



COMUNE DI GUSPINI
Provincia del Medio Campidano
Regione Sardegna

Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_SCANU", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp

Oggetto:

RELAZIONE PEDO-AGRONOMICA E GESTIONE AGRICOLA DEL FONDO

Elaborato

09REA.Doc.03

GRUPPO DI LAVORO:

INIOS s.r.l (Capogruppo)

INIOS SOCIETA' DI INGEGNERIA
VIA GIALETO, 99 - 09170 ORISTANO (OR)
C.F. - P.IVA 01173430958
evolving energy

Dott. Agronomo Sandro Marchi

Dott. Archeologo Marco Cabras

Dott. Geologo Mario Nonne

Lithos S.r.l.

Ing. Antonio Piccinini

Geom. Emanuele Cauli

Ing. Marco Mario G. Piroddi

Ing. Raimondo Ignazio Cadeddu

Ing. Francesco Miscali

REDATTO DA:

Dott. Agronomo Sandro Marchi

Progettisti:

Dott. Agronomo Sandro Marchi



09REA.Doc.03

file

Giugno 2023

Data

Aggiornamento

-

Scala

017-2023

Nr. Commessa

Proponente:

Grenergy Rinnovabili 4 srl
Via Borgonuovo, N° 9
20121 Milano (MI)
P.IVA: 11892530962



PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 1/64

INDICE

1. Premessa.....	2
2. Introduzione alla relazione pedo agronomica e gestione agricola del fondo.	3
3. Localizzazione Intervento.....	3
4. L'agrivoltaico e i Principi della soluzione agrivoltaica.....	6
5. Caratteristiche pedologiche e agronomiche del sito di progetto.....	14
5.1. Cenni di geomorfologia, idrografia e geologia del sito.	14
5.2. Il suolo agrario e il suo uso attuale.	15
6. Analisi dei fattori di scelta progettuale della coltura agraria e del sistema agrivoltaico.....	19
6.1. Caratteristiche e requisiti degli impianti agrivoltaici secondo le linee guida del MiTE.....	22
6.2. Caratteristiche pedologiche e agronomiche del sito.	26
6.3. Caratteristiche climatiche e disponibilità idrica.	32
7. La scelta della coltura agraria da praticare nel campo agrivoltaico.	39
7.1. Le caratteristiche biologiche e agronomiche delle specie da coltivare nel campo agrivoltaico.	41
7.2. Superfici coltivate e produzioni attese in termini di resa e reddito della componente agricola. ...	50
8. La scelta e le distanze delle strutture del sistema agrivoltaico.	55
9. Accorgimenti tecnici legati alla lavorazione dei campi.....	57
9.1. Lavorazione, taglio, raccolta foraggi.....	58
10. Specie Arboree utilizzate per le fasce di mitigazione.....	60
11. Considerazioni conclusive.	60

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 2/64

1. Premessa

L'impianto agrivoltaico in progetto, denominato "GR_Scanu", è stato pensato e sarà realizzato con lo scopo di creare una sinergia tra produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e produzione agricola con l'obiettivo comune di rispettare l'ambiente e creare così le condizioni per il raggiungimento di obiettivi produttivi e economici per entrambi i settori coinvolti: agricolo ed energetico.

Il soggetto proponente dell'iniziativa è la società Grenergy Rinnovabili 4 srl (anche denominata GRR4) con sede in Via Borgonuovo 9 – 20121 – Milano. La società è iscritta nella Sezione Ordinaria della Camera di Commercio Industria Agricoltura ed Artigianato di Milano, con numero REA MI-2630049, C.F. e P.IVA N. 11892530962.

La società GRR 4 fa parte del gruppo Grenergy Renovables SA, con sede legale a Madrid e quotata alla borsa di Madrid, che opera in tutto il mondo nel campo delle energie rinnovabili. Le attività principali del gruppo sono lo sviluppo, la progettazione, la realizzazione e l'esercizio di impianti fotovoltaici, eolici e di accumulo dell'energia.

L'impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, localizzato nel territorio del Comune di Guspini, sarà costituito dal generatore fotovoltaico, di potenza pari a 25.141,76 kWp, installato a terra su strutture in acciaio zincato motorizzate (Tracker Monoassiali) che seguiranno il percorso del sole lungo l'asse Nord-Sud direzione Est-Ovest, mantenendo la perpendicolarità con lo stesso e ottimizzando così la produzione di energia. Inoltre, sarà previsto un sistema di accumulo per lo stoccaggio dell'energia fotovoltaica di capacità pari a 12 x 2.752 kWh.

L'impianto ricoprirà una superficie complessiva pari a poco più di 500.000 mq e sarà allacciato alla rete Elettrica Nazione tramite una linea interrata di circa 8 km in Alta Tensione a 36 kV collegata in antenna sulla nuova Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN a 220/150/36 kV.

La parte agricola continuerà invece la produzione di foraggi essiccati (fieni).

Nella filosofia di creare una forte sinergia tra produzione agricola e fotovoltaica è stato individuato già un imprenditore agricolo del territorio, disponibile a coltivare il terreno anche con la presenza dei tracker fotovoltaici. Con queste premesse si pensa che l'impianto agrivoltaico in progetto possa davvero creare quelle condizioni che permetteranno di stabilire un forte e duraturo legame tra produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabili.

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 3/64

2. Introduzione alla relazione pedo agronomica e gestione agricola del fondo.

La presente relazione accompagna il progetto "Impianto agrivoltaico di 25.141,76 KWp in agro di "Guspini" con l'utilizzo di strutture a Tracker monoassiali. Lo scopo del presente elaborato è quello di descrivere e approfondire nel dettaglio gli aspetti riguardanti:

1. il concetto di base di un impianto agrivoltaico;
2. l'area di intervento progettuale sotto il profilo agronomico;
3. le scelte di carattere agronomico adottate per consentire un duplice utilizzo agro-energetico del fondo, e gli accorgimenti tecnico gestionali da adottare.
4. la conformità del progetto rispetto alle "Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici" del MiTE pubblicate a giugno 2022.

3. Localizzazione Intervento.

L'area in cui ricade l'impianto agrivoltaico si trova al confine tra la regione storica del Monreale e del campidano di Oristano su un settore pianeggiante a 2 Km in direzione nord est rispetto all'area artigianale di Guspini nella località Murdeghu. L'area è raggiungibile attraverso la strada statale 126, la strada provinciale 4 e la viabilità locale e interpodereale.

Cartograficamente si inquadra come segue:

- ✓ Carta Geologica d'Italia scala 1: 100000 Foglio 225 Guspini;
- ✓ Carta d'Italia scala 1:25.000 Foglio 539 "sez. III "Mogoro", 547 sez. IV "San Gavino Monreale";
- ✓ Carta tecnica Regione Autonoma della Sardegna scala 1:10.000 sez. 539130 - 547010.



Fig. 1 – localizzazione intervento

Catastralmente l'area ricade in Agro di Guspini al foglio 312 e 318, le particelle interessate sono le seguenti:

Comparto	Comune	Foglio	Particella	Sup. Catastale Ha (Ettari)	Sup. Sistema Agrivoltaico Ha (Ettari)
A	GUSPINI	312	13	0,9310	0,9310
A	GUSPINI	312	71	14,2487	2,5911
				15,1797	3,5221
Comparto	Comune	Foglio	Particella	Sup. Catastale Ha (Ettari)	Sup. Sistema Agrivoltaico Ha (Ettari)
B	GUSPINI	312	6	0,2290	0,1583
B	GUSPINI	312	8	0,5350	0,5350
B	GUSPINI	312	9	0,6855	0,6855
B	GUSPINI	312	10	1,6250	1,6220
B	GUSPINI	312	11	0,9815	0,9073
B	GUSPINI	312	44	13,6650	12,7342
B	GUSPINI	312	71	14,2487	10,4444
				31,9697	27,0867

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 5/64

Comparto	Comune	Foglio	Particella	Sup. Catastale Ha (Ettari)	Sup. Sistema Agrivoltaico Ha (Ettari)
C	GUSPINI	318	77	0,7565	0,6983
				0,7565	0,6983
Comparto	Comune	Foglio	Particella	Sup. Catastale Ha (Ettari)	Sup. Sistema Agrivoltaico Ha (Ettari)
D	GUSPINI	318	19	2,7670	2,6947
				2,7670	2,6947
Comparto	Comune	Foglio	Particella	Sup. Catastale Ha (Ettari)	Sup. Sistema Agrivoltaico Ha (Ettari)
E	GUSPINI	318	34	0,6035	0,6035
E	GUSPINI	318	122	0,5100	0,5100
E	GUSPINI	318	124	0,5200	0,5200
				1,6335	1,6335
Comparto	Comune	Foglio	Particella	Sup. Catastale Ha (Ettari)	Sup. Sistema Agrivoltaico Ha (Ettari)
F	GUSPINI	318	33	0,6365	0,6365
F	GUSPINI	318	62	1,0045	0,9830
F	GUSPINI	318	165	0,0270	0,0270
F	GUSPINI	318	184	0,5812	0,5812
F	GUSPINI	318	186	1,3409	1,3344
F	GUSPINI	318	187	0,1440	0,1440
F	GUSPINI	318	189	0,0099	0,0091
F	GUSPINI	318	190	2,2054	2,2043
				5,9494	5,9195
Comparto	Comune	Foglio	Particella	Sup. Catastale Ha (Ettari)	Sup. Sistema Agrivoltaico Ha (Ettari)
G	GUSPINI	318	58	1,1370	0,6561
G	GUSPINI	318	80	0,1800	0,1197
G	GUSPINI	318	82	1,4650	1,4296
G	GUSPINI	318	83	0,0600	0,0550
G	GUSPINI	318	84	0,0840	0,0753
G	GUSPINI	318	199	3,3000	2,6652
				6,2260	5,0009

COMUNE DI GUSPINI –PROVINCIA DEL MEDIO CAMPIDANO (VS)

Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", della potenza di 25.141,76 kWp

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 6/64

Comparto	Comune	Foglio	Particella	Sup. Catastale Ha (Ettari)	Sup. Sistema Agrivoltaico Ha (Ettari)
H	GUSPINI	318	25	0,7430	0,7133
H	GUSPINI	318	56	1,1485	1,1043
H	GUSPINI	318	60	1,8465	1,7904
H	GUSPINI	318	173	0,0280	0,0237
H	GUSPINI	318	174	0,0045	0,0045
				3,7705	3,6362
TOTALE SISTEMA AGRIVOLTAICO					50,1919

4. L'agrivoltaico e i Principi della soluzione agrivoltaica.

I dati dell'ultimo rapporto dell'European Environment Agency (EEA-2022), evidenziano che l'Unione Europea ha raggiunto l'obiettivo 2020 di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, raggiungendo il 20% in meno rispetto al 1990. Uno dei fattori chiave che hanno consentito tale miglioramento è senza dubbio rappresentato dalla diffusione delle energie rinnovabili, l'uso di combustibili fossili a minore intensità di carbonio e il miglioramento dell'efficienza energetica, oltre ai cambiamenti strutturali della nostra economia.

