

IMPIANTO AGROVOLTAICO SAN MARTINO

PIANO COLTURALE AGRONOMICO DELL'AREA DI INTERVENTO

Parte 1 di 3 – Relazione Tecnica, Allegato 1, Allegato 3

Progetto definitivo

Il Tecnico

Dott. Agr. Arturo Urso



File:C21PWT008AFR06000 Relazione Agronomica

00	28/10/2022	Prima emissione			
			A. Urso	M.Barresi	L. Sblendido
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
VALIDATION					
COLLABORATORS		VERIFIED BY		VALIDATED BY	
PROJECT / PLANT		CODE			
		C21PWT008AFR06000			
CLASSIFICATION	UTILIZATION SCOPE				



CODE

C21PWT008AFR06000

PAGE

2 di/of 51

INDICE

1	Introduzione	5
2	Il contesto attuale.....	6
2.1	Il Progetto nell'attuale Strategia Energetica Nazionale.....	6
2.2	Il pacchetto "Fit for 55"	7
3	IL PROGETTO	9
3.1	Dati generali	9
3.2	Tipologia di impianto.....	10
3.3	Principali dati tecnici	11
4	Descrizione del sito e dello stato dei luoghi.....	13
4.1	Clima	13
4.2	Ubicazione e utilizzazione dell'appezzamento	16
4.3	Caratteristiche pedologiche del sito in esame	16
4.3.1	<i>Cenni sulle caratteristiche geologiche del sito.....</i>	<i>16</i>
4.3.2	<i>Carta Uso Suolo con Classificazione CLC.....</i>	<i>18</i>
4.3.3	<i>Capacità d'uso del suolo delle aree di impianto (Land Capability Classification)</i>	<i>22</i>
4.4	Stato dei luoghi e colture praticate.....	24
4.5	Risorse idriche	25
5	Caratteristiche dell'agrovoltivo e stato della ricerca.....	26
5.1	Il Sistema Agrivoltaico	26
5.2	Meccanizzazione e spazi di manovra	29
5.3	Gestione del suolo	29
5.4	Studi sull'ombreggiamento.....	30
5.5	Presenza di cavidotti interrati.....	32
6	Attività agricole programmabili nell'area di intervento.....	33
6.1	Colture praticabili nell'area di intervento.....	33
6.1.1	<i>Copertura con manto erboso</i>	<i>34</i>
6.2	Attività apistica e produzione mellifera (dal 2° anno di attività)	35
7	Manodopera e mezzi da impiegare nell'attività agricola	38
7.1	Fabbisogno di manodopera	38
7.2	Mezzi agricoli necessari per la corretta gestione dell'attività agricola.....	38
8	Costi di realizzazione dei miglioramenti fondiari.....	41
9	Costi di gestione e Produzioni Lorde Standard (PLS).....	42

9.1	Produzioni Lorde Standard (PLS)	42
9.2	Colture erbacee.....	42
10	L'impianto e le linee guida per l'agrivoltaico 2022.....	43
11	Monitoraggio della qualità del suolo e dell'attività agricola	46
11.1	Monitoraggio del suolo e del sottosuolo.....	46
11.2	Montiraggio dell'attività agricola	47
12	Considerazioni conclusive	48
	Riferimenti bibliografici:	50
	Siti internet consultati:	50

Allegati:

ALLEGATO 1: Carta Uso Suolo *CORINE Land Cover*

ALLEGATI 2/a – 2/b: Planimetria Impianto con indicazione delle colture e delle relative superfici

ALLEGATO 3: Format regolare esecuzione di lavori (Quaderno di Campagna)

1 Introduzione

La Società POWERTIS S.R.L. propone la realizzazione e messa in esercizio di un impianto agrovoltaico, per la generazione di energia elettrica, comprensivo delle opere di connessione, nel territorio comunale di Galtelli (NU) in Sardegna, per una potenza nominale installata pari a 58,2516 MWp ed una potenza in immissione pari a 48,108 MW.

L'energia elettrica prodotta sarà convogliata, dall'impianto agrovoltaico, mediante cavi interrati in media tensione a 30 kV, alla futura Sottostazione Utente 30/150 kV, in progetto in prossimità all'area di impianto. Dalla futura Sottostazione Utente 30/150 kV, l'energia prodotta dall'impianto agrovoltaico, sarà trasportata in AT a 150 kV, attraverso cavidotto interrato di nuova realizzazione su strada esistente, alla Cabina Primaria della sottostazione esistente Galtelli, all'interno della quale sarà prevista la realizzazione di un nuovo stallo a 150 kV per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) per come descritto nell'STMG T0737886.

La progettazione dell'opera è stata sviluppata tenendo in considerazione una serie di criteri sociali, ambientali e territoriali, che hanno permesso di valutare gli effetti della pianificazione elettrica nell'ambito territoriale considerato nel pieno rispetto degli obiettivi della salvaguardia, tutela e miglioramento della qualità dell'ambiente, della protezione della salute umana e dell'utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali.

L'energia elettrica prodotta dall'impianto concorrerà al raggiungimento dell'obiettivo di incrementare la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, coerentemente con gli accordi siglati a livello comunitario dall'Italia.

L'impianto è stato studiato e progettato comparando le esigenze della pubblica utilità delle opere con gli interessi pubblici e privati coinvolti, cercando in particolare di:

- contenere per quanto possibile la sua estensione, per occupare la minor porzione possibile di territorio nell'ottica di una minor occupazione di suolo;
- minimizzare l'interferenza con le zone di pregio ambientale, naturalistico, paesaggistico e archeologico; evitare, per quanto possibile, l'interessamento di aree urbanizzate o di sviluppo urbanistico;
- contenere l'impatto visivo, nella misura concessa dalle condizioni geomorfologiche territoriali e riducendo l'interferenza con zone di maggior visibilità;
- minimizzare l'interessamento di aree soggette a dissesto geomorfologico;
- assicurare la continuità del servizio, la sicurezza e l'affidabilità della fornitura di energia;
- permettere il regolare esercizio e la manutenzione dell'impianto.

Il presente elaborato è finalizzato:

1. alla descrizione dello stato dei luoghi, in relazione alle attività agricole praticate sul fondo;
2. alla descrizione delle caratteristiche pedo-climatiche e delle produzioni agricole dell'areale considerato;
3. alla descrizione degli interventi che possono essere attuati, compresi quelli di miglioramento fondiario, per una corretta gestione agricola dell'area di impianto.

2 Il contesto attuale

2.1 Il Progetto nell'attuale Strategia Energetica Nazionale

La Direttiva 2009/28 del Parlamento europeo e del Consiglio, recepita con il Decreto Legislativo n. 28 del 3 marzo 2011, assegna all'Italia due obiettivi nazionali vincolanti in termini di quota dei Consumi Finali Lordi di energia coperta da fonti rinnovabili (FER) al 2020; il primo, definito *overall target*, prevede una quota FER sui CFL almeno pari al 17%; il secondo, relativo al solo settore dei Trasporti, prevede una quota FER almeno pari al 10%.

Con riferimento all'*overall target*, il successivo Decreto 15 marzo 2012 del Ministero dello Sviluppo Economico (c.d. decreto *Burden sharing*) fissa il contributo che le diverse regioni e province autonome italiane sono tenute a fornire ai fini del raggiungimento dell'obiettivo complessivo nazionale, attribuendo a ciascuna di esse specifici obiettivi regionali di impiego di FER al 2020.

In questo quadro, il Decreto 11 maggio 2015 del Ministero dello Sviluppo Economico, nell'articolo 7, attribuisce al GSE, con la collaborazione di ENEA, il compito di predisporre annualmente “[...] un rapporto statistico relativo al monitoraggio del grado di raggiungimento dell'obiettivo nazionale e degli obiettivi regionali in termini di quota dei consumi finali lordi di energia da fonti rinnovabili, a livello complessivo e con riferimento ai settori elettrico, termico e dei trasporti”.

Secondo il rapporto periodico del GSE “Fonti rinnovabili in Italia e in Europa” riferito all'anno 2018, pubblicato nel mese di febbraio 2020, tra i cinque principali Paesi UE per consumi energetici complessivi, l'Italia registra nel 2018 il valore più alto in termini di quota coperta da FER (17,8%). A livello settoriale, nel 2018 in Italia le FER hanno coperto il 33,9% della produzione elettrica, il 19,2% dei consumi termici e, applicando criteri di calcolo definiti dalla Direttiva 2009/28/CE, il 7,7% dei consumi nel settore dei trasporti.

Su un altro rapporto del GSE, dal titolo “Fonti rinnovabili in Italia e nelle Regioni – Rapporto di monitoraggio 2012-2018” pubblicato nel mese di luglio 2020 si può osservare come, nel 2018, la quota dei consumi finali lordi complessivi coperta da FER sia pari al 17,8%. Si tratta di un valore superiore al target assegnato all'Italia dalla Direttiva 2009/28/CE per il 2020 (17,0%), ma in flessione rispetto al 2017 (18,3%). Tale dinamica è il risultato dell'effetto di due trend opposti: da un lato, la contrazione degli impieghi di FER, al numeratore del rapporto percentuale, legata principalmente alla riduzione degli impieghi di biomassa solida per riscaldamento nel settore termico (il 2018 è stato un anno mediamente meno freddo del precedente) e alla minore produzione da pannelli solari fotovoltaici nel settore elettrico (principalmente per peggiori condizioni di irraggiamento); dall'altro, l'aumento dei consumi energetici complessivi, al denominatore del rapporto percentuale, che ha riguardato principalmente i consumi di carburanti fossili per autotrazione (gasolio, benzine) e per aeroplani (carboturbo).

In Italia tra il 2005 e il 2018 i consumi di energia da FER in Italia sono raddoppiati, passando da 10,7 Mtep (Mega tonnellate equivalenti di petrolio) a 21,6 Mtep. Si osserva, al contempo, una tendenziale diminuzione dei consumi finali lordi complessivi (CFL), legata principalmente agli effetti della crisi economica, alla diffusione di politiche di efficienza energetica e a fattori climatici.

A questi dati nazionali, ogni regione ha contribuito in maniera differente. Ovviamente, ciò è causato dalla differenziazione geografica degli impianti: il 76% dell'energia elettrica prodotta da fonte idrica, ad esempio, si concentra in sole sei Regioni del Nord Italia. Allo stesso modo sei Regioni del Sud

Italia possiedono il 90% dell'energia elettrica prodotta da eolico. Gli impianti geotermoelettrici si trovano esclusivamente nella Regione Toscana, gli impieghi di bioenergie e il solare termico si distribuiscono principalmente nel Nord Italia.

Tuttavia, la produzione di energia da fonte rinnovabile non è esente da problematiche, anche di carattere ambientale. Per questo motivo l'attuale Strategia Energetica Nazionale, con testo approvato in data 10 novembre 2017, alle pagine 87-88-89 (*Focus Box: Fonti rinnovabili, consumo di suolo e tutela del paesaggio.*), descrive gli orientamenti in merito alla produzione da fonti rinnovabili e alle problematiche tipiche degli impianti e della loro collocazione. In particolare, per quanto concerne la produzione di energia elettrica da fotovoltaico, si fa riferimento alle caratteristiche seguenti:

- Scarsa resa in energia delle fonti rinnovabili. “Le fonti rinnovabili sono, per loro natura, a bassa densità di energia prodotta per unità di superficie necessaria: ciò comporta inevitabilmente la necessità di individuare criteri che ne consentano la diffusione in coerenza con le esigenze di contenimento del consumo di suolo e di tutela del paesaggio.”
- Consumo di suolo. “Quanto al consumo di suolo, il problema si pone in particolare per il fotovoltaico, mentre l'eolico presenta prevalentemente questioni di compatibilità con il paesaggio. Per i grandi impianti fotovoltaici, occorre regolamentare la possibilità di realizzare impianti a terra, oggi limitata quando collocati in aree agricole, **armonizzandola con gli obiettivi di contenimento dell'uso del suolo.** Sulla base della legislazione attuale, gli impianti fotovoltaici, come peraltro gli altri impianti di produzione elettrica da fonti rinnovabili, possono essere ubicati anche in zone classificate agricole, salvaguardando però tradizioni agroalimentari locali, biodiversità, patrimonio culturale e paesaggio rurale”.
- Forte rilevanza del fotovoltaico tra le fonti rinnovabili. “Dato il rilievo del fotovoltaico per il raggiungimento degli obiettivi al 2030, e considerato che, in prospettiva, questa tecnologia ha il potenziale per una ancora più ampia diffusione, occorre individuare **modalità di installazione coerenti con i parimenti rilevanti obiettivi di riduzione del consumo di suolo [...]**”.
- Necessità di coltivare le aree agricole occupate dagli impianti fotovoltaici al fine di non far perdere fertilità al suolo. “Potranno essere così circoscritti e regolati i casi in cui si potrà consentire l'utilizzo di terreni agricoli improduttivi a causa delle caratteristiche specifiche del suolo, ovvero individuare modalità che consentano la realizzazione degli impianti **senza precludere l'uso agricolo dei terreni [...]**”.

2.2 Il pacchetto “Fit for 55”

Per allineare l'UE alle sue ambizioni climatiche, il 15 luglio 2021 la Commissione Europea ha pubblicato il pacchetto “Fit-for-55”, costituito da tredici proposte legislative trasversali comprensive di otto revisioni di regolamenti o direttive esistenti e cinque proposte nuove. Questo grande

pacchetto di aggiustamenti è pensato per dare gli strumenti e le regole all'Unione per abbattere le proprie emissioni di CO₂ del 55% entro il 2030 e quindi impostare adeguatamente il percorso verso la neutralità climatica entro il 2050. La legge europea sul clima, approvata qualche settimana prima, ha reso vincolanti questi obiettivi.

Lo scopo principale di "Fit for 55" è quello di approfondire la decarbonizzazione nell'Unione e renderla trasversale a più settori dell'economia europea, per impostare una strada efficace e ordinata in questi tre decenni. Senza un pacchetto aggiornato di misure, infatti, l'Europa arriverebbe soltanto a una riduzione delle emissioni del 60% entro il 2050 secondo le analisi della Commissione. Se è vero che il 75% del PIL mondiale è ora coperto da un qualche tipo di obiettivo di neutralità climatica, l'UE è la prima a tradurre questa visione in proposte e politiche effettivamente concrete. L'azione avanzata dalla Commissione è molto ambiziosa e tocca in modo sostanziale tutte le aree di policy europee principali (bilancio, industria, economia, affari sociali).

Nell'ambito del pacchetto Fit-for-55, per quanto concerne le *emissioni e assorbimenti risultanti da attività connesse all'uso del suolo, ai cambiamenti di uso del suolo e alla silvicoltura*, la proposta della Commissione mira a rafforzare il contributo che il settore delle attività connesse all'uso del suolo, ai cambiamenti di uso del suolo e alla silvicoltura (LULUCF) fornisce all'accresciuta ambizione generale dell'UE in materia di clima.

Per quanto invece riguarda nello specifico l'*energia rinnovabile*, il pacchetto comprende una proposta di revisione della direttiva sulla promozione delle energie rinnovabili. La proposta intende aumentare l'attuale obiettivo a livello dell'UE, pari ad almeno il 32% di fonti energetiche rinnovabili nel mix energetico complessivo, portandolo ad almeno il 40% entro il 2030. Propone inoltre di introdurre o aumentare i sotto-obiettivi e le misure settoriali in tutti i settori, con particolare attenzione ai settori in cui finora si sono registrati progressi più lenti in relazione all'integrazione delle energie rinnovabili, specificatamente nei settori dei trasporti, dell'edilizia e dell'industria. Mentre alcuni di questi obiettivi e disposizioni sono vincolanti, molti altri continuano ad avere carattere indicativo.

3 IL PROGETTO

L'agro-voltaico è una tecnica, al momento poco diffusa, di utilizzo razionale dei terreni agricoli che continuano ad essere produttivi dal punto di vista agricolo pur contribuendo alla produzione di energia rinnovabile attraverso una particolare tecnica d'installazione di pannelli fotovoltaici. Tendenzialmente il grande problema del fotovoltaico a terra è l'occupazione di aree agricole sottratte quindi alle coltivazioni. L'agro-voltaico quindi si prefigge lo scopo di conciliare la produzione di energia con la coltivazione dei terreni sottostanti creando un connubio tra pannelli solari e agricoltura potrebbe portare benefici sia alla produzione energetica pulita che a quella agricola realizzando colture all'ombra di moduli solari.

