



## IMPIANTO FOTOVOLTAICO CHILIVANI

COMUNE DI OZIERI (SS)

PROPONENTE

**Sarda Energy s.r.l.**  
Zona Industriale Chilivani SNC  
07014 OZIERI (SS)

IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE SOLARE  
NEL COMUNE DI OZIERI (SS)

VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

**OGGETTO:**  
Relazione pedo-agronomica

CODICE ELABORATO

VIA-R04

COORDINAMENTO

Studio Tecnico Dott. Ing Bruno Manca

GRUPPO DI LAVORO S.I.A.

Dott. Giulio Casu  
Dott. Arch. Fabrizio Delussu  
Dott.ssa Ing. Silvia Exana  
Fad System Srl  
Dott.ssa Ing. Ilaria Giovagnorio  
Dott. Giovanni Lovigu  
Dott. Ing Bruno Manca  
Dott. Nat. Nicola Manis  
Dott. Nat. Maurizio Medda  
Dott. Ing. Giuseppe Pili  
Dott. Ing. Michele Pigliaru  
Dott. Ing. Luca Salvadori  
Dott.ssa Ing. Alessandra Scalas  
Dott. Geol. Giorgio Schintu

REDATTORE

Dott. Nat. Nicola Manis

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE
00	Aprile 2023	Prima emissione

FORMATO  
ISO A4 - 297 x 210

## INDICE

1.	PREMESSA.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
2.	GEOLOGIA.....	3
3.	SUOLI.....	5
3.1	Introduzione .....	5
3.2	Unità di terre.....	8
3.2.1	Introduzione .....	8
3.2.2	Unità di terre nell'area di studio .....	8
3.3	Descrizione dei suoli .....	9
3.3.1	Piano di campionamento .....	9
3.3.2	Profilo CH1.....	11
3.3.3	Profilo CH2.....	15
3.3.4	Profilo CH3.....	18
3.3.5	Profilo CH4.....	21
3.3.6	Trivellata TCH1 .....	23
3.3.7	Trivellata TCH2 .....	25
3.3.8	Trivellata TCH3 .....	27
3.4	Valutazione della Capacità d'uso o Land Capability Evaluation .....	29
3.4.1	Introduzione .....	29
3.4.2	Descrizione della Land Capability Evaluation.....	29
3.4.3	Descrizione delle classi .....	29
3.4.4	Descrizione delle sottoclassi.....	32
3.4.5	Classificazione della Land Capability nei siti preposti .....	35
4.	EFFETTI ATTESI E MISURE DI MITIGAZIONE .....	36
4.1	Effetti in fase di cantiere .....	37
4.2	Effetti in fase di esercizio .....	37
4.3	Effetti in fase di dismissione .....	38
4.4	Misure di mitigazione proposte .....	38
4.4.1	Area delle cabine elettriche.....	39
4.4.2	Area del campo solare: attività agro-pastorali e misure conservative dei suoli .....	39
4.4.3	Soluzione per gli insetti pronubi .....	41
5.	MONITORAGGI.....	42
5.1	Monitoraggio pedologico.....	42
5.5.2.1	Fase ante operam.....	42
5.5.2.2	Fase in operam .....	42
5.5.2.4	Fase di dismissione.....	42
6.	CONCLUSIONI.....	44
7.	BIBLIOGRAFIA.....	46

## 1. PREMESSA

Il presente documento riporta le risultanze dell'analisi agro-pedologica nell'ambito del progetto di realizzazione ex novo dell'impianto fotovoltaico in territorio di Chilivani (SS) denominato "Chilivani" della potenza nominale di 19'929,0 kWp proposto dalla società Sarda Energy Srl.

L'area oggetto di studio ricade nella regione storico-geografica del Monte Acuto sub-regione del Logudoro nella Zona Industriale ZIR di Chilivani in un contesto geomorfologico sub-pianeggiante contraddistinto dalla piana alluvionale di Chilivani. Le forme di paesaggio della piana sono legate alla morfologia fluviale del Riu Mannu di Ozieri e dei suoi affluenti.

In questo contesto morfologico i suoli presenti sono il risultato dell'alterazioni delle successioni sedimentarie oligomioceniche e delle coperture quaternarie.

Solitamente profondi da franco sabbiosi a franco sabbiosi argillosi in superficie e da franco sabbiosi argillosi ad argillosi sabbiosi in profondità. La permeabilità varia in funzione della tessitura da permeabili a poco permeabili, e di conseguenza il drenaggio da lento a molto lento.

Il paesaggio è influenzato dalle caratteristiche geomorfologiche e pedologiche del territorio nonché dalle profonde trasformazioni agricole e opere di bonifica avvenute nel passato. Il territorio è vocato all' agricoltura e la destinazione d'uso è indirizzata alla produzione di colture erbacee cerealicole e foraggere. Non mancano le attività zootecniche finalizzate principalmente all'allevamento ovino e bovino. La vegetazione spontanea si conserva lungo i margini dei coltivi in cui si riscontrano esemplari arborei isolati di sughera roverella e perastro ad indicare le potenzialità ecologiche del sito e all'interno dei fossi e dei canali caratterizzate da comunità igrofile.

La presente relazione rappresenta la sintesi della fase dei rilevamenti pedologici effettuati in data 09/03/2022 a cui seguono le valutazioni tecniche relative alla capacità d'uso dei suoli. In queste pagine, si cercherà di approfondire le tematiche pedologiche concentrando l'attenzione sulle aree in cui è prevista l'installazione dei pannelli fotovoltaici e sugli effetti potenziali che tale opera potrebbe avere sulla risorsa pedologica. In tal senso verranno pianificate delle misure funzionali al mantenimento e alla conservazione della risorsa suolo nonché al suo monitoraggio nel tempo.

Quanto segue è stato redatto sotto il coordinamento della Bia S.r.l. nella persona del Agr. Dott. Nat. Nicola Manis, iscritto all'ordine degli Agrotecnici e degli Agrotecnici laureati, al collegio interprovinciale di OR-CA-CI-VS, n 557.

## 2. GEOLOGIA

Le superfici in cui si prospetta la realizzazione dell'impianto fotovoltaico denominato "Chilivani" ricade dal punto di vista geologico nella parte settentrionale dalla Fossa Sarda, l'importante struttura regionale associata ad un sistema di Rift impostato nei terreni del basamento metamorfico e plutonico ercinico, che attraversa l'intera Isola in senso meridiano.

Tra Oligocene superiore e il Miocene inferiore la Sardegna è stata sede di un'importante attività tettonica trascorrente conseguente alla rotazione del Blocco sardo-corso e all'apertura del Bacino balearico e del Tirreno settentrionale. Contemporaneamente si manifesta una fase tettonico distensiva che ha sviluppato un sistema di fosse colmate da notevoli spessori di sedimenti marini e da vulcaniti calcoalcaline. Tali bacini si differenziano per essere legati a differenti orientazioni strutturali ed evoluzioni tettono-sedimentarie.

I sedimenti correlati a questa fase tettonica comprendono due cicli sedimentari principali. Il primo ciclo ha un'età che va dal Burdigaliano superiore al Langhiano e comprende sabbie alla base, seguite da calcari litorali e da marne di ambiente marino più profondo; tale sequenza poggia con contatto trasgressivo sulle vulcaniti sottostanti ed è interrotta superiormente da una superficie di erosione. Il secondo ciclo sedimentario, che arriva fino al Tortoniano-Messiniano, inizia anch'esso con sabbie di ambiente fluvio-marino e prosegue con calcari bioclastici di piattaforma interna. L'area è caratterizzata pertanto da litologie vulcano sedimentarie oligo-mioceniche, ricoperte discontinuamente dai depositi sedimentari fluvio-deltizi del Miocene. Localmente le litologie antiche sono ricoperte da coperture quaternarie recenti che comprendono i sedimenti alluvionali, concentrati lungo i corsi d'acqua principali e i depositi eluvio - colluviali sviluppati nei fondivalle secondari e nelle aree pianeggianti.

In sintesi nell'area in esame e nei territori limitrofi si riscontrano:

UNITÀ DI CHILIVANI (HVN). Depositi di flusso piroclastico pomiceo-cinertici in facies ignimbratica, a chimismo riodacitico, debolmente saldati, spesso argillificati, con cristalli liberi di Pl, Sa, Bt, Am. La componente clastica è poligenica ed eterometrica. (K/Ar: 20,3±1 Ma: Lecca et al., 1997). MIOCENE INF.

FORMAZIONE DEL RIO MINORE (LRM). Depositi epiclastici con intercalazioni di selci, siltiti e marne con resti di piante, conglomerati, e calcari silicizzati di ambiente lacustre ("Formazione lacustre" Auct.). BURDIGALIANO

FORMAZIONE DI OPIA NUOVA (OPN). Sabbie quarzoso-feldspatiche e conglomerati eterometrici, ad elementi di basamento paleozoico, vulcaniti oligomioceniche e calcari mesozoici (Nurra). Ambiente da conoide alluvionale a fluvio-deltizio. BURDIGALIANO? MEDIO-SUP.

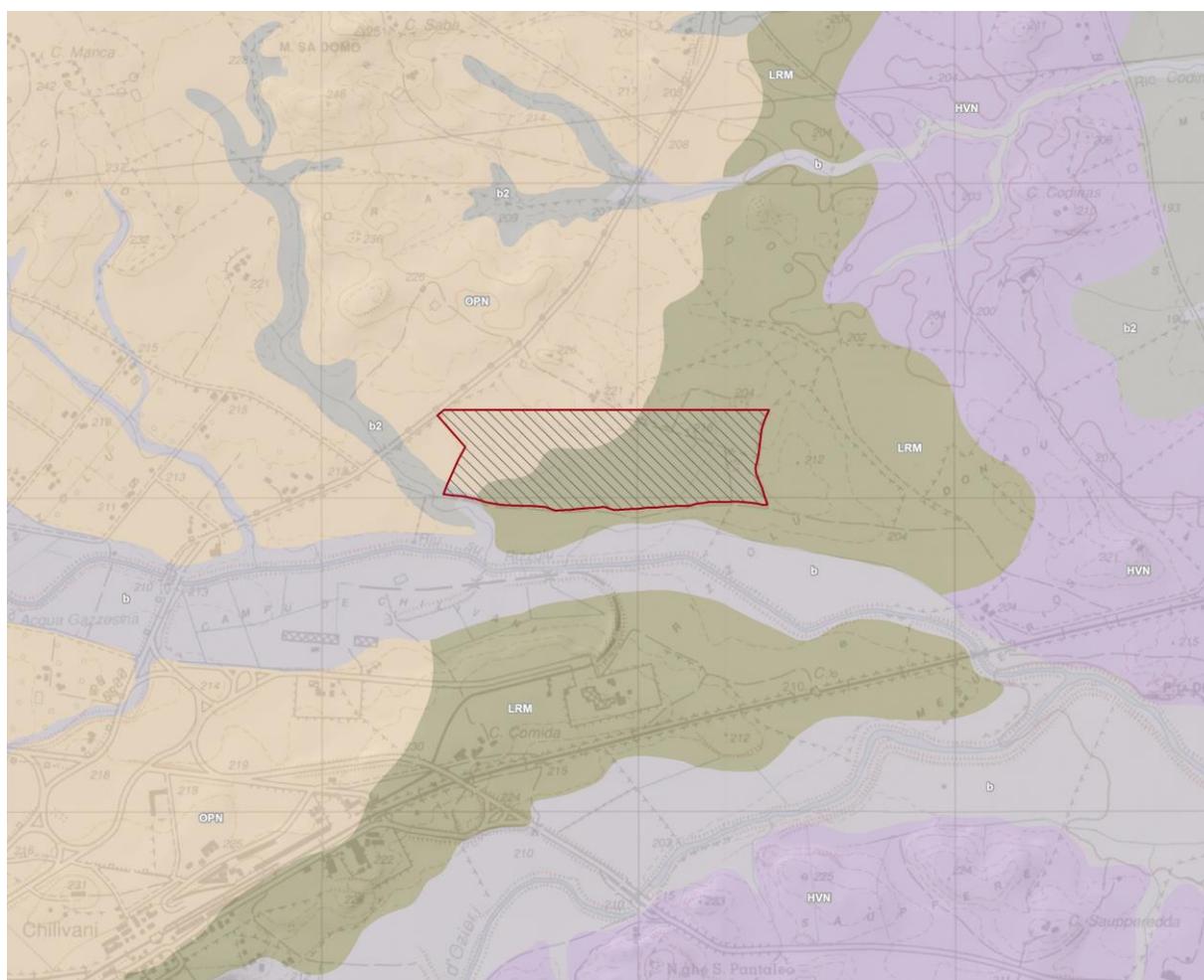
Depositi alluvionali (b). OLOCENE

Coltri eluvio-colluviali (b2). Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. OLOCENE

Le superfici interessate nel progetto appartengono alla Formazione di Oppia Nuova (OPN), alla Formazione del Rio Minore (LRM) e marginalmente alle coltri eluvio-colluviali.

La Formazione del Rio Minore trattasi prevalentemente di un deposito epiclastico costituito da cineriti stratificate, biancastre o verdastre per alterazione a cui si associano conglomerati, arenarie, calcari silicizzati e selci grigio-nerastre in livelli e lenti di spessore variabile. Le facies cineritiche contengono talvolta resti di palme del Burdigaliano (FILIGHEDDU et alii, 1996) oltre ad alghe e ostracodi (TILOCCA,2003). L'ambiente è tipicamente lacustre con spessori che possono superare i 100 metri.