Non ostante questi risultati, l'obiettivo da raggiungere, nel prossimo decennio è ancora lontano, la Commissione Europea infatti nell'ambito del Green Deal europeo (settembre 2020), ha infatti proposto di:

1. Innalzare al 55% la riduzione entro il 2030 delle emissioni nette di gas climalteranti rispetto ai livelli del 1990;
2. Raggiungere una quota di almeno il 32% per quanto concerne la produzione di energia prodotta da fonti rinnovabili;
3. Incrementare del 32,5% l'efficienza energetica

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03 pag. 7/64
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	

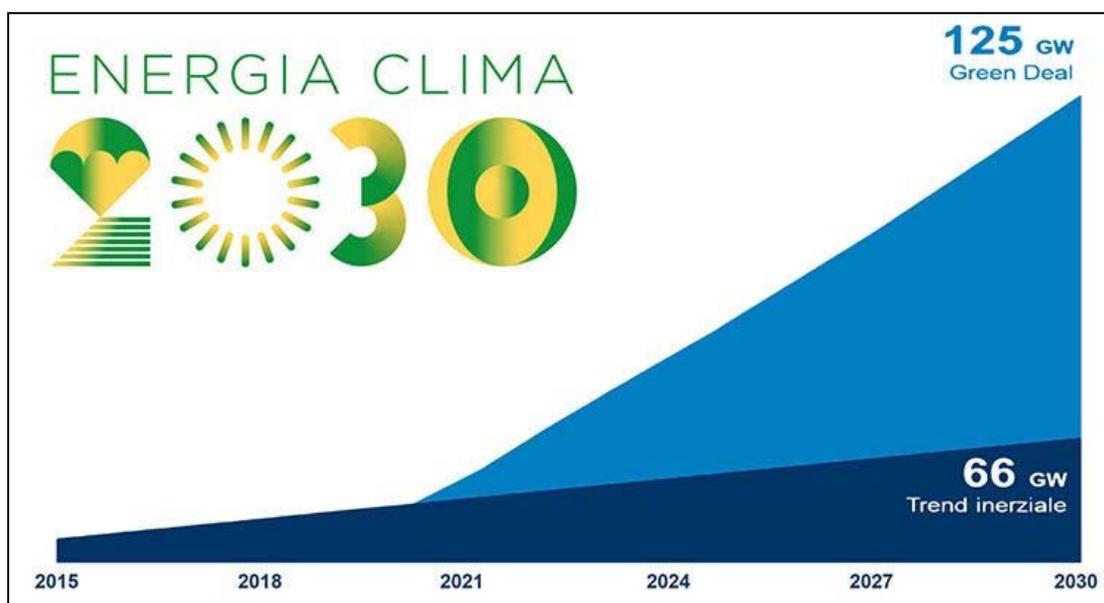


Fig. 2 – crescita del FER al 2030 nello scenario inerziale e nello scenario Green Deal.
<https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/agrivoltaico-agrivoltaico-agricoltura-energia-rinnovabile/>.

Questi nuovi scenari, impongono di triplicare la potenza di fotovoltaico installata in Italia entro il 2030, ponendo energia prodotta dal settore fotovoltaico come fattore fondamentale per il raggiungimento degli obiettivi. Inoltre, la tecnologia fotovoltaica ha raggiunto un grado di maturità tecnologica che la rende un valido sostituto delle fonti fossili nella generazione di energia elettrica. Uno dei principali fattori limitanti alla diffusione di tali impianti risiede però nella disponibilità di superfici utili, la tecnologia fotovoltaica richiede infatti a differenza ad esempio dell'eolico, di un maggiore sviluppo areale. Il progressivo aumento della popolazione mondiale (che secondo l'ultimo report delle Nazioni Unite, si prevede arriverà a oltre 9,7 Miliardi nel 2050) porta con sé, oltre all'incremento di domanda in termini di energia, anche un aumento della domanda in termini di cibo e quindi di terre coltivabili. Il raggiungimento degli obiettivi in termini di produzione da FV è quindi in contrasto con gli obiettivi di sviluppo sostenibile e recupero dell'utilizzo del suolo delle Nazioni Unite. La risposta a questa apparente conflitto è rappresentata da quelle che vengono definite le installazioni agrivoltaiche, progettate in modo da consentire la coltivazione dell'area sottostante l'infrastruttura energetica, consentendo quindi di perseguire simultaneamente gli obiettivi di riduzione delle emissioni e di recupero dei suoli (Reasoner et al, 2022).

Diventa quindi importante entrare in un'ottica in cui per il raggiungimento degli obiettivi prefissati al 2030, occorrerà prevedere un utilizzo di superficie agricola compreso tra lo 0,4 e lo 0,5% della Superficie Agricola Totale. Serve quindi proporre tecnologie e progetti che assicurino la compatibilità

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 8/64

tra gli obiettivi energetici e climatici e gli obiettivi di tutela del paesaggio, di qualità dell'aria e dei corpi idrici, di salvaguardia della biodiversità e di tutela del suolo.

Possiamo definire un impianto agrivoltaico come un impianto fotovoltaico che, nel rispetto dell'uso agricolo e zootecnico del suolo, anche quando collocato a terra, non inibisce tale uso, ma lo integra e supporta garantendo la continuità delle attività agricole e zootecniche pre-esistenti la biodiversità sulla stessa porzione di suolo su cui insiste l'area di impianto, contribuendo così ad ottimizzare l'uso del suolo stesso con ricadute positive sul territorio in termini occupazionali, sociali ed ambientali. Si tratta quindi di una soluzione di "condivisione solare", poiché la risorsa radiativa proveniente dal sole viene ripartita fra il processo di coltivazione e quello di generazione energetica.

Giova a tal proposito ricordare che ai sensi del regolamento (UE) n. 1307/2013, e in particolare dell'articolo 32 (Attivazione dei diritti all'aiuto), paragrafo 3, riguardante gli ettari ammissibili al sostegno PAC, quando la superficie agricola di un'azienda è utilizzata anche per attività non agricole, essa si considera utilizzata prevalentemente per attività agricole se l'esercizio di tali attività agricole non è seriamente ostacolato dall'intensità, dalla natura, dalla durata e dal calendario delle attività non agricole. È importante sottolineare, pertanto, che non si tratta di una soluzione finalizzata al mero utilizzo di terreni agricoli per l'installazione d'impianti alimentati da energia rinnovabile, bensì una concreta possibilità capace di contribuire alla progressiva decarbonizzazione (quindi anche del sistema produttivo agricolo) attraverso l'integrazione delle energie rinnovabili.

Ritornando al concetto di condivisive solare esistono svariati sistemi che consentono di combinare la produzione agricola con altri sistemi produttivi, come ad esempio i sistemi agroforestali che prevedono la coltivazione di colture arboree ed erbacee sulla stessa superficie. In molti casi l'utilizzo simultaneo di una stessa superficie, per fini diversi, consente di aumentare il Rapporto di Suolo Equivalente (Land Equivalent Ratio, LER7,) rispetto all'impiego della stessa superficie per un'unica produzione (Fraunhofer, 2020; Valle et al., 2017).



Fig. 3 – Raffronto tra sistema con colture arboree ed erbacee sulla stessa superficie e sistema agrivoltaico.

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 9/64

Osservando il sistema agrivoltaico da un'ottica più prettamente agricolo ambientale, potremmo definire un sistema agrivoltaico come un'evoluzione o meglio una variante della condivisione solare naturale tra due colture, una arborea e l'altra erbacea coltivate sulla stessa superficie, dove la coltura arborea viene sostituita dai pannelli fotovoltaici, che hanno lo scopo finale di ridurre le emissioni di gas serra attraverso l'ottenimento di energia dal sole, compito che viene svolto per loro natura dalle piante arboree attraverso l'immagazzinamento del carbonio inorganico attraverso la formazione di massa legnosa. Dupraz (2011) ha dimostrato come l'agrivoltaico rappresenti una soluzione valida e innovativa per superare la competizione rispetto all'uso del suolo *"suggeriamo che una combinazione di pannelli solari e colture alimentari sulla stessa unità di terra può massimizzare l'uso del suolo. Suggeriamo di chiamarlo sistema agrivoltaico"*.

Diversi studi, mirati alla valutazione tecnica economica di questo sistema (Schindele et al., 2020) e all'analisi della compatibilità tra la coltivazione agraria e l'installazione di pannelli in molteplici casi reali (Aroca-Delgado et al., 2018), dimostrano come l'agrivoltaico aumenti l'efficienza d'uso del suolo consentendo la coltivazione e la produzione di energia in simultanea, sfruttando la sinergia tecno-ecologica-economica dei due sistemi.

L'agrivoltaico rappresenta una "nuova opportunità in ambito agricolo laddove, tramite modelli "vincenti", si esaltino le sinergie tra produzione agricola e generazione di energia" (M. Iannetta, responsabile della Divisione ENEA di Biotecnologie e Agroindustria).

Va però tenuto sempre in considerazione il principio base che un sistema agrivoltaico è un sistema complesso, essendo allo stesso tempo un sistema sia energetico sia agricolo (agroecosistema). In generale, la prestazione legata al fotovoltaico e quella legata alle attività agricole risultano in opposizione, poiché le soluzioni ottimizzate per la massima captazione solare da parte del fotovoltaico possono generare condizioni meno favorevoli per l'agricoltura e viceversa. Ad esempio, un eccessivo ombreggiamento sulle piante può generare ricadute negative sull'efficienza fotosintetica e, dunque, sulla produzione; o anche le ridotte distanze spaziali tra i moduli e tra i moduli ed il terreno possono interferire con l'impiego di strumenti e mezzi meccanici normalmente impiegati nella pratica agricola.

Ciò significa che una soluzione che privilegi solo una delle due componenti – fotovoltaico o agricoltura – è passibile di presentare effetti negativi sull'altra.

È dunque importante fissare dei parametri e definire requisiti volti a conseguire prestazioni ottimizzate sul sistema complessivo, considerando sia la dimensione energetica sia quella agronomica.

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 10/64

Da ciò emerge come la fase di studio che precede e indirizza le scelte progettuali risulti fondamentale per l'ottimizzazione del sistema, dovendo tener conto di tutti i fattori intrinseci ed estrinseci del sistema agro ecologico in cui si decide di operare per l'installazione dell'agrivoltaico. A titolo esemplificativo possiamo affermare che risulterebbe inutile e poco credibile avviare un impianto agrivoltaico in luoghi in cui le produzioni agricole ottenute o ottenibili non si inseriscano in una filiera territoriale esistente, competitiva e riconosciuta nel comparto agricolo locale.

