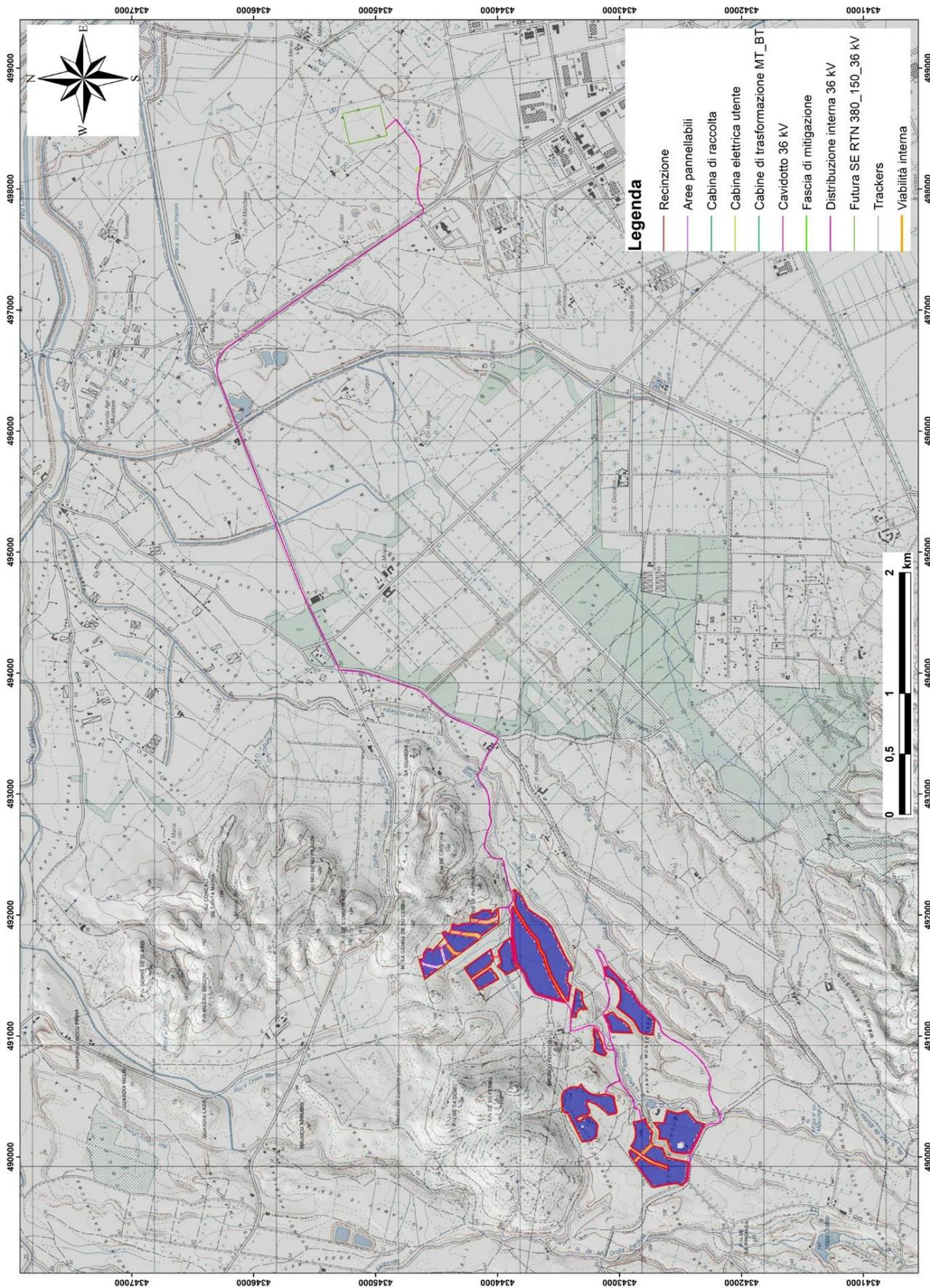


Figura 1.4 — Schema del progetto su stralcio IGMI 1:25.000, fuori scala.