La Formazione di Oppia Nuova è costituita da depositi continentali quali arenarie e depositi conglomeratici in matrice sabbiosa e argillosa, massivi o con strutture tipo cut-and-fill (FUNEDDA et alii,2003); localmente prevalgono depositi limoso-argillosi senza evidenze di stratificazione. I ciottoli, in genere ben elaborati, di dimensioni sino a decimetriche, sono rappresentanti soprattutto da calcari delle serie mesozoica della Nurra e da vulcaniti terziarie, con evidenti apporti dai quadranti occidentali. L'ambiente di sedimentazione è da ricollegare ad una vasta conoide alluvionale.



**Figura 1 - Stralcio della Carta Geologica in scala 1:25.000 con le superfici interessate dalla realizzazione del campo fotovoltaico.**

### 3. SUOLI

#### 3.1 Introduzione

La caratterizzazione e la successiva descrizione dei suoli di una regione è sempre complicata da realizzare in quanto la componente oggetto di analisi è caratterizzata da una notevole variabilità spaziale. Il suolo è considerato, già da parecchio tempo, come un corpo quadridimensionale (tempo e spazio) “naturale indipendente, con una sua propria morfologia di profilo risultante da un'unica combinazione di clima, forme biologiche, materiale derivante dalla roccia madre, dalla topografia e dal tempo” (Dokuchaev, 1885). Per sintetizzare ciò possiamo fare riferimento alla ben nota, e sempre valida, equazione di Jenny del 1941,  $S = f(c, o, r, p, t)$ , in cui il suolo viene espresso come funzione del clima, degli organismi viventi, del rilievo, della roccia madre e del tempo.

Il clima, come ben noto, influisce sulla pedogenesi in quanto agisce sui costituenti del sistema suolo attraverso l'alterazione della roccia madre, lo sviluppo della vegetazione e la modificazione della forma del paesaggio.

La vegetazione è strettamente influenzata dal clima e condiziona i processi di formazione del suolo. Ad esempio, la presenza di una densa copertura boschiva garantisce un continuo apporto di sostanza organica e svolge un ruolo di protezione dall'azione erosiva delle acque di ruscellamento.

Il rilievo influisce, invece, dapprima in modo indiretto, in quanto attraverso l'esposizione può ad esempio condizionare l'intensità delle precipitazioni e dei venti, e poi in modo diretto, in quanto l'elevata pendenza può innescare processi gravitativi e fenomeni di ruscellamento.

La roccia madre fornisce la materia prima ai processi pedogenetici. Infatti, l'alterazione della roccia fornisce la frazione minerale che rappresenta l'input per i successivi processi di sviluppo del suolo. In presenza di rocce tenere, o comunque facilmente alterabili, i suoli possono assumere forme ben sviluppate in assenza di particolari processi erosivi, mentre la presenza di rocce fortemente massive e litoidi ostacola i processi pedogenetici determinando talvolta la presenza di suoli sottili, talora limitati a semplici coperture di spessore centimetrico.

Infine, il fattore tempo è decisivo per lo svolgersi delle azioni determinate dai fattori precedenti. Quindi, nello studio dei suoli e nella determinazione della sua variabilità spaziale non si può certamente prescindere da tutti questi fattori che influiscono, in maniera differente, sui processi pedogenetici.

Le teorie pedologiche tradizionali dimostrano che, dove le condizioni ambientali generali sono simili ed in assenza di disturbi maggiori, come possono essere ad esempio particolari eventi deposizionali o erosivi, i suoli dovrebbero seguire un'evoluzione ed uno sviluppo che converge verso un ben determinato tipo pedologico caratteristico di quella precisa area. In questo senso, la pedogenesi più lunga avviene sotto condizioni ambientali favorevoli e, soprattutto, costanti in cui le caratteristiche fisiche, biologiche e chimiche imprimono la loro impronta sulla pedogenesi stessa. Ma questo sviluppo, o meglio questa progressione verso uno stadio di maturità dei suoli, non è sempre evidente, proprio perché i fattori precedentemente descritti possono interromperla in qualsiasi momento (Phillips, 2000). La realtà, infatti, si discosta spesso in modo marcato dalle teorie pedologiche, proprio come avviene ogni volta che si cerca di modellizzare l'ambiente ed i processi che si instaurano, in quanto difficilmente vi è la contemporanea continuità dei suddetti fattori. Questo è valido a tutte le scale di osservazione, sia alla mesoscala che alla microscala, in quanto anche dall'analisi di un

piccolo versante è possibile osservare variazioni litologiche e micromorfologiche che influiscono in modo determinante sulla formazione e sul comportamento del suolo.

A complicare quanto descritto fino a questo momento, non si possono certamente trascurare le variazioni indotte da una qualsiasi gestione antropica. Quest'ultima determina una sintomatica variazione dello sviluppo dei suoli. Infine, a ciò si aggiunge il fatto che le informazioni ottenute da una zona non possono essere estese ad altre aree simili senza una verifica completa, rendendo il rilievo pedologico lungo nel tempo e con costi elevati.

Nel corso degli anni lo studio della variazione spaziale dei suoli si è continuamente evoluto, passando dall'analisi dei singoli fattori che concorrono ai processi precedentemente descritti al rapporto suolo-paesaggio, fino ad arrivare agli anni 90' del secolo scorso, quando parte dello studio è stato concentrato sulla caratterizzazione del concetto di variabilità e sulla determinazione della frequenza con la quale variavano i diversi fattori. Burrough (1983), ad esempio, ha osservato come alcuni fattori variano con una certa costanza, potendo quindi essere inseriti all'interno di una variabilità definita sistematica, mentre altri fattori non possono che essere ricondotti ad una variabilità casuale. Sono proprio questi i concetti su cui si è concentrata l'attenzione dei ricercatori del settore, con diverse interpretazioni in funzione delle variabili di volta in volta analizzate. In particolare, secondo Saldana et al. (1998) la variazione sistematica è un cambiamento graduale o marcato nelle proprietà dei suoli ed è espressa in funzione della geologia, della geomorfologia, dei fattori predisponenti la formazione dei suoli e/o delle pratiche di gestione dei suoli stessi. Anche per Perrier e Wilding (1986) queste variazioni sistematiche possono essere espresse in funzione di:

1. morfologia (es. rilievi montani, plateaux, pianure, terrazzi, valli, morene, etc.);
2. elementi fisiografici (es. le vette e le spalle dei versanti);
3. fattori pedogenetici (es. cronosequenze, litosequenze, toposequenze, biosequenze e climosequenze).

Secondo Couto et al. (1997), le variazioni sistematiche potrebbero essere osservate in generale già durante le prime fasi dei rilievi di campo.

Le altre variazioni, ovvero quelle casuali, non possono essere spiegate in termini di fattori predisponenti la formazione ma, sono riconducibili: alla densità di campionamento, agli errori di misura e alla scala di studio adottata (Saldana et al., 1998). È contenuto in questi schemi di campionamento il presupposto dell'identità per i campioni adiacenti, anche se ciò raramente è stato riscontrato (Sierra, 1996). In generale, la variabilità sistematica dovrebbe essere maggiore della variabilità casuale (Couto et al., 1997), in quanto il rapporto con il paesaggio è più stretto.

Più volte si è fatto riferimento alla variabilità dei suoli alle diverse scale di osservazione. In generale, la variazione spaziale tende a seguire un modello in cui la variabilità diminuisce al diminuire della distanza fra due punti nello spazio (Youden e Mehlich, 1937; Warrick e Nielsen, 1980). La dipendenza spaziale è stata osservata per una vasta gamma di proprietà fisiche, chimiche e biologiche, nonché nei processi pedogenetici.

Come già ampiamente descritto nelle pagine precedenti, le variazioni spaziali dei suoli sono giustificate attraverso un'analisi dei 5 principali fattori responsabili della formazione del suolo: clima, litologia, topografia, tempo e organismi viventi. Ma la base della variabilità è la scala del rilievo, in

quanto ciascuno di questi fattori esercita un proprio peso che differisce anche, e soprattutto, a seconda della scala. È quindi molto importante individuare una scala di lavoro che permetta di sintetizzare il ruolo svolto dai singoli fattori.

Alcuni esempi esplicativi possono essere ricondotti alle variazioni climatiche, che esercitano un ruolo importante sulla variabilità dei suoli, particolarmente alle scale regionali. Ma quando nel territorio subentrano anche sensibili variazioni morfologiche e topografiche, allora le temperature e le precipitazioni possono differire sensibilmente anche per distanze di 1 km. Inoltre, variazioni climatiche possono essere determinate dall'esposizione, come il microclima sui versanti esposti a nord che, alle nostre latitudini, differisce in maniera consistente rispetto ai versanti esposti a sud.

Allo stesso modo, anche la roccia madre varia spesso alla scala regionale, ma vi sono sensibili differenze anche alla grande scala, o di dettaglio. Molti esempi suggeriscono che le variazioni dei suoli alla scala di dettaglio avvengono soprattutto con i cambiamenti nella topografia, ma è molto difficile accorgersi delle variazioni dei suoli e di quali proprietà possano mutare lungo uno stesso versante (Brady e Wiel, 2002).

È necessario quindi poter distinguere quello che avviene alle differenti scale di osservazione; alle grandi scale, ad esempio, i cambiamenti avvengono all'interno di pochi ettari coltivati o di aree incolte. La variabilità a questa scala di osservazione può essere difficile da misurare, a meno di possedere un numero elevatissimo di osservazioni e con una densità di campionamento improponibile per i normali rilevamenti pedologici.

In molti casi alcune considerazioni, ma si tratta sempre di considerazioni effettuate dopo aver analizzato i primi dati pedologici, possono essere estrapolate anche osservando l'altezza o la densità di vegetazione che può riflettere una determinata variabilità dei suoli, come pure una variabilità nelle forme del paesaggio o la presenza di differenti substrati geologici. Laddove lo studio richiede una valenza scientifica o una precisa caratterizzazione dei suoli è sempre necessario che i cambiamenti delle proprietà dei suoli siano determinati attraverso l'analisi dei campioni di suolo prelevati.

Alla media scala, invece, si osserva come la variabilità sia in stretta relazione con alcuni fattori pedogenetici. Comprendendo le influenze di uno di questi sul rapporto suolo-paesaggio, è spesso possibile definire un set di singoli suoli che volgono insieme in una sequenza attraverso il paesaggio stesso. Frequentemente è possibile, identificando un membro di una serie, predire le proprietà dei suoli che occupano una determinata posizione nel paesaggio da altri membri di una serie (Brady e Wiel, 2002). Tali serie di suoli includono litosequenze (considerando sequenze di rocce madri), cronosequenze (considerando rocce madri simili ma tempi pedogenetici diversi) e toposequenze (con suoli disposti secondo cambiamenti nella posizione fisiografica). La toposequenza viene anche indicata col termine catena. Le associazioni di suoli raggruppano suoli diversi, presenti nello stesso paesaggio, non cartografabili singolarmente alla scala utilizzata, ma distinguibili a scale di maggior dettaglio. L'identificazione delle associazioni di suoli è importante, in quanto queste consentono di caratterizzare il paesaggio attraverso la zonizzazione di grandi aree e possono essere utilizzate come strumento di programmazione urbanistica e del territorio.

## **3.2 Unità di terre**

### **3.2.1 Introduzione**

L'uso di carte tematiche specifiche, ed in questo caso della carta delle Unità di Terre, costituisce uno dei metodi migliori per la rappresentazione e visualizzazione della variabilità spaziale delle diverse tipologie di suolo, della loro ubicazione e della loro estensione. Il significato delle Unità di Terre concerne l'individuazione di aree in cui avvengono, in modo omogeneo, determinati processi di pedogenesi che si riflettono nella formazione di suoli con caratteri simili anche in aree distanti tra loro. Il principio cardine su cui si basa il lavoro è il noto paradigma suolo e paesaggio ovvero il legame stretto che permette, attraverso l'osservazione delle singole componenti di quest'ultimo, l'individuazione di aree omogenee caratterizzate da classi di suoli di origine analoga e la loro distribuzione spaziale.

I suoli, come descritto precedentemente, si formano attraverso un'interazione composta tradizionalmente da cinque fattori: substrato pedogenetico, topografia, tempo, clima ed organismi viventi (Jenny, 1941). Le complesse interazioni tra questi fattori avvengono seguendo modelli ripetitivi che possono essere osservati a scale differenti, conducendo alla formazione di combinazioni pedologiche assimilabili. Questa è la base per la definizione, identificazione e mappatura dei suoli (Soil Survey Division Staff, 1993). In questi termini, i modelli locali di topografia o rilievo, substrato pedogenetico e tempo, insieme alle loro relazioni con la vegetazione ed il microclima, possono essere utilizzati per predire le tipologie pedologiche in aree ristrette (Soil Survey Division Staff, 1993). In sintesi, si tratta di uno strumento importante ai fini pedologici, proprio perché per ciascuna unità viene stabilita la storia evolutiva del suolo in relazione all'ambiente di formazione, e se ne definiscono, in questo modo, gli aspetti e i comportamenti specifici. Inoltre, dalla carta delle Unità di Terre è possibile inquadrare le dinamiche delle acque superficiali e profonde, l'evoluzione dei diversi microclimi, i temi sulla pianificazione ecologica e la conservazione del paesaggio, le ricerche sulla dispersione degli elementi inquinanti, ma anche fenomeni urbanistici ed infrastrutturali (Rasio e Vianello, 1990).