La sinergia tra l'installazione di pannelli fotovoltaici e la coltivazione sulla stessa superficie è un concetto che è stato introdotto già negli anni ottanta e attualmente si stanno finalmente diffondendo impianti commerciali che utilizzano questo sistema.

Il posizionamento di moduli fotovoltaici su suolo agrario non preclude l'uso agricolo del suolo, anzi tale modello agrivoltaico può rappresentare un percorso virtuoso per coniugare la produzione alimentare e la produzione energetica da fonti rinnovabili.

Esistono diversi pattern spaziali che possiamo scegliere per ottimizzare le prestazioni complessive dei sistemi agrivoltaici in base a diversi tipi di colture.

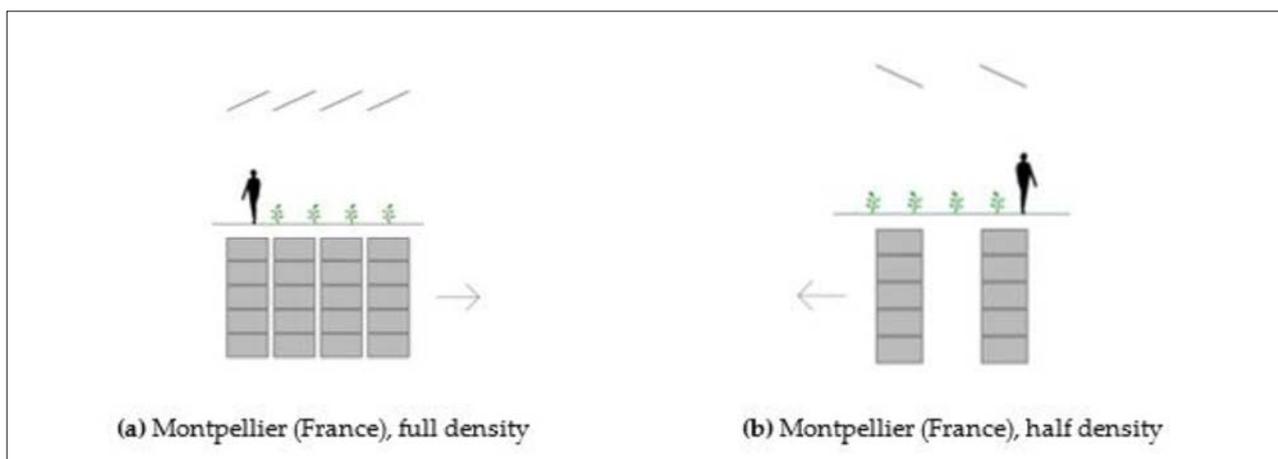


Fig. 4a – Pattern spaziali da Linee guida MiTE.

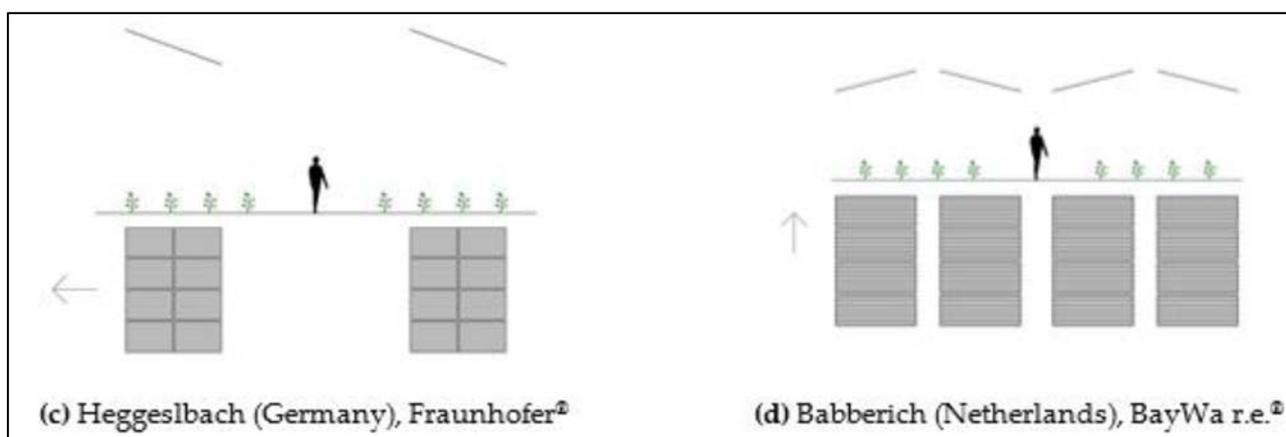


Fig. 4b – Pattern spaziali da Linee guida MiTE.

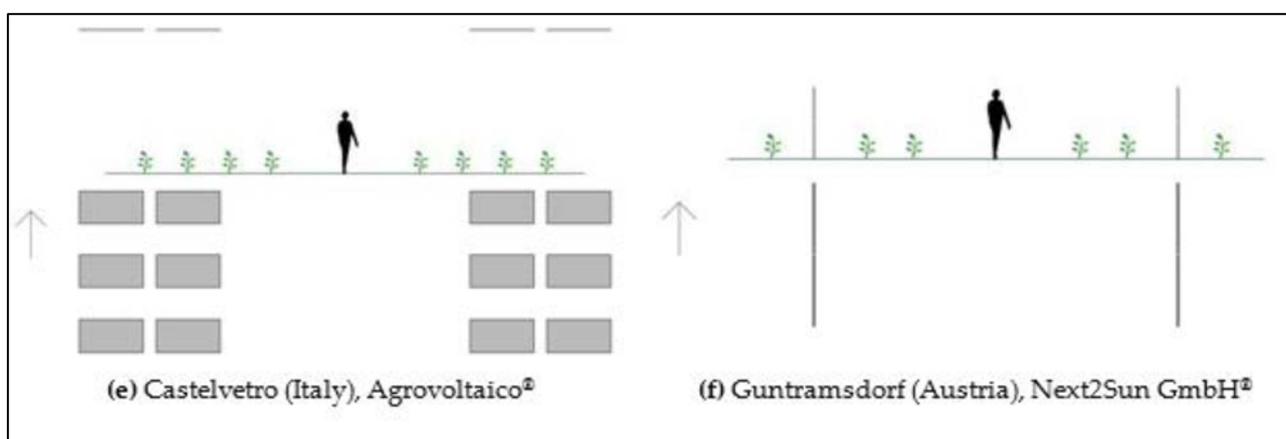


Fig. 4c – Pattern spaziali da Linee guida MiTE.

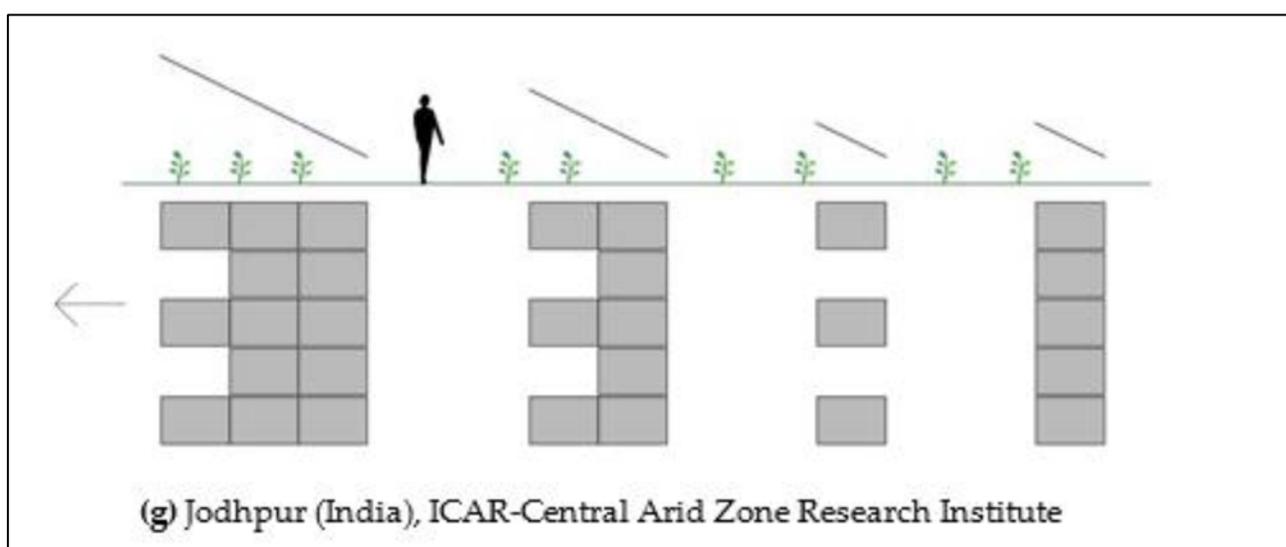


Fig. 4d – Pattern spaziali da Linee guida MiTE.

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 12/64

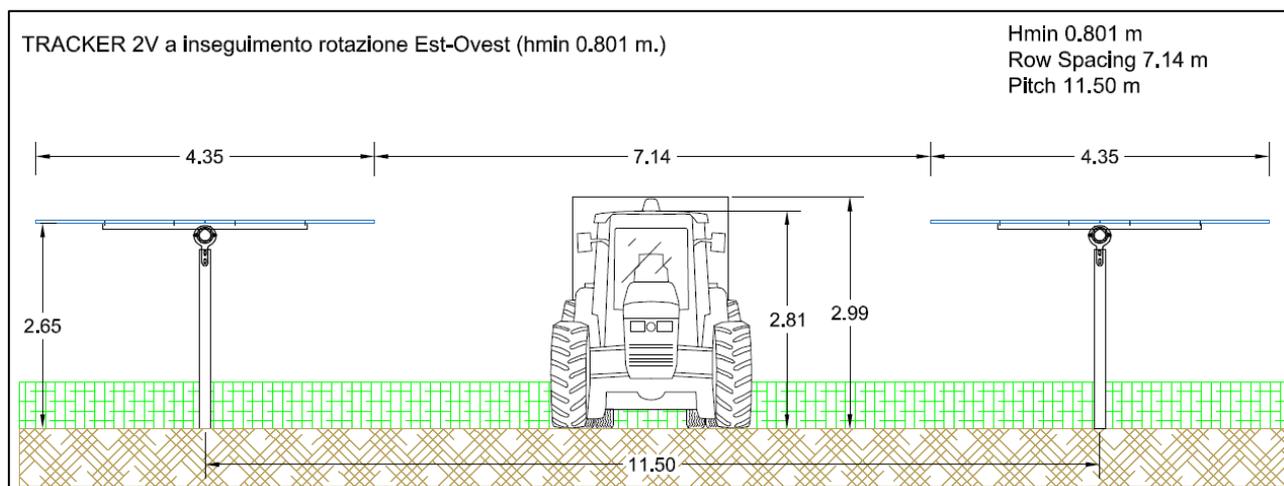


Fig. 5 – Sezione sistema agrivoltaico a inseguimento est-ovest con orientamento nord sud.