3.1 Dati generali

Ubicazione dell'opera (dati di sintesi) e Comuni interessati dal progetto

Sito di progetto dell'impianto agrovoltaico: Comune di Galtelli (NU)

Località: San Martino

Coordinate geografiche baricentriche dell'impianto:

AREA	EST [m]	NORD [m]
1	551481.00	4468655.00
2	553587.00	4467150.00
3	553448.00	4466294.00

Particelle catastali interessate dal progetto dell'impianto agrovoltaico:

Fogli di mappa interessati dall'impianto agrovoltaico, le sue componenti e i cavidotti:

- Comune di Galtelli F. 25 p.lle 33-34-37-48-49-73-77;
- Comune di Galtelli F. 31 p.lle 16-30-33-226-227-228-232-233-234-235;
- Comune di Galtelli F. 26 p.lle 84-1558-1681-108-1674-1676-97-911-1340-1556-1557-1546-1548-1549-284-283-1550-287-285-1682-1673-74-753-752-754-757-1675-87-1678-1596-1568-111-341-919-920-922-921-114-343-1683-1685-1127-1128-514-1380-22-30;
- Comune di Galtelli F. 27 p.lle 119-84-136-200-204-196-213-219-223-221;
- Comune di Galtelli F. 33 p.lle 200-258-208-204-206;
- Comune di Galtelli F. 34 p.lle 101-100-86-90-39-76-5-24-108-111-31-109-30
- Comune di Galtelli F. 35 p.la 50;
- Comune di Galtelli F. 32 p.lle 77-196-86-76-63-142-144-103-149-75-167-166-140-61-368-97-98-89-214-216-215-419.

Foglio di mappa interessato dalla Sottostazione elettrica:

- Comune di Galtelli F. 32 p.la 141.

Per l'elenco delle particelle catastali in dettaglio, interessate dal cavidotto MT di collegamento dell'impianto alla sottostazione 30/150 kV si rimanda al Piano particellare d'esproprio allegato al progetto definitivo.

		CODE C21PWT008AFR06000
		PAGE 10 di/of 51

Estensione complessiva dell'impianto

- La superficie catastale opzionata risulta essere pari a ha 144.35.98.
- La superficie occupata dall'impianto (interna alla recinzione) risulta essere pari a ha 82.64.12.
- Le aree esterne (aree destinate all'inserimento ambientale e mitigazione - colture arboree) risultano essere pari a circa 4,65 ettari.

3.2 Tipologia di impianto

Si tratta di un progetto per la costruzione di un impianto agro-voltaico, per la coltivazione agricola e per la produzione di energia fotovoltaica, di potenza pari a 76,733 MW e delle opere connesse, che la società Powertis S.r.l., quale proponente dell'impianto fotovoltaico, e la Società di Progettazione e Sviluppo Green Green Group intendono realizzare nell'agro del Comune di Galtelli (NU), in località "San Martino".

Un impianto agro-voltaico consente un utilizzo "ibrido" dei terreni agricoli fatto di produzioni agricole e produzione di energia elettrica.

A differenza di quanto accade con gli impianti fotovoltaici "tradizionali", la sua particolare conformazione permette di continuare a coltivare i terreni agricoli mentre su di essi si produce energia pulita e rinnovabile attraverso l'impianto fotovoltaico.

L'impianto agro-voltaico proposto è costituito da un impianto fotovoltaico, i cui moduli sono installati su inseguitori fotovoltaici mono-assiali (*tracker*), da installare su un appezzamento di terreno che verrà contemporaneamente coltivato con differenti tipi di colture. Le peculiari caratteristiche dell'impianto, quali ad esempio la maggiore distanza tra i tracker (disposti in file ad una distanza di 9,0 m di interasse) e dai confini del lotto nonché la condizione dell'ombreggiamento dinamico (derivato dall'installazione dei moduli fotovoltaici sulle strutture mobili) consente di avere, oltre alla produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, elevati rendimenti delle colture sottostanti con un ridotto utilizzo di acqua per l'irrigazione.

Il sito di progetto sul quale si sviluppa il progetto è ubicato nell'area a sud-est del territorio comunale di Galtelli, in una zona prettamente agricola; l'appezzamento di maggiori dimensioni dista circa 1,0 km dal centro urbano e vi si accede molto agevolmente tramite la Strada Provinciale 64, mentre l'appezzamento di minori dimensioni dista circa 3,0 km dal centro urbano ed è raggiungibile tramite la SS125.

I terreni interessati dal progetto sono tutti in moderata pendenza (5-6%), e attualmente sono lasciati a pascolo.

L'estensione catastale complessiva dell'area opzionata risulta pari a 144.35.98 ha.

L'energia elettrica prodotta sarà convogliata, dall'impianto agrovoltaico, mediante cavi interrati in media tensione a 30 kV, alla futura Sottostazione Utente 30/150 kV, in progetto in prossimità all'area di impianto. Dalla futura Sottostazione Utente 30/150 kV, l'energia prodotta dall'impianto agrovoltaico, sarà trasportata in AT a 150 kV, attraverso cavidotto interrato di nuova realizzazione su strada esistente, alla Cabina Primaria della sottostazione esistente Galtelli, all'interno della quale sarà prevista la realizzazione di un nuovo stallo a 150 kV per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) per come descritto nell'STMG T0737886.

L'impianto fotovoltaico verrà realizzato con inseguitori fotovoltaici monoassiali dotati di una tecnologia elettromeccanica per seguire ogni giorno l'esposizione solare Est-Ovest su un asse di rotazione orizzontale Nord-Sud, posizionando così i pannelli sempre con la migliore angolazione. Le strutture in oggetto saranno disposte secondo file parallele sul terreno; la distanza tra le file, pari a 9,0 m metri di interasse, è stata opportunamente calcolata per consentire l'attività agricola ed in modo che l'ombra della fila antistante non interessi la fila retrostante.

Il sistema previsto con inseguitori fotovoltaici monoassiali, oltre a presentare vantaggi dal punto di vista della producibilità, permette di preservare la vegetazione sottostante riducendo l'evaporazione dell'acqua dal terreno e di conseguenza determinando una notevole riduzione dell'utilizzo dell'acqua per l'irrigazione.

Inoltre per questo sistema la manutenzione ordinaria è più semplice poiché il movimento dei moduli riduce la quantità di polvere depositata sulla superficie degli stessi.

L'impianto agrovoltaiico in progetto si differenzia da un impianto fotovoltaico "tradizionale" per una serie di caratteristiche tecniche, atte ad avere una maggiore disponibilità di aree non occupate dall'impianto fotovoltaico, coltivabili e per poter movimentare i mezzi agricoli tra le strutture.

Tali differenze possono essere sintetizzate in una maggiore distanza:

- tra le file costituite dai tracker, in questo caso pari a 9,0 m di distanza tra l'interasse delle strutture;
- tra la recinzione perimetrale dell'impianto ed il confine del terreno, pari a 5 m;

e nella presenza di aree esterne all'impianto e coltivabili.

3.3 Principali dati tecnici

L'impianto fotovoltaico denominato "Agrovoltaiico San Martino" sarà di tipo grid-connected con allaccio trifase in alta tensione a 150kV su rete TERNA a mezzo di sottostazione elettrica elevatrice 30/150 kV. Di seguito si riportano le potenze dell'impianto:

- Potenza DC impianto: 58,2516 MWp;
- Potenza AC impianto: 48,108 MVA.

L'impianto ha una produzione di energia pari a **103.358 MWh/anno**.

L'energia dell'impianto complessivo è derivante da 88.260 moduli che occupano una superficie fotovoltaica di 274.167,2 m² ed è composto da 10 gruppi di conversione.

Tabella 3.1. Scheda tecnica dell'impianto

Dati tecnici	
Superficie totale moduli	274.167,2 m ²
Numero totale moduli	88.260
Tipo di modulo	660Wp, CanadianSolar HiKu7 Mono CS7N-660MS
Potenza DC impianto	58,2516 MWp
Potenza AC impianto	48,108 MVA

Dati tecnici (segue da pag. 11)

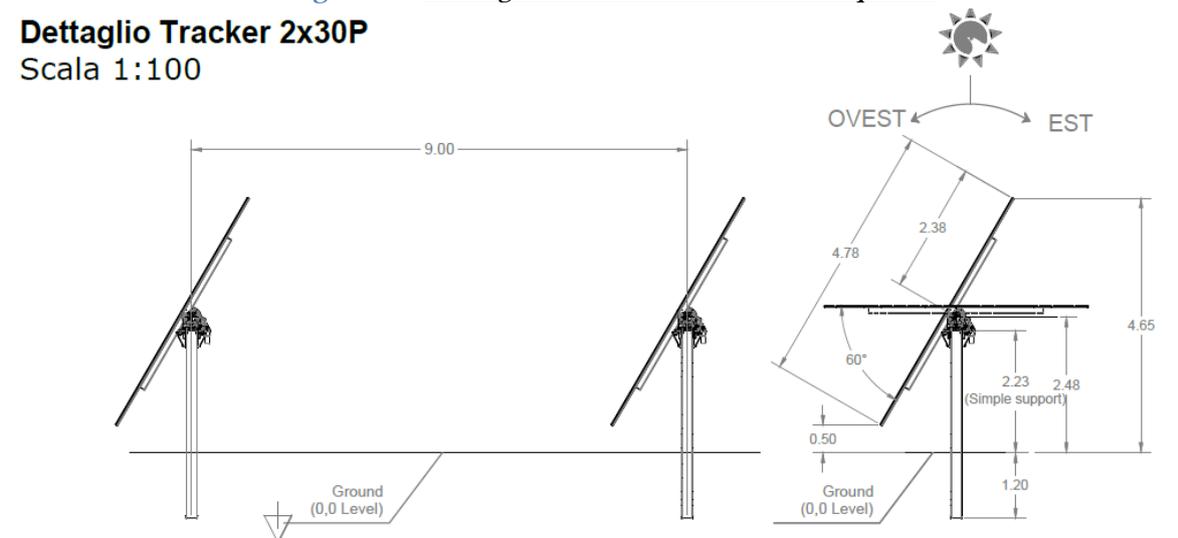
Struttura di sostegno moduli fotovoltaici tipo 1	N. 1.471 – Tracker monoassiale 2x30
Asse principale struttura	Nord-Sud
Energia totale annua	103358 MWh/anno
Prod. Spec.	17794 kWh/kWp/anno
Irradiazione solare annua sul piano orizzontale	1632,2 kWh/m ²

L'impianto in progetto, del tipo ad inseguimento monoassiale (inseguitori di rollio), prevede l'installazione di strutture di supporto dei moduli fotovoltaici (realizzate in materiale metallico), disposte in direzione Nord-Sud su file parallele ed opportunamente spaziate tra loro (interasse di 9,0 m), per ridurre gli effetti degli ombreggiamenti. I moduli ruotano sull'asse da Est a Ovest, seguendo l'andamento giornaliero del sole (Figura 3.1). L'angolo massimo di rotazione dei moduli di progetto è di +/- 55°. L'altezza dell'asse di rotazione dal suolo è pari a 2,23 m.

Figura 3.1. Dettaglio sezione trasversale dell'impianto

Dettaglio Tracker 2x30P

Scala 1:100



Lo spazio libero minimo tra una fila e l'altra di moduli, quando questi sono disposti parallelamente al suolo (ovvero nelle ore centrali della giornata), risulta essere elevato, pari a 4,22 m, mentre l'altezza minima al suolo risulta essere pari a 0,50 m quando l'inclinazione dei moduli è di +/-55°. L'ampio spazio disponibile tra le strutture, come vedremo in dettaglio ai paragrafi seguenti, fanno in modo che non vi sia alcun problema per quanto concerne il passaggio di tutte le tipologie di macchine trattrici ed operatrici in commercio.

4 Descrizione del sito e dello stato dei luoghi

4.1 Clima

L'areale di riferimento è di fatto nell'antica sub-regione della Sardegna nord-orientale, denominata *Baronie*, che costituiva la parte più meridionale del *Giudicato di Gallura*.

Il clima della Sardegna (Pinna, 1954; Arrigoni, 1968 e 2006) è nettamente bi-stagionale con una stagione caldo-arida che si alterna ad una stagione freddo-umida. La stagione caldo-arida aumenta di intensità e durata procedendo dal Nord al Sud e dalle montagne al mare.

La temperatura media annua varia tra i 17-18 °C delle zone costiere più calde e i 10-12° delle zone montane intorno ai 1.000 m (Arrigoni, 2006). Può essere interessante citare situazioni estreme di temperatura, considerando casi, nella fascia centrale dell'Isola (in particolare nel Campidano) dove negli anni 1957 e 1965 nei mesi di luglio e agosto si sono raggiunte temperature di 45-48°, mentre risulta prevedibile che i freddi più intensi si sono verificati nelle zone di montagna (Vallicciola nel febbraio 1956 ha toccato i -11°C).

Di seguito si riportano le temperature medie mensili del 2021 e le pluviometrie riscontrate sulla stazione di Orosei RF.

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Temp. media mensile °C	10,7	11,1	11,6	13,3	17,9	22,4	25,9	25,9	23,2	18,0	13,5	11,3
Precipitazioni mensili mm	60,8	28,8	49,8	69,4	16,4	18,0	4,4	10,0	44,2	59,2	237,8	21,4

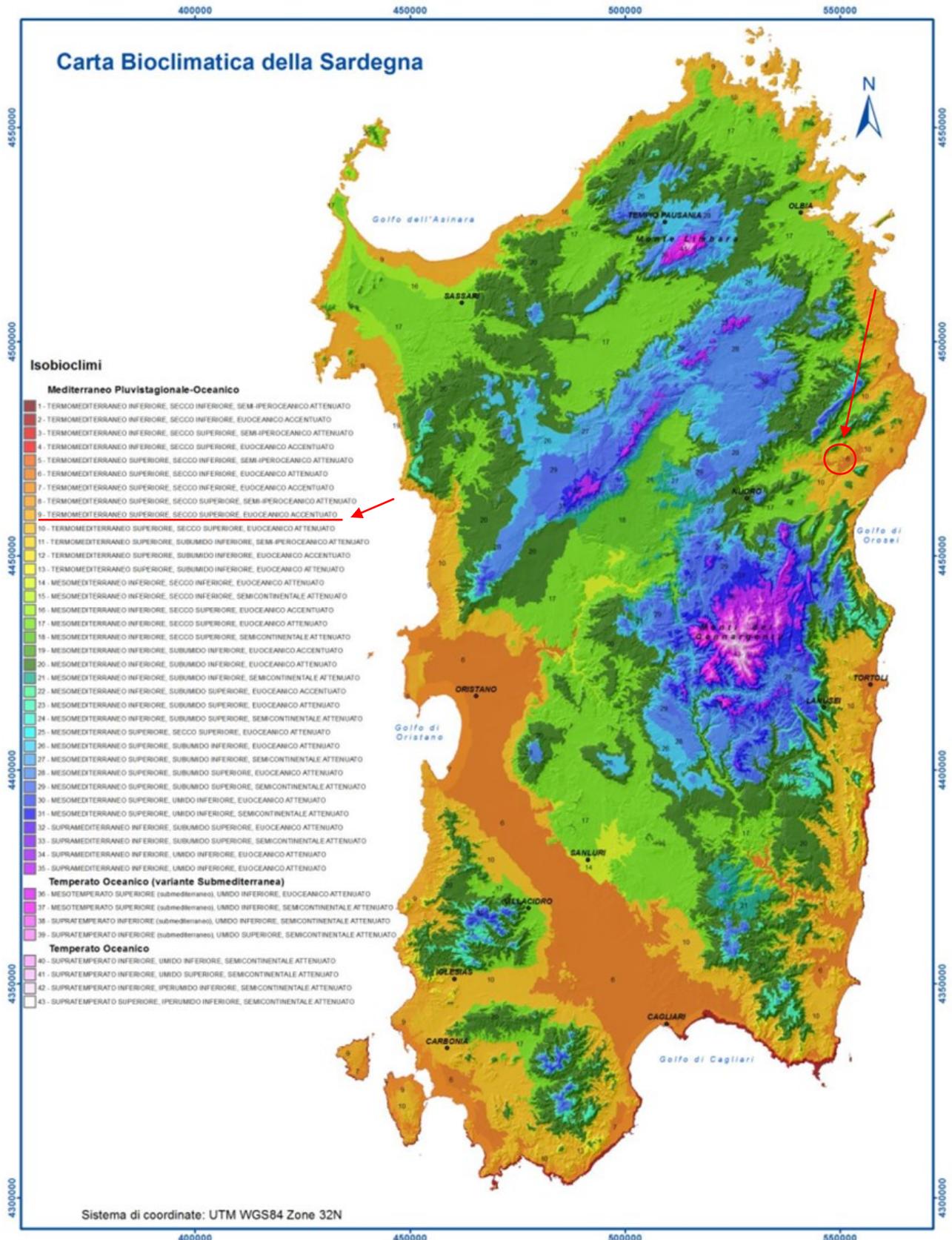
Per quanto concerne le precipitazioni, considerando le medie annuali, con l'eccezione della piccola penisola di Capo Carbonara che nel trentennio 1971-2000 si attesta su una media di 238 mm l'anno, si hanno dati di precipitazione compresi tra 433 mm di Cagliari, nella zona costiera della Sardegna sud-occidentale, e 1.412 mm a Vallicciola (1000 m s.l.m.) sul Monte Limbara, nella parte settentrionale dell'isola. In generale, per ciò che riguarda l'andamento delle precipitazioni annuali, si evidenziano quattro zone: le aree a ridosso del Gennargentu (Barbagie, Ogliastra e zone limitrofe), la parte centrale della Gallura (a ridosso del Limbara), l'altopiano di Campeda e infine l'Iglesiente. La Nurra ed il Campidano si presentano come zone secche, assieme ad una terza, di più difficile delimitazione, localizzabile nella fascia centrale del Nord-Sardegna (attorno al bacino del Coghinas). Le zone in cui piove più spesso sono il Gennargentu, il Limbara e l'altopiano di Campeda, dove si hanno mediamente più di 80 giorni piovosi all'anno; sono estremamente interessanti i fenomeni di decremento nel versante Est dell'Isola in particolare nell'Ogliastra. Per quanto riguarda l'area di impianto, i dati pluviometrici 2021 della stazione di Orosei RF, le precipitazioni medie annue si attestano a 620 mm, mediamente distribuite in 74 giorni, con minimo in estate e picco massimo in autunno. Malgrado queste differenze di precipitazione ed i quantitativi annui a volte consistenti, l'aridità estiva è un fatto costante che si manifesta per periodi più o meno lunghi (3-5 mesi). Si deve inoltre tener presente che esiste una notevole infedeltà pluviometrica da un anno all'altro, soprattutto sul versante orientale dell'isola. Infine non si possono sottovalutare i problemi legati ai cambiamenti climatici che sembrano accentuare soprattutto gli effetti degli eventi pluviometrici anomali che tuttavia non sembrano influire in modo significativo sulla distribuzione delle piante, o meglio sulle principali serie di vegetazione zonale e altitudinale. In effetti gli elementi differenziali più significativi dei diversi fitoclimi dell'isola sono soprattutto i minimi termici invernali e l'aridità estiva che determinano la periodicità vegetativa (vernale o estivale) delle specie vegetali anche in