Seppur il lavoro svolto ha avuto come riferimento bibliografico la Carta delle Unità di Terre realizzata nel 2014, nell'ambito del progetto CUT 1 dalle agenzie regionali Agris e Laore e dalle Università di Cagliari (Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche) e Sassari (Dipartimento di Agraria, sezione Ingegneria del Territorio), le valutazioni fatte nella definizione delle unità sono strettamente legate agli obiettivi dello studio nonché alla scala di rilevamento e restituzione del dato. La metodologia utilizzata per l'individuazione delle Unità di Terre presenti nel territorio in esame ripercorre passo per passo quella impiegata nella fase preliminare del progetto CUT per le quattro aree pilota.

Seguirà una descrizione generale dei suoli tipici dei paesaggi oloceni in cui ricade l'area di studio e nelle aree limitrofe e successivamente la descrizione delle unità di terra individuate per i territori di indagati.

### **3.2.2 Unità di terre nell'area di studio**

Unità CPA suoli formati dai conglomerati poligenici con arenarie di ambiente continentale e transizionale (Sottounità Fisiografica -1, 0 e +1).

Dominanza di forme concave e convesse, versanti semplici e impluvi con pendenza compresa tra 2,5 e 15% (CPA -1 e CPA +1) e aree pianeggianti e subpianeggianti con pendenza < 2,5% (CPA 0). Prevalenza di colture di tipo estensivo secondariamente sistemi agricoli complessi, seminativi irrigui e aree a pascolo naturale a cui si associa una vegetazione mediterranea e submediterranea postcolturale. Localmente eucalitteti che adornano i poderi agricoli con la funzione di frangivento e produzione di legname. Si tratta di suoli arabili con poche limitazioni a tratti drenaggio interno lento e localmente rischi di erosione da debole a moderate. Necessaria l'adozione di misure di mantenimento e conservazione della fertilità, adozione di misure per il controllo dei processi erosivi in atto o potenziali contenimento del consumo di suolo soprattutto se irreversibile e se determinato da interventi non attinenti agli usi agricoli attuali e potenziali.

Unità LAC: suoli formati dei depositi fluvio-lacustri con tufi ed epiclastiti intercalati (Sottounità Fisiografica -1, 0 e +1).

Dominanza di forme concave e convesse, versanti semplici e impluvi con pendenza compresa tra 2,5 e 15% (CPA -1 e CPA +1) e aree pianeggianti e subpianeggianti con pendenze <2,5%. (LAC 0) Prevalenza di colture di tipo estensivo secondariamente sistemi agricoli complessi, seminativi irrigui e aree a pascolo naturale a cui si associa una vegetazione mediterranea e submediterranea postcolturale. Lungo gli argini fluviali si riscontra una vegetazione igrofila dei canneti e di specie simili Si tratta di suoli arabili le principali limitazioni sono riconducibili al drenaggio lento specialmente nelle aree concave o subpianeggianti e alla profondità utile alle radici. Adozione di misure per il controllo del drenaggio, mantenimento e conservazione della fertilità, contenimento del consumo di suolo soprattutto se irreversibile e se determinato da interventi non pertinenti con gli usi agricoli attuali e potenziali.

Unità DCO: suoli formati dei depositi colluviali olocenici (sottounità fisiografica 0)

Sedimenti legati alla gravità in aree pianeggianti e subpianeggianti con pendenze <2,5%. Uso del suolo associato a seminativi semplici e subordinatamente pascolo naturale. Le principali limitazioni sono riconducibili a rischio di erosione comune, drenaggio localmente lento. Si tratta di suoli arabili a scarsa o moderata attitudine agricola. Necessaria l'adozione di misure di mantenimento e conservazione della fertilità, protezione dal consumo di suolo.

### **3.3 Descrizione dei suoli**

L'analisi pedologica è stata portata a termine attraverso una serie di sopralluoghi, effettuati in data 09/03/2023, che hanno consentito allo scrivente di analizzare e verificare le effettive caratteristiche dei suoli dell'area su cui verranno ubicati i pannelli fotovoltaici e costruite le cabine elettriche. La descrizione, riportata di seguito, è stata fatta considerando i substrati pedogenetici delle superfici interessate impostatisi su Formazione di Oppia Nuova e sulla Formazione del Rio Minore.

#### **3.3.1 Piano di campionamento**

Per raccogliere informazioni dettagliate si è provveduto allo sviluppo di un piano di campionamento basato sulle Unità di Terra al fine di effettuare un numero di rilevamenti sufficienti a caratterizzare i suoli delle aree in progetto. Per incrementare la densità del campionamento ai minipit sono state

aggiunte delle trivellate e delle osservazioni superficiali. Le informazioni ottenute saranno utili per redigere una Land Capability che prenda in considerazione le varie forme di paesaggio, all'interno delle varie superfici catastali. Tale strumento sarà necessario a valutare le limitazioni e le capacità d'uso del territorio, in previsione degli usi potenziali che potrebbero essere attuati sulla base delle caratteristiche riscontrate e prevedere le misure per la tutela e la conservazione del suolo appropriate.

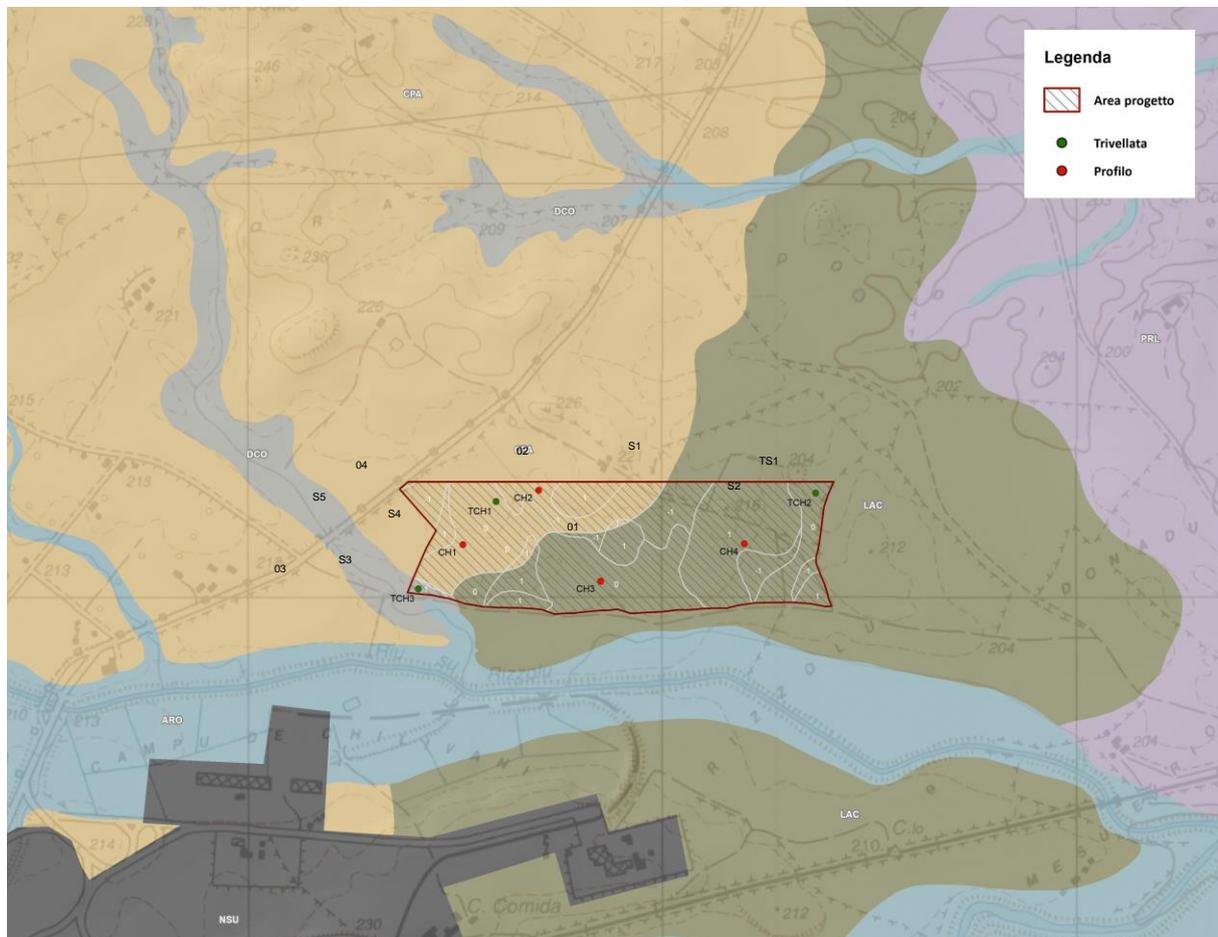


Figura 2 – Carta delle Unità di terra delle superfici progettuali e punti di campionamento.

### 3.3.2 Profilo CH1



Figura 3 – Stazione CH1, in basso il profilo eseguito nel punto rilevato



Il sito in cui è stato realizzato il profilo CH1, ricade morfologicamente sulla vasta piana di Ozieri-Chilivani nell'area retrostante alla Zona industriale ZIR di Chilivani a quota di 210m s.l.m. Dal punto di vista geologico è inserito nelle sabbie quarzoso-feldspatiche e conglomerati eterometrici, ad elementi di basamento paleozoico della Formazione di Oppia Nuova. L'unità cartografica di appartenenza è la CPA 0 con una pendenza inferiore a 2,5 %.

La rocciosità affiorante è assente mentre la pietrosità superficiale è stata stimata per un valore pari all'8% composta principalmente da ghiaia di tutte le dimensioni (0,2 cm -7,5cm). I volumi potrebbero risultare sottodimensionati rispetto al reale valore, in quanto la presenza del cotico erboso ne ha influenzato la stima.

I suoli sono profondi con un profilo rilevato Ap-Btc-C. L'orizzonte Ap va da 0 a 30cm, limite lineare abrupto, umido, ben drenato, la struttura degli aggregati è poliedrica subangolare da media a grossolana. La tessitura è franca, di medio impasto, pertanto presenta un'equilibrata quantità di sabbia, limo e argilla riscontrabile nella facilità di penetrazione con la vanga. Lo scheletro è composto principalmente da ghiaia fine e media per il 5% (0,2- 2cm). L'orizzonte Btc va da 30 a 80cm, limite lineare abrupto. A seguito del cambio pedologico con l'orizzonte superficiale il rilevamento è proseguito dai 40cm in poi con la trivella. Lo scheletro è pressoché assente stimato per

un valore dell'1% e composto da ghiaia fine e media. Dall'analisi dell'orizzonte risulta evidente il cambio di colore e l'aumento della plasticità nonché dell'adesività. Questo è giustificato da un aumento della frazione di argilla a discapito della frazione sabbiosa che è direttamente interconnessa alla tessitura. Dalla stima manuale emerge infatti che la tessitura è argillosa sabbiosa. Tale parametro incide sul drenaggio interno che viene valutato da piuttosto mal drenato a mal drenato. A riprova di ciò la presenza di una piccola falda sospesa rimarca la riduzione di permeabilità rispetto all'orizzonte superficiale. La permanenza dell'acqua innesca processi di ossido riduzione che trovano conferma nella presenza di screziature rossastre ad indicare un arricchimento di ferro tra le facce degli aggregati. Nell'orizzonte si rileva anche la presenza di concrezioni soffici di ferro e manganese. Da 80 cm a 90cm e oltre si riscontra l'orizzonte C, in cui la frazione argillosa si riduce e aumenta il contenuto di sabbia, umido, parzialmente sciolto e scheletro assente.

Dal punto di vista dell'uso del suolo si tratta di un seminativo attualmente incolto, a causa dei locali ristagni idrici presenti nelle aree di maggior concavità che hanno impedito di fatto l'ingresso dei mezzi agricoli nel periodo delle lavorazioni e preparazione del terreno. Di recente l'area è stata fertilizzata mediante spandimento di liquami ancora visibili superficialmente. Per quanto riguarda la copertura vegetale le coperture erbacee si associano ai prati annui nitrofilo di post coltura. I suoli più comuni in questo contesto pedologico sono Typic, Aquic, Inceptic Haploxeralfs e Typic Haploxerepts.