2 MODELLO GEOTECNICO

2.1 Assetto litostratigrafico locale

L’areale interessato dalle opere in progetto vede l’affioramento di sedimenti di ambiente continentale di età prevalentemente oligocenica riferibili alla Formazione del Cixerri [CIX] e di lave e corpi subvulcanici oligocenici a composizione andesitica-dacitica afferenti all’Unità di Monte sa Pibionada [PBN]. Il basamento paleozoico su cui poggiano le litologie terziarie, affiorante nel settore nord-orientale del parco agrivoltaico in progetto, è costituito da metapeliti e metarenarie cambro-ordoviciane della Formazione delle Arenarie di San Vito [SVI].

È ragionevole ipotizzare che, laddove non affiora direttamente, questo basamento metamorfico soggiaccia a profondità decametriche-ettometriche al di sotto dei corpi sedimentari e vulcanici cenozoici. Il settore meridionale dell’area di interesse si caratterizza per il diffuso affioramento di conoidi alluvionali di spessore decametrico del Pleistocene superiore, riconducibili al Subsistema di Portoscuso [PVM2a]. Lungo le fasce fluviali dominano i depositi alluvionali olocenici sia attuali [b] che terrazzati [bn].

Sebbene non presenti nella cartografia geologica in ragione degli esigui spessori, si rinvengono sovente le coltri colluviali [b2] riferibili perlopiù all’Olocene.

A partire dalle unità litostratigrafiche più recenti con riferimento alla simbologia ufficiale della cartografia geologica edita dall’APAT, integrata da ulteriori informazioni provenienti dai rilievi in situ, nell’area vasta sono state distinte le seguenti unità (non tutte affioranti):

h1	Depositi antropici	[Attuale]
b2	Coltri eluvio-colluviali	[Olocene]
b	Alluvioni attuali e recenti	[Olocene]
bn	Alluvioni terrazzate	[Olocene]
e5	Depositi lacustri	[Olocene]
PVM2a	Subsistema di Portoscuso	[Pleistocene]
PBN	Andesiti di Monte Pibionada	[Oligocene superiore]
CIX	Formazione del Cixerri	[Oligocene – Aquitaniano]
VLD	Unità Intrusiva di Villacidro	[Carbonifero superiore – Permiano]
SVI	Formazione delle Arenarie di San Vito	[Cambriano – Ordoviciano]

2.2 Stratigrafia del sottosuolo

Sulla base di quanto emerso dai rilievi di superficie, il sottosuolo dei siti designati per l’installazione dell’impianto agrivoltaico è in gran parte eterogeneo, in quanto contraddistinto da un sottile spessore di detriti

eluvio-colluviali in parte pedogenizzati [**Strato LL_A**] che copre alternativamente diverse litologie di seguito descritte in ordine stratigrafico dall'alto verso il basso.

La coltre terrigena ricopre sovente un substrato alluvionale olocenico di spessore metrico [**Strato LL_B1**] o più antico di spessore plurimetrico o decametrico afferente al Subsistema di Portoscuso [**Strato LL_C**] che costituisce l'ossatura dei terrazzamenti su cui è prevista una parte dell'impianto agrivoltaico in progetto.

Sotto di questo deposito, che rappresenta un fan alluvionale di età pleistocenica alimentato dai rilievi miocenici e paleozoici che contornano la valle, si trovano lave e corpi subvulcanici litoidi di età oligocenica a composizione andesitico-dacitica [**Strato LL_D**], localmente affioranti nell'area di intervento.

Il basamento litoide profondo è rappresentato da metarenarie e metapeliti foliate afferenti alla Formazione delle Arenarie di San Vito [**Strato LL_E**] che, nel settore nord-orientale dell'areale di intervento, si rinvencono pressochè a partire dal piano di campagna.

La sequenza stratigrafica locale è stata ricondotta alla sovrapposizione dei seguenti strati a partire dall'alto:

LL_A	Suoli e colluvi limo-argillosi	[Attuale]
LL_B1	Depositi alluvionali ghiaiosi recenti	[Olocene]
LL_B2	Depositi alluvionali ghiaiosi antichi	[Pleistocene]
LL_C	Basamento vulcanico da alterato a litoide	[Oligocene superiore]
LL_D	Basamento metamorfico da alterato a litoide	[Cambriano-Ordoviciano]

2.3 Aspetti sismici

Il sito specifico, così come tutto il territorio regionale ricade in **Zona 4**, contraddistinto da «pericolosità sismica BASSA» a cui corrisponde la normativa antisismica meno severa ed al parametro **ag** è assegnato un valore di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) compreso tra **0,025÷0,05 g** da adottare nella progettazione.