rapporto con le caratteristiche dei suoli. Nelle zone costiere, sotto un clima mite e umido in inverno, cresce una vegetazione a ciclo vernale con sviluppo vegetativo per lo più tardo-vernale e stasi estiva. In quelle montane, per contro, si ha ciclo vegetativo estivo e riposo invernale per le basse temperature di questa stagione. La situazione delle zone intermedie è ugualmente complessa e risente molto dei fattori locali di esposizione, di inclinazione e dell'entità delle riserve idriche estive del suolo.

Un recente studio sul bioclimate della Sardegna (Canu et al., 2014) sulla base dei dati della rete termopluviometrica regionale costituita da 26 stazioni termo-pluvimetriche, ha indicato ben 43 isobioclimi (Figura 4.1, alla pagina seguente) in cui i diversi tipi mediterranei occupano la stragrande maggioranza (99,1%) della superficie dell'Isola.

L'area di intervento ricade nella fascia bioclimatica n. 9 (*Termomediterraneo superiore, secco superiore, euoceanico accentuato*).

Figura 4.1. Area di intervento sulla Carta Bioclimatica della Sardegna (Canu et al., 2014)



4.2 Ubicazione e utilizzazione dell'appezzamento

L'impianto agro-voltaico che si intende realizzare prenderà vita in agro di Galtelli (NU), in Loc. San Martino, a sud del Monte Tuttavista. L'impianto, suddiviso in n. 9 sottocampi, sarà ubicato su due corpi. Si tratta di un'area con caratteristiche uniformi, con l'intera superficie risulta destinata a pascolo.

4.3 Caratteristiche pedologiche del sito in esame

Il territorio preso in esame, per quanto concerne le caratteristiche del paesaggio agrario, comprende un'area piuttosto vasta che si estende nell'entroterra del Nuorese.

4.3.1 Cenni sulle caratteristiche geologiche del sito

Premettendo che in Sardegna è presente una grande varietà di rocce, metamorfiche, magmatiche e sedimentarie, per una sintesi delle conoscenze, nel Sistema della Carta Natura della Sardegna (Camarda et al., 2015) è stato preso come riferimento lo schema proposto nella Carta Geologica della Sardegna in scala 1:200.000 (Carmignani L. et al., 2001). In questa carta sono distinti i Complessi litologici del Basamento ercinico da quelli delle Coperture post-erciniche ed infine i Depositi quaternari.

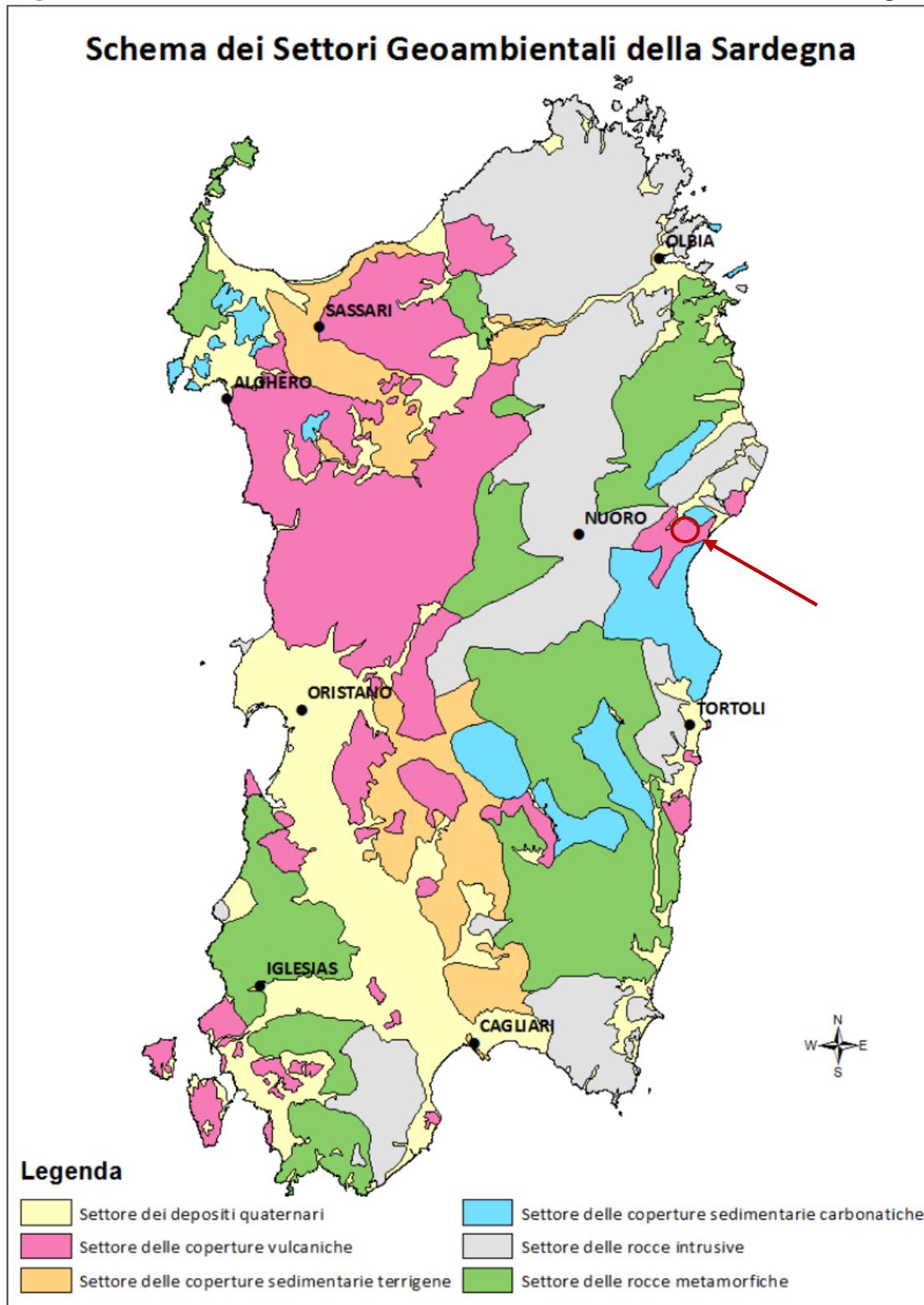
L'area di intervento, tra le antiche Sub-Regioni del Sassarese, ricade nel **Settore Geoambientale delle coperture vulcaniche** (fig. 4.2).

Nel Settore Geoambientale delle coperture vulcaniche sono state accorpate sia le rocce del Complesso vulcanico collocato tra il Carbonifero e il Permiano, attribuito ad una fase post-collisionale tardoercinica, visibile in affioramenti poco estesi di rioliti e riodaciti in colate laviche o espandimenti ignimbricitici e porfidi in ammassi subvulcanici o in giacitura filoniana (Carmignani L. et al., 2001), sia le vulcaniti legate alle fasi di rifting terziarie oligo-mioceniche e plioceniche. Le prime occupano superfici molto ridotte in località ben circoscritte: le aree più significative sono quelle di alcune strutture montuose dell'Ogliastra (M. Ferru di Tertenia, Perdasdefogu, dintorni di Villagrande Strisali e di Baunei), della Barbagia (M. Perdedu), della Sardegna Sud-occidentale (Punta di Cala Piombo) e della Sardegna settentrionale (M. Littigheddu, M. Ruiu).

Ben più estesi e distribuiti sono gli affioramenti dei prodotti vulcanici associati alle due fasi di rifting oligo-miocenica e pliocenica. Quelli della prima fase sono prevalentemente costituiti da rioliti, andesiti, in genere a chimismo calcicalino, in colate laviche ed espandimenti ignimbricitici affioranti da Nord a Sud della porzione occidentale della Sardegna (Anglona, Logudoro, Planargia, Sulcis, Isole di San Pietro e S. Antioco). I prodotti vulcanici della fase distensiva pliocenica sono invece costituiti per lo più da lave basaltiche che hanno dato luogo ad estesi plateaux (Campeda, Abbasanta, Marmilla, Planu Mannu, Giara di Gesturi, aree prossime a Dorgali ed Orosei) e solo localmente ad edifici vulcanici montuosi (M. Arci e Montiferro). Ciò che caratterizza maggiormente questo Settore della Sardegna da un punto di vista fisiografico e paesaggistico sono proprio i tavolati lavici con estese superfici pianeggianti spesso con bordi netti e definiti da scarpate verticali o sub-verticali. Queste sono le aree tipiche dei pascoli arborati della Sardegna (dehesa), ma significativa è anche la copertura di boschi e macchia mediterranea.

L'urbanizzazione è rappresentata da centri abitati sparsi di medio-piccole dimensioni.

Figura 4.2. Area di intervento sullo schema dei settori Geoambientali della Sardegna



4.3.2 Carta Uso Suolo con Classificazione CLC

Il Portale Cartografico della Regione Sardegna consente la visualizzazione delle carte d'uso del suolo aggiornate al 2012.

Per inquadrare le unità tipologiche dell'area indagata in un sistema di nomenclatura più ampio e, soprattutto, di immediata comprensione, le categorie di uso del suolo rinvenute sono state ricondotte alla classificazione *CORINE Land Cover*, nonché alla classificazione dei tipi forestali e pre-forestali della Sardegna.

Tale scelta è stata dettata dall'esigenza di adeguare, nella maniera più rigorosa possibile, le unità tipologiche del presente lavoro a sistemi di classificazione già ampiamente accettati, al fine di rendere possibili comparazioni ed integrazioni ulteriori. Infatti, il programma *CORINE (COOrdination of Information on the Environment)* fu intrapreso dalla Commissione Europea in seguito alla decisione del Consiglio Europeo del 27 giugno 1985 allo scopo di raccogliere informazioni standardizzate sullo stato dell'ambiente nei paesi UE. In particolare, il progetto *CORINE Land Cover*, che è una parte del programma *CORINE*, si pone l'obiettivo di armonizzare ed organizzare le informazioni sulla copertura del suolo. La nomenclatura del sistema *CORINE Land Cover* distingue numerose classi organizzate in livelli gerarchici con grado di dettaglio progressivamente crescente, secondo una codifica formata da un numero di cifre pari al livello corrispondente (ad esempio, le unità riferite al livello 3 sono indicate con codici a 3 cifre, il livello 4 con codici a 4 cifre, etc.).

CLC dell'area di progetto

A livello cartografico, l'area di intervento ricade per intero nelle sezioni della CTR (Carta Tecnica Regionale) n. 500040. I dati sono stati poi elaborati in modo da poter ottenere l'ubicazione dell'impianto e delle relative strutture su cartografie con dettaglio CLC di livello 5 dell'area sud (torri, viabilità, cavidotti) e dell'area nord (cavidotti, sottostazione di collegamento) con relativa legenda, in allegato all'istanza. Di seguito si riportano le classi riscontrabili nell'areale in cui ricade l'area di intervento. I casi contrassegnati da asterisco sono quelli che presentano superfici molto ridotte.

CLC	NOME CLASSE
11	Zone urbanizzate
1111	Tessuto residenziale compatto e denso
1112	Tessuto residenziale rado
1122	Fabbricati rurali*
12	Zone industriali, commerciali e infrastrutturali
1212	Insedimenti di grandi impianti e servizi
1221	Reti stradali
1224	Impianti a servizio delle reti di distribuzione
14	Zone verdi artificiali non agricole
1421	Aree ricreative e sportive
21	Seminativi
2111	Seminativi in aree non irrigue
2112	Prati artificiali
2121	Seminativi semplici e colture orticole a pieno campo
22	Colture permanenti
221	Vigneti*
223	Oliveti

Segue da pag. 18

CLC	NOME CLASSE
24	Zone agricole eterogenee
2411	Colture temporanee associate all'olivo
2413	Colture temporanee associate ad altre colture
242	Sistemi colturali e particellari complessi*
243	Aree in prevalenza occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali
244	Aree agroforestali
31	Zone boscate
3111	Boschi a prevalenza di querce e altre latifoglie sempreverdi
31121	Pioppeti, saliceti ed eucalipteti
31122	Sugherete
3121	Boschi in prevalenza di pini mediterranei
313	Boschi misti di conifere e latifoglie
32	Associazioni vegetali arbustive e/o erbacee
321	Aree a pascolo naturale
3221	Cespuglieti ed arbusteti
3222	Formazioni ripariali non arboree
3231	Macchia Mediterranea
3232	Gariga
3241	Aree a ricolonizzazione naturale

*Superfici di modesta entità

Delle classi rinvenute sull'area di intervento, risultano esservi la **2112, 3241, 3232, 1122, 243, 244**. Di seguito delle brevi descrizioni dei raggruppamenti delle tipologie di suolo riscontrate nell'area.

Zone residenziali

L'unica area urbanizzata nelle vicinanze dell'area di intervento (1,10 km di distanza minima) è l'abitato di Galtelli.

Discariche e aree estrattive

Comprende aree destinate a discarica di rifiuti solidi urbani e rottami, o all'estrazione di materiali inerti a cielo aperto, anche in alveo (cave di sabbia, ghiaia, pietre), o di altri materiali (miniere a cielo aperto). Vi sono compresi gli edifici e le installazioni industriali associate, oltre a superfici pertinenti, a cave, miniere abbandonate e non recuperate.

Aree ricreative e sportive

Comprende i parchi e tutte le aree a verde urbano, compresi gli impianti sportivi.

Suoli agricoli

Come si descriverà nella sezione dedicata al paesaggio agrario, si tratta per la maggior parte di incolto e si pascolo arido. È anche la tipologia più frequente nell'area di impianto, oltre che nella sezione cartografica in cui ricade. Superfici molto ridotte, in questa sezione cartografica, sono dedicate a frutteti e oliveti. Per quanto riguarda i seminativi, si tratta sempre di colture foraggere (es. *prato gallura*) coltivate tra i muretti a secco, nelle aree a ovest dell'impianto.

Piantagioni a latifoglie, impianti di arboricoltura

Formazioni vegetali costituite principalmente da alberi, ma anche da cespugli e arbusti, nelle quali dominano le specie forestali latifoglie. La superficie a latifoglie deve costituire almeno il 75% della componente arborea forestale, altrimenti è da classificare come bosco misto di conifere e latifoglie (313).