Le soluzioni finora adottate per questo tipo di impianti, hanno visto l'adozione di tecnologie diversificate tra le quali troviamo:

- 1) impianti fissi, previo innalzamento della componente fotovoltaica, in modo da consentire il passaggio dei macchinari agricoli;
- 2) installazione di moduli verticali per il privilegio di produzioni energetiche in fasce orarie differenti;
- 3) sistemi ad inseguimento su singolo o doppio asse. Esistono, inoltre, esempi di tecnologie brevettate specificatamente per l'ambito agrivoltaico.

Sono oramai numerosi gli studi che mettono in luce i possibili vantaggi, in chiave ecologico-ambientale di questi sistemi (Weselek et al., 2019; Akeh. et al., 2018; Fraunhofer, 2020; Toledo e Scognamiglio, 2021; Andrew et al, 2021a,b; Andrew et al, 2022), tra i più significativi e interessanti vanno sottolineati i seguenti:

- ✓ Incremento della produttività del suolo;
- ✓ Possibile miglioramento della produzione vegetale;
- ✓ Miglioramento dello stock di C organico del suolo;
- ✓ Creazione di un ambiente favorevole per insetti pronubi;
- ✓ Riduzione dei costi nella gestione del pascolo;
- ✓ Minore stress termico causato al bestiame;

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 13/64

Con riferimento all'irraggiamento, la temperatura dell'aria e l'umidità del suolo (Figura 5), alcuni studi condotti hanno rilevato come la presenza di pannelli fotovoltaici possa arrivare a creare alcune variazioni microclimatiche utili a fini agro-produttivi (Armstrong et.al 2016), tra cui:

- ✓ Irraggiamento: la presenza del pannello fotovoltaico riduce la percentuale di radiazione diretta, ovvero quella che raggiunge direttamente il suolo, con intensità variabile in funzione della distanza dal filare fotovoltaico, del momento del giorno e del periodo dell'anno (ma, al contempo, si prevede un aumento della quantità di radiazione diffusa).
- ✓ Temperatura dell'aria: il parziale ombreggiamento può attenuare l'impatto negativo delle elevate temperature, mitigando le temperature estreme dell'aria e del suolo e promuovendo, pertanto, un maggior accrescimento radicale (anche grazie alla maggior umidità del terreno).
- ✓ Umidità del suolo: il parziale ombreggiamento che viene a verificarsi può determinare una diminuzione della evapotraspirazione e della carenza idrica estiva (specie in ottica futura, nell'ipotesi di aggravio di tale aspetto in relazione ai dinamismi causati dai cambiamenti climatici). La riduzione dell'evaporazione di acqua dal terreno, in particolare, consente un più efficace utilizzo della risorsa idrica del suolo.

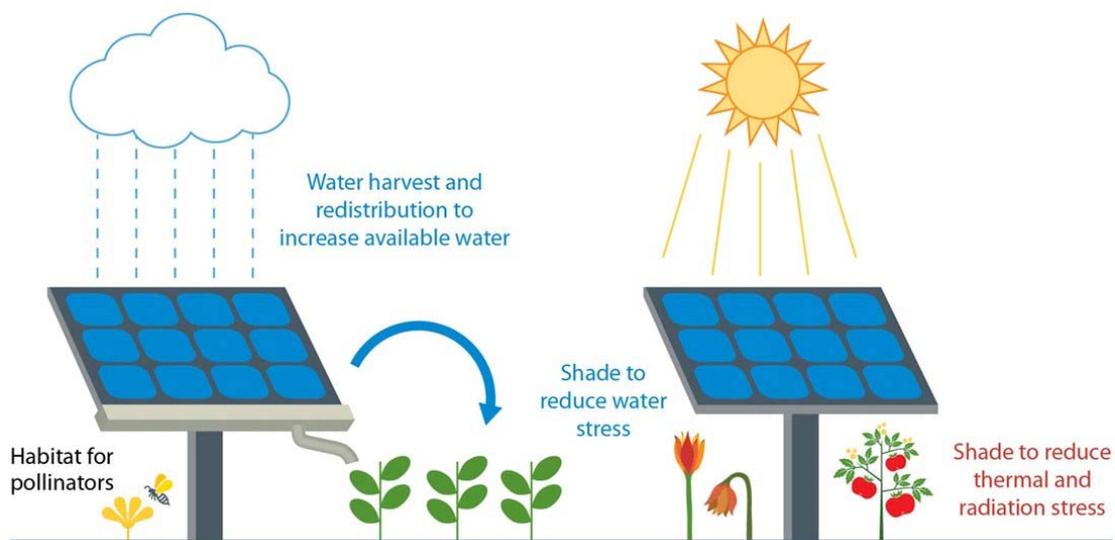


Figura 6. Alcuni benefici per le colture in un sistema agrivoltaico (InSPIRE/Project | Open Energy Information (openei.org)).

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 14/64

5. Caratteristiche pedologiche e agronomiche del sito di progetto.

5.1. Cenni di geomorfologia, idrografia e geologia del sito.

La morfologia, le forme del territorio e la loro evoluzione sono dettate dall'assetto geologico, dalla natura delle formazioni affioranti nel bacino idrografico e nelle unità di versante, dai processi climatici susseguiti nel tempo e dall'azione erosiva o sedimentaria prodotta da essi.

Il territorio di Guspini che si sviluppa verso la piana del campidano si caratterizza per la presenza di depositi alluvionali, sviluppati durante due antichi cicli orogenetici riferibili al Pleistocene superiore e all'Olocene. La parte della piana dove si inquadra l'intervento in progetto, è interessata da un'azione antropica secolare che ha regolarizzato, per motivi prevalentemente agricoli, i terreni e rettificato parte di alvei con canalizzazione delle aste secondarie. Il complesso sistema di meandri con aree endoreiche che prendevano origine da impostazioni morfologiche quaternarie durante il periodo interglaciale Riss-Wurm sono in parte riprofilate e colmate. Il settore di sviluppo della progettazione ha un andamento pianeggiante con un declivio impercettibile in direzione NNE, caratterizzato da un paesaggio agricolo di piana che vede la presenza di campi a seminativo in asciutta interrotti dalla viabilità e da impluvi canalizzati con sezione trapezoidale. Le formazioni geologiche caratterizzanti il settore d'interesse della progettazione sono rappresentate, in prevalenza, da alluvioni quaternarie addensate caratterizzate da ciottoli del basamento paleozoico, elaborati ed inglobati in una matrice argilloso sabbiosa di colore variabile dal bruno al rossastro. Localmente in settori depressi, endoreici, si evidenzia la presenza di depositi argilloso limosi subordinatamente sabbiosi di ambiente lagunare poco consistenti.

L'idrogeologia della zona è il risultato delle importanti vicende deposizionali stratigrafiche del quaternario e dell'azione antropica incentivata in questo secolo. L'idrografia superficiale è rappresentata da vari corsi d'acqua a regime torrentizio che si caratterizzano per portate massime nei periodi più piovosi e minime in quelli siccitosi. Il progetto si inquadra su un settore di bacino a sinistra idrografica del Flumini Bellu che si sviluppa con direzione prevalente N-S. Gli affluenti prossimi all'area di progetto sono prevalentemente del primo ordine gerarchico e in parte canalizzati con sezioni trapezoidali prevalentemente in terra.

Il progetto si colloca a 2 Km in direzione nord est rispetto all'area artigianale di Guspini, nella località Murdeghu su un territorio pianeggiante. Il rilievo di superficie e la cartografia bibliografica, evidenziano in superficie la presenza di ghiaie poligeniche del basamento paleozoico con una matrice argilloso sabbiosa di colore marrone rosso e con un buon grado di addensamento. Il campionamento dei suoli ha evidenziato come questi abbiano uno spessore di 50 cm, siano argilloso sabbiosi e abbiano una componente ghiaiosa e ciottolosa importante che li caratterizza

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 15/64

per abbondanza di scheletro. La condizione topografica, la media permeabilità dei terreni in affioramento non inducono fenomeni di corruzione e di erosione. Non si segnalano dunque fenomeni morfologici che possano generare condizioni di instabilità. La presenza di terreni con una importante componente argillosa non permette dei drenaggi veloci delle acque superficiali, e i fenomeni di impaludamento oggi vengono limitati ed evitati grazie alla presenza dei canali di scolo dei campi che collegati con gli impluvi canalizzati, rappresentano una rete di dreno preservata e considerata nella progettazione dell'impianto, per consentire la produttività agricola evitando fenomeni di asfissia radicale. Gli studi eseguiti per il P.A.I. inoltre evidenziano come nelle condizioni climatiche attuali e con tempi di ritorno di 500 anni, queste aree non siano allagabili.

5.2. Il suolo agrario e il suo uso attuale.

Prendendo in esame la carta dei suoli (Aru Baldaccini), l'area in oggetto ricade nell'unità di suolo 26 Paesaggi su alluvioni ed arenarie eoliche cementate del Pleistocene. I suoli afferenti a questa unità presentano le seguenti caratteristiche:

UNITA' di SUOLO 26	
SUBSTRATO	Alluvioni ed arenarie eoliche cementate del Pleistocene.
FORME	Da sub pianeggianti a pianeggianti.
QUOTE	m. 0-300 s.l.m.
SUOLI PREDOMINANTI	Xerofluvents, Ochraqualfs
USO ATTUALE	Prevalentemente agricolo.

CARATTERI DEI SUOLI UNITA' 26	
PROFONDITÀ	Profondi
TESSITURA	Da franco - sabbiosa a franco – sabbiosa – argillosa in superficie, da franco - sabbioso – argillosa ad argillosa in profondità.
STRUTTURA	Poliedrica angolare e subangolare.
PERMEABILITÀ	Da permeabili a poco permeabili
ERODIBILITÀ	Moderata.
REAZIONE	Da subacida ad acida
CARBONATI	Assenti
SOSTANZA ORGANICA	Scarsa
CAPACITÀ DI SCAMBIO	Da bassa a media
SATURAZIONE IN BASI	Da saturi a desaturati

UNITA' 26	
ATTITUDINI	Colture erbacee e, nelle aree più drenate colture arboree anche irrigue.
CLASSE DI CAPACITÀ D'USO	III-IV
LIMITAZIONI D'USO	Drenaggio lento, moderato pericolo di erosione.