**Figura 4 – Trivellata eseguita nella stazione per caratterizzare gli orizzonti più profondi**



**Figura 5 – A sinistra campione di una trivellata dell'orizzonte Btc, sono apprezzabili le screziature rossastre che si distinguono dai colori più chiari della matrice. A destra confronto tra campioni dei tre orizzonti rilevati.**



**Figura 6 – Vista in direzione Sud delle superfici in cui si prospetta la realizzazione del campo fotovoltaico. In primo piano si possono osservare i depositi dei liquami sparsi nelle operazioni di concimazione. In secondo piano il polo industriale.**



**Figura 7 – Vista in direzione N dalla stazione CH1, in cui si prospetta l'installazione dei tracker**



**Figura 8 – Pratelli mediterranei subnitrofilo che ricoprono le superfici progettuali attualmente incolte**

### 3.3.3 Profilo CH2



**Figura 9 - Stazione CH2, in basso il profilo eseguito nel punto rilevato**



Il sito in cui è stato effettuato il rilievo CH2 si trova in continuità con il sito precedentemente descritto in direzione Nord Est all'interno di un piccolo impluvio tra i seminativi, in cui si raccolgono le acque meteoriche. La morfologia pertanto è concava e presenta un andamento ondulato. Il rilievo ricade a quota di 209m s.l.m. L'unità cartografica di appartenenza, anche in questo caso, è CPA ma la sottounità è la -1 pertanto le pendenze sono comprese tra 2,5% e 15%. La rocciosità affiorante è assente mentre per quanto riguarda la pietrosità superficiale la copertura erbacea non ha consentito di rilevare il volume. Tuttavia si presume, considerando le caratteristiche geomorfologiche dell'area, che il valore non superi il 5% complessivo. La sequenza pedologica è Ap- Bt, nel complesso il contenuto di limo e argilla è superiore rispetto al

precedente rilievo vista la posizione morfologica. L'orizzonte Ap va da 0 a 26cm, limite lineare abrupto, umido, il contenuto in scheletro è composto dal 4% di ghiaia fine e media. La tessitura è argillosa sabbiosa. Al cambio con l'orizzonte Bt che si estende 26cm e prosegue oltre i 105cm, il rilievo è proseguito mediante l'ausilio della trivella. Si riscontra la presenza di pellicole d'argille, screziature non diagnostiche e ghiaia grossolana (2cm - 7,5cm) per un valore stimato al 5% che si riduce progressivamente in profondità. I clasti risultano molto alterati. La tessitura è argillosa limosa, in

profondità il contenuto di umidità di riduce per diminuzione dell'argilla e aumento della frazione sabbiosa. È probabile che l'orizzonte C sia prossimo alla profondità di 120 cm.

Per quanto riguarda l'uso del suolo questo è assimilabile al sito descritto precedentemente. I suoli più comuni in questo contesto pedologico sono Typic, Aquic, Inceptic Haploxerafs e Typic Haploxerepts.



**Figura 10 - Trivellata eseguita all'interno del minipit per caratterizzare gli orizzonti più profondi**



**Figura 11 – Canale di scolo delle acque meteoriche situato nel punto di massima concavità**



**Figura 12 – Vista in direzione S dalla stazione CH2 delle superfici progettuali**



**Figura 13 – Erbai**

### 3.3.4 Profilo CH3



**Figura 14 - Stazione CH3, in basso il profilo eseguito nel punto rilevato**



Il sito in cui è stato effettuato il rilievo CH3 è ubicato a quota di 207m s.l.m. sui depositi epiclastici con intercalazioni di selci, siltiti e marne con resti di piante, conglomerati, e calcari silicizzati di ambiente lacustre della Formazione del Rio Minore. La morfologia è subpianeggiante e l'unità cartografica di appartenenza è la LAC 0. La rocciosità è assente mentre la pietrosità superficiale è stata stimata per un valore complessivo del 10% composta dall' 8% di ghiaia fine e media e 2% di ghiaia grossolana.

I suoli sono mediamente profondi con profilo rilevato Ap – C.

L'orizzonte Ap va da 0 a 35/45cm, limite ondulato abrupto, bagnato tessitura franco argillosa pertanto si tratta di suoli pesanti. Lo scheletro è pressoché assente. L'attività biologica è comune principalmente ad opera di lombrichi. Oltre si trova l'orizzonte C

composto da probabilmente da siltiti cementate che di fatto creano un impedimento per lo sviluppo radicale delle piante e alla percolazione dell'acqua. A tal proposito durante il rilevamento lo scavo è stato parzialmente colmato dall'acqua di falda. L'uso del suolo è assimilabile ai siti descritti in precedenza così come la copertura vegetale attualmente si tratta di un incolto, dove si riscontra la presenza di essenze erbacee igrofile ad indicare i valori di umidità presenti nel suolo.

I suoli più comuni in questo contesto pedologico sono Lithic Xerorthents, Lithic e Humic Haploxerepts e Typic Humixerepts,



Figura 15 – Confronto tra campioni dei due orizzonti rilevati nella stazione CH3



Figura 16 – A sinistra vista in direzione S-W delle superfici progettuali. A destra vista in direzione N-W.



**Figura 17 – Vista in direzione N-E delle superfici progettuali**



**Figura 18 – Pascoli**

### 3.3.5 Profilo CH4



Figura 19 - Stazione CH4, in basso il profilo eseguito nel punto rilevato



Il sito in cui è stato effettuato il rilevamento CH4 ricade geologicamente sulla Formazione del Rio Minore.

La morfologia è subpianeggiante leggermente convessa. L'unità di terre di appartenenza è LAC 1. La rocciosità è assente mentre la pietrosità superficiale è difficile da stimare per la presenza della copertura erbacea della coltura cerealicola in atto. Approssimativamente si stima un valore pari al 4% composto da ghiaia di tutte le dimensioni. Il rilevamento ha permesso di individuare una sequenza pedologica così composta: Ap-Bw-C. L'orizzonte Ap va da 0 a 25cm, limite lineare abrupto, umido, scheletro pressoché assente equivalente all'1% di ghiaia fine e media, tessitura franca. Dal cambio con orizzonte Bw che va da 25 a 79 cm, il rilievo è proseguito mediante la trivella. Si riscontra un

arricchimento in argilla e una colorazione nettamente più scura rispetto all'orizzonte superficiale. Lo scheletro è comparabile all'orizzonte Ap e il drenaggio viene valutato da ben drenato. Dai 79cm non è stato possibile proseguire la trivellata per l'impedimento dato con l'orizzonte C comparabile a quello visto per la stazione CH3. L'uso del suolo è associato alla produzione agricola. I suoli più comuni in questo contesto pedologico sono Typic Xerorthents e Typic Haploxerepts.

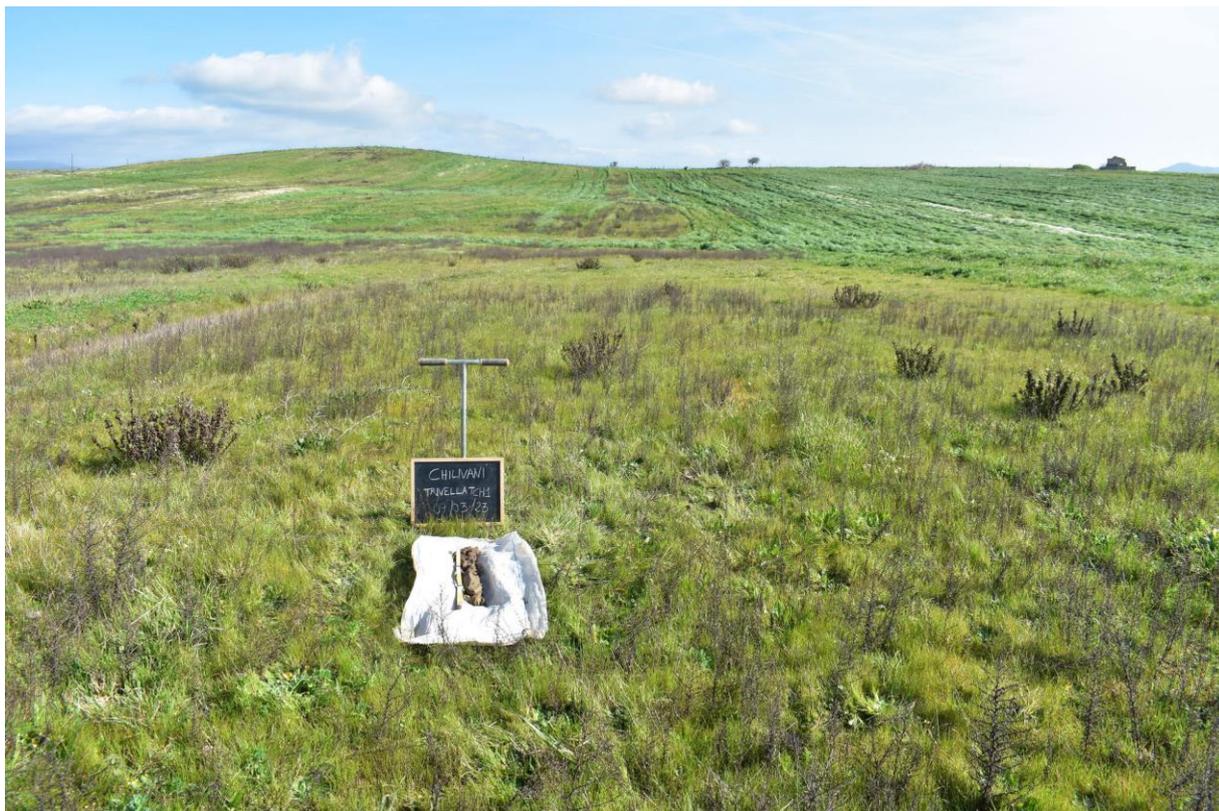


**Figura 20 – A sinistra vista N dal sito S4, a destra vista S dal sito S4**



**Figura 21 – Vista in direzione S-E delle superficie progettuali dalla stazione CH4 attualmente coltivate**

### 3.3.6 Trivellata TCH1



**Figura 22 - Stazione TCH1, in basso la trivellata eseguito nel punto rilevato**



Il sito in cui è stata effettuata la trivellata TCH1 si inserisce a quota di 213m s.l.m tra la stazione CH1 e CH2 sulla Formazione di Oppia Nuova. Le caratteristiche morfologiche e pedologiche sono le medesime della stazione CH1. La rocciosità affiorante è assente mentre la pietrosità superficiale è stata stimata per un valore pari a 10% di ghiaia fine e media e 2% di ghiaia grossolana. Si riscontra una debole erosione idrica laminare canalizzata lungo i solchi di aratura. Tali solchi creano delle vie preferenziali per l'acqua favorendo il trasporto della frazione più fine verso le aree di maggiore concavità aumentando così il contenuto della frazione sabbiosa nelle aree convesse.

I suoli rilevati mostrano una sequenza pedologica Ap- Bt. L'orizzonte Ap va 0 a 27cm, limite lineare abrupto, con uno scheletro totale dell'8% composto da ghiaia fine e media. L'orizzonte Bt va da 27cm ai 50cm e oltre. Non si riscontra la presenza di screziature. L'uso del suolo è assimilabile a quello descritto nella stazione CH1. I suoli più comuni in questo contesto pedologico sono Typic, Aquic, Inceptic Haploxeralfs e Typic Haploxerepts.



**Figura 23 – Dettaglio di un solco di aratura che crea delle linee preferenziali per le acque meteoriche favorendo l’insnesco di processo erosivi.**



**Figura 24 – Solchi di aratura e vista in direzione S delle superfici progettuali**



**Figura 25 – A sinistra esemplare isolato di perastro. A destra vista in direzione S-E**

### 3.3.7 Trivellata TCH2



**Figura 26 – Stazione TCH2, in basso la trivellata eseguita nel punto rilevato**



Il sito in cui è stata eseguita la trivellata TCH2 ricade nell'estremità Nord Est del prospettato campo fotovoltaico a poco più di 200m in direzione N-E dal rilievo CH4. Il rilevamento è stato eseguito sulla Formazione del Rio Minore. Morfologicamente ricade in un'area pianeggiante leggermente concava che riceve le acque meteoriche provenienti dalle aree convesse, a riprova di ciò la presenza di localizzati ristagni superficiali e delle bocchette del consorzio di bonifica confermano la presenza e la permanenza d'acqua. L'unità cartografica di appartenenza è pertanto LAC 0 con pendenze inferiori a 2,5%.

La rocciosità affiorante è assente mentre la pietrosità superficiale non è stata possibile stimarla per via della densa copertura erbacea. I suoli sono comparabili alla stazione CH4. La trivellata ha permesso di rilevare una sequenza pedologica così composta Ap- Bw – BC - C. L'orizzonte Ap va da 0 a 30cm, l'orizzonte Bw va da 30 a 60 cm, l'orizzonte BC va 60 a 69cm oltre si riscontra l'orizzonte C parzialmente cementato che ha impedito di proseguire oltre. I suoli più comuni in questo contesto pedologico sono Typic Xerorthents e Typic Haploxerepts.



**Figura 27 – A sinistra ristagni idrici. A destra bocchette del consorzio di bonifica al di fuori delle superfici progettuali**



**Figura 28 – Vista in direzione W dalla stazione TCH2**

### 3.3.8 Trivellata TCH3



**Figura 29 – Stazione TCH3, in basso la trivellata eseguita nel punto rilevato**



Il sito in cui è stata eseguita la trivellata TCH3 ricade nell'estremità Sud Ovest del prospettato campo fotovoltaico a poco più di 150m dal rilievo CH1. Il rilevamento è stato eseguito nelle coltri eluvio colluviali in prossimità della Formazione di Oppia Nuova. L'unità cartografica di appartenenza è la DCO 0 con pendenze inferiori a 2,5%.

La rocciosità affiorante è assente così come la pietrosità pressoché assente. La trivellata ha permesso di rilevare una sequenza pedologica composta da due orizzonti Ap - C. I caratteri riscontrati in questo rilievo si discostano totalmente dai restanti rilievi eseguiti in quanto si tratta di suoli sabbiosi. L'orizzonte Ap va da 0 a 40cm, umido, tessitura sabbiosa franca, umidi, sciolti e leggeri. L'orizzonte C va da 40 a 70cm e oltre, tessitura sabbiosa, bagnato. A 60 cm è

stata rilevata una falda acquifera risalita poi a 47cm. I suoli più comuni in questo contesto pedologico sono Typic Xerofluvents e Oxy eaquic Xerofluvents.