Formazioni ripariali

Questa unità rappresenta una peculiarità di elevato valore fitogeografico, rinvenibile esclusivamente in particolari contesti ecogeografici costituiti dai canyon (spesso denominati *cave*); le aree rocciose sia negli ambienti costieri, sia soprattutto montani, ospitano una serie di associazioni poco estese in superficie ma spesso particolarmente ricche di endemismi e specie rare. In particolare le rupi calcaree montane sono caratterizzate dall'associazione *Laserpitio garganicae-Asperuletum pumilae con Ribes sardoum, Nepeta foliosa, Armeria morisii, Asperula pumila, Campanula forsythii, Limonium morisianum, Polygala sardoa, Centranthus amazonum, Lonicera cyrenaica.*

A quote inferiori e nelle aree più calde *Helichrysum saxatile, Seseli bocconi ssp. praecox, Brassica insularis* ed altre specie meno rilevanti sono inquadrati nella vegetazione casmofila termofila di *Helichryso saxatili-Cephalarietum*. Non meno interessanti sono le rupi silicee e le roccaglie delle aree montane del Gennargentu, dove si trovano specie ad areale puntiforme come *Lamyropsis microcephala, Ribes sandalioticum, Armeria genargentea, Euphrasia genargentea, Saxifraga cervicornis* e accantonamenti fitogeografici come *Asplenium septentrionale* e la rarissima *Sorbus aucuparia ssp. praemorsa*. Sono presenti in modo diffuso e in piccole superfici nella sezione cartografica in esame, ma non sono mai interessati dai generatori in progetto.

Vegetazione forestale

Tra le formazioni forestali, le leccete sono senza dubbio quelle che presentano maggiore diffusione, presenti dal livello del mare sino ai 1.200 m di quota, con esempi di alta naturalità. Il complesso delle querce caducifoglie, con *Quercus congesta* e *Quercus pubescens* si mostra preferente delle aree silicee, ma dalla fascia costiera risale sino a 1.400 di quota e si presenta quindi come il tipo di foresta più mesofilo, al pari delle residue formazioni di tasso ed agrifoglio, oggi relegate come tali in poche aree, rispetto alle altre più comuni.

Nel bacino mediterraneo la macchia è considerata generalmente come una formazione secondaria dovuta alla attività diretta e indiretta dell'uomo, che tramite le utilizzazioni agricole, il pascolamento degli animali domestici e gli incendi, già dal lontano passato, hanno ridotto considerevolmente le foreste a favore di specie di sclerofille o comunque piante maggiormente plastiche e con caratteristiche biologiche (elevato potere pollonifero, proprietà tossiche, spinescenza, elevata produzione ed efficacia nella dispersione dei semi, attività fotosintetica in diversi periodi dell'anno) in grado di rispondere con maggiore successo ai diversi impatti sull'ambiente (aridità, degrado dei suoli, decremento della sostanza organica per effetto del fuoco e del dilavamento delle acque meteoriche, pascolamento, andamento incostante del clima).

Macchia

La macchia mediterranea, nella sua massima espressione della macchia-foresta, è una formazione climacica, del tutto autonoma rispetto agli altri ecosistemi forestali, come già evidenziato da Béguinot e come dimostrano tuttora le estese formazioni a *Olea oleaster* e *Pistacia lentiscus*, di *Phillyrea latifolia*, di *Arbutus unedo*, di *Pistacia terebinthus* ed anche la presenza dei grandi alberi di queste specie. Tra i componenti floristici della macchia mediterranea, limitatamente alle specie legnose presenti nel bacino mediterraneo, si osserva che la gran parte sono specie a larga distribuzione, mentre sono molto rare le specie endemiche; molte sono indifferenti al substrato (*Pistacia lentiscus*, *Olea oleaster*, *Cistus villosus*), alcune sono esclusive delle aree silicee (*Erica arborea*, *Erica scoparia*, *Genista aetnensis*, *Cytisus villosus*, *Cistus monspeliensis*) o calcaree (*Pistacia terebinthus*). Altre ancora presentano un ampio range altitudinale (*Erica scoparia*), mentre altre sono limitate fortemente dalle fasce termometriche (*Anagyris foetida*, *Myrtus communis*, *Pistacia lentiscus*). Concorrono ancora a formare la macchia, alberi (*Quercus ilex*, *Quercus coccifera*) arbusti (già menzionati) liane (*Smilax aspera*, *Clematis cirrhosa*) che ne determinano il carattere di difficile percorribilità. Il numero delle specie legnose, comunque, è molto elevato ed esse vanno dalle sclerofille sempreverdi (*Phillyrea latifolia*) alle caducifoglie a ciclo autunnale-invernale (*Anagyris foetida*, *Euphorbia dendroides*), dalle aghiformi resinose alle aghiformi non resinose a fioritura estivo-autunnale (*Erica multiflora*), con rami fotosintetizzanti (*Spartium junceum*, *Genista* sp. pl.).

Garighe

Il pascolo brado, soprattutto nel passato ha determinato la riduzione della copertura boschiva a vantaggio delle macchie, delle garighe e dei popolamenti erbacei, creando la notevole articolazione di tipologie variabili in rapporto al substrato ed alle quote. Negli ultimi decenni la riduzione della presenza pastorale ha consentito la buona ripresa della copertura boschiva in molte aree; in altre aree, invece, le sugherete sono state spesso trasformate in prati arborati. È soprattutto nelle zone altomontane che si ha un'ampia gamma di tipologie di garighe che, a seconda della prevalenza delle specie (*Genista* sp. pl., *Helichrysum microphyllum*, *Astragalus genargeteus*, *Anthyllis hermanniae*, *Berberis aetnensis*, *Thymus catharinae*, *Prunus prostrata*, *Teucrium marum*), soprattutto nel Gennargentu e nei Supramonti calcarei, originano associazioni caratteristiche e spesso esclusive. Nessuna superficie a gariga risulta direttamente interessata dall'installazione dell'impianto.

I popolamenti erbacei

La vegetazione prativa si caratterizza per la maggiore diffusione delle specie terofitiche negli ambienti aridi e calcicoli, anche se talora sono specie perenni come asfodelo (*Asphodelus microcarpus*), carlina (*Carlina corymbosa*) e ferula (*Ferula communis*), specie rifiutate dal bestiame, a caratterizzare il paesaggio. Nelle aree montane prevalgono invece le emicriptofite spesso cespitose e pulvinate che si sviluppano negli spazi liberi e negli intermezzi delle garighe e delle macchie. Le formazioni erbacee sono quelle maggiormente complesse, anche perché in esse si concentra la maggiore quantità delle specie presenti nell'Isola, rappresentate proprio dalle terofite e dalle emicriptofite. Ancora, le diverse tipologie di pascolo e delle pratiche agrarie contribuiscono alla variabilità della composizione floristica ed alle associazioni conseguenti.

4.3.3 Capacità d'uso del suolo delle aree di impianto (Land Capability Classification)

La classificazione della capacità d'uso (Land Capability Classification, LCC) è un metodo che viene usato per classificare le terre non in base a specifiche colture o pratiche agricole, ma per un ventaglio più o meno ampio di sistemi agro-silvo-pastorali (Costantini *et al.*, 2006). La metodologia originale è stata elaborata dal servizio per la conservazione del suolo del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti (Klingebiel e Montgomery, 1961) in funzione del rilevamento dei suoli condotto al dettaglio, a scale di riferimento variabili dal 1:15.000 al 1:20.000. È importante ricordare che l'attività del Servizio per la Conservazione del Suolo degli Stati Uniti aveva ricevuto un formidabile impulso dal Soil Conservation and Domestic Allotment Act del 1935. Tale legge era stata emanata in seguito al drastico crollo della produzione agricola della seconda metà degli anni venti, causato dall'erosione del suolo in vaste aree agricole, sulle quali si praticava normalmente la monosuccessione, senza alcuna misura per la conservazione del suolo. La comprensione che questo crollo produttivo era stato una delle cause della grave Crisi del '29 aveva motivato la volontà politica di orientare le scelte degli agricoltori verso una agricoltura più sostenibile, in particolare più attenta ad evitare l'erosione del suolo e a conservare la sua fertilità. In seguito al rilevamento e alla rappresentazione cartografica, tramite la *Land Capability Classification* i suoli venivano raggruppati in base alla loro capacità di produrre comuni colture, foraggi o legname, senza subire alcun deterioramento e per un lungo periodo di tempo. Lo scopo delle carte di capacità d'uso era quello di fornire un documento di facile lettura per gli agricoltori, che suddividesse i terreni aziendali in aree a diversa potenzialità produttiva, rischio di erosione del suolo e difficoltà di gestione per le attività agricole e forestali praticate. In seguito al successo ottenuto dal sistema negli Stati Uniti, molti paesi europei ed extraeuropei hanno sviluppato una propria classificazione basata sulle caratteristiche del proprio territorio, che differiva dall'originale americana per il numero ed il significato delle classi e dei caratteri limitanti adottati. Così, ad esempio, mentre negli Stati Uniti vengono usate otto classi e quattro tipi di limitazioni principali, in Canada ed in Inghilterra vengono usate sette classi e cinque tipi di limitazioni principali. La metodologia messa a punto negli Stati Uniti rimane però di gran lunga la più seguita, anche in Italia, sebbene con modifiche realizzate negli anni per adattare le specifiche delle classi alla realtà italiana, alle conoscenze pedologiche sempre più approfondite e alle mutate finalità. La LCC infatti non è più il sistema preferito dagli specialisti in conservazione del suolo che lavorano a livello aziendale, perché sono stati messi a punto, sempre a partire dalle esperienze realizzate negli Stati Uniti, sistemi più avanzati per la stima del rischio di erosione del suolo. La LCC è stata invece via via sempre più utilizzata per la programmazione e pianificazione territoriale, cioè a scale di riferimento più vaste di quella aziendale.

I fondamenti della classificazione LCC sono i seguenti:

- La valutazione si riferisce al complesso di colture praticabili nel territorio in questione e non ad una coltura in particolare.
- Vengono escluse le valutazioni dei fattori socio-economici.
- Al concetto di limitazione è legato quello di flessibilità colturale, nel senso che all'aumentare del grado di limitazione corrisponde una diminuzione nella gamma dei possibili usi agro-silvo-pastorali.

- Le limitazioni prese in considerazione sono quelle permanenti e non quelle temporanee, quelle cioè che possono essere risolte da appropriati interventi di miglioramento (drenaggi, concimazioni, ecc.).
- Nel termine “difficoltà di gestione” vengono comprese tutte quelle pratiche conservative e le sistemazioni necessarie affinché l’uso non determini perdita di fertilità o degradazione del suolo.
- La valutazione considera un livello di conduzione gestionale medio elevato, ma allo stesso tempo accessibile alla maggioranza degli operatori agricoli.

La classificazione prevede tre livelli di definizione:

1. la classe;
2. la sottoclasse;
3. l’unità.

Le classi di capacità d’uso raggruppano sottoclassi che possiedono lo stesso grado di limitazione o rischio. Sono designate con numeri romani da *I* a *VIII* in base al numero ed alla severità delle limitazioni e sono definite come segue.

Suoli arabili:

- Classe I. Suoli senza o con poche limitazioni all’utilizzazione agricola. Non richiedono particolari pratiche di conservazione e consentono un’ampia scelta tra le colture diffuse nell’ambiente.
- Classe II. Suoli con moderate limitazioni, che riducono la scelta colturale o che richiedono alcune pratiche di conservazione, quali un’efficiente rete di affossature e di drenaggi.
- Classe III. Suoli con notevoli limitazioni, che riducono la scelta colturale o che richiedono un’accurata e continua manutenzione delle sistemazioni idrauliche agrarie e forestali.
- Classe IV. Suoli con limitazioni molto forti all’utilizzazione agricola. Consentono solo una limitata possibilità di scelta. Suoli non arabili.
- Classe V. Suoli che presentano limitazioni ineliminabili non dovute a fenomeni di erosione e che ne riducono il loro uso alla forestazione, alla produzione di foraggi, al pascolo o al mantenimento dell’ambiente naturale (ad esempio, suoli molto pietrosi, suoli delle aree golenali).
- Classe VI. Suoli con limitazioni permanenti tali da restringere l’uso alla produzione forestale, al pascolo o alla produzione di foraggi su bassi volumi.
- Classe VII. Suoli con limitazioni permanenti tali da richiedere pratiche di conservazione anche per l’utilizzazione forestale o per il pascolo.
- Classe VIII. Suoli inadatti a qualsiasi tipo di utilizzazione agricola e forestale. Da destinare esclusivamente a riserve naturali o ad usi ricreativi, prevedendo gli interventi necessari a conservare il suolo e a favorire la vegetazione.

All’interno della classe di capacità d’uso è possibile raggruppare i suoli per tipo di limitazione all’uso agricolo e forestale. Con una o più lettere minuscole, apposte dopo il numero romano che indica la classe, si segnala immediatamente all’utilizzatore se la limitazione, la cui intensità ha determinato la classe d’appartenenza, è dovuta a proprietà del suolo (*s*), ad eccesso idrico (*w*), al rischio di erosione

(e) o ad aspetti climatici (c). Le proprietà dei suoli e delle terre adottate per valutarne la LCC vengono così raggruppate:

- s: limitazioni dovute al suolo, con riduzione della profondità utile per le radici (tessitura, scheletro, pietrosità superficiale, rocciosità, fertilità chimica dell'orizzonte superficiale, salinità, drenaggio interno eccessivo);
- w: limitazioni dovute all'eccesso idrico (drenaggio interno mediocre, rischio di inondazione);
- e: limitazioni dovute al rischio di erosione e di ribaltamento delle macchine agricole (pendenza, erosione idrica superficiale, erosione di massa);
- c: limitazioni dovute al clima (tutte le interferenze climatiche).

La classe I non ha sottoclassi perché i suoli ad essa appartenenti presentano poche limitazioni e di debole intensità. La classe V può presentare solo le sottoclassi indicate con la lettera s, w, c, perché i suoli di questa classe non sono soggetti, o lo sono pochissimo, all'erosione, ma hanno altre limitazioni che ne riducono l'uso principalmente al pascolo, alla produzione di foraggi, alla selvicoltura e al mantenimento dell'ambiente.

In base alla cartografia consultata e, soprattutto, all'osservazione dei luoghi, è possibile affermare, che le superfici direttamente interessate dai lavori presentino una LCC compresa tra la classe IV_{sc} e V_{sc}.

In particolare:

- le limitazioni dovute al suolo (s) risultano di grado compreso tra moderato e molto severo, e sono causate da elevata pietrosità superficiale, eccesso di scheletro, rocciosità, ridotta fertilità dell'orizzonte superficiale, eccessivo drenaggio interno;
- le limitazioni dovute al clima (c), di grado moderato, sono dovute alla ventosità del sito. La piovosità media annua risulta su livelli accettabili.

4.4 Stato dei luoghi e colture praticate

Data l'elevata pietrosità, l'appezzamento risulta sfruttato esclusivamente come pascolo. L'accesso all'appezzamento avviene tramite viabilità pubblica.

Si riportano di seguito alcune immagini dell'appezzamento (figure da 5.2 a 5.4).

Figura 5.2. Area ovest da SP64. Pascolo incolto. Arbusti sparsi di mirto, corbezzolo, ogliastro.



Figura 5.3. Area ovest da Loc. Su Gardu. Condizioni analoghe alle precedenti



Figura 5.3. Area est da SS125. Condizioni analoghe alle precedenti



4.5 Risorse idriche

Non risulta, sull'appezzamento in esame, la presenza di risorse idriche sfruttabili: si ritiene pertanto consigliabile, ad oggi, lo sfruttamento dell'area di impianto per colture non irrigue.

5 Caratteristiche dell'agrovoltaivo e stato della ricerca

5.1 Il Sistema Agrivoltaico

I *sistemi agrivoltaici* sono sistemi misti che associano, sullo stesso terreno contemporaneamente, colture alimentari e pannelli solari fotovoltaici (PVP) (Figure 5.1-5.2). I primi ad utilizzare questo termine nella ricerca scientifica sono stati Dupraz e Marrou (2011), dell'Università di Montpellier (F), che hanno poi condotto alcuni tra i più importanti studi sull'interferenza tra l'ombreggiamento provocato dai pannelli e le caratteristiche quali-quantitative delle produzioni agricole.