COMUNE DI GUSPINI –PROVINCIA DEL MEDIO CAMPIDANO (VS)

Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", della potenza di 25.141,76 kWp

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 16/64

I terreni interessati presentano una giacitura pianeggiante o subpianeggiante, con pendenze comprese sempre entro l'2%. L'altimetria media del sito varia dai 47 metri s.l.m. del comparto A ai 54 metri s.l.m. dei comparti F ed E. Si tratta di suoli utilizzati per la coltivazione di specie erbacee foraggere, così come confermato dall'esame della carta di uso del suolo UDS della Regione Sardegna, dove si rileva come gli appezzamenti ricadenti nell'area di progetto ricadano come classe d'uso nei seminativi semplici e colture orticole in pieno campo. **Le limitazioni d'uso suggeriscono tra le ipotesi di scelta della coltura da inserire nel progetto agrivoltaico l'impiego di specie che non siano particolarmente sensibili ai ristagni idrici.**

Prendendo in esame le componenti ambientali del PPR, l'area ricade su un'unica tipologia:

1. COLTURE ERBACEE SPECIALIZZATE.

L'analisi delle componenti ambientali del PPR, seppur datata oltre un decennio rispecchia ancora la situazione attuale che vede tutte le aree coinvolte nel progetto ricadenti nella tipologia COLTURE ERBACEE SPECIALIZZATE.

Le analisi dello strato attivo del suolo agrario (primi 35 cm), hanno riportato i seguenti risultati per i parametri chimico fisici di analisi presi in considerazione:

COMPARTO B CAMPIONE 1			
PARAMETRO	U.M.	VALORI	VALUTAZIONE
GRANULOMETRIA			FRANCO SABBIOSO ARGILLOSO secondo U.S.D.A. SABBIOSO ARGILLOSO secondo I.S.S.S.
Sabbia	%	60	
Limo	%	15	
Argilla	%	25	
Calcare totale	%	0,10	Povero
Calcare attivo	%	0,10	Scarso
pH	U. pH	5,5	Acido
Conducibilità elettrica	mS/cm	0,099	Terreno lisciviato poco fertile
Sostanza organica	%	0,80	Molto bassa
Carbonio organico	%	0,46	Scarsa
Azoto Totale	%	0,90	Povero
C/N		5,16	Scarso - Liberare azoto
Fosforo assimilabile	p.p.m. P	6	Molto basso
Potassio scambiabile	p.p.m. K	75	Basso
Calcio scambiabile	p.p.m. Ca	900	Molto basso
Magnesio scambiabile	p.p.m. Mg	70	Basso
Sodio scambiabile	p.p.m. Na	25	Normale
Capacità Scambio Cationico C.S.C.	meq/100 g	6,11	Bassa
Grado Saturazione in Basi (G.S.B.)	%	87,88	Molto alto
E.S.P. (% Na scambiabile)	%	1,78	Normale
Ca/Mg		7,84	Normale
Mg/K		2,99	Ottimale
S.A.R.	%	0,22	Normale

COMUNE DI GUSPINI –PROVINCIA DEL MEDIO CAMPIDANO (VS)

Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", della potenza di 25.141,76 kWp

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 17/64

COMPARTO B CAMPIONE 2			
PARAMETRO	U.M.	VALORI	VALUTAZIONE
GRANULOMETRIA			FRANCO SABBIOSO ARGILLOSO secondo U.S.D.A. ARGILLOSO SABBIOSO secondo I.S.S.S.
Sabbia	%	50	
Limo	%	15	
Argilla	%	35	
Calcare totale	%	0,10	Povero
Calcare attivo	%	0,10	Scarso
pH	U. pH	6,8	Neutro
Conducibilità elettrica	mS/cm	0,123	Terreno lisciviato poco fertile
Sostanza organica	%	1,10	Bassa
Carbonio organico	%	0,64	Scarso
Azoto Totale	%	1,40	Mediamente dotato
C/N		4,57	Scarso - Liberare azoto
Fosforo assimilabile	p.p.m. P	8	Basso
Potassio scambiabile	p.p.m. K	80	Basso
Calcio scambiabile	p.p.m. Ca	980	Molto basso
Magnesio scambiabile	p.p.m. Mg	80	Basso
Sodio scambiabile	p.p.m. Na	30	Normale
Capacità Scambio Cationico C.S.C.	meq/100 g	6,72	Bassa
Grado Saturazione in Basi (G.S.B.)	%	87,7	Molto alto
E.S.P. (% Na scambiabile)	%	1,94	Normale
Ca/Mg		7,47	Normale
Mg/K		3,20	Ottimale
S.A.R.	%	0,25	Normale

COMPARTO F CAMPIONE 3			
PARAMETRO	U.M.	VALORI	VALUTAZIONE
GRANULOMETRIA			FRANCO SABBIOSO ARGILLOSO secondo U.S.D.A. ARGILLOSO SABBIOSO secondo I.S.S.S.
Sabbia	%	50	
Limo	%	20	
Argilla	%	30	
Calcare totale	%	0,10	Povero
Calcare attivo	%	0,10	Scarso
pH	U. pH	5,7	Acido
Conducibilità elettrica	mS/cm	0,177	Terreno lisciviato poco fertile
Sostanza organica	%	1,20	Bassa
Carbonio organico	%	0,70	Scarso
Azoto Totale	%	1,20	Mediamente dotato
C/N		5,81	Scarso - Liberare azoto
Fosforo assimilabile	p.p.m. P	7	Basso
Potassio scambiabile	p.p.m. K	85	Mediamente dotato
Calcio scambiabile	p.p.m. Ca	950	Molto basso
Magnesio scambiabile	p.p.m. Mg	90	Basso
Sodio scambiabile	p.p.m. Na	30	Normale
Capacità Scambio Cationico C.S.C.	meq/100 g	6,58	Bassa
Grado Saturazione in Basi (G.S.B.)	%	88,52	Molto alto
E.S.P. (% Na scambiabile)	%	1,98	Normale
Ca/Mg		6,44	Normale
Mg/K		3,39	Ottimale
S.A.R.	%	0,25	Normale

COMUNE DI GUSPINI –PROVINCIA DEL MEDIO CAMPIDANO (VS)

Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", della potenza di 25.141,76 kWp

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 18/64

COMPARTO H CAMPIONE 4			
PARAMETRO	U.M.	VALORI	VALUTAZIONE
GRANULOMETRIA			FRANCO SABBIOSO ARGILLOSO secondo U.S.D.A. ARGILLOSO SABBIOSO secondo I.S.S.S.
Sabbia	%	55	
Limo	%	10	
Argilla	%	35	
Calcare totale	%	0,10	Povero
Calcare attivo	%	0,10	Scarso
pH	U. pH	5,8	Acido
Conducibilità elettrica	mS/cm	0,106	Terreno lisciviato poco fertile
Sostanza organica	%	1,10	Bassa
Carbonio organico	%	0,64	Scarso
Azoto Totale	%	1,10	Mediamente dotato
C/N		5,81	Scarso - Liberare azoto
Fosforo assimilabile	p.p.m. P	6	Molto basso
Potassio scambiabile	p.p.m. K	80	Basso
Calcio scambiabile	p.p.m. Ca	900	Molto basso
Magnesio scambiabile	p.p.m. Mg	85	Basso
Sodio scambiabile	p.p.m. Na	35	Normale
Capacità Scambio Cationico C.S.C.	meq/100 g	6,31	Bassa
Grado Saturazione in Basi (G.S.B.)	%	87,9	Molto alto
E.S.P. (% Na scambiabile)	%	2,41	Normale
Ca/Mg		6,46	Normale
Mg/K		3,40	Ottimale
S.A.R.	%	0,30	Normale

L'esame granulometrico, prendendo come riferimento la classificazione granulometrica USDA (United State Department of Agriculture) evidenzia che si tratta di suoli di tipo FRANCO SABBIOSO – ARGILLOSO. Prendendo invece come riferimento la classificazione granulometrica ISSS (International Soil Scienze Society), ci troviamo davanti a suoli di tipo ARGILLOSO - SABBIOSO per tutti i comparti. Il pH con valori tra il 5.5 e il 5.8 (tranne il campione 2 che con un pH di 6.8 rappresenta un'anomalia per la zona), ci restituisce dei terreni acidi. Si tratta di suoli con un contenuto sostanza organica basso o molto basso, con un rapporto C/N scarso, una bassa dotazione di P e K e un contenuto di Na basso. La capacità di scambio cationico CSC è Bassa ma con un elevato grado di saturazione in basi, mentre i valori di ESP e SAR sono normali. Il contenuto di Azoto totale N tot. vede questi suoli mediamente dotati, su questo dato influisce in modo positivo la coltivazione di erbai polifiti con presenza di leguminose che apportano azoto attraverso la simbiosi con i batteri azotofissatori, compensando così in parte le asportazioni di azoto operate dalle altre specie in consociazione.

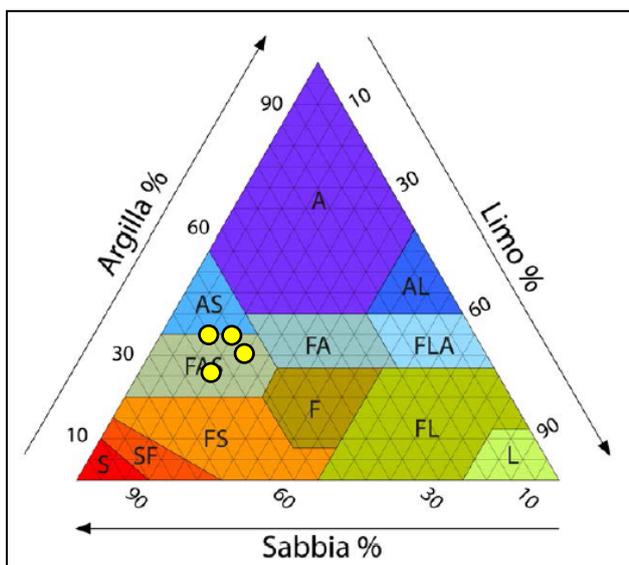


Figura 7. Triangolo USDA

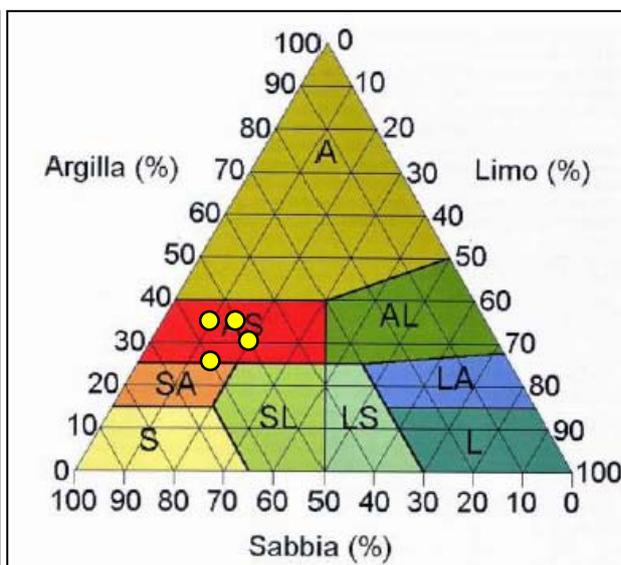


Figura 8. Triangolo ISSS

Ci troviamo davanti ai tipici suoli di alcuni tratti della piana del Guspinese, con tessitura Argilloso sabbiosa e franco-sabbioso-argillosa, a reazione acida, poveri in S.O. bassa dotazione di elementi minerali quali fosforo e potassio ma con valori legati alla componente del Na (ESP –SAR), rientranti ampiamente nei valori ottimali per la coltivazione. Tenendo conto delle limitazioni d'uso suggerite dalla carta sei suoli (Aru Baldaccini), attraverso la suddivisione in 8 classi secondo la classificazione della capacità d'uso delle terre (Land Capability Classification), 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, il miglioramento della fertilità di questi suoli può avvenire con apporti di sostanza organica e azoto organico, coltivando essenze che non richiedono lavorazioni profonde del suolo e che si adattano alla minima lavorazione e alla non lavorazione del suolo quali le foraggere. Altro aspetto importante, è rappresentato dalla copertura vegetale sul suolo che andrebbe garantita per un intervallo di tempo molto ampio durante l'arco dell'anno.