Dal *database* del progetto ITHACA (*ITaly HAZard from CAPable faults*) si riscontra che il sito di intervento ricade in prossimità di un allineamento tettonico attivo ("faglia capace") che potenzialmente può creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche. Stante la scarsissima attività di tale faglia in tempi storici si può escludere un'eventuale interazione con le opere in progetto.

Seppur senza il conforto di riscontri sperimentali diretti se non riferibili a contesti geologici analoghi, può essere indicativamente adottata una **categoria di sottosuolo di tipo "C"** che comprende «*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine 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*».

2.4 Assetto idrogeologico

L'assetto idrogeologico dell'area è condizionato dalla presenza di depositi alluvionali da pleistocenici ad attuali, caratterizzati da permeabilità da medio-alta a meno di condizioni locali legate alla presenza di lenti di argille entro le quali la circolazione idrica potrebbe essere localmente inibita.

La circolazione delle acque di falda si concentra nei depositi conglomeratici pleistocenici e in particolare al contatto con il sottostante substrato vulcanico e metamorfico a profondità decametrica.

Nell'area vasta sono presenti dei laghetti artificiali, scavati all'interno dei depositi alluvionali terrazzati, la cui superficie è posta circa 2 m al di sotto del piano di campagna circostante testimoniando la probabile presenza di una falda idrica a tale profondità in corrispondenza delle valli alluvionali.

In ragione dell'estensione dell'acquifero rispetto alla dimensione delle opere di fondazione, non sussistono i presupposti che comportino una significativa influenza di tali opere sulla qualità e sulla dinamica della acque sotterranee.

2.5 Parametrizzazione geotecnica preliminare

Indicando con LT “strato litotecnico” che comprende uno o più strati litologici, la successione litotecnica adottata è la seguente:

LT_A	Suoli e colluvi limo-argillosi
LT_B	Depositi alluvionali ghiaiosi
LT_C	Substrato roccioso da alterato a litoide

LT_A – Suoli e colluvi limo-argillosi

Spessore min 0,50 m

Spessore max 2,00 m

Colluvio limo-argilloso, pedogenizzato nella parte superiore, talvolta con noduli carbonatici, asciutto, consistente per effetto della temporanea essiccazione.

Test condotti su terreni simili per altre iniziative edilizie al contorno ascrivono queste terre al gruppo A₇₋₆ «Argille fortemente compressibili e fortemente plastiche» della Classificazione CNR-UNI 10006 e CL della Classificazione USCS «Argille inorganiche di medio-bassa plasticità; argille limose».

Dal punto di vista applicativo questi terreni hanno caratteristiche geotecniche scadenti, tali da non fornire un piano di fondazione sufficientemente performante per cui se ne dovrà prevedere il superamento.

Parametri geotecnici indicativi:

- Peso di volume naturale $\gamma_{nat} = 16,50 \div 17,00 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di resistenza al taglio $\varphi = 15 \div 18^\circ$
- Coesione non drenata $c_u = 0,10 \div 0,20 \text{ daN/cm}^2$
- Modulo edometrico $E_{ed} = 40 \div 50 \text{ daN/cm}^2$

LT_B – Depositi alluvionali sciolti prevalentemente conglomeratici

Spessore min 3,00 m

Spessore max 20,00 m

Ghiaie costituite da elementi clastici di vulcaniti mioceniche e metarenarie e metapeliti paleozoiche in matrice sabbiosa, da sciolti a pseudocementati, da umidi a saturi.

Parametri geotecnici indicativi:

- Peso di volume naturale $\gamma_{nat} = 19,00 \div 20,00 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di resistenza al taglio $\varphi = 30 \div 33^\circ$
- Coesione $c = 0,30 \div 0,75 \text{ daN/cm}^2$
- Modulo di comprimibilità $E > 350 \div 500 \text{ daN/cm}^2$

LT_C – Substrato roccioso da alterato a litoide

Per gli obiettivi del presente lavoro sotto questa unità sono state comprese sia le rocce vulcaniche che quelle metamorfiche, alterati in sommità e progressivamente compatti.