Figura 5.1. Ortive con pacciamatura in un campo agrovoltaico sperimentale in Olanda



Figura 5.2. Agrovoltaico a moduli fissi con struttura a falde in Cina, in un campo coltivato a bacche di Goji



Al fine di valutare la fattibilità del progetto agrovoltaiico proposto, sono stati esaminati alcuni recenti studi statunitensi, atti ad analizzare gli impatti dell'installazione di un impianto fotovoltaico sulle capacità di rigenerazione e di sviluppo dello strato di vegetazione autoctona presente al suolo. Lo studio *Evaluation of potential changes to annual grass lands in response to increased shading by solar panels from the California Valley Solar Ranch project* (H.T. Harvey & Associates, 2010) ha avuto come obiettivo la valutazione dei potenziali cambiamenti annuali su un habitat vegetativo tipo prato stabile (ossia habitat composto per la quasi totalità da specie erbacee e pertanto votato, ad esempio, ad attività di pascolo), a seguito dell'aumento di ombreggiamento al suolo conseguente l'installazione di un parco fotovoltaico di grandi dimensioni.

Lo studio sopra citato, oltre ad essere incentrato specificatamente sul tema in oggetto, risulta essere particolarmente esemplificativo in quanto condotto su una scala ben più ampia rispetto a quella del progetto in esame: l'impianto californiano a cui è riconducibile lo studio è infatti un impianto di vaste dimensioni (circa 4.365 acri, pari a 1.766 ha) ubicato nel sud della California e con una potenza di circa 250 MWp.

Ulteriori studi quali *Tree canopy effects on herbaceous production of annual rangeland during drought*, Journal of Range Management, 42:281-283 (Forst and McDouglad, 1989) e *Response of California annual grassland to litter manipulation*, Journal of Vegetation Science, 19:605-612 (Amatangelo, 2008) mostrano che vari gradi di ombreggiamento possono incentivare lo sviluppo di svariate specie erbacee seminate, provocando una graduale modifica della composizione della comunità locale a vantaggio di specie erbacee a foglia larga e leguminose. Inoltre ulteriori ricerche, quali ad esempio *Direct and indirect control of grass land community structure by litter, resources and biomass*, Ecology 89:216-225 (Lamb, 2008) indicano che la variazione della luminosità non è la principale concausa della strutturazione del manto erboso rispetto ad altri fattori biotici e abiotici quali ad esempio: l'uso di fertilizzanti, l'apporto idrico, il clima, le interazioni biotiche (ossia la competizione interspecifica, nonché la presenza di erbivori) e l'accesso alle risorse nutritive. Per quanto riguarda l'irraggiamento, la crescita vegetativa, essendo primariamente correlata all'efficienza fotosintetica, è maggiormente influenzata dalle variazioni della qualità della luce (ad esempio la variazione della quantità delle radiazioni nello spettro dell'infrarosso) piuttosto che dalla sua quantità. Sebbene quindi il manto erboso cresca al di sotto dei moduli fotovoltaici, nell'arco del periodo diurno questo sarà certamente raggiunto da una quantità sufficiente di radiazioni luminose entro un intervallo di lunghezza d'onda utile a consentire al meglio il naturale processo di organizzazione della materia inorganica nell'ambito delle reazioni di fotosintesi clorofilliana. Nel corso dell'anno solare di osservazione, lo studio californiano si chiude rilevando che l'installazione di impianti fotovoltaici non integrati su ampie superfici aperte ha come principale effetto sulla comunità vegetale quello di incentivare l'insorgere di particolari forme di adattamento nelle specie autoctone (cambiamento delle dimensioni medie dell'apparato vegetativo, del contenuto di clorofilla *etc.*) ed eventualmente consentire la colonizzazione da parte di ulteriori specie che non prediligono l'irraggiamento diretto. In considerazione di quanto sopra esposto, al fine in ogni caso di disincentivare la diffusione di specie infestanti non autoctone pur supportando la biodiversità dell'ecosistema, sono stati effettuati altri studi (*Resource Management Demonstration at Russian Ridge Preserve*, California Native Grass Association, Volume XI, No.1, Spring 2001) il cui fine è quello di individuare una metodologia che consenta il mantenimento e/o l'aumento della copertura e del numero di specie autoctone

nell'ambito di prati stabili. Le tecniche di intervento per contrastare la densità delle infestanti prescelte furono le seguenti: pascolo intensivo di ovini, incendi controllati seguiti dalla semina di specie erbacee locali, taglio manuale mirato, taglio con trinciatrice e applicazioni mirate di erbicidi. L'approccio più interessante in termini di ecocompatibilità ed efficacia è risultato il ricorso controllato al pascolo o, se quest'ultimo non fosse attuabile, il taglio ciclico del prato durante i periodi dell'anno più propizi per la riproduzione e la diffusione delle infestanti. È ragionevole affermare che, in considerazione dei lievi mutamenti dell'habitat conseguenti l'installazione di moduli fotovoltaici, adottando opportune forme di gestione del manto erboso, non sarà riscontrabile alcun sostanziale cambiamento nella struttura dell'ecosistema, nella disponibilità di risorse nutrizionali nel suolo, ma soprattutto nella composizione della comunità vegetale che si alterna nei cicli stagionali. Un altro studio dal titolo *Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency*, è stato recentemente pubblicato su "PLOS One" da Elnaz Hassanpour Adeg, John S. Selker e Chad W. Higgins - Department of Biological and Ecological Engineering, Oregon State University (Osu). Questi ricercatori hanno analizzato l'impatto di una installazione di pannelli fotovoltaici della capacità di 1.435 kW su un terreno di 6 acri (2,43 ha) sulle grandezze micrometeorologiche in aria, sulla umidità del suolo e sulla produzione di foraggio. La peculiarità della fattoria studiata è quella di essere in una zona semi-arida ma con inverni piuttosto umidi. Lo studio ha evidenziato che, oltre a far cambiare in maniera più o meno grande alcune grandezze in atmosfera, i pannelli hanno consentito di aumentare l'umidità del suolo, mantenendo acqua disponibile alla base delle radici per tutto il periodo estivo di crescita del pascolo, in un terreno che altrimenti sarebbe diventato piuttosto secco, come evidenziato da quanto accade su un terreno di controllo, non coperto dai pannelli. Questo studio mostra dunque che, almeno in zone semi-aride di questo tipo, esistono strategie doppiamente vincenti che favoriscono l'aumento di produttività agricola di un terreno (in questo caso di circa il 90%), consentendo nel contempo di produrre energia elettrica in maniera sostenibile. Gli studi sopra citati dimostrano quindi la compatibilità del progetto con l'area ad utilizzo agroenergetica, in quanto non andrà a pregiudicare in nessun modo negativamente la situazione ambientale. L'ombra generata dai pannelli fotovoltaici non solo protegge le piante durante le ore più calde ma permette un consumo di acqua più efficiente. Infatti, le piante esposte direttamente al sole richiedono un utilizzo di acqua maggiore e più frequente rispetto alle piante che si trovano all'ombra dei pannelli, le quali, essendo meno *stressate*, richiedono un utilizzo dell'acqua più moderato. Un altro importante aspetto da tenere in considerazione riguardo l'impatto di una centrale solare nel contesto agricolo è la possibilità di coltivare di piante autoctone, erbai, fiori e piante officinali che generano un habitat ideale per l'impollinazione da parte delle api e delle altre specie impollinatrici portando un enorme beneficio all'ecosistema circostante. Oltre che per la natura, questo è un grande vantaggio anche per le circostanti produzioni agricole di colture che si affidano all'impollinazione entomofila, come quelle di ulivo, pesche mandorle, uva, etc.

Questo aspetto è attualmente oggetto di grande interesse e di studio da parte dei ricercatori che puntano allo sviluppo di campi fotovoltaici sempre più sostenibili, tra i quali Jordan Macknick, ricercatore del National Renewable Energy Laboratory (NREL), che ha partecipato alla pubblicazione della ricerca *Examining the Potential for Agricultural Benefits from Pollinator Habitat at*

Solar Facilities in the United States in cui vengono analizzati i benefici sull'agricoltura portati dalla presenza di piante e fiori nei campi delle centrali fotovoltaiche.

La ricerca sulle possibilità di coltivare regolarmente terreni agricoli occupati da impianti fotovoltaici è stata ampiamente sviluppata nell'ultimo decennio, e vi sono numerose pubblicazioni in merito. Questo perché la crescente diffusione di parchi fotovoltaici "a terra" dai primi anni 2000 aveva fatto nascere inevitabilmente la problematica del mancato utilizzo dei terreni agricoli occupati dagli impianti, con la conseguente perdita di capacità produttiva. Gli studi si sono maggiormente concentrati sulla problematica dell'ombreggiamento parziale e dinamico delle colture sotto i pannelli e tra le interfile degli stessi.

5.2 Meccanizzazione e spazi di manovra

Coltivare in spazi limitati è sempre stata una problematica da affrontare in agricoltura: tutte le colture arboree, ortive ed arbustive sono sempre state praticate seguendo schemi volti all'ottimizzazione della produzione sugli spazi a disposizione, indipendentemente dall'estensione degli appezzamenti; in altri casi, le forti pendenze hanno costretto l'uomo nei secoli a realizzare terrazzamenti anche piuttosto stretti per impiantare colture arboree. Di conseguenza, sono sempre stati compiuti (e si continuano a compiere tutt'ora) studi sui migliori sesti d'impianto e sulla progettazione e lo sviluppo di mezzi meccanici che vi possano accedere agevolmente. Le problematiche relative alla pratica agricola negli spazi lasciati liberi dall'impianto fotovoltaico si avvicinano, di fatto, a quelle che si potrebbero riscontrare sulla fila e tra le file di un moderno arboreto.

Date le dimensioni e le caratteristiche dell'appezzamento, non si può di fatto prescindere da una quasi integrale meccanizzazione delle operazioni agricole, che permette una maggiore rapidità ed efficacia degli interventi ed a costi minori. Come già esposto in precedenza, le file di pannelli fotovoltaici saranno disposte in direzione nord-sud su file parallele ed opportunamente spaziate tra loro (interasse di 9,00 m), per ridurre gli effetti degli ombreggiamenti.

Lo spazio libero minimo tra una fila e l'altra di moduli, inoltre, fa sì che non si presenta alcuna problematica associata alle comuni macchine operatrici (trainate o portate) in commercio.

Per quanto riguarda gli spazi di manovra a fine corsa (le c.d. *capezzagne*), questi devono essere sempre non inferiori ai 5,0 m tra la fine delle interfile e la recinzione perimetrale del terreno.

Il progetto in esame prevede inoltre la realizzazione di una fascia arboree perimetrale avente larghezza pari a 5,0 m, che consente un ampio spazio di manovra.

5.3 Gestione del suolo

Per il progetto dell'impianto agro-fotovoltaico in esame, considerate le dimensioni relativamente ampie dell'interfila tra le strutture, tutte le lavorazioni del suolo, nella parte centrale dell'interfila, possono essere compiute tramite macchine operatrici convenzionali senza particolari problemi. A ridosso delle strutture di sostegno, su uno spazio di 75 cm per lato, risulta invece necessario mantenere costantemente il terreno pulito e libero da infestanti mediante la fresa interceppo (Figura 5.3), come già avviene da molto tempo nei moderni vigneti e più in generale in impianti di frutteto.

Figura 5.3: Esempio di fresatrice interceppo per le lavorazioni sulla fila (Foto: Rinieri S.r.l.)



Trattandosi di terreni a pascolo, non vi sarà la necessità di compiere importanti trasformazioni idraulico-agrarie, a parte delle lavorazioni superficiali. Nel caso dell'impianto arboreo sulla fascia perimetrale e sulle aree di mitigazione, si effettuerà su di esse un'operazione di scasso a bassa profondità (0,30-0,40 m) mediante ripper - più rapido e molto meno dispendioso rispetto all'aratro da scasso - e concimazione di fondo, con stallatico pellettato in quantità comprese tra i 50,00 e i 60,00 q/ha, per poi procedere all'amminutamento del terreno con frangizolle ed al livellamento mediante livellatrice a controllo laser o satellitare.

Questo potrà garantire un notevole apporto di sostanza organica al suolo che influirà sulla buona riuscita dell'impianto arboreo in fase di accrescimento.

Per quanto concerne le lavorazioni periodiche del terreno dell'interfila, quali aratura, erpicatura o rullatura, queste vengono generalmente effettuate con mezzi che presentano un'altezza da terra molto ridotta, pertanto potranno essere utilizzate varie macchine operatrici presenti in commercio senza particolari difficoltà, in quanto ne esistono di tutte le larghezze e per tutte le potenze meccaniche. Le lavorazioni periodiche del suolo, in base agli attuali orientamenti, è consigliabile che si effettuino a profondità non superiori a 25,00 cm.

5.4 Studi sull'ombreggiamento

Come descritto in precedenza, l'ombreggiamento è di fatto l'argomento maggiormente trattato negli studi e nelle ricerche univitarie sull'opportunità di coltivare terreni occupati da impianti fotovoltaici (*sistema agrovoltaico*).

L'esposizione diretta ai raggi del sole è fondamentale per la buona riuscita di qualsiasi produzione agricola. L'impianto in progetto, a struttura fissa, dato l'orientamento est-ovest delle stringhe, proietta delle ombre piuttosto ridotte sulle interfile, durante la prima ed ultima parte della giornata.

Sulla base della collocazione geografica dell'impianto e delle sue caratteristiche, si è potuto constatare che la porzione centrale dell'interfila, nei mesi da maggio ad agosto, presenta oltre 8 ore di piena esposizione al sole. Naturalmente nel periodo autunno-vernino, in considerazione della minor altezza del sole all'orizzonte e della brevità del periodo di illuminazione, le *ore-luce* risulteranno inferiori. A questo bisogna aggiungere anche una minore quantità di radiazione diretta

per via della maggiore nuvolosità media che si manifesta (ipotizzando andamenti climatici regolari per l'area in esame) nel periodo invernale.

Pertanto si ritiene opportuno praticare prevalentemente colture che svolgano il ciclo produttivo e la maturazione nel periodo primaverile/estivo, o di utilizzare l'ombreggiamento per una *semi-forzatura* del periodo di maturazione (per *semi-forzatura* delle colture si intende l'induzione di un moderato periodo di anticipo o di ritardo nella maturazione e quindi nella raccolta del prodotto).

L'ombreggiamento creato dai moduli fotovoltaici non crea soltanto svantaggi alle colture: si rivela eccellente per quanto riguarda la riduzione dell'evapotraspirazione (ET), considerando che nel periodo più caldo dell'anno - che nell'area di intervento è tra la fine giugno e la prima decade di luglio - le temperature superano giornalmente i 30°C, pertanto le (rare) precipitazioni estive e l'irrigazione a micro-portata avranno una maggiore efficacia. Numerosi studi sono stati pubblicati sulla lattuga, in quanto si tratta, di fatto, della coltura orticola più diffusa a livello mondiale, e che ben si adatta a condizioni di ombreggiamento parziale.

Uno studio di Marrou *et al.* (2013) compiuto su lattuga e cetriolo, ha dimostrato che si possono prevedere variazioni della temperatura dell'aria, del suolo e delle colture a causa della riduzione della radiazione incidente sotto il pannello fotovoltaico. La temperatura del suolo (a 5,0 cm e 25,0 cm di profondità), la temperatura e l'umidità dell'aria, la velocità del vento e le radiazioni incidenti sono state registrate a intervalli orari nel trattamento del pieno sole e in due sistemi agrivoltaici con diverse densità di PVP (*photo-voltaic panel*) durante tre stagioni meteorologiche (inverno, primavera e estate). Inoltre, sono state monitorate le temperature delle colture su colture a ciclo breve (lattuga e cetriolo) e su colture a ciclo lungo (grano duro). Anche il numero di foglie è stato valutato periodicamente sulle colture orticole. La temperatura media giornaliera dell'aria e l'umidità risultavano simili in ombra ed in pieno sole, qualunque fosse la stagione climatica. Al contrario, la temperatura media giornaliera al suolo diminuiva significativamente al di sotto dei PVP rispetto al trattamento in pieno sole. L'andamento orario della temperatura delle colture durante l'intero giorno (24 ore) è stato chiaramente influenzato all'ombra. In questo esperimento, il rapporto tra la temperatura del prodotto e la radiazione incidente era più alto al di sotto dei PVP al mattino. Ciò potrebbe essere dovuto ad una riduzione delle dispersioni termiche sensibili da parte delle piante (assenza di deposito di rugiada al mattino presto o ridotta traspirazione) all'ombra rispetto al trattamento in pieno sole. Tuttavia, è stato riscontrato che la temperatura media giornaliera del prodotto raccolto non cambia significativamente all'ombra rispetto al pieno sole, ed il tasso di crescita è stato simile in tutte le condizioni. Differenze significative nel tasso di traspirazione fogliare sono state misurate solo durante la fase giovanile (tre settimane dopo la semina) nelle lattughe e nei cetrioli e potrebbero derivare da cambiamenti nella temperatura del suolo. In conclusione, lo studio suggerisce che dovrebbero essere necessari piccoli adattamenti nelle pratiche colturali per passare da una coltura aperta a un sistema di coltivazione agrivoltaica e l'attenzione dovrebbe essere concentrata principalmente sulla mitigazione della riduzione della luce e sulla selezione di piante con una massima efficienza di utilizzo delle radiazioni in queste condizioni di ombra fluttuante.