**Figura 30 - A sinistra orizzonte superficiale Ap. A destra orizzonte C completamente bagnato.**



**Figura 31 - Vista in direzione W e vista in direzione E delle superfici progettuali**



**Figura 32 – Pratelli mediterranei subnitrofilo che ricoprono le superfici progettuali incolte**

### **3.4 Valutazione della Capacità d'uso o Land Capability Evaluation**

#### **3.4.1 Introduzione**

Il cambiamento d'uso di un territorio richiede delle attente valutazioni attraverso le quali prevenire gli eventuali benefici e/o conseguenze che esso può recare sia in termini socioeconomici che in termini qualitativi dell'ambiente stesso. A tal proposito, in fase di pianificazione, la "Land Evaluation" aiuta a valutare le limitazioni e le capacità d'uso di un territorio. Questo tipo di analisi richiede l'utilizzo del noto modello della Land Capability. Ai fini del progetto sono stati presi in esame i fattori che forniscono importanti indicazioni sullo stato di salute attuale della risorsa suolo (nei siti indicati) per la realizzazione del progetto e di conseguenza, l'uso più appropriato affinché lo stesso venga preservato.

#### **3.4.2 Descrizione della Land Capability Evaluation**

È un modello di valutazione di una determinata area all'uso agricolo e non solo, dove parti di territorio vengono suddivisi in aree omogenee, ovvero classi, di intensità d'uso.

Nella capacità d'uso il territorio che viene classificato nel livello più alto risulta essere il più versatile e di conseguenza permette una più ampia scelta di colture e usi.

Via via che si scende di classe si trovano delle limitazioni crescenti che riducono gradualmente la scelta delle possibili colture, dei sistemi di irrigazione, della meccanizzazione delle operazioni colturali. Le classi che definiscono la capacità d'uso dei suoli sono otto e si suddividono in due raggruppamenti principali. Il primo comprende le classi I, II, III, IV ed è rappresentato dai suoli adatti alla coltivazione e ad altri usi. Il secondo comprende le classi V, VI, VII ed VIII, ovvero suoli che sono diffusi in aree non adatte alla coltivazione; fa eccezione in parte la classe V dove, in determinate condizioni e non per tutti gli anni, sono possibili alcuni utilizzi agrari.

Un secondo livello gerarchico di suddivisione è dato dalle sottoclassi, indicate da lettere minuscole e aventi le seguenti limitazioni:

- e- limitazioni dovute a gravi rischi di processi erosivi;
- w- limitazioni dovute a eccessi di ristagno idrico nel suolo;
- s- limitazioni nel suolo nello strato esplorato dalle radici;
- c- limitazioni di natura climatica

#### **3.4.3 Descrizione delle classi**

La descrizione delle classi è derivata dai più recenti documenti realizzati dalla Regione Sardegna nell'ambito del Progetto "Carta delle unità delle terre e della capacità d'uso dei suoli - 1° lotto (2014)" e rivisitata per l'area oggetto di studio.

Suoli in classe I: non hanno particolari limitazioni per il loro uso, consentendo diverse possibili destinazioni d'uso per le colture agrarie, per il pascolo sia migliorato che naturale, per il rimboschimento destinato alla produzione, ad attività naturalistiche e ricreative, ecc. Le forme del paesaggio variano da pianeggianti a subpianeggianti, i suoli sono profondi e ben drenati.

I suoli in classe I non sono soggetti a dannose inondazioni. Sono produttivi e soggetti a usi agricoli intensivi. I suoli profondi ma umidi, che presentano orizzonti profondi con una bassa permeabilità, non sono ascrivibili alla classe I.

Possono essere in alcuni casi iscritti alla classe I se l'intervento di drenaggio è finalizzato ad incrementare la produttività o facilitare le operazioni colturali. Suoli in classe I destinati alle colture agrarie richiedono condizioni normali di gestione per mantenerne la produttività, sia come fertilità, sia come struttura. Queste pratiche possono includere somministrazioni di fertilizzanti, calcinazioni, sovesci, conservazione delle stoppie, letamazioni e rotazioni colturali.

Suoli in classe II: mostrano alcune limitazioni che riducono la scelta delle possibili colture o richiedono moderate pratiche di conservazione. I suoli presenti in questa classe richiedono particolari attenzioni nelle pratiche gestionali, tra cui quelle di conservazione della fertilità, per prevenire i processi di degrado o per migliorare i rapporti suolo-acqua-aria qualora questi siano coltivati. Le limitazioni sono poche e le pratiche conservative sono facili da applicare.

I suoli possono essere destinati alle colture agrarie, al pascolo sia migliorato che naturale, al rimboschimento finalizzato alla produzione di legname da opera, alla raccolta di frutti selvatici, ad attività naturalistiche e ricreative.

Le limitazioni dei suoli in questa classe possono essere, singolarmente o in combinazione tra loro, pendenze moderate, moderata suscettività all'erosione idrica ed eolica, moderate conseguenze di precedenti processi erosivi, profondità del suolo inferiore a quella ritenuta ideale, in alcuni casi struttura e lavorabilità non favorevoli, salinità e sodicità da scarsa a moderata ma facilmente irrigabili. Occasionalmente possono esserci danni alle colture per inondazione. La permanenza eccessiva di umidità del suolo, comunque facilmente correggibile con interventi di drenaggio, è considerata una limitazione moderata.

I suoli in classe II presentano all'operatore agricolo una scelta delle possibili colture e pratiche gestionali minori rispetto a quelle della classe I. Questi suoli possono richiedere speciali sistemi di gestione per la protezione del suolo, pratiche di controllo delle acque o metodi di lavorazione specifici per le colture possibili.

Suoli in classe III: presentano delle rigide limitazioni che riducono la scelta delle possibili colture e, per essere utilizzati, si devono realizzare speciali pratiche di conservazione. Hanno restrizioni maggiori rispetto a quelle della classe II, possono essere destinati alle colture agrarie, al pascolo migliorato e naturale, al rimboschimento finalizzato anche alla produzione di legname da opera, alla raccolta dei frutti selvatici e ad usi turistici e ricreativi.

Le limitazioni di questi suoli ne restringono significativamente sia la scelta delle colture che il periodo di semina o impianto, le lavorazioni e la successiva raccolta. Le limitazioni possono essere ricondotte a: pendenze moderate, elevata suscettibilità alla erosione idrica ed eolica, effetti di una precedente erosione, inondazioni frequenti ed accompagnate da danni alle colture, ridotta permeabilità degli orizzonti profondi, elevata umidità del suolo e continua presenza di ristagni, ed altro ancora.

Suoli in classe IV: mostrano limitazioni molto severe che restringono la scelta delle possibili colture e/o richiedono tecniche di gestione migliorative. I suoli presenti in questa classe possono essere

destinanti alle colture agrarie, al pascolo migliorato e naturale, al rimboschimento finalizzato anche alla produzione di legname da opera, alla raccolta dei frutti selvatici e ad usi turistici e ricreativi. Inoltre, possono essere adatti solo ad un numero limitato delle colture più comuni.

Le limitazioni sono dovute a: pendenze elevate, suscettibilità elevata alla erosione idrica ed eolica, gravi effetti di precedenti processi erosivi, ridotta profondità del suolo, ridotta capacità di ritenzione idrica, inondazioni frequenti accompagnate da gravi danni alle colture, umidità eccessiva dei suoli con rischio continuo di ristagno idrico anche dopo interventi di drenaggio, severi rischi di salinità e sodicità, moderate avversità climatiche.

In morfologie pianeggianti o quasi pianeggianti alcuni suoli ascritti alla classe IV, dal ridotto drenaggio e non soggetti a rischi di erosione, risultano poco adatti alle colture agrarie in interlinea a causa del lungo tempo necessario per ridurre la loro umidità, inoltre la loro produttività risulta molto ridotta.

Suoli in classe V: presentano molte limitazioni, oltre a limitati rischi di erosione, non rimovibili, che limitano il loro uso al pascolo naturale o migliorato, al rimboschimento finalizzato anche alla produzione di legname da opera, alla raccolta dei frutti selvatici e ad usi turistici e ricreativi. Inoltre, mostrano limitazioni che restringono il genere delle specie vegetali che possono crescerci o che impediscono le normali lavorazioni colturali.

Questi suoli sono ubicati su aree depresse soggette a frequenti inondazioni che riducono la normale produzione delle colture, su superfici pianeggianti ma interessate da elevata pietrosità e rocciosità affiorante, aree eccessivamente umide dove il drenaggio non è fattibile, ma dove i suoli sono adatti al pascolo e agli alberi.

A causa di queste limitazioni, non è possibile la coltivazione delle colture più comuni, ma è possibile il pascolo, anche migliorato.

Suoli in classe VI: presentano forti limitazioni che li rendono generalmente non adatti agli usi agricoli e limitano il loro utilizzo al pascolo, al rimboschimento, alla raccolta dei frutti selvatici e agli usi naturalistici. Inoltre, hanno limitazioni che non possono essere corrette quali pendenze elevate, rischi severi di erosione idrica ed eolica, gravi effetti di processi pregressi, strato esplorabile dalle radici poco profondo, eccessiva umidità del suolo o presenza di ristagni idrici, bassa capacità di ritenzione idrica, salinità e sodicità o condizioni climatiche non favorevoli. Una o più di queste limitazioni possono rendere il suolo non adatto alle colture. Possono comunque essere destinati, anche in combinazione tra loro, al pascolo migliorato e naturale, rimboschimenti finalizzati anche alla produzione di legname da opera. Alcuni suoli ascritti alla classe VI, se sono adottate tecniche di gestione intensive, possono essere destinati alle colture agrarie più comuni.

Suoli in classe VII: questi suoli presentano delle limitazioni molto rigide che li rendono inadatti alle colture agrarie e che limitano il loro uso al pascolo, rimboschimento, raccolta dei frutti spontanei e agli usi naturalistici e ricreativi. Inoltre, sono inadatti anche all'infittimento delle cotiche o a interventi di miglioramento quali lavorazioni, calcinazioni, apporti di fertilizzanti, e controllo delle acque tramite solchi, canali, deviazione di corpi idrici, ecc.

Le limitazioni di questa classe sono permanenti e non possono essere eliminate o corrette quali, pendenze elevate, erosione, suoli poco profondi, pietrosità superficiale elevata, umidità del suolo,

contenuto in sali e in sodio, condizioni climatiche non favorevoli o eventuali altre limitazioni, i territori in classe VII risultano non adatti alle colture più comuni. Possono essere destinati al pascolo naturale, al rimboschimento finalizzato alla protezione del suolo, alla raccolta dei frutti selvatici, ad attività naturalistiche e ricreative. Infine, possono essere da adatti a poco adatti al rimboschimento finalizzato alla produzione di legname. Essi non sono adatti, invece, a nessuna delle normali colture agrarie.

Suoli in classe VIII: i suoli di questa classe hanno limitazioni che precludono la loro destinazione a coltivazioni economicamente produttive e che restringono il loro uso alle attività ricreative, naturalistiche, realizzazione di invasi o a scopi paesaggistici.

Di conseguenza, non è possibile attendersi significativi benefici da colture agrarie, pascoli e colture forestali. Benefici possono essere ottenibili dagli usi naturalistici, protezioni dei bacini e attività ricreative.

Limitazioni che non possono essere corrette o eliminate possono risultare dagli effetti dell'erosione in atto o pregresse, elevati rischi di erosione idrica ed eolica, condizioni climatiche avverse, eccessiva umidità del suolo, pietrosità superficiale elevata, bassa capacità di ritenzione idrica, salinità e sodicità elevata. In questa classe, inoltre, sono state racchiuse tutte le aree marginali, quelle con rocciosità affiorante, le spiagge sabbiose, le aree di esondazione, gli scavi e le discariche. Infine, nelle aree in classe VIII possono essere necessari interventi per favorire l'impianto e lo sviluppo della vegetazione per proteggere aree adiacenti di maggiore valore, per controllare i processi idrogeologici, per attività naturalistici e per scopi paesaggistici.

#### **3.4.4 Descrizione delle sottoclassi**

Come già riportato nelle pagine precedenti, le sottoclassi sono in numero di 4 e indicate con delle lettere minuscole suffisse al simbolo della classe. Per definizione la Classe I non ammette sottoclassi.

Sottoclasse e (erosione), in questa sottoclasse ricadono aree dalle pendenze elevate che sono soggette a gravi rischi di erosione laminare o incanalata o dove l'elevato rischio di ribaltamento delle macchine agricole rallenta fortemente o impedisce la meccanizzazione delle operazioni colturali. Alle pendenze elevate è spesso associata la ridotta copertura vegetale derivante anche da precedenti errate pratiche agricole;

Sottoclasse w (water), alla sottoclasse vengono ascritte tutte le limitazioni connesse ad eccessi di acqua nel suolo, quali difficoltà di drenaggio interno, eccessiva umidità, elevati rischi di esondazione, o condizioni simili per le quali è necessario il ricorso a interventi di drenaggio di varia importanza;

Sottoclasse s (soil), in questa sottoclasse vengono ascritte le aree interessate da limitazioni dovute alle caratteristiche del suolo, quali ridotta potenza, tessitura eccessivamente fine o grossolana, elevata pietrosità superficiale o rocciosità affiorante, bassa capacità di ritenzione idrica, ridotta fertilità, presenza di salinità e sodicità.