6. Analisi dei fattori di scelta progettuale della coltura agraria e del sistema agrivoltaico.

La progettazione di un impianto agrivoltaico è senza dubbio un esercizio complesso, con necessità di competenze trasversali che spaziano dall'ingegneria all'agronomia alla biologia. Esistono infatti diverse variabili nella configurazione del sistema per renderlo adattabile alla specificità climatica locale e alle colture previste nel piano agronomico, al fine di soddisfare le esigenze di produzione, sia energetiche che agricole (coltivazione e/o pascolo). Le variabili riguardano la tipologia della struttura (sistema fisso o variabile, altezza da terra, materiali e caratteristiche), la distanza fra i moduli, l'angolo di tilt il tipo e percentuale di ombreggiamento desiderata. Un impianto agrivoltaico è costituito dai seguenti elementi:

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03 pag. 20/64
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	

- ✓ Moduli fotovoltaici
- ✓ Sistema di funzionamento (fisso o ad inseguimento)
- ✓ Struttura portante
- ✓ Ancoraggio a terra (fondazione)

Tutti i tipi di moduli solari possono essere utilizzati negli impianti agrivoltaici, ma i più diffusi sono quelli con celle solari in silicio che rappresentano circa il 95% del mercato fotovoltaico globale.

Il sistema agrivoltaico, in base al funzionamento dei suoi moduli fotovoltaici, può distinguersi in 2 tipologie:

- Fisso (verticale, orizzontale, inclinato)
- Variabile (a inseguimento mono e biassiale)



Figura 8. Tipologie di sistemi agrivoltaici (fonte: NREL).

<https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/agrivoltaico-agrivoltaico-agricoltura-energia-rinnovabile/#Agrivoltaico-Benefici-del-fotovoltaico-combinato-all-agricoltura>

Con il sistema variabile a 1 o 2 assi, i moduli seguono il sole utilizzando un meccanismo di tracking. Con il fotovoltaico a inseguimento monoassiale, i moduli seguono il sole orizzontalmente secondo l'angolo di

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 21/64

incidenza (elevazione) o verticalmente secondo l'orbita del sole (azimut). Gli inseguitori biassiali fanno entrambe le cose massimizzando la resa energetica.



Figura 9. Sistema mono e biassiale. <https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/agrivoltaico>

La struttura portante di sostegno deve essere adeguata alle esigenze dell'impianto, parametri da considerare sono l'altezza libera e la distanza tra le file che, da una parte determinano la disponibilità di luce, dall'altra possono permettere l'accesso alle macchine agricole. Una maggiore altezza libera garantisce una distribuzione della luce più omogenea sotto il sistema.

La scelta del sistema agrivoltaico va effettuata in modo sinergico con quella della coltura agraria e della futura gestione del suolo, dovendo coesistere, funzionare e produrre assieme per un periodo superiore ai 20 anni.

Le scelte che portano all'individuazione del sistema agrivoltaico e della coltura da praticare in pieno campo, scaturiscono dall'analisi approfondita di numerosi aspetti e fattori che possiamo così riassumere:

1. Caratteristiche e requisiti degli impianti agrivoltaici secondo le linee guida del MiTE.
2. Caratteristiche pedologiche agronomiche del sito:
 - 2.1. Presenza di fattori ecologici e agronomici limitanti;
 - 2.2. Contesto agricolo colture praticate e filiere produttive presenti nel territorio;
3. Caratteristiche climatiche e disponibilità idrica.
4. Individuazione di colture e tecnologie funzionali alla soluzione agrivoltaica;
5. Costi di produzione e redditività dell'investimento.

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 22/64

6.1. Caratteristiche e requisiti degli impianti agrivoltaici secondo le linee guida del MiTE.

Le linee guida redatte dal MiTE, chiariscono e definiscono le caratteristiche minime ed i requisiti da soddisfare affinché un impianto fotovoltaico realizzato in area agricola possa essere definito "agrivoltaico". I requisiti che i sistemi agrivoltaici devono rispettare al fine di rispondere alla finalità generale per cui sono realizzati, ivi incluse quelle derivanti dal quadro normativo attuale in materia di incentivi, sono 5, e sono così schematizzati e definiti:

REQUISITO A: Il sistema è progettato e realizzato in modo da adottare una configurazione spaziale ed opportune scelte tecnologiche, tali da consentire l'integrazione fra attività agricola e produzione elettrica e valorizzare il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi;

REQUISITO B: Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli e non compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale;

REQUISITO C: L'impianto agrivoltaico adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra, volte a ottimizzare le prestazioni del sistema agrivoltaico sia in termini energetici che agricoli;

REQUISITO D: Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che consenta di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività nelle aziende agricole interessate;

REQUISITO E: Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che, oltre a rispettare il requisito D, consenta di verificare il recupero della fertilità del suolo, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici.

Il rispetto dei requisiti A e B, è necessario per definire un impianto fotovoltaico realizzato in area agricola come "agrivoltaico". Per tali impianti dovrebbe inoltre previsto il rispetto del requisito D.2.

Il rispetto dei requisiti A, B, C e D è necessario per soddisfare la definizione di "impianto agrivoltaico avanzato" e, in conformità a quanto stabilito dall'articolo 65, comma 1-quater e 1-quinquies, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, classificare l'impianto come meritevole dell'accesso agli incentivi statali a valere sulle tariffe elettriche.

Il rispetto dei requisiti A, B, C, D ed E sono pre-condizione per l'accesso ai contributi del PNRR.

L'idea progettuale prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico che rispetti i requisiti A, B, C e D.

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 23/64

Entrando nel dettaglio dei requisiti il **requisito A** prevede di creare le condizioni necessarie per non compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale, garantendo, al contempo, una sinergica ed efficiente produzione energetica. Tale risultato si deve intendere raggiunto al ricorrere simultaneo di una serie di condizioni costruttive e spaziali. In particolare, sono identificati i seguenti parametri:

A.1) Superficie minima coltivata.

E' prevista una superficie minima dedicata alla coltivazione tale da garantire sugli appezzamenti oggetto di intervento, superficie totale del sistema agrivoltaico (S_{tot}), che almeno il 70% della superficie sia destinata all'attività agricola, nel rispetto delle Buone Pratiche Agricole (BPA).

$$S_{agricola} \geq 0,7 \cdot S_{tot}$$

Il progetto proposto presenta un rapporto $S_{agricola} / S_{tot}$ pari a 0,90 (90,23%) ampiamente superiore al parametro minimo previsto dalle Linee guida.

A.2) LAOR massimo:

E' previsto un rapporto massimo fra la superficie dei moduli e quella agricola, un sistema agrivoltaico deve essere caratterizzato da configurazioni finalizzate a garantire la continuità dell'attività agricola: tale requisito può essere declinato in termini di "densità" o "porosità".

Per valutare la densità dell'applicazione fotovoltaica rispetto al terreno di installazione è possibile considerare indicatori quali la percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR). Al fine di non limitare l'adizione di soluzioni particolarmente innovative ed efficienti le linee guida ritengono opportuno adottare un limite massimo di LAOR del 40 %.

$$LAOR \leq 40 \%$$

Il progetto proposto presenta una percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli LAOR pari al 24,05 %, ampiamente inferiore al parametro minimo previsto dalle Linee guida.

Prendendo in esame il **requisito B**, In particolare, dovranno essere verificate due condizioni:

B.1) la continuità dell'attività agricola e pastorale sul terreno oggetto dell'intervento, che possiamo valutare attraverso 2 elementi:

L'esistenza e la resa della coltivazione. Al fine di valutare statisticamente gli effetti dell'attività concorrente energetica e agricola, è importante accertare la destinazione produttiva agricola dei terreni oggetto di installazione di sistemi agrivoltaici. Tale aspetto può essere valutato tramite il valore della produzione agricola prevista sull'area, destinata al sistema agrivoltaico negli anni solari successivi all'entrata in esercizio del sistema stesso espressa in €/ha, confrontandolo

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 24/64

con il valore medio della produzione agricola registrata sull'area destinata al sistema agrivoltaico negli anni solari antecedenti. In assenza di produzione agricola sull'area negli anni solari precedenti, si farà riferimento alla produttività media della medesima produzione agricola nella zona geografica oggetto dell'installazione.

Il mantenimento dell'indirizzo produttivo. Ove sia già presente una coltivazione a livello aziendale, andrebbe rispettato il mantenimento dell'indirizzo produttivo o, eventualmente, il passaggio ad un nuovo indirizzo produttivo di valore economico più elevato.

I terreni oggetto del presente progetto attualmente sono coltivati a seminativo con essenze foraggere (erbai polifiti e monofiti autunno primaverili) in precedenza l'uso era in parte seminativo, sempre a erbaio e in parte pascolo per la presenza in azienda di capi ovini. L'abbandono dell'allevamento ovino dopo il 2018 ha portato all'utilizzo esclusivo dei seminativi per la produzione di foraggiere.