In un altro studio (Elamri *et al.*, 2018), sempre dell'Università di Montpellier, sono stati elaborati dei modelli in grado di riprodurre i benefici attesi dalle installazioni agrivoltaiche: ad esempio è stato dimostrato che è possibile migliorare l'efficienza dell'uso del suolo e la produttività dell'acqua contemporaneamente, riducendo l'irrigazione del 20%, quando si tollera una diminuzione del 10%

della resa o, in alternativa, una leggera estensione del ciclo colturale (tipicamente molto breve per le ortive).

L'agrovoltaico appare quindi una soluzione per il futuro di fronte al cambiamento climatico e alle sfide alimentari ed energetiche, tipicamente nelle aree rurali e nei paesi in via di sviluppo e soprattutto, se la pratica qui presentata si rivela efficiente, anche per altre colture e contesti, special modo nelle aree del meridione d'Italia.

5.5 Presenza di cavidotti interrati

La presenza dei cavi interrati nell'area dell'impianto fotovoltaico non rappresenta una problematica per l'effettuazione delle lavorazioni periodiche del terreno durante la fase di esercizio dell'impianto fotovoltaico. Infatti queste lavorazioni non raggiungono mai profondità superiori a 30,0 cm, mentre i cavi interrati saranno posati ad una profondità minima di 80,0 cm.

6 Attività agricole programmabili nell'area di intervento

Per la definizione del piano colturale sono state valutate diverse tipologie di colture potenzialmente coltivabili, facendo una distinzione tra le aree coltivabili tra le strutture di sostegno (interfile) e la fascia arborea perimetrale.

L'Agrovoltaico nasce dalla volontà manifestata dagli operatori energetici di affrontare il problema dell'occupazione di aree agricole in favore del fotovoltaico. Ad oggi infatti esistono tecnologie – come quelle applicate nel presente progetto - tramite cui l'energia solare e l'agricoltura possono effettivamente andare di pari passo.

L'agrovoltaico è potenzialmente adatto a generare, a seconda dell'area di installazione, uno scenario di *triple win*:

- rendimenti delle colture più elevati;
- consumo di acqua ridotto;
- fornitura di energia elettrica da fonte rinnovabile.

6.1 Colture praticabili nell'area di intervento

Sulla base dei dati disponibili sulle attitudini delle colture e delle caratteristiche pedoclimatiche del sito, sono state selezionate le specie da utilizzare per l'impianto. In tutti casi è stata posta una certa attenzione sull'opportunità di coltivare sempre essenze mellifere. L'area di impianto coltivabile a seminativo risulta avere una superficie pari a circa 64,02 ha. A questa superficie, va aggiunta quella relativa alle fasce di mitigazione, esterne alle aree recintate per circa 4,65 ha. Avremo pertanto una superficie coltivata pari a 68,67 ha, che equivalgono al 78,70 % circa della superficie di intervento.

Per una corretta gestione agronomica dell'impianto, ci si è orientati pertanto verso le seguenti attività:

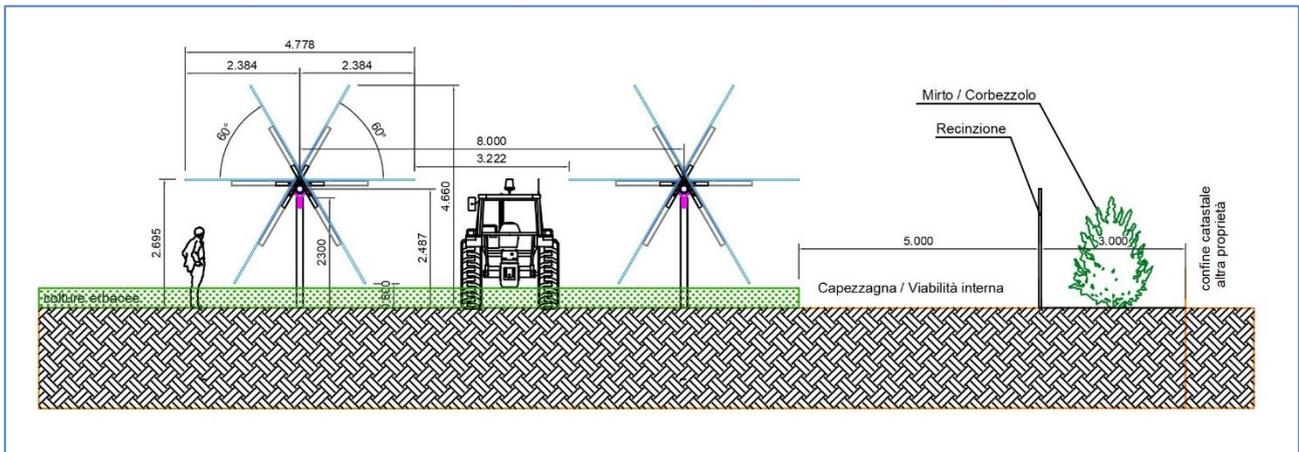
- a) Copertura con manto erboso (prato polifita costituito da colture mellifere);
- b) Piante arboree/arbustive autoctone (fascia perimetrale di mitigazione).

Le superfici occupate dalle varie colture, e le relative sgome in pianta una volta realizzato il piano di miglioramento fondiario, sono indicate alla seguente tabella:

Rif.	Descrizione	Sup. [m ²]
A	Superficie catastale opzionata	1.443.598
B	Superfici non occupate dall'impianto FV (es. particelle per soli cavidotti, SSE)	570.686
C	Superficie complessiva impianto APV	872.912
D	Fascia perimetrale di mitigazione (esterna alla recinzione)	46.500
E	Superficie recintata	826.412
F	Superficie installazione PV	729.407
G	Superficie viabilità, capezzagne e spazi di manovra (E-F)	97.005
H	Superficie non coltivabile sotto-moduli (fascia larghezza m 1,50 sotto tracker)	89.142
I	Superficie coltivabile area PV	640.265
J	TOTALE Superficie non coltivabile (G+H)	186.147
K	TOTALE Superficie coltivabile (D+I)	686.765
L	Quota Superficie coltivabile su Superficie complessiva impianto APV (K/C)	78,68%
M	Quota Superficie coltivabile su Superficie recintata (I/E)	77,48%
N	Quota Superficie coltivabile su Superficie PV (I/F)	87,78%

Le fasce di mitigazione, e gli spazi tra le file di pannelli fotovoltaici, presenteranno lo schema indicato alla figura 6.1. Date le caratteristiche delle piante, potranno essere utilizzati, alternativamente e a seconda della valutazione in fase esecutiva, mirto o corbezzolo.

Figura 6.1. Fascia di mitigazione - schema in pianta del sesto di impianto



6.1.1 Copertura con manto erboso

La coltivazione tra filari con essenze da manto erboso è da sempre praticata in arboricoltura e in viticoltura, al fine di condurre una gestione del terreno che riduca al minimo il depauperamento di questa risorsa “non rinnovabile” e, al tempo stesso, offre alcuni vantaggi pratici agli operatori. Una delle tecniche di gestione del suolo ecocompatibile è rappresentata dall’inerbimento, che consiste nella semplice copertura del terreno con un cotico erboso.

La coltivazione del manto erboso viene praticata con successo non solo in arboricoltura, ma anche come coltura intercalare in avvicendamento con diversi cicli di colture orticole. L’avvicendamento è infatti una pratica fondamentale in questi casi, senza la quale sarebbe del tutto impossibile raggiungere alti livelli di produzione in orticoltura.

Considerate le caratteristiche tecniche dell’impianto fotovoltaico (ampi spazi tra le interfile), si opterà per un tipo di **inerbimento totale**, ovvero il cotico erboso si manterrà sulle fasce di terreno sempre libere tra le file lasciando, ai lati delle strutture, sue striscie non coltivate pari a m 0,50 ciascuna. La pratica agricola, aldilà dell’aspetto relativo al mantenimento della produttività del suolo, si rivela fondamentale per facilitare la circolazione delle macchine e per aumentare l’infiltrazione dell’acqua piovana ed evitare lo scorrimento superficiale.

L’inerbimento nelle interfile sarà di tipo **temporaneo** per quanto riguarda le superfici in cui si praticheranno colture annuali, mentre sarà di tipo **permanente** - ovvero sarà mantenuto tutto l’anno - sulle superfici che si intende coltivare ad essenze aromatiche ed officinali. Chiaramente, qualora le risorse idriche dovessero non essere più sfruttabili ed inizierà un fisiologico disseccamento, si provvederà alla rimozione delle colture, semplicemente utilizzando un’aratro o un frangizolle a dischi. L’inerbimento tra le interfile sarà di tipo **artificiale** (non naturale, costituito solo da specie spontanee), ottenuto dalla semina di miscugli di 2-3 specie ben selezionate, che richiedono pochi interventi per la loro gestione. In particolare si opterà per le seguenti specie:

- *Trifolium subterraneum* (comunemente detto trifoglio),
- *Hedysarium coronarium* (sulla minore) e *Vicia sativa* (veccia) per quanto riguarda le leguminose;
- *Hordeum vulgare* L. (orzo), *Lolium perenne* L. (loietto) e *Avena sativa* L. (avena) per quanto riguarda le graminacee.

Le leguminose elencate, in particolare il trifoglio e la sulla, sono considerate eccellenti specie mellifere. Il ciclo di lavorazione del manto erboso tra le interfile prevederà pertanto le seguenti fasi:

- 1) In tarda primavera/inizio estate si praticeranno una o due lavorazioni a profondità ordinaria del suolo. Questa operazione, compiuta con piante ancora allo stato fresco, viene detta “sovescio” ed è di fondamentale importanza per l’apporto di sostanza organica al suolo.
- 2) Semina, eseguita con macchine agricole convenzionali, nel periodo invernale. Per la semina si utilizzerà uno spandiconcime/spandisemi, dotato di un serbatoio per il concime che viene distribuito in fase di semina.
- 3) Fase di sviluppo del cotico erboso nel periodo autunnale/invernale. La crescita del manto erboso permette di beneficiare del suo effetto protettivo nei confronti dell’azione battente della pioggia e dei processi erosivi e nel contempo consente la transitabilità nell’impianto anche in caso di pioggia (nel caso vi fosse necessità del passaggio di mezzi per lo svolgimento delle attività di manutenzione dell’impianto fotovoltaico e di pulizia dei moduli);
- 4) La fioritura delle specie leguminose (sulla e trifoglio in particolare) viene sfruttata appieno dagli alveari per la produzione mellifera;
- 5) Una volta concluso il periodo di fioritura si procederà con la trinciatura del cotico erboso e nuovamente con il sovescio (già visto al punto 1). Questa pratica, se i terreni vengono condotti al fine di favorire la produzione mellifera, viene svolta nello stesso periodo della smielatura (periodo estivo).

6.2 Attività apistica e produzione mellifera (dal 2° anno di attività)

Gli spazi disponibili e le colture scelte, in particolare quelle arboree, consentono lo sfruttamento dell’area anche per l’attività apistica.

Larga parte delle colture (circa l’80% delle specie arboree ed ortive coltivate) si affida all’impollinazione entomofila, tanto che in orticoltura (in particolare in serra) comunemente si acquistano e utilizzano numerose (e costosissime) colonie di bombi (*Bombus* spp.) in scatola prodotte da aziende specializzate, che hanno una durata limitata ad una sola annata.

In molte aziende frutticole è invece piuttosto comune ospitare le arnie di un apicoltore solo durante il periodo di fioritura (la c.d. apicoltura nomade), proprio al fine di ottenere una maggiore impollinazione e di conseguenza un maggior tasso di allegagione dei fiori.

Da ciò si intuisce che l’attività apistica in azienda, se ben gestita, consente di ottenere un importante e costante vantaggio nell’impollinazione dei fiori oltre, chiaramente, all’ottenimento dei prodotti dell’alveare: miele, propoli, pappa reale, cera.

L’attività apistica è programmata per essere avviata a partire dal 3°- 4° anno dalla realizzazione delle opere di miglioramento fondiario, in quanto è consigliabile attendere lo sviluppo, almeno

parziale, delle piante arboree da frutto presenti. Quest'attività si inserisce in un più ampio progetto ambientale, in quanto una delle problematiche maggiori dello sviluppo dell'apicoltura è la carenza di terreni agricoli ben controllati e appositamente coltivati con le essenze più adatte.

Le essenze arbustive autoctone (il mirto e il corbezzolo) impiegate per la mitigazione visiva, a ridosso della recinzione, risultano particolarmente adatte alla produzione mellifera, e vengono descritte di seguito.

Mirto (*Myrtus communis*)

Si tratta di una delle piante più caratteristiche della macchia mediterranea. La famiglia delle *Myrtaceae* comprende oltre 100 specie, con un habitat insolitamente vasto: dall'Europa Meridionale all'Asia, alla Nuova Zelanda, al Sudamerica. Sono sempre specie per climi temperati, per questo sopportano solo pochi gradi sotto lo zero. Nei giardini e nelle zone marittime (come quella dell'impianto in progetto) possono essere coltivate in diversi modi: con il *M. communis* è possibile fare una siepe che sarà fiorita, sempreverde, aromatica, bella anche in autunno quando porterà le sue bacche, e potrà essere tagliata e potata a piacere. Tutte le specie di *Myrtus* richiedono piena esposizione alla luce. La propagazione può avvenire mediante semina, in serra, in autunno o primavera. Si possono moltiplicare anche per talee prese dai rami di legno semimatturo, in luglio, e messe a radicare all'aperto.

Il *M. communis* è un arbusto che può raggiungere anche i 4,0 m di altezza, ma generalmente è più basso, di forma tonda e allargata. Nel nostro caso, chiaramente, è sufficiente che raggiunga l'altezza



della rete di recinzione, tra i m 2,0 e 2,5. Esemplari molto vecchi possono assumere l'aspetto di un piccolo albero, le foglie sono piccole, opposte, ovate o ovato-lanceolate, coriacee, lucide, verde brillante, ed emanano un caratteristico aroma, se schiacciate tra le dita; i fiori sono piccoli, solitari, ascellari, bianco crema, profumati e ad essi si succedono, in autunno, bacche carnose nero azzurro o nero porpora, molto belli e decorativi. La varietà tarentina, diffusa in Sardegna e nelle provincie di Napoli e Firenze, ha

foglie più piccole e frutti bianchi. Sparse nella penisola e nelle isole italiane ne esistono diverse altre varietà. Il genere *Myrtus* comprende due sole specie (*M. communis* e *M. nivelii*), diffuse nell'area mediterranea e nel Nordafrica.

Il mirto è un'essenza mellifera a tutti gli effetti. La fioritura avviene a maggio-giugno e può in parte sovrapporsi con quella dell'Eucalipto. Il rilancio di questa pianta, anche in coltivazione, è legato all'utilizzazione delle bacche per l'ottenimento di un infuso in soluzione alcolica molto apprezzato come stomachico e digestivo. Dal punto di vista apistico, è considerato soprattutto una sorgente di polline. Nei terreni umidi, tuttavia, può dar luogo ad una produzione di nettare e, se adeguatamente diffuso, all'ottenimento di un miele uniflorale.

Corbezzolo (*Arbutus unedo*)

Al pari del mirto, il corbezzolo è una delle piante protagoniste della macchia mediterranea. Fiorisce tra i mesi di settembre e dicembre, e a volte arriva anche a febbraio dell'anno successivo, mentre i frutti maturano tra agosto e settembre, quindi in alcuni casi è possibile osservare sia fiori che frutti sulla medesima pianta. Per quanto i frutti (comunque commestibili) non presentino un sapore



particolare, risulta eccellente il miele che dai suoi fiori viene prodotto soprattutto in Sardegna, ove questa pianta risulta diffusissima. Il genere *Arbutus* comprende 14 specie tra arbusti ed alberi sempreverdi, diffuse tra l'Europa occidentale, l'Asia minore, il Nordafrica e le Isole Canarie, e infine nell'America centro-settentrionale. Introdotte in Europa a fine '700, varie specie di *Arbutus* diverse dalla *unedo* non hanno trovato successo. Il genere *A.* risulta particolarmente rustico: tollera molto bene temperature al di sotto di 0° (rarissime nella nostra area di progetto) e i terreni calcarei. Tollerano inoltre molto bene la vicinanza al mare (come nel nostro caso) e le fonti di inquinamento industriale. La propagazione artificiale, per

seme o per talea, deve avvenire in serra.