Sottoclasse c (clima), ricadono in questa sottoclasse le situazioni dove i fattori limitanti sono di natura climatica quali elevata frequenza di precipitazioni di notevole intensità oraria ed istantanea, frequenza di gelate e nebbie, elevate altitudini condizionanti negativamente le colture.

Di seguito si riporta uno schema esemplificativo della Capacità d'uso dei suoli con le classi ed i possibili usi:

**Tabella 1 – Capacità d'uso dei suoli e potenziali usi associati**

Classi di capacità d'uso	Usi								
	Ambiente naturale	Forestazione	Pascolo			Agricoltura			
			limitato	moderato	intensivo	limitata	moderata	intensiva	m. intensiva
I									
II									
III									
IV									
V									
VI									
VII									
VIII									

Nella Tabella successiva, sempre tratta dal Progetto "CUT - 1° lotto (2014)" sono schematizzati i criteri utilizzati per valutare la Capacità d'uso

Classi LCC	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
<b>Parametri</b>	<b>Suoli adatti agli usi agricoli</b>				<b>Suoli adatti al pascolo e alla forestazione</b>			<b>Suoli inadatti ad usi agro-silvo-pastorali</b>
Pendenza (%)	≤ 2,5	> 2,5 - ≤ 8	> 8 - ≤ 15	> 15 - ≤ 25	≤ 2,5	> 25 - ≤ 35	> 25 - ≤ 35	> 35
Quota m s.l.m.	≤ 600	≤ 600	≤ 600	> 600 - ≤ 900	> 600 - ≤ 900	> 900 - ≤ 1300	> 900 - ≤ 1300	> 1.300
Pietrosità superficiale (%) A: ciottoli grandi (15-25 cm) B: pietre (>25 cm)	assente	A ≤ 2	A > 2 - ≤ 5	A > 5 - ≤ 15	A > 15 - ≤ 25 B = 1 - ≤ 3	A > 25 - ≤ 40 B > 3 - ≤ 10	A > 40 - ≤ 80 B > 10 - ≤ 40	A > 80 B > 40
Roccosità affiorante (%)	assente	assente	≤ 2	> 2 - ≤ 5	> 5 - ≤ 10	> 10 - ≤ 25	> 25 - ≤ 50	> 50
Erosione in atto	assente	assente	Erosione idrica laminare e/o eolica, debole Area 0 - 5%	Erosione idrica laminare e/o a Rigagnoli e/o eolica, moderata Area 5 - 10%	Erosione idrica laminare e/o eolica, debole Area 0 - 5%	Erosione idrica laminare e/o a rigagnoli severa Area 10- 25%	Erosione idrica, laminare e/o a Rigagnoli o a fossi o movimenti di massa, severa Area 10 - 50%	Erosione idrica Laminare e/o a rigagnoli o a fossi o movimenti di massa, estrema Area > 50%
Profondità del suolo utile per le radici (cm)	> 100	> 100	> 50 - ≤ 100	> 25 - ≤ 50	> 50 - ≤ 100	> 25 - ≤ 50	> 10 - ≤ 25	≤ 10
Tessitura orizzonte superficiale <sup>1</sup>	S, SF, FS, F, FA	L, FL, FAS, FAL, AS, A	AL	----	----	----	----	----
Scheletro orizzonte superficiale <sup>2</sup> (%)	< 5	≥ 5 - ≤ 15	> 15 - ≤ 35	> 35 - ≤ 70	> 70 Pendenza ≤ 2,5%	> 70	> 70	> 70
Salinità (mS cm <sup>-1</sup> )	≤ 2 nei primi 100 cm	> 2 - ≤ 4 nei primi 40 cm e/o > 4 - ≤ 8 tra 50 e 100 cm	> 4 - ≤ 8 nei primi 40 cm e/o > 8 tra 50 e 100 cm	> 8 nei primi 100 cm	Qualsiasi			
Acqua disponibile (AWC) fino alla profondità utile <sup>3</sup> (mm)	> 100		> 50 - ≤ 100	> 25 - ≤ 50	> 50 - ≤ 100	> 25 - ≤ 50		≤ 25
Drenaggio interno	Ben drenato	Moderatamente ben drenato	Piuttosto mal drenato o eccessivamente drenato	Mal drenato o Eccessivamente drenato	Molto mal drenato	Qualsiasi drenaggio		

1 - Si considera come orizzonte superficiale lo spessore di 40 cm che corrisponde al valore medio di un orizzonte Ap o di un generico epipedon  
2 - Idem.  
3 - Riferita al 1° metro di suolo o alla profondità utile se inferiore a 1 m

**Tabella 2 – Criteri utilizzati per valutare la capacità d'uso**

### 3.4.5 Classificazione della Land Capability nei siti preposti

Lo scopo principale della valutazione della capacità d'uso è la pianificazione agricola sebbene possa trovare applicazione in altri settori. In studi di questo tipo, è particolarmente utile per capire i diversi tipi di usi potenziali di determinati territori, evitando contrasti con i diversi indirizzi produttivi e, di conseguenza, danni all'economia locale.

La valutazione delle classi di capacità d'uso caratterizzanti i suoli dell'area indagata è stata condotta sulla base delle Unità di Terre. Come precedentemente scritto le unità caratterizzanti l'area del territorio amministrativo di Chilivani in cui è prevista la messa in opera del campo fotovoltaico sono tre: CPA, LAC e DCO.

Sotto il profilo geologico l'areale in progetto è costituito dalle sabbie quarzoso-feldspatiche e conglomerati eterometrici, ad elementi di basamento paleozoico della Formazione di Oppia Nuova (Unità CPA), dai depositi epiclastici con intercalazioni di selci, siltiti e marne con resti di piante, conglomerati, e calcari silicizzati di ambiente lacustre appartenenti alla Formazione del Rio Minore (Unità LAC), e marginalmente dai depositi olocenici composti da detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica appartenenti alle coltri eluvio-colluviali (Unità DCO).

I rilievi effettuati hanno permesso di valutare le caratteristiche fisiche dei suoli nell'area in progetto; tramite le stesse è stato possibile classificare i suoli secondo il modello di Land Capability Classification.

L'analisi svolta conferma la spiccata suscettività di questi suoli all'uso agricolo sebbene siano presenti da lievi a moderate limitazioni che possono restringere lo spettro colturale.

Nel rilievo CH3 tali limitazioni sono attribuibili alla profondità utile delle radici <50cm e al drenaggio interno che è stato valutato da piuttosto mal drenato a mal drenato. Per questa ragione i suoli vengono classificati in IV classe di Land capability a cui viene associato il suffisso "s" ad indicare limitazioni intrinseche dei suoli date dalla moderata potenza e il suffisso "w" ad indicare limitazioni connesse ad eccessi di acqua nel suolo, quali difficoltà di drenaggio interno ed eccessiva umidità.

Il sito CH3 nonostante presenti delle ottime proprietà agro-pedologiche viene collocato in III classe di capacità d'uso a seguito della profondità utile alle radici inferiore ai 100cm. Allo stesso modo il sito TCH1 ricade in III classe di Land Capability.

I suoli riscontrati nel rilievo CH1, CH2 CH3 vengono collocati sempre in III classe per la profondità utile alle radici e per il drenaggio interno. La constatazione di processi ossido riduttivi nell'orizzonte B associati alla presenza di screziature così come le concrezioni di ferro e manganese (CH1), denotano una circolazione idrica lenta. Alla classe suoli vengono associati affiancati i suffissi "s" e "w".

#### 4. EFFETTI ATTESI E MISURE DI MITIGAZIONE

Gli aspetti ambientali maggiormente significativi che si originano dalla realizzazione di un impianto fotovoltaico con strutture installate sul terreno sono dovuti all'occupazione del suolo, in considerazione, soprattutto, della lunga durata della fase di esercizio.

L'installazione delle strutture di sostegno dei pannelli FV è potenzialmente suscettibile, infatti, di innescare o accentuare processi di degrado riconducibili alla compattazione, alla diminuzione della fertilità e alla perdita di biodiversità.

Un punto fondamentale da considerare è che la formazione del suolo è un processo estremamente lento. Infatti, laddove dovesse essere impermeabilizzato le sue funzioni sarebbero praticamente perdute del tutto o in gran parte (Siebielec et al., 2010). Queste funzioni riconosciute come servizi ecosistemici sono riconducibili a: produzione alimentare; assorbimento idrico; capacità di filtraggio e tamponamento del suolo; stoccaggio di carbonio; riserva di biodiversità. È perciò importante considerare che il suolo oltre alla sua funzione produttiva (agricola) presenta funzioni ambientali altrettanto importanti che vanno tutelate e salvaguardate.

Le relazioni fra il campo fotovoltaico ed il suolo agrario che lo ospita sono da indagare con una specifica attenzione, poiché, con la costruzione dell'impianto, il suolo funge da substrato per il supporto dei pannelli fotovoltaici. Tale ruolo "meccanico" non deve porre in secondo piano le complesse e peculiari relazioni fra il suolo e gli altri elementi dell'ecosistema, che possono essere variamente influenzate dalla presenza del campo fotovoltaico e dalle sue caratteristiche progettuali. Nel caso specifico, il progetto esclude la necessità di ricorrere alla manomissione dei suoli o alla loro impermeabilizzazione, se non parzialmente in corrispondenza delle aree adibite alla realizzazione delle cabine e delle viabilità. L'analisi dei potenziali effetti sulla risorsa suolo richiede necessariamente una valutazione bilanciata in rapporto al conseguimento di obiettivi strategici orientati alla progressiva riduzione dell'utilizzo dei combustibili fossili a vantaggio di energie rinnovabili.

Ci si trova, pertanto, in una fase del progresso tecnologico in cui appare doveroso individuare delle soluzioni che possano garantire il giusto equilibrio tra esigenze di conservazione ambientale e produzione alimentare con le necessità di contrastare i cambiamenti climatici. Per questa ragione il suolo riveste un ruolo chiave in questo nuovo riassetto globale. Infatti, emerge sempre più una maggior sensibilità per la salute del suolo, come dimostra il crescente aumento negli ultimi anni delle colture biologiche, integrate, conservative, reso possibile anche dagli incentivi di una politica comunitaria attenta a queste problematiche.

Secondo queste logiche la Commissione Europea ha indicato delle buone pratiche allo scopo di limitare, mitigare o compensare tutti quegli interventi che possono provocare il consumo e l'impermeabilizzazione del suolo (Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo, 2012). Sulla base di ciò verranno proposte delle misure mitigative e compensative che meglio si adattano al caso specifico finalizzate a raggiungere tale obiettivo, ovvero quello di limitare al minimo gli impatti sulla risorsa pedologica e dove possibile attuare delle soluzioni che ne permettano la conservazione rispetto alla situazione attuale. Analizzare

le caratteristiche costruttive dell'impianto fotovoltaico permette di individuare quali possano essere i potenziali impatti agro-pedologici che si possono manifestare nel sito di progetto.

#### **4.1 Effetti in fase di cantiere**

Durante le fasi di cantiere le attività di movimentazione del terreno comportano l'alterazione delle proprietà fisico-chimiche del suolo per effetto della variazione stratigrafica dovuta alla manomissione degli orizzonti pedologici. Gli effetti descritti a carico della risorsa suolo si riferiscono, in particolare, alle superfici predisposte alla realizzazione delle cabine elettriche, presso cui si dovrà prevedere necessariamente la sistemazione morfologica dei piazzali e l'indispensabile rivestimento e impermeabilizzazione delle superfici interessate. Gli interventi previsti, limitati ad una superficie complessiva di 0.082 ha, determineranno inevitabilmente effetti diretti e irreversibili sulla risorsa, misurabili in termini sottrazione di suolo e perdita locale delle funzioni ecosistemiche.

L'utilizzo di tracker che non prevedono dei pali di sostegno ancorati a fondazioni in calcestruzzo concorre a conseguire, inoltre, il pieno recupero ambientale del sito al termine della fase di esercizio. La realizzazione delle piste di servizio necessarie per le attività all'interno dell'impianto (realizzate attraverso la ricarica con materiale arido di cava) determinano una sottrazione di suolo pari a circa 1.902 ha a fronte di una superficie complessivamente interessata in progetto di circa 29.651 ha.

Gli effetti diretti riconducibili a tali interventi riguarderebbero l'aumento della pietrosità e, indirettamente, il grado di compattazione, originabile dal passaggio dei mezzi di servizio nell'arco della durata dell'impianto. Tuttavia, l'effetto previsto benché riduca le funzioni del suolo nelle superfici interessate, non può essere considerato come irreversibile in quanto le piste non saranno impermeabilizzate. Nelle fasi di installazione l'effetto della compattazione sulle superfici restanti, conseguente al transito dei mezzi, è valutabile come non significativo.

Gli effetti potenziali associati alla fase di costruzione devono riferirsi inoltre agli scavi per la posa dei cavidotti per il trasporto dell'energia dalla centrale solare alla stazione di utenza. Peraltro, tali effetti possono essere considerati non significativi in quanto le superfici interessate si trovano ai margini della esistente viabilità.

Gli impatti associati alla produzione di rifiuti durante le lavorazioni si ritengono scarsamente significativi ed efficacemente controllabili a seguito della rigorosa adozione delle procedure di gestione previste dalla normativa applicabile.