Parametri geotecnici indicativi:

	– Peso di volume naturale	$\gamma_{nat} = 24,00 \div 26,00 \text{ kN/m}^3$
Gli	– Angolo di resistenza al taglio	$\varphi = 25 \div 30^\circ$
altri	– Coesione	$c = 1,50 \text{ daN/cm}^2$
	– Modulo di comprimibilità	$E = 800 \div 1000 \text{ daN/cm}^2$

parametri che si possono assumere indicativamente in sede di verifiche sono:

- zona sismica **IV**
- Categoria di sottosuolo **A, B o C** dipende dal settore
- Coefficiente di amplificazione sismica **T1**
- Accelerazione massima **$ag/g = 0,0588$**

2.6 Stima della capacità portante

A causa della marcata frazione argillosa che predispone il sedimento a rigonfiamento e contrazione con il variare del grado di umidità, le caratteristiche geotecniche della copertura terrigena, allo stato attuale delle conoscenze, pongono limitazioni nella scelta della tipologia fondale.

Si potranno prevedere fondazioni dirette solo nel substrato detritico alluvionale [Strato LT_B] o su quello litoide vulcanico o metamorfico [Strato LT_C], fatti salvi i necessari accorgimenti operativi.

Fermo restando la necessità di supportare le valutazioni in questa sede con i dati provenienti dalle indagini geognostiche puntuali eseguite ad hoc, orientativamente si possono assumere valori di capacità portante dell'ordine di **1,5 daN/cm²**, senza che si manifestino cedimenti di entità apprezzabile o comunque pregiudizievoli per la stabilità delle strutture in progetto.

2.7 Suscettibilità alla liquefazione

Le N.T.C. 2018 (punto 7.11.3.4.2) prevedono che la verifica nei confronti della liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti $< 0,10$ g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c., per piano di campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella FIGURA 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in FIGURA 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Nel caso dello specifico intervento edilizio, poiché è certamente soddisfatta la condizione 1 (ricadendo il Comune di Uta in zona simica 4 ove $ag \leq 0,05$ g)

la verifica alla liquefazione può essere omessa

3 CONCLUSIONI

Il settore ove si prevede la realizzazione del Parco agrivoltaico "Madagoccu" vede la presenza prevalente di un substrato conglomeratico da poco a mediamente consolidato che soggiace a profondità presumibilmente minori di 1,00 m rispetto al piano di campagna, sormontato da una coltre decimetrica a metrica eluvio-colluviale di colore bruno talvolta rimaneggiata dalle pratiche agricole nella porzione sommitale. In alcuni settori la stessa coltre eluvio colluviale copre un substrato litoide costituito da rocce di natura vulcanica e subvulcanica o da rocce debolmente metamorfiche.

A causa della marcata frazione argillosa che predispone il sedimento a rigonfiamento e contrazione con il variare del grado di umidità, le caratteristiche geotecniche della copertura terrigena, allo stato attuale delle conoscenze, pongono limitazioni nella scelta della tipologia fondale.

Si potranno prevedere fondazioni dirette solo nel substrato detritico alluvionale [**Strato LT_B**] o su quello litoide vulcanico o metamorfico [**Strato LT_C**], fatti salvi i necessari accorgimenti operativi.

La coesione insita anche nella coltre terrigena sommitale assicura la tenuta delle pareti di scavo anche per pendenze prossime alla verticalità a medio termine (settimane) purché in condizioni asciutte. Durante la stagione piovosa potrebbero essere necessari sistemi di contenimento provvisoriale.

Per detti motivi si ritiene che nulla osti alla realizzazione dell'intervento in progetto, fatta salva l'esigenza di acquisire riscontri diretti attraverso l'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche che dovrà obbligatoriamente supportare la successiva fase progettazione. Tale campagna dovrà chiarire gli aspetti litostratigrafici ancora indefiniti e dissipare qualsiasi incertezza sulle caratteristiche litologiche del sottosuolo ed orientare la scelta della tipologia di fondazione ed il relativo dimensionamento.