L'*Arbutus unedo* è un grande arbusto (o piccolo albero), alto fino a 10 m, con corteccia ruvida e squamante. Foglie lunghe fino a 10 cm, da oblunghie a obovate, glabre, acute, lucide sulla parte superiore. Fiori bianchi o tendenti al rosato, raccolti in panicoli terminali penduli. I Frutti sono scarlatti, globosi, ruvidi, eduli. Fiorisce nel tardo autunno, ed è diffuso, oltre che in Europa meridionale, anche in Irlanda sud-occidentale e in Asia Minore.

Della specie *A. unedo* esistono in commercio diverse cultivar: *compacta*, a crescita molto lenta e raccolta, *crispa*, dai fiori bianchi e dalle bacche rosso corallo; *integerrima*, a crescita lenta, con foglie a margini interi; la *quercifolia*, con foglie a margine dentato grossolanamente, che termina liscio alla base; *rubra*, con fiori rosso-rosa e frutti abbondanti; *mycophylla*, a foglie più minute; *Elfin King*, nano, molto fiorifero.

7 Manodopera e mezzi da impiegare nell'attività agricola

7.1 Fabbisogno di manodopera

Data la complessità del progetto e, più in particolare, delle colture che si intende praticare, si dovrà necessariamente prevedere un forte incremento in termini di manodopera con l'impianto agrovoltico a regime rispetto alla situazione attuale (Tab. 7.1). Il calcolo è stato eseguito considerando le tabelle ettaro coltura della Regione Sardegna (fabbisogno ore annue per ettaro).

Considerando che 2.200 ore annue equivalgono a 1 Unità Lavorativa Uomo (ULU), con l'intervento a regime si avrà nel complesso un **incremento occupazionale pari a 2,49 ULU**.

Tabella 7.1. Differenze in fabbisogno di manodopera per la gestione delle superfici.

Situazione ante e post intervento.

Colture	[ULA/ha]	Estensione ante [ha]	ULA ante	Estensione post [ha]	ULA post	Δ [ULA post - ULA ante]
Pascolo	9	87,29	785,61	0	0	-785,61
Erbaio polifita (area FV)	34	0	0	64	2.176,00	2.176,00
Piante mellifere	880	0	0	4,65	4.092,00	4.092,00
Altre superfici	-	-	-	18,64	-	-
TOTALE		87,29	785,61	87,29	6.268,00	5.482,39

7.2 Mezzi agricoli necessari per la corretta gestione dell'attività agricola

Oltre ai mezzi meccanici specifici che dovranno essere acquisiti per lo svolgimento delle lavorazioni agricole di ciascuna coltura, la gestione richiede necessariamente l'impiego di una trattore gommata convenzionale da frutteto.

In considerazione della superficie da coltivare e delle attività da svolgere, la trattore gommata dovrà essere di media potenza (65 kW), di larghezza ridotta (<1,70 m) e con la possibilità di installare un elevatore frontale. Si faccia riferimento alla Figura 7.1 per le caratteristiche tecniche della trattore.

Figura 7.1: Dimensioni caratteristiche di un trattore da frutteto con cabina ribassata (Fonte: CNH)



Dimensioni	mm
Larghezza totale min. - max.	1.368 - 1.868
Altezza cabina profilo standard min. - max.	2.075 - 2.150
Altezza cabina profilo ribassato min. - max.	1.804 - 1.879
Passo	1.923
Lunghezza totale min. - max.	3.681 - 3.781

Per lo svolgimento delle attività gestionali della fascia arborea sarà acquistato un compressore portato, da collegare alla PTO del trattore (Figura 7.2).

Figura 7.2: Compressore PTO per il funzionamento di strumenti pneumatici per l'arboricoltura e scuotitore motorizzato per la raccolta (Foto: Campagnola)



Questo mezzo, relativamente economico, consentirà di collegare vari strumenti per l'arboricoltura - quali forbici e seghetti per la potatura, riducendo al minimo lo sforzo degli operatori.

Per tutte le lavorazioni la società di gestione acquisterà una trattrice convenzionale ed una trattrice specifica da frutteto.

Per la concimazione si utilizzerà uno spandiconcime localizzato mono/bilaterale (Figura 7.3).

Figura 7.3: esempio di spandiconcime localizzato mono/bilaterale per frutteti (Foto: EuroSpand)



Non è necessario acquisire tutti i mezzi meccanici in un'unica soluzione, e comunque si può fare ricorso a contoterzisti. Una volta conclusi i lavori di installazione dell'impianto, l'azienda dovrà dotarsi del seguente parco macchine:

- Trattatrice gommata da frutteto
- Fresatrice interceppo



CODE

C21PWT008AFR06000

PAGE

40 di/of 51

- Aratro leggero
- Erpice snodato
- Irroratore portato per trattamenti su seminativo
- Turbo-atomizzatore
- Spandiconcime/spandisementi
- Barra falciante
- Carro botte
- Rimorchio agricolo
- Compressore PTO

8 Costi di realizzazione dei miglioramenti fondiari

Per la stima dei costi di realizzazione delle opere e degli impianti sopra descritti, si utilizzerà il prezzario agricoltura della Regione Sicilia, in quanto sul prezzario agricoltura Regione Sardegna non risultano presenti la maggior parte delle voci. Tutti i valori di costo indicati vanno considerati come prezzi medi, e in molti casi sono suscettibili a variazioni piuttosto elevate, pari a $\pm 20\%$.

Le voci non presenti in prezzario derivano da ricerca presso fornitori, e vengono indicati come N.P.0 (Nuovo Prezzo N.).

Area di mitigazione - Pianta arbustive autoctone

Articolo	Descrizione	U.d.m.	Prezzo	Quantità	Costo
Lavorazioni di base:					
B.1.5	Lavorazione andante, eseguita con macchina di adeguata potenza, mediante scasso del terreno alla profondità di cm 60-80, compreso l'amminutamento mediante due passate in croce.	€/ha	€ 900,00	4,65	€ 4.185,00
B.1.2.2	Movimento di terra da effettuarsi con mezzi meccanici per il livellamento superficiale del terreno.	€/ha	€ 900,00	4,65	€ 4.185,00
B.3.6.6	Concimazione minerale di fondo con fertilizzanti fosfatici e potassici.	€/ha	€ 600,00	4,65	€ 2.790,00
Impianto essenze autoctone:					
N.P.1	Acquisto e messa a dimora piantine di mirto e corbezzolo	€/cad.	€ 8,00	7.442	€ 59.536,00
B.3.5.5	Concimazione di impianto	€/cad.	€ 1,30	7.442	€ 9.674,60
TOTALE COSTI PER LAVORI DI MIGLIORAMENTO FONDIARIO					€ 80.370,60

9 Costi di gestione e Produzioni Lorde Standard (PLS)

Per quanto concerne le colture arboree, è possibile ipotizzare abbastanza facilmente un piano sostenibile di costi e ricavi. Per quanto invece riguarda le colture erbacee, data la grande diversificazione delle produzioni previste e la forte variabilità dei prezzi, è possibile basarsi sulle produzioni lorde standard (PLS) della Regione Sardegna.

9.1 Produzioni Lorde Standard (PLS)

Le produzioni lorde standard (PLS), redatte da RICA-INEA per la Regione Sardegna, per le colture scelte sono indicate alla tabella seguente. Sulla porzione del fondo dedicata agli investimenti, l'incremento in termini di produzione lorda standard risulta essere pari a quasi 17 volte la situazione iniziale, a parità di estensione coltivata:

Colture	[PLS/ha]	Estensione ante [ha]	PLV ante	Estensione post [ha]	PLV post	Δ [PLV post - PLV ante]
Pascolo magro	132,00 €	87,29	11.522,28 €	0	0,00 €	-11.522,28 €
Erbaio polifita (area FV)	751,00 €	0	0,00 €	64	48.064,00 €	48.064,00 €
Piante mellifere	28.890,00 €	0	0,00 €	4,65	134.338,50 €	134.338,50 €
Altre superfici	-	-	-	18,64	-	-
TOTALE		87,29	87,29	11.522,28 €	87,29	182.402,50 €

9.2 Colture erbacee

Per quanto riguarda le colture erbacee, nel nostro caso si tratterà semplicemente di un prato polifita con essenze mellifere. Data la grande varietà di utilizzazioni che sarà possibile farne, non si possono fare in fase di progetto particolari valutazioni economiche: è possibile considerarla soltanto come una coltura per il mantenimento della fertilità del suolo e per l'apporto di sostanza organica, per la produzione di biomassa per l'alimentazione animale o specificatamente per la produzione di miele. In linea generale, per la gestione di un buon erbaio polifita è possibile prevedere un budget annuo - per lavorazioni ed acquisto di sementi - pari a 1.000 €/ha.

10 L'impianto e le linee guida per l'agrivoltaico 2022

Facendo inoltre riferimento alle recenti Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici, pubblicate dal Ministero della Transizione Ecologica (MiTE) a giugno 2022, l'Impianto agro-fotovoltaico in progetto rientra pienamente nella definizione di "impianto agrivoltaico avanzato", essendo rispettati i requisiti A, B, C e D previsti dalle medesime Linee Guida.

In aggiunta a questo, il piano di monitoraggio previsto durante la vita utile dell'impianto include anche il monitoraggio dei parametri per la verifica del rispetto del requisito E. Di conseguenza il rispetto di questo requisito, congiuntamente a quelli precedentemente elencati, è pre-condizione per permettere all'impianto agro-fotovoltaico "San Martino" di accedere ai contributi del PNRR.

Si riportano di seguito i calcoli e le valutazioni che dimostrano il rispetto dei requisiti indicati sulle Linee Guida.

Tabella 10.1. Verifica dei requisiti previsti dalle linee guida in materia di Impianti Agrivoltaici

N. Requisito	Requisito	Impianto "San Martino"
A.1	$Sup_{Agricola}/Sup_{Totale} > 70\%$	>78%
A.2	$LAOR (Sup_{Captante}/Sup_{Totale}) < 40\%$	31%
B.1	Continuità dell'attività agricola: a) esistenza e resa della coltivazione b) Mantenimento indirizzo produttivo	a) Si è stimato un aumento del fabbisogno di manodopera pari a 2,5 ULU (unità lavoratrice uomo) b) Miglioramento dell'indirizzo produttivo in quanto, oltre a mantenere l'impiego dei terreni come pascolo per ovini per produrre latte destinato a pecorino DOP, si aggiungerà la coltivazione di piante mellifere
B.2	Producibilità elettrica minima ($FV_{agri} \geq 0,6 \times FV_{standard}$)	$FV_{agri}/FV_{standard} = 116\%$
C.1	Altezza media dei moduli fotovoltaici: • Superiore a 2,1 m nel caso di attività colturale • Superiore a 1,3 m nel caso di attività zootecnica	2,48 m (Altezza faccia inferiore modulo in posizione orizzontale) 0,80 m (Altezza minima da terra dei moduli alla massima inclinazione) Il glossario delle linee guida, a pag. 4 punto j) riporta l'altezza dei moduli come "altezza misurata da terra fino al bordo inferiore del modulo fotovoltaico; in caso di moduli installati su strutture a inseguimento l'altezza è misurata con i moduli collocati alla massima inclinazione tecnicamente raggiungibile. Nel caso in cui i moduli abbiano altezza da terra variabile si considera la media delle altezze". La configurazione di impianto scelta in questo caso non impedisce in alcun modo la possibilità di sfruttamento di larga parte della superficie di impianto. Ad altezze superiori, un ulteriore problema si verrebbe certamente a creare con il maggiore carico vento, con la conseguenza si

N. Requisito	Requisito	Impianto "San Martino"
		dover infliggere i pali al suolo molto più in profondità e con un incremento elevato di costi.
C.2	Attività Agricola svolta sotto i moduli	<p>L'attività agricola sarà svolta sotto le strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici con la realizzazione di un erbaio polifita, coltivato meccanicamente.</p> <p>Si valuterà in fase esecutiva se nella fascia più prossima alle strutture di sostegno dei moduli, (corrispondente ad una fascia avente una larghezza di circa 1,50 m, ovvero 0,75 m da un lato e dall'altro dai pali di sostegno delle strutture) sarà comunque realizzato un manto di inerbimento, che proteggerà il suolo dall'azione diretta della pioggia e dall'effetto erosivo dell'acqua.</p>
D.1	Monitoraggio del risparmio idrico	<p>Le colture previste sono colture in asciutto.</p> <p>Potrà essere valutata strumentalmente la minore evapotraspirazione tra le aree ombreggiate, parzialmente ombreggiate e non ombreggiate (dette <i>testimoni</i>)</p>
D.2	Monitoraggio della continuità dell'attività agricola	<p>L'impianto agronomico verrà realizzato secondo i moderni modelli di rispetto della sostenibilità ambientale, con l'obiettivo di realizzare un sistema agricolo "integrato" e rispondente al concetto di agricoltura 4.0, attraverso l'impiego di nuove tecnologie a servizio del verde, con piani di monitoraggio costanti e puntuali.</p> <p>Nel corso della vita dell'impianto agrofotovoltaico verranno monitorati i seguenti elementi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • esistenza e resa delle coltivazioni • mantenimento dell'indirizzo produttivo <p>Tale attività verrà effettuata attraverso la redazione di una relazione tecnica asseverata da un agronomo con cadenza annuale</p>
E.1	Monitoraggio del recupero della fertilità del suolo	<p>Previste analisi del terreno ogni 3-5 anni per identificare le caratteristiche fondamentali del suolo e la dotazione di elementi nutritivi: scheletro, tessitura, carbonio organico, pH del suolo, calcare totale e calcare attivo, conducibilità elettrica, azoto totale, fosforo assimilabile, capacità di scambio cationico (CSC), basi di scambio (K scambiabile, Ca scambiabile, Mg scambiabile, Na scambiabile), Rapporto C/N, Rapporto Mg/K.</p>

N. Requisito	Requisito	Impianto "San Martino"
E.2	Monitoraggio del microclima	<p>Prevista l'installazione di sensori agrometeo che permettono di registrare e ottenere numerosi dati relativi alle colture (ad esempio la bagnatura fogliare) e all'ambiente circostante (valori di umidità dell'aria, temperatura, velocità del vento, radiazione solare).</p> <p>I risultati dei monitoraggi verranno appuntati nel quaderno di campagna.</p>
E.3	Monitoraggio della resilienza ai cambiamenti climatici	<p>I principali cambiamenti climatici nell'area sono legati all'incremento delle temperature medie e alla variazione del regime delle precipitazioni, così come alla variazione nella frequenza e nell'intensità di eventi estremi. Questi fattori influenzano la produttività delle colture.</p> <p>L'installazione dei sensori agrometeo consentirà di verificare la resa delle colture.</p>

11 Monitoraggio della qualità del suolo e dell'attività agricola

11.1 Monitoraggio del suolo e del sottosuolo

Le indagini saranno realizzate con le stesse modalità e frequenza di intervento, negli stessi siti e relativamente agli stessi parametri in fase ante-operam, in corso d'opera e post-operam, in modo da consentire un adeguato confronto dei dati acquisiti. La tempistica e la densità dei campionamenti dovrà essere pianificata a seconda della tipologia dell'opera.

Nelle aree a sensibilità maggiore il monitoraggio dovrà essere più intenso. Non ci sono limitazioni stagionali per il campionamento, nel caso specifico si eviteranno periodi piovosi.

In linea generale, le analisi del terreno si effettuano generalmente ogni 3-5 anni o all'insorgenza di una problematica riconosciuta. È buona norma non effettuare le analisi prima di 3-4 mesi dall'uso di concimi o 6 mesi nel caso in cui si siano usati ammendanti (si rischierebbe di falsare il risultato finale). Le tipologie di analisi si distinguono in linea generale in analisi dette "di base", quelle necessarie e sufficienti ad identificare le caratteristiche fondamentali del suolo e la dotazione di elementi nutritivi, alla stima delle unità fertilizzanti dei macroelementi (Azoto, Fosforo, Potassio) da distribuire al terreno. Le analisi di base comprendono quindi: Scheletro, Tessitura, Carbonio organico, pH del suolo, Calcare totale e calcare attivo, Conducibilità elettrica, Azoto totale, Fosforo assimilabile, Capacità di scambio cationico (CSC), Basi di scambio (K scambiabile, Ca scambiabile, Mg scambiabile, Na scambiabile), Rapporto C/N, Rapporto Mg/K.