#### **4.2 Effetti in fase di esercizio**

In fase di esercizio gli unici effetti ravvisabili sulla risorsa suolo sono riconducibili all'occupazione di superfici e alla variazione dell'irraggiamento solare rispetto allo stato ex ante. Per quanto riguarda l'aspetto relativo all'occupazione di suolo la presenza degli inseguitori solari non preclude il proseguimento delle pratiche agro-pastorali. Nel caso specifico la superficie complessiva che potrebbe essere utilizzata a fini agricoli (SAU) ammonterebbe a quasi 27,75 ha. Le variazioni diurne e stagionali del microclima associate alle differenti condizioni di irraggiamento solare sulle superfici, ancorché più contenute rispetto alle tradizionali soluzioni con strutture di sostegno fisse, sarebbero comunque avvertibili. I parametri e gli aspetti potenzialmente soggetti a variazione, oltre alla

temperatura, si riferiscono all'umidità, ai processi fotosintetici, al tasso di crescita delle piante delle colture previste, alla tipologia delle essenze selvatiche che si insidieranno, al tasso di degradazione della sostanza organica e alle attività della micropedofauna. Tale effetto perturbativo, che andrà indagato durante le previste attività di monitoraggio ambientale, potrebbe potenzialmente incidere sulle caratteristiche pedologiche delle superfici. All'atto della dismissione dell'impianto, infatti, a seguito della rimozione dei pannelli si ristabilirà la condizione originaria determinando un nuovo riassetto dei parametri. L'effetto viene comunque valutato reversibile e di breve-medio termine. Peraltro, è comunque verosimile che una minore esposizione complessiva all'irraggiamento solare riduca i livelli di evapotraspirazione e dunque contribuisca alla conservazione di ottimali livelli di umidità del suolo, con effetti potenzialmente positivi sul contenuto di sostanza organica. D'altro canto, l'azione di copertura operata dai pannelli può incidere positivamente sui processi erosivi, inducendo un'attenuazione delle piogge durante le precipitazioni. Infine, gli eventuali interventi manutentivi e di pulizia che verranno svolti durante la fase di esercizio hanno un impatto irrilevante sul suolo.

In riferimento agli Insetti pronubi, fondamentali all'interno dell'agroecosistema, è riportato per i sistemi di pannelli fotovoltaici un certo impatto in termini di "polarized light pollution - PLP", ossia una modifica importante del pattern di polarizzazione della luce ambiente a causa della riflessione (Horváth et al., 2009). La PLP concorre al "disorientamento" comportamentale di alcuni insetti "polarotattici" come, per esempio, le api (*Apis mellifera* L.) che grazie ad un array di sistemi, tra i quali la polarotassi sono in grado di fare ritorno al proprio alveare (homing) con le scorte di nettare, polline, acque e propoli per le esigenze dell'intera colonia. Ogni fattore in grado di incidere sulla navigazione delle api operarie può rappresentare di per sé una criticità in grado di ridurre il potenziale di approvvigionamento alimentare delle colonie con effetti negativi nella performance di sviluppo, tolleranza a parassiti e patogeni e infine sulla produzione. È pertanto opportuno attuare delle soluzioni che consentano di integrare i rapporti tra i sistemi produttivi energetici e le api.

### **4.3 Effetti in fase di dismissione**

In fase di dismissione gli effetti dell'impianto sul suolo sono di carattere transitorio e reversibile potendosi riferire principalmente al transito dei mezzi d'opera in corrispondenza delle aree di lavorazione.

Anche in questo caso gli effetti associati alla produzione di rifiuti si ritengono efficacemente controllabili a fronte dell'adozione di appropriate misure di gestione e, dunque, scarsamente significativi.

### **4.4 Misure di mitigazione proposte**

Al fine di contenere i potenziali impatti negativi, le buone pratiche pubblicate dalla Commissione Europea per mitigare gli effetti del consumo di suolo suggeriscono di adottare misure di mitigazione che prevedano l'utilizzo di materiali o metodi di costruzione ecosostenibili. Ciò al fine di favorire la permeabilità del terreno e limitare la perdita completa delle funzioni del suolo nello specifico sito.

La realizzazione del campo solare in progetto, inoltre, configura l'opportunità di individuare mirate misure di compensazione in grado di incidere positivamente sulle limitazioni d'uso riscontrate, come più oltre evidenziato.

#### **4.4.1 Area delle cabine elettriche**

Nel caso in esame in riferimento alle aree in cui verranno realizzate le cabine elettriche interne al campo, non può evitarsi l'impermeabilizzazione del suolo. La potenziale perdita di suolo che origina dalle attività preparatorie del terreno pertinenti alle fondazioni delle cabine, potrà essere efficacemente mitigata avendo cura di accantonare gli strati superficiali di suolo (primi 20 -30 cm) al fine di risistemarli integralmente nelle superfici limitrofe a scavi terminati. Attraverso questa misura di compensazione è possibile migliorare la qualità di suoli con scarsa o ridotta potenzialità d'uso riscontrati all'interno delle superfici d'interesse. Nelle fasi di dismissione dovrà essere prevista la rimozione dello strato impermeabilizzato. La procedura prevede il dissodamento del terreno sottostante, la **rimozione del materiale estraneo e la ristrutturazione del profilo pedologico**. Per completare l'opera di ripristino potrebbe essere necessario l'aggiunta di terreno vegetale scavato nel sito. Questa misura se adeguatamente pianificata e gestita permette di recuperare una parte considerevole delle funzioni del suolo.

#### **4.4.2 Area del campo solare: attività agro-pastorali e misure conservative dei suoli**

La realizzazione e l'esercizio dell'impianto fotovoltaico permette la **piena compatibilità con le attività agro-pastorali (pascolo ovino)** conciliando contemporaneamente in questo modo l'utilizzo agro-zootecnico con la produzione energetica.

In tal senso propone nel seguente progetto, la **realizzazione di prati pascolo permanenti** per una superficie complessiva pari a circa 27,75 ha.

L'erba del pascolo è un foraggio del tutto particolare, unico nel suo genere perché è un alimento vivo. A differenza dei foraggi conservati e delle granelle che sono costituite da cellule non vitali, l'erba, è invece costituita da cellule vive e vitali per tutta la stagione vegetativa (di crescita) e ciò fa di questo alimento una eccezionale fonte di nutrienti ad alto valore biologico per il bestiame: zuccheri, aminoacidi, fibre digeribili, minerali e vitamine. L'energia netta che viene estratta dall'erba è superiore rispetto agli altri foraggi. Per queste eccellenti caratteristiche, l'ingestione di essenze erbacee al pascolo dà luogo a produzioni di latte migliori.

Tutte le piante hanno le stesse molecole ma quello che varia è il loro contenuto, quindi, ogni giorno, l'animale può formare la sua dieta scegliendo e selezionando le piante in base alla stagione. Le erbe dei pascoli sono infatti in continua evoluzione. Con l'accrescimento, cambiano colore, i profumi si attenuano, la pianta diventa più legnosa e secca. Ogni erba ha un corredo polifenolico diverso e, quindi, più specie di erbe ci sono nel pascolo e nei fieni e più polifenoli ritroveremo nel latte e nella carne. L'animale avrà in tal modo una alimentazione meglio bilanciata.

L'ombreggiamento dei pannelli facilita il mantenimento di valori di umidità maggiori, agevolando la crescita delle essenze erbacee, inoltre le attività di pascolo promuoveranno la concimazione naturale favorendo la fertilità dei suoli. Gli animali potranno pascolare liberamente tra i pannelli solari e disporre

di strutture utili a proteggerli dalla pioggia, dal vento e soprattutto dall'eccessiva esposizione solare nel periodo estivo.

La scelta di questo cambio d'uso è funzionale al raggiungimento di un ulteriore obiettivo legato alla **conservazione e al mantenimento delle proprietà chimico-fisiche dei suoli nel tempo**, e a un progressivo aumento della fertilità. L'inerbimento è infatti una tecnica colturale a basso impatto ambientale priva di lavorazioni meccaniche e prevede la crescita spontanea e/o controllata del cotico erboso che viene consumato dal bestiame o sottoposto saltuariamente a sfalcio. La gestione del cotico erboso può essere effettuata con macchina trinciatrice. Gli sfalci periodici così ottenuti potranno essere utilizzati come foraggio per gli ovini.

Questa pratica porta molteplici vantaggi in ottica di miglioramento degli ecosistemi agricoli e di protezione del suolo. Infatti, consente di mantenere o incrementare il livello di sostanza organica del terreno, riduce la perdita di elementi nutritivi migliorandone la distribuzione e disponibilità e favorisce una maggiore e più rapida infiltrazione dell'acqua piovana. Il cotico erboso rappresenta una protezione contro l'erosione, riduce il compattamento causato dalla circolazione dei mezzi meccanici, può facilitare le operazioni di manutenzione degli inseguitori solari. Nei terreni inerbiti la temperatura dell'aria in prossimità della superficie del suolo tende ad abbassarsi rispetto ai terreni lavorati. L'inerbimento influisce positivamente sull'equilibrio tra insetti nocivi e i loro nemici naturali e crea degli habitat ideali per gli insetti pronubi con un aumento dei livelli di biodiversità.

Per la realizzazione del prato pascolo permanente si prevede un miscuglio di graminacee, leguminose selezionate autoriseminanti e compatibili con il contesto agro-ambientale attuale. Tale gestione del suolo permette l'assenza di lavorazioni meccaniche e ha come finalità il miglioramento dei pascoli, della qualità dei suoli e dell'ecosistema agricolo. Il successo di questa pratica dipenderà dal corretto insediamento del cotico erboso e dalla gestione del pascolamento.

La semina dovrà essere fatta all'inizio dell'autunno. La disponibilità di acqua nel letto di semina favorirà la germinazione dei semi e una rapida crescita delle radici. Nelle fasi preparatorie è richiesta una lavorazione minima del terreno con un'aratura leggera (10-20cm) seguita da una erpicatura; tuttavia, qualora possibile, sarebbe preferibile attuare la semina su sodo. Si prevede una concimazione di fondo con stallatico adeguata ai valori chimici del terreno. La quantità raccomandata di semenza è di 10-20 kg/ha ma potrà essere potenziata in base alle esigenze. La profondità di semina dovrà essere di 1,0-2,0 cm, al termine delle operazioni potrebbe essere necessaria una rullatura superficiale. Il miscuglio della semenza sarà così costituito: *Trifolium repens* (trifoglio bianco), *Trifolium pratense* (trifoglio violetto), *Vicia villosa* (Veccia villosa) *Trifolium incarnatum* (trifoglio incarnato), *Trifolium subterraneum* (trifoglio sotterraneo), *Hedysarum coronarium* (sulla), *Medicago sativa* (erba medica), *Lotus corniculatus* (ginestrino) *Lolium perenne* (loietto perenne), *Festuca arundinacea* (festuca falascona), *Poa pratensis* (erba fienarola) *Dactylis glomerata* (dattile).

Questo miscuglio di erbe consente di ottenere e garantire un foraggio misto di qualità per il pascolamento ed alto potenziale mellifero.

L'obiettivo principale della gestione nell'anno d'insediamento è di garantire una grande produzione di semi delle specie seminate che dovranno accumularsi nel suolo a costituire una ricca banca di seme.

Questa garantirà una lunga persistenza del pascolo e la sua produttività negli anni successivi. Il carico di bestiame dovrà essere adeguato all'estensione delle superfici coinvolte e questo potrà garantire il ricaccio continuo e la sostenibilità dei pascoli nel lungo periodo, evitando in tal modo i danni da calpestio e facilitando una ricrescita più regolare del cotico erboso.

Per quanto concerne ulteriori misure per la conservazione del suolo si prevede, preventivamente alla fase di livellamento della viabilità e ed eventuali movimenti di terra localizzati, che sia effettuata la rimozione degli strati superficiali di terra vegetale, con abbancamento temporaneo nelle superfici adiacenti. Allo scopo di favorire il successivo recupero dei suoli il terreno vegetale sarà asportato avendo cura di selezionare e stoccare separatamente gli orizzonti superficiali evitando accuratamente rimescolamenti con strati di suolo profondo sterile o con altri materiali di risulta. Dovrà essere evitato il rimescolamento di suoli appartenenti ad Unità di terra differenti in modo da mantenere il più possibile intatte le caratteristiche intrinseche dei suoli asportati. Tutte le aree di accumulo del suolo vegetale saranno tenute lontane da micro-impluvi e da superfici soggette da eccessivo dilavamento o erosione da parte delle acque di deflusso superficiale. Al termine dei lavori di movimento terra si provveda al ricollocamento della terra vegetale precedentemente stoccata, con spandimento regolare ed omogeneo finalizzato alla ricostituzione dell'orizzonte A (orizzonte vegetale) del suolo.

In merito al **materiale inerte di cava** che verrà utilizzato per la realizzazione delle piste di esercizio **per esso si prevede l'integrale rimozione nelle fasi di dismissione.**

#### **4.4.3 Soluzione per gli insetti pronubi**

Una soluzione in grado di ridurre il potenziale impatto del fotovoltaico sulle specie della fauna polarotattica sembra essere insita nella finitura della superficie dei **moduli fotovoltaici** (Fritz et al., 2020) hanno dimostrato che grazie ad un **finitura superficiale di tipo microtexturizzata** (varie tipologie) i moduli FV diventavano quasi inattrattivi per due specie d'insetti polarotattici, suggerendo un possibile sviluppo per i moduli FV basato sulla finitura delle superfici volta all'incremento dell'efficienza di conversione e alla riduzione dell'interferenza con le specie animali polarotattiche. Le soluzioni individuate sono in grado di ridurre l'interferenza con effetti positivi anche sulle api e altri insetti pronubi. In via indiretta, possibili benefici per le api e gli altri pronubi possono derivare da uno specifico assetto delle aree investite a fotovoltaico in relazione ad alcuni aspetti: **creazione di microhabitat idonei per le fioriture anche nei periodi tipicamente poveri di risorse trofiche per le api** (piena-tarda estate nell'area mediterranea) grazie al parziale ombreggiamento delle strutture FV; **semine e piantumazioni ad hoc da includere nel planning degli impianti fotovoltaici** con relativa verifica delle condizioni "migliorative".