Tabella esplicativa delle colture praticate	
USO DEL SUOLO	Seminativi semplici in asciutto
TIPOLOGIA COLTIVAZIONE	Erbai autunno vernini
DESTINAZIONE PRODUTTIVA	Produzione di foraggio (fieno)
TIPOLOGIA ERBAI	Polifiti (o miscugli) con leguminose e graminacee o monofiti (in purezza) con una sola specie che può essere graminacea o leguminosa.
SPECIE COLTIVATE NEI MISCUGLI	Trifoglio resupinato (<i>Trifolium resupinatum</i> L.), Trifoglio squaroso (<i>Trifolium squarrosus</i> Savi), Trifoglio alessandrino (<i>Trifolium alexandrinum</i> L.), Veccia villosa (<i>Vicia villosa</i> Roth), e Veccia comune (<i>Vicia sativa</i> L.), Avena (<i>Avena sativa</i> L.), Loglio italico (<i>Lolium multiflorum</i> Lam.)
SPECIE COLTIVATE IN PUREZZA	Trifoglio alessandrino, Avena, Loglio italico.

Come meglio descritto nel paragrafo 6.2.1, l'indirizzo produttivo attuale continuerà ad essere mantenuto anche con il progetto agrivoltaico.

B.2) la producibilità elettrica dell'impianto agrivoltaico, rispetto ad un impianto standard e il mantenimento in efficienza della stessa.

In base alle caratteristiche degli impianti agrivoltaici analizzati, si ritiene che, la produzione elettrica specifica di un impianto agrivoltaico (FVagri in GWh/ha/anno) correttamente progettato, paragonata alla producibilità elettrica specifica di riferimento di un impianto fotovoltaico standard (FVstandard in GWh/ha/anno), non dovrebbe essere inferiore al 60 % di quest'ultima:

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 25/64

$$FV_{agri} \geq 0,6 \cdot FV_{standard}$$

Tale parametro come meglio specificato nella relazione generale **02RG.Doc.01** per il progetto in esame è ampiamente rispettato.

Prendendo in esame il **requisito C**, per il rispetto di tale requisito l'impianto agrivoltaico deve adottare soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra

La configurazione spaziale del sistema agrivoltaico, e segnatamente l'altezza minima di moduli da terra, influenza lo svolgimento delle attività agricole su tutta l'area occupata dall'impianto agrivoltaico o solo sulla porzione che risulti libera dai moduli fotovoltaici. In sintesi, l'area destinata a coltura oppure ad attività zootecniche può coincidere con l'intera area del sistema agrivoltaico oppure essere ridotta ad una parte di essa, per effetto delle scelte di configurazione spaziale dell'impianto agrivoltaico.

Considerata l'altezza media dei moduli su strutture mobili, limitatamente alle configurazioni in cui l'attività agricola è svolta anche al di sotto dei moduli stessi, si possono fissare come valori di riferimento per rientrare nelle tipologie identificabili come impianti agrivoltaici avanzati che rispondo al REQUISITO C:

- 1,3 metri nel caso di attività zootecnica (altezza minima per consentire il passaggio con continuità dei capi di bestiame);
- 2,1 metri nel caso di attività colturale (altezza minima per consentire l'utilizzo di macchinari funzionali alla coltivazione).

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto con altezza media dei moduli pari a 2,65 metri, ad inseguimento solare lungo l'asse Nord-Sud direzione EST-OVEST, rispettando quindi a pieno il requisito C.

Prendendo in esame il **requisito D.1**, Monitoraggio del risparmio idrico si specifica che i sistemi agrivoltaici possono rappresentare importanti soluzioni per l'ottimizzazione dell'uso della risorsa idrica, in quanto il fabbisogno di acqua può essere talvolta ridotto per effetto del maggior ombreggiamento del suolo. Il progetto proposto prevede la coltivazione di foraggiere in asciutto vale a dire senza utilizzo di nessuna risorsa idrica aggiuntiva rispetto alle precipitazioni meteoriche. L'efficienza delle precipitazioni meteoriche sarà però maggiore grazie all'azione di ombreggiamento dei moduli fotovoltaici con una elevata probabilità di registrare valori di evapotraspirazione inferiori soprattutto nel periodo primaverile estivo.

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 26/64

Prendendo in esame il **requisito D.2**, Monitoraggio della continuità dell'attività agricola, che deve essere rispettato da tutti i gli impianti definiti come agrivoltaici, gli elementi da monitorare nel corso della vita dell'impianto sono:

1. l'esistenza e la resa della coltivazione;
2. il mantenimento dell'indirizzo produttivo;

Tale attività va effettuata attraverso la redazione di una relazione tecnica asseverata. Alla relazione potranno essere allegati i piani annuali di coltivazione, recanti indicazioni in merito alle specie annualmente coltivate, alla superficie effettivamente destinata alle coltivazioni, alle condizioni di crescita delle piante, alle tecniche di coltivazione.

In conclusione, possiamo certamente affermare che l'impianto che verrà realizzato, avrà caratteristiche tali che lo porteranno a rientrare tra quelli che rispettano pienamente i requisiti A, B, C e D, previsti dalle Linee guida del MiTE.

6.2. Caratteristiche pedologiche e agronomiche del sito.

Come ampiamente descritto nel paragrafo 5, il sito di progetto ricade in agro di Guspini il cui territorio si sviluppa in parte verso la piana del campidano e si caratterizza per la presenza di depositi alluvionali, sviluppati durante due antichi cicli orogenetici riferibili al Pleistocene superiore e all'Olocene. La parte della piana dove si inquadra l'intervento in progetto è interessata da un'azione antropica secolare che ha regolarizzato, per motivi prevalentemente agricoli, i terreni e rettificato parte di alvei con canalizzazione delle aste secondarie. Il settore di sviluppo della progettazione ha un andamento pianeggiante con un declivio impercettibile in direzione NNE, caratterizzato da un paesaggio agricolo di piana che vede la presenza di campi a seminativo in asciutta interrotti dalla viabilità e da impluvi canalizzati con sezione trapezoidale.

Prendendo in esame la carta dei suoli (Aru Baldaccini), l'area in oggetto ricade nell'unità di suolo 26 Paesaggi su alluvioni ed arenarie eoliche cementate del Pleistocene. I terreni interessati presentano una giacitura pianeggiante o subpianeggiante, con pendenze comprese sempre entro l'2%. L'altimetria media del sito varia dai 47 metri s.l.m. del comparto A ai 54 metri s.l.m. dei comparti F ed E. Si tratta di suoli utilizzati per la coltivazione di specie erbacee foraggere, così come confermato dall'esame della carta di uso del suolo UDS della Regione Sardegna dove si rileva come gli appezzamenti ricadenti nell'area di progetto ricadano come classe d'uso nei seminativi semplici e colture orticole in pieno campo.

Ci troviamo davanti ai tipici suoli di alcuni tratti della piana del Guspinese, con tessitura Argilloso sabbiosa e franco-sabbioso-argillosa, a reazione acida, poveri in S.O. bassa dotazione di elementi

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 27/64

minerali quali fosforo e potassio ma con valori legati alla componente del Na (ESP –SAR), rientranti ampiamente nei valori ottimali per la coltivazione.

6.2.1. Capacità d'uso del suolo e presenza di fattori ecologici e agronomici limitanti.

L'esame dell'unità di suolo 26 Paesaggi su alluvioni ed arenarie eoliche cementate del Pleistocene, prendendo come riferimento la capacità d'uso delle terre (Land Capability Classification), individua 2 classi:

- ✓ 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.

I terreni oggetto del progetto ricadono tutti nella classe d'uso III. La classe IV, va esclusa dalla nostra analisi poiché non abbiamo all'interno dell'area di progetto suoli con le caratteristiche della classe suddetta.

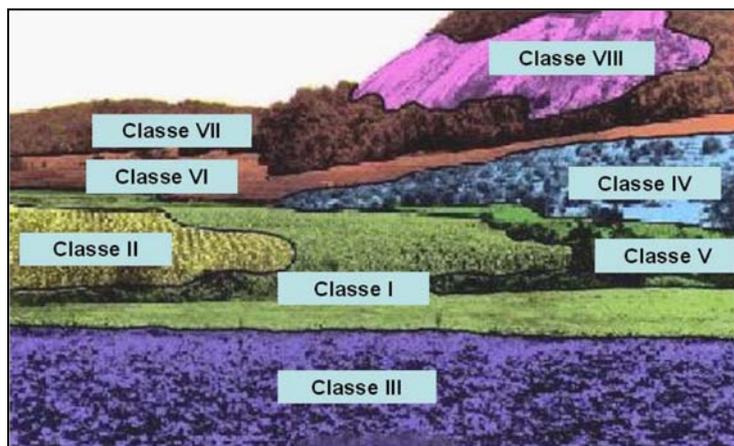


Figura 10. Esempificazione di terre a diversa classe di capacità d'uso. *La classificazione della capacità d'uso delle terre (Land Capability Classification) Edoardo A.C. Costantini. Collana dei metodi analitici per l'agricoltura diretta da Paolo Sequi, vol. 7.*

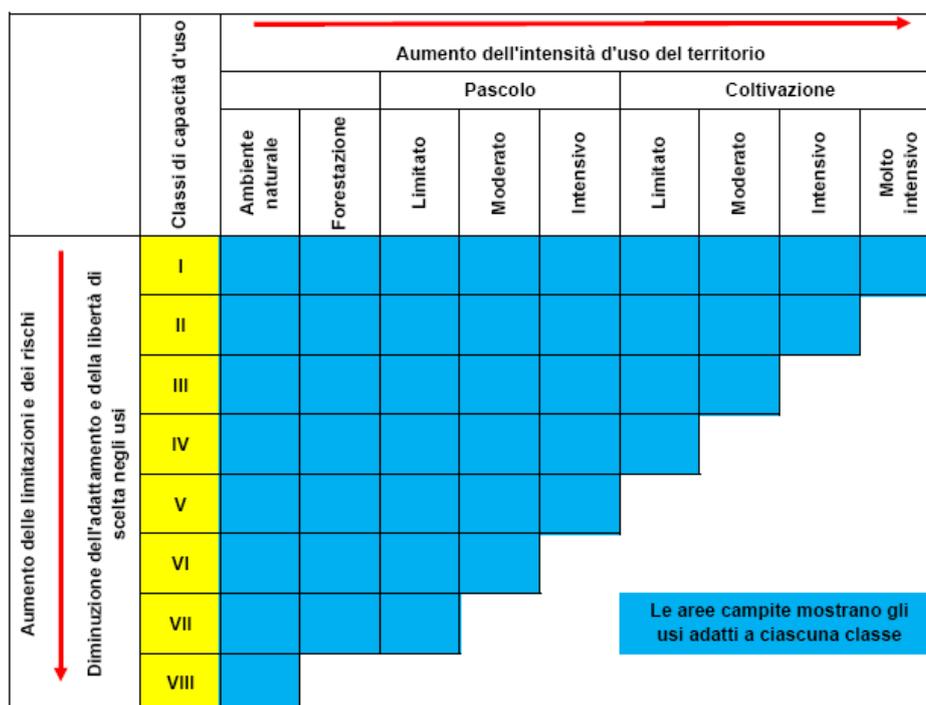


Fig. 11. Relazioni tra classi di capacità d'uso, intensità delle limitazioni e rischi per il suolo e intensità d'uso del territorio.