Per quanto riguarda invece le analisi accessorie, si può generalizzare dicendo che sono tutte quelle analisi che vengono richieste in seguito a situazioni pedologiche anomale, correzioni del terreno, esigenze nutritive particolari della coltura, fitopatie e via discorrendo. I parametri che rientrano tra le analisi accessorie sono i seguenti: Microelementi assimilabili (Fe, Mn, Zn, Cu), Acidità, Boro solubile, Zolfo, Fabbisogno in calce, Fabbisogno in gesso, Analisi fisiche.

È buona norma, inoltre, evitare di mescolare il campione di terreno tramite attrezzature sporche, che potrebbero così contaminare e compromettere le analisi. L'ideale sarebbe proprio quello di miscelare il campione semplicemente a mani nude.

La realizzazione del monitoraggio sulla componente suolo prevede:

- acquisizione di informazioni bibliografiche e cartografiche;
- fotointerpretazione di fotografie aeree, eventualmente, di immagini satellitari multiscalari e multitemporali;
- interventi diretti sul campo con sopralluoghi, rilievi e campionature;
- analisi di laboratorio di parametri fisici, chimici e biologici.
- elaborazione di tutti i dati, opportunamente georiferiti, mediante il sistema informativo.

Le analisi del terreno rappresentano uno strumento indispensabile per poter definire un corretto piano di concimazione: le analisi del terreno permettono infatti di pianificare al meglio le lavorazioni, l'irrigazione, di individuare gli elementi nutritivi eventualmente carenti, o rilevarli se presenti in dosi elevate, così da poter diminuire la dose di concimazione: in generale queste analisi permettono quindi l'individuazione di carenze, squilibri od eccessi di elementi.

Grazie all'analisi del terreno è quindi possibile dedurre la giusta quantità di fertilizzante da distribuire (in quanto eccessi di elementi nutritivi, in particolare abbondanza di nitrati e fosfati,

possono portare a fenomeni di inquinamento delle falde acquifere a causa di fenomeni di dilavamento, e più in generale al cosiddetto fenomeno di eutrofizzazione ed in ultimo, ma non da meno, uno spreco inutile in termini monetari per l'agricoltore).

È possibile dire che siano quindi uno strumento polivalente, in quanto consentono da un lato all'agricoltore di fare trattamenti più mirati da alzare al massimo i margini di guadagno, mentre dall'altra parte consentono di evitare sprechi dannosi in primis per l'ambiente stesso.

Il Campionamento del terreno è una fase cruciale per la buona riuscita dell'analisi stessa. È importante che il campione sia rappresentativo di tutto l'appezzamento. Per ottenere un buon campionamento non si effettueranno prelievi nei pressi di fossi e corsi d'acque; Il prelievo avverrà in modo del tutto casuale all'interno dell'area in esame. La profondità di prelievo segue la profondità di aratura, quindi indicativamente dai 5 ai 50 cm (i primi 5 cm di terreno verranno eliminati dal campione).

Nel nostro caso, si opererà per una prima analisi chimico-fisica del suolo, più completa, in modo da impiegare nell'immediato dei concimi correttivi con azione correttiva sui i parametri ritenuti inadeguati. Successivamente, a cadenza annuale, si effettueranno delle analisi dei parametri indicatori della presenza di sostanza organica (carbonio organico, rapporto C/N, pH), dato l'obiettivo, con il nuovo indirizzo colturale, di migliorare le condizioni di fertilità del suolo, che ad oggi si presenta come un seminativo semplice fortemente sfruttato e con caratteristiche fisiche non ideali.

11.2 Montiraggio dell'attività agricola

La gestione del suolo e il monitoraggio della capacità produttiva sarà permanente, e pertanto avrà luogo durante l'intera vita utile dell'impianto, e tutte le lavorazioni e operazioni colturali saranno guidate dai monitoraggi e dalle analisi chimico-fisiche del suolo.

Periodicamente - generalmente a cadenza mensile o bimestrale - tramite un soggetto incaricato dal proponente, sarà verificato il corretto svolgimento di tutte le attività agricole effettuate, i mezzi e i materiali utilizzati.

Per quanto riguarda le colture arboree, come già indicato al capitolo deidicato, in fase di impianto saranno verificate le certificazioni fitosanitarie delle piantine, e per la gestione delle superfici a seminativo saranno impiegati esclusivamente sementi certificate (generalmente detto *seme cartellinato*).

Tutte le attività di gestione agricola, ed il loro svolgimento, saranno verificate ed appuntate con un'apposita scheda, di cui in allegato della presente relazione.

12 Considerazioni conclusive

L'attuale Strategia Energetica Nazionale consente l'installazione di impianti fotovoltaici in aree agricole, purché possa essere mantenuta (o anche incrementata) la fertilità dei suoli utilizzati per l'installazione delle strutture.

È bene riconoscere che vi sono in Italia, come in altri paesi europei, vaste aree agricole completamente abbandonate da molti anni o, come nel nostro caso, sottoutilizzate, che con pochi accorgimenti e una gestione semplice ed efficace potrebbero essere impiegate con buoni risultati per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile ed al contempo riacquisire del tutto o in parte le proprie capacità produttive.

L'intervento previsto di realizzazione dell'impianto agrovoltaico porterà ad una piena utilizzazione agricola dell'area, sia perché saranno effettuati miglioramenti fondiari importanti (recinzioni, drenaggi, viabilità interna al fondo, sistemazioni idraulico-agrarie), sia tutte le necessarie lavorazioni agricole che consentiranno di mantenere ed incrementare le capacità produttive del fondo.

L'apezzamento scelto, per collocazione, caratteristiche e dimensioni potrà essere utilizzato senza alcuna problematica a tale scopo, mantenendo in toto l'attuale orientamento di progetto, e mettendo in atto alcuni accorgimenti per pratiche agricole più complesse che potrebbero anche migliorare, se applicati correttamente, le caratteristiche del suolo della superficie in esame.

Nella scelta delle colture da prato polifita che è possibile praticare, si è avuta cura di considerare quelle che svolgono il loro ciclo riproduttivo e la maturazione nel periodo primaverile-estivo, in modo da rendere l'ombreggiamento una risorsa per il risparmio idrico piuttosto che un impedimento, impiegando sempre delle colture comunemente coltivate nell'area. Anche per la fascia arborea perimetrale, prevista per la mitigazione visiva dell'area di installazione dell'impianto, si è optato per delle piante autoctone (il mirto ed il corbezzolo) con attitudine mellifera.

Riferimenti bibliografici:

- H.T. Harvey & Associates, 2010. Evaluation of potential changes to annual grass lands in response to increased shading by solar panels from the California Valley Solar Ranch project. High Plains Ranch II, LLC.
- Forst and McDouglad, 1989. Tree canopy effects on herbaceous production of annual rangeland during drought. *Journal of Range Management*, 42:281-283.
- Amatangelo, 2008. Response of California annual grassland to litter manipulation. *Journal of Vegetation Science*, 19:605-612.
- Elnaz Hassanpour Adeh, John S. Selker e Chad W. Higgins, 2018. Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. *PLOS One*. Department of Biological and Ecological Engineering, Oregon State University (OSU).
- H. Marrou, L. Guilioni, L. Dufour, C. Dupraz, J. Wery, 2013. Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? *Agricultural and Forest Meteorology* 177 (2013) 117–132.
- Y. Elamria, B. Chevirona, J.-M. Lopezc, C. Dejeana, G. Belaudd, 2018. Water budget and crop modelling for agrivoltaic systems: Application to irrigated lettuces. *Agricultural Water Management* 208 (2018) 440–453.
- Domenico Ruiu, 2019. *Montagne e Foreste della Sardegna*, Ilisso Edizioni.
- Costantini, e.a.c., 2006. *La classificazione della capacità d'uso delle terre (Land Capability Classification)*. In: Costantini, E.A.C. (Ed.), *Metodi di valutazione dei suoli e delle terre*, Cantagalli, Siena, pp. 922.
- Camarda I., Laureti L., Angelini P., Capogrossi R., Carta L., Brunu A., 2015 “Il Sistema Carta della Natura della Sardegna”. ISPRA, Serie Rapporti, 222/2015.
- Canu S., Rosati L., Fiori M., Motroni A., Filigheddu R., Farris E. 2015. *Bioclimate map of Sardinia (Italy)*. *Journal of Maps* (Taylor and Francis eds.), Volume 11, Issue 5, pages 711-718. - DOI: 10.1080/17445647.2014.988187.
- Ministero dello Sviluppo Economico, Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2017. *Strategia Energetica Nazionale*.

Siti internet consultati:

Censimento Agricoltura 2010: <http://censimentoagricoltura.istat.it/>

Sistema Informativo Territoriale della Sardegna - Geoportale:

<https://www.sardegnageoportale.it/>

Ismea Mercati: <http://www.ismeamercati.it/analisi-e-studio-filiere-agroalimentari>

Ismea Rete Vino DOP IGP: <https://www.ismeamercati.it/retevino-dop-igp>



CODE

C21PWT008AFR06000

PAGE

51 di/of 51

Note: Tutte le immagini di mezzi meccanici e le tabelle con le relative caratteristiche tecniche utilizzate per redigere il presente studio, sono state estratte direttamente da materiale informativo messo a disposizione del pubblico dalle varie case costruttrici mediante i siti web ufficiali, e sono state impiegate solo ed esclusivamente a titolo esemplificativo.

Dott. Agr. Arturo Urso

Ordine dei Dottori Agronomi e Forestali della Provincia di Catania n. 1280

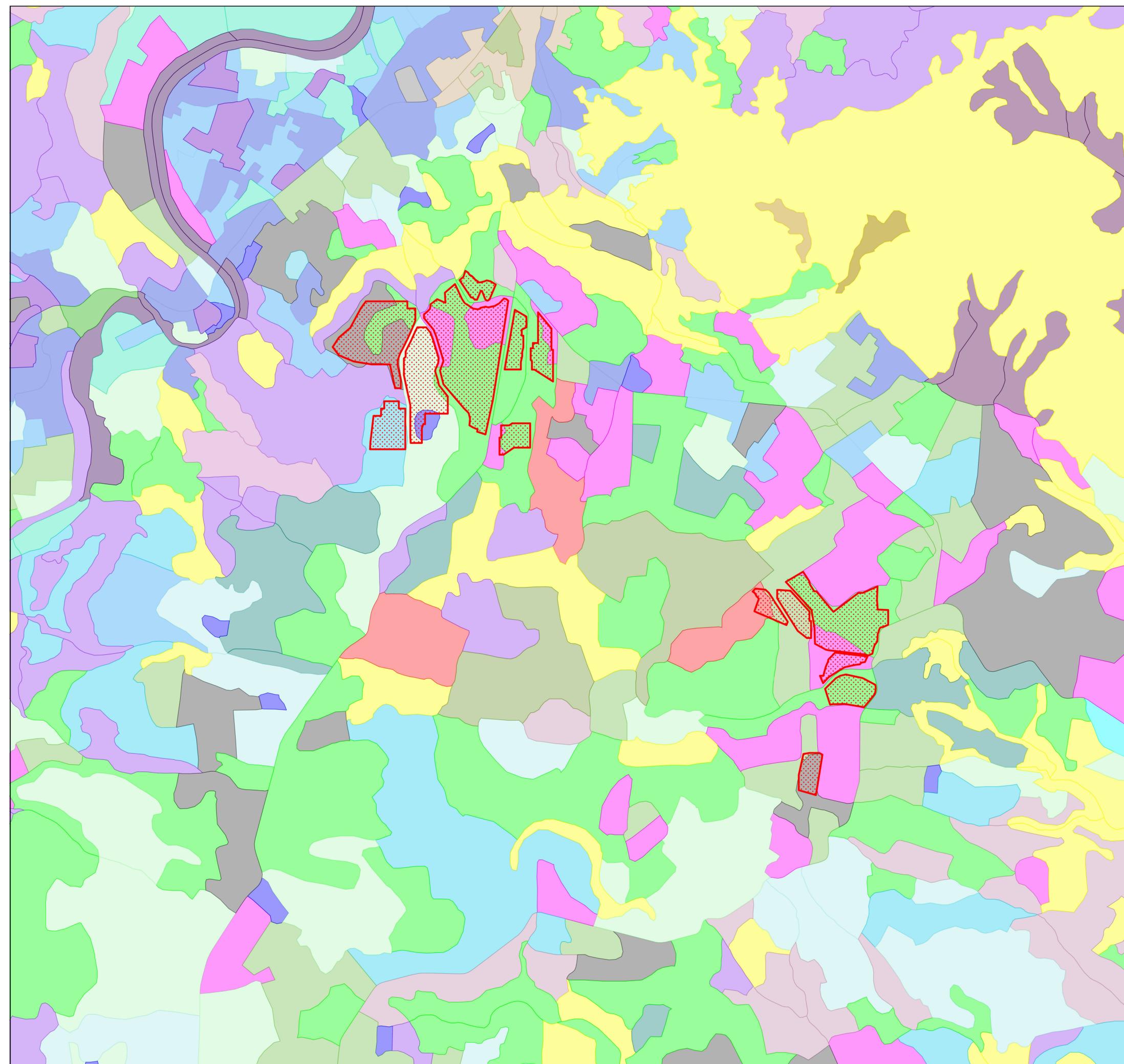
Via Pulvirenti n. 10

95131 Catania (CT)

E-mail: arturo.urso@gmail.com

PEC: a.urso@conafpec.it

Cell.: +39 333 8626822



00	07/11/2022	PRIMA EMISSIONE			
REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	PREPARATO	CONTROLLATO	VALIDATO
REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	PREPARATO	CONTROLLATO	VALIDATO



Green & Green S.r.l.
Via Edmondo de Amicis, 64
87036 Rende (CS) - Italy
P.IVA 02900010782
Ph. (+39) 0984 846295
Fax (+39) 0984 1711470
info@greengreen.it
www.greengreen.it

Il Tecnico
Dott. Agr. Arturo Urso



CODICE - CODE		PROGETTO - PROJECT			
		DEFINITIVO			
VALIDO PER	ISSUE FOR	NOVE FILE	PROIEZIONE	FORMATO	SCALA
		FILE NAME	PROIEZIONE	FORMATO	SCALA
IMPIANTO AGRIVOLTAICO "SAN MARTINO" E OPERE DI CONNESSIONE		CLASSIFICAZIONE	REP. ARCHIVIO	SCALA PILOT	SCALA SHEET
		PUBBLICA	ARCHIVIO ID	SCALA PILOT	SCALA SHEET



CARTA USO DEL SUOLO DELL'AREA IN ESAME
CORINE Land Cover (CLC) Livello 5

CARTA USO SUOLO DELL'AREA IN ESAME
CORINE Land Cover (CLC) Livello 5

Allegato 1
LEGENDA Uso Suolo CORINE Land Cover

- 11 - Zone urbanizzate**
 - 1111 - Tessuto residenziale compatto e denso
 - 1112 - Tessuto residenziale rado
- 13 - Zone estrattive, discariche e cantieri**
 - 133 - Cantieri
- 14 - Zone verdi artificiali non agricole**
 - 1421 - Aree ricreative e sportive
- 21 - Seminativi**
 - 2111 - Seminativi semplici in aree non irrigue
 - 2112 - Colture orticole da pieno campo, in serra e sotto plastica in aree non irrigue
 - 2121 - Seminativi semplici in aree irrigue
- 22 - Colture permanenti**
 - 221 - Vigneti
 - 223 - Oliveti
- 24 - Zone agricole eterogenee**
 - 2411 - Colture temporanee associate all'olivo
 - 2413 - Colture temporanee associate ad altre colture permanenti
 - 243 - Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali
 - 244 - Aree agroforestali
- 31 - Zone boscate**
 - 3111 - Boschi di latifoglie
 - 31121 - Pioppeti, saliceti, eucalipteti
 - 31122 - Sugherete
 - 313 - Boschi misti di conifere e latifoglie
- 32 - Associazioni vegetali arbustive e/o erbacee**
 - 321 - Aree a pascolo naturale
 - 3231 - Macchia mediterranea
 - 3232 - Gariga
 - 3241 - Aree a ricolonizzazione naturale
 - 3242 - Aree a ricolonizzazione artificiale
- 33 - Zone aperte con vegetazione rada o assente**
 - 333 - Aree con vegetazione rada tra 5% e 40%

LEGENDA ELEMENTI DI PROGETTO
Superfici di intervento



SCALA 1:10.000