In un'ottica di miglioramento territoriale si intende sviluppare un modello sinergico che possa generare un buon livello di integrazione tra sistemi produttivi e le attività degli insetti pronubi. La gestione per inerbimento controllato sotto forma di prati pascoli perenni rappresenta un aspetto migliorativo dell'agroecosistema poiché aumenta i livelli di biodiversità e creano dei microhabitat idonei per le fioriture ad alto potenziale mellifero. Inoltre, grazie all'ombreggiamento delle strutture FV le fioriture potranno prolungarsi per un tempo maggiore nei periodi tipicamente poveri.

## 5. MONITORAGGI

### 5.1 Monitoraggio pedologico

L'attività di monitoraggio pedologico acquisisce un ruolo importante durante le fasi dell'impianto poiché permette di valutare eventuali modifiche dei caratteri dei suoli nel tempo.

Il Piano di monitoraggio è articolato in tre fasi rispettivamente: ante operam (prima del cantiere); in operam (fasi di cantiere) e fase di dismissione dell'impianto. All'interno di ogni fase si prevedono le attività da mettere in atto riguardo i monitoraggi della risorsa suolo con le azioni preventive e/o correttive che si intende intraprendere qualora l'esito del monitoraggio evidenzia criticità.

I campionamenti verranno svolti nei punti in cui sono stati effettuati i rilevamenti ispettivi in modo da ottenere delle informazioni coerenti e che siano il più rappresentative possibile considerando l'eterogeneità fisiografica dei suoli. Ci si riserva di valutare in seguito la possibilità di spostare i punti di campionamento qualora fosse necessario.

Le azioni di monitoraggio di seguito illustrate sono state pianificate in accordo con:

- le indicazioni generali per gli studi pedologici in relazione alle istanze di autorizzazione di verifica di assoggettabilità a V.I.A. per la realizzazione di impianti fotovoltaici sviluppate dall'Agenzia AGRIS (Regione Sardegna);

#### 5.5.2.1 Fase ante operam

Preventivamente alla realizzazione delle opere dovranno essere raccolte tutte quelle informazioni necessarie alla caratterizzazione dei suoli, fondamentali per la determinazione delle proprietà intrinseche dei terreni, finalizzate a stabilire le condizioni di partenza al tempo zero.

I monitoraggi preliminari dovranno essere svolti una sola volta da un esperto pedologo prima dell'avviamento della fase di cantiere.

#### 5.5.2.2 Fase in operam

Durante la fase di cantiere dovranno essere messe in atto delle attività di monitoraggio funzionali ad accertare che i movimenti di terra previsti siano effettuati con terreno "in tempera" attraverso l'uso di macchinari idonei, al fine di minimizzare la miscelazione del terreno superficiale con gli strati profondi (dove presenti). Gli orizzonti più fertili e superficiali saranno asportati e accumulati ordinatamente in aree idonee, prestando particolare attenzione alla direzione del vento dominante in modo da ridurre la potenziale dispersione eolica della frazione fine (particelle limo-argillose) del terreno. Tutte le aree di accumulo del suolo vegetale saranno tenute lontane da impluvi e da superfici soggette da eccessivo dilavamento o erosione da parte delle acque di deflusso superficiale. Al termine dei lavori di movimento terra dovrà prevedersi il ricollocamento della terra vegetale precedentemente stoccata, con spandimento regolare ed omogeneo finalizzato alla ricostituzione dell'orizzonte A (orizzonte vegetale) del suolo.

#### 5.5.2.4 Fase di dismissione

Al termine delle fasi di dismissione dell'impianto solare, dovranno essere necessariamente ridefinite le e di capacità d'uso dei suoli attraverso un rilevamento pedologico analogo a quello condotto preliminarmente all'installazione dell'impianto. Dovranno pertanto essere ripetute le descrizioni dei

profili pedologici. A seguito di tali operazioni sarà possibile definire le azioni strategiche necessarie per un eventuale recupero della risorsa suolo a cui potrà seguire un ulteriore monitoraggio per verificare che tali interventi siano risultati efficaci. I dati derivati dalle osservazioni in campo, adeguatamente georiferiti nonché le interpretazioni dei dati nelle fasi ante, in operam post operam e verranno riportati nelle specifiche relazioni tecniche.

Durante la fase di dismissione dovranno essere messe in atto delle attività di monitoraggio funzionali ad accertare che si provveda al corretto ripristino delle aree impermeabilizzate, alla rimozione del materiale estraneo e alla ristrutturazione del profilo pedologico. I movimenti di terra previsti dovranno essere effettuati con terreno "in tempera" attraverso l'uso di macchinari idonei. Inoltre si dovrà accertare la completa rimozione del materiale inerte di cava utilizzato per la realizzazione della viabilità.

## 6. CONCLUSIONI

Il contesto territoriale entro cui si propone la realizzazione dell'impianto fotovoltaico denominato "Chilivani" della potenza nominale di 19'929,0 kWp, presenta connotati tipicamente agro-pastorali.

Il paesaggio è tipicamente pianeggiante influenzato dalle caratteristiche geomorfologiche e pedologiche del territorio nonché dalle profonde trasformazioni agricole e opere di bonifica avvenute nel passato. Il territorio è vocato all' agricoltura e la destinazione d'uso è indirizzata alla produzione di colture erbacee cerealicole e foraggere e pascolo. Frequenti sono gli eucalitteti che adornano i poderi agricoli con la funzione di frangivento o che si sviluppano in vaste piantagioni utilizzate per la produzione di legname. Non mancano le attività zootecniche finalizzate principalmente all'allevamento ovino. La vegetazione spontanea si conserva lungo i margini dei coltivi e all'interno dei fossi e canali di caratterizzate da comunità igrofile

I rilievi effettuati hanno permesso di valutare le caratteristiche fisiche dei suoli mediante il quale è stato possibile classificarli secondo il modello di Land Capability Classification.

L'analisi svolta conferma la spiccata suscettività di questi suoli all'uso agricolo seppur siano presenti da moderate a severe limitazioni che riducono la scelta delle possibili colture. Dall'analisi emerge che i suoli in queste aree ricadono in classe III e IV di capacità d'uso cui fattore limitante è associato alle difficoltà di drenaggio e alla profondità utile alle radici.

Considerando le proprietà pedologiche rilevate si ritiene che la realizzazione degli interventi proposti non possa generare nuovi processi degradativi o aggravare in modo apprezzabile quelli esistenti a carico delle risorse pedologiche. Il tal senso attraverso la trasformazione degli attuali seminativi in aree a prati pascolo permanenti sarebbe possibile conseguire contemporaneamente più obiettivi ovvero: produzione energetica, allevamento animale, conservazione del suolo, aumento della biodiversità. Dal punto di vista agricolo sarà infatti possibile proseguire le attività agro-pastorali durante la fase di esercizio dell'impianto. In ottica di conservazione dei suoli e di mantenimento della biodiversità dell'agrosistema la realizzazione dell'impianto fotovoltaico Chilivani rappresenterebbe la miglior scelta d'uso del suolo che si potrebbe effettuare sul territorio tenuto conto del fatto che la destinazione d'uso dell'area è di tipo industriale.

Nelle aree interessate da locali operazioni di sistemazione morfologica le operazioni di scavo dovranno essere condotte in accordo con procedure orientate a scongiurare rischi di compromissione delle proprietà agro-ambientali dei suoli, in termini di sostanza organica e funzionalità biologica ed ecologica.

È pur vero che per favorire questo risultato, le movimentazioni di terra e l'azione dei mezzi dovrebbero essere limitate il più possibile. A tal riguardo durante la fase di cantiere dovranno essere messe in atto delle attività di monitoraggio funzionali ad accertare che i movimenti di terra previsti siano effettuati con terreno "in tempera" attraverso l'uso di macchinari idonei, al fine di minimizzare la miscelazione del terreno superficiale con gli strati profondi (dove presenti). Gli orizzonti più fertili e superficiali saranno asportati e accumulati ordinatamente in aree idonee, prestando particolare attenzione alla

direzione del vento dominante in modo da ridurre la potenziale dispersione eolica della frazione fine (particelle limo-argillose) del terreno. Tutte le aree di accumulo del suolo vegetale saranno tenute lontane da impluvi e da superfici soggette da eccessivo dilavamento o erosione da parte delle acque di deflusso superficiale. Al termine dei lavori di movimento terra dovrà prevedersi il ricollocamento della terra vegetale precedentemente stoccata, con spandimento regolare ed omogeneo finalizzato alla ricostituzione dell'orizzonte A (orizzonte vegetale) del suolo.

In merito alle superfici in cui si dovranno realizzare le cabine, l'impermeabilizzazione del suolo e il conseguente movimento di terra porterebbero alla perdita di buona parte dei servizi ecosistemici, che comunque risulterebbero assai limitate, pari a 0,082 ha, rispetto al totale delle superfici fondiarie (29 ettari circa). In fase di dismissione si prevede il completo ripristino delle aree con la rimozione del materiale estraneo e la ristrutturazione del profilo. Per quanto riguarda le superficie coinvolte nella realizzazione della viabilità di servizio, la locale modifica delle condizioni d'uso comporterà un'occupazione di suolo pari a 1,9 ha.

L'effetto previsto, benché riduca buona parte delle funzioni ecosistemiche nelle superfici interessate, non può essere considerato come irreversibile in quanto le aree non saranno impermeabilizzate. Gli effetti diretti riconducibili a tali interventi riguarderebbero l'aumento della pietrosità, e indirettamente il grado di compattazione, originabile dal passaggio dei mezzi nell'arco della durata dell'impianto e infine la sottrazione di suolo alla destinazione agricola.

La copertura dei pannelli fotovoltaici potrebbe apportare diversi vantaggi, come l'attenuazione delle piogge durante le precipitazioni limitando l'erosione laminare (sheet erosion) e soprattutto quella da impatto (splash erosion), salvaguardando la risorsa suolo. Inoltre, considerando la tipologia di pannelli che verranno posizionati (tracker) è possibile che una minore esposizione omogenea all'irraggiamento solare riduca i livelli di evapotraspirazione generando un livello di umidità maggiore nel suolo, che favorirebbe un incremento della sostanza organica. È pur vero che le potenziali variazioni diurne e stagionali del microclima associate alle differenti condizioni di irraggiamento solare, potrebbe potenzialmente incidere sulle caratteristiche pedologiche delle superfici progettuali.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- ARU A., BALDACCINI P., VACCA A., 1991. Carta dei suoli della Sardegna alla scala 1:250:000.
- AGRIS, LAORE, UNIVERSITA DEGLI STUDI DI CAGLIARI, UNIVERSITA DEGLI STUDI DI SASSARI, 2014. Carta delle unità delle terre e della capacità d'uso dei suoli - 1° lotto.
- AGRIS: MOLLE G., DECANDIA M., 2005. Buone pratiche di pascolamento delle greggi di pecore e capre
- BRADY N.C., WIEL R.R., 2002. The nature and properties of soils.
- BURROUGH P.A., 1983 Multiscale sources of spatial variability in soil.
- CARMIGNANI L., OGGIANO G., FUNEDDA A., CONTI P. PASCÌ S., BARCA S, 2008. Carta geologica della Sardegna in scala 1:250.000. Litogr. Art. Cartog. S.r.l., Firenze.
- COMMISSIONE EUROPEA, 2012. Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo.
- COSTANTINI, E.A.C., 2006. La classificazione della capacità d'uso delle terre (Land Capability Classification).
- COUTO E.G. STEIN A., KLAMT E., 1997. Large area spatial variability of soil chemical properties in central Brazil.
- DOKUCHAEV, 1885 Russian Chernozems.
- JENNY H., 1941. Factors of Soil Formation.
- ISPRA: CAMARDA I., CARTA L., LAURETI L., ANGELINI P., BRUNU A., BRUNDU G, 2011. Carta della Natura della Regione Sardegna: Carta degli habitat alla scala 1:50.000.
- ISPRA SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA. OGGIANO G., AVERSANO A. FORCI A. LANGIU M.R et al "Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1: 50.000 foglio 459 Sassari".
- MELIS A.M.R, DETTORI D., PORQUEDDU C. et al, 2006. Semina di pascoli permanenti a base di leguminose
- PHILLIPS J.D., 2000 Divergent evolution and the spatial structure of soil landscape variability
- RASIO R. VIANELLO G, 1990. Cartografia pedologica nella pianificazione e gestione del territorio
- SALDANA A., STEIN A., ZINCK J.A., 1998. Spatial variability of soil properties at different scales within three terraces of the Henares River (Spain)
- WARRICK A.W, NIELSEN D.R. 1980. Spatial variability of soil physical properties in the field
- YOU DEN W.J., MEHLICH A., 1937. Selection of efficient methods for soil sampling
- SOIL SURVEY DIVISION STAFF, 1993 Soil Survey Manual. USDA-NRCS. U.S. Gov. Print Office Washington D.