Le caratteristiche di questi suoli che presentano diverse limitazioni d'uso, li rendono adatti alle coltivazioni erbacee quali seminativi e, nelle aree più drenate colture arboree anche irrigue. Questo è testimoniato e confermato dalle coltivazioni presenti nel territorio circostante, dove prevalgono nettamente le coltivazioni erbacee destinate a erbai, mentre sono poco presenti le coltivazioni arboree a causa del drenaggio lento e della possibilità di ristagni idrici. Tra le pratiche di conservazione va ricordata quella del mantenimento di un'efficiente rete di canali per il drenaggio delle acque.



Figura 11 e 12. Foto del contesto paesaggistico dell'area oggetto del progetto.

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03 pag. 29/64
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	



Figura 13. Foto del contesto paesaggistico area di progetto con particolare dei canali di scolo delle acque.

L'analisi stratigrafica dei primi 50 cm di suolo dell'area di progetto ha messo in evidenza la presenza a circa 30 cm di profondità di uno strato di argilla compatta (fig. 14-15-46-47), che conferisce impermeabilità al suolo rendendo lento il drenaggio delle acque meteoriche. Questa caratteristica, spiega l'assenza di specie arboree quali olivo e vite nell'area di progetto e in quelle circostanti, ad esclusione delle fasce frangivento costituite da eucalipto, specie che notoriamente non soffre il ristagno idrico e gli eccessi di umidità. Le relazioni concettuali tra classi di capacità d'uso, intensità delle limitazioni e rischi per il suolo (fig. 11), indicano per il suolo in esame una coltivazione con intensità moderata.



Fig. 14. Foto strato superficiale suolo



Fig. 15. Foto campionamento primi 35 cm

COMUNE DI GUSPINI –PROVINCIA DEL MEDIO CAMPIDANO (VS)

Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", della potenza di 25.141,76 kWp

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 30/64



Fig. 16. Foto particolare formazione argillosa



Fig. 17. Foto particolare strato argilloso

6.2.2. Contesto agricolo, colture praticate e filiere produttive presenti nel territorio;

L'agricoltura del comprensorio del Guspinese è caratterizzata da una filiera produttiva principale, quella zootecnico-foraggera, mentre quella cerealicola risulta meno rilevante ma comunque presente, filiera quest'ultima che assume invece maggior peso nei territori vicini di Sardara, San Gavino e Pabillonis.

In particolare il territorio si distingue per un elevato numero di allevamenti ovini, diversi allevamenti caprini e alcuni allevamenti bovini.

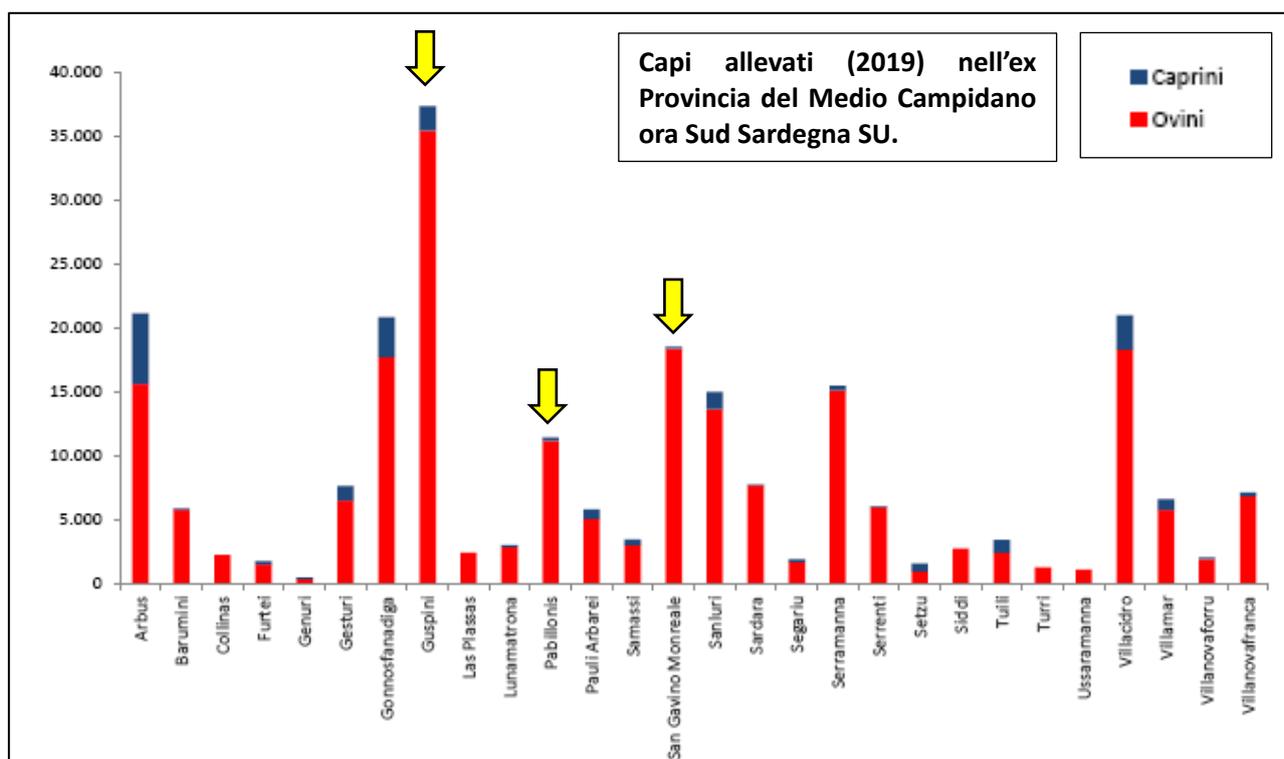


Fig. 18. Grafico capi ovini e caprini allevati nel territorio del Medio Campidano, fonte: banca dati di Tramo.

Gli allevamenti ovini sono di medie e grosse dimensioni e spesso superano i 500 capi per allevamento, con un totale di oltre 67.000 capi Ovini e caprini (fig.18), complessivamente allevati tra Guspini (37.400), San Gavino (18.600) e Pabillonis (11.400). Essendoci nel territorio un numero di capi così importante buona parte delle superfici agricole, è stata destinata alla coltivazione di erbai autunno vernini destinati sia al pascolamento sia alla produzione di foraggiere. Anche la produzione di una parte delle superfici investite a cereali è riservata agli allevamenti mediante la produzione di granella come orzo e avena. La produzione della paglia dopo la mietitrebbiatura dei cereali anch'essa viene reimpiegata negli allevamenti come lettiera. L'incidenza dell'allevamento Bovino se pur presente è sensibilmente inferiore rispetto a quello ovicaprino (fig. 19).

COMUNE DI GUSPINI –PROVINCIA DEL MEDIO CAMPIDANO (VS)

Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", della potenza di 25.141,76 kWp

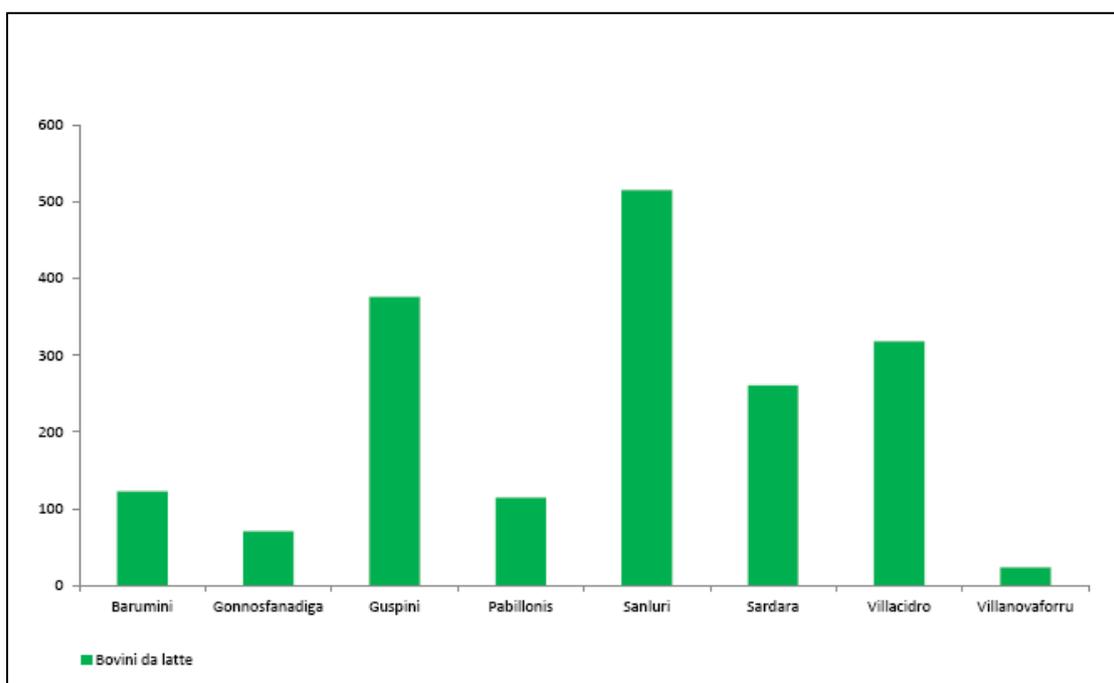


Fig. 19. Grafico capi bovini allevati nel territorio del Medio Campidano. Fonte: banca dati di Teramo.

6.3. Caratteristiche climatiche e disponibilità idrica.

Il clima è dato dall'insieme dei fenomeni meteorologici che avvengono nell'atmosfera, considerati per un lungo periodo di tempo e per una regione piuttosto vasta. I componenti fondamentali del clima (precipitazioni, temperatura, venti, U.R), assumono caratteristiche proprie a livello locale in funzione dell'ubicazione, l'esposizione e l'orografia del territorio. Il clima presente nell'area in esame, come nel resto dell'Isola, è quello tipico Mediterraneo, caratterizzato da un andamento nettamente bistagionale, caratterizzato da estati secche con elevato rischio di siccità ed inverni piovosi con temperature miti.

Prendendo in esame la classificazione fitoclimatica di Pavari applicata alla Sardegna, l'area in esame, facendo riferimento ai dati della stazione di Villacidro ricade nella zona del Lauretum sottozona calda. Secondo la classificazione bioclimatica di Giacobbe, facendo sempre riferimento ai dati della stazione di Villacidro, l'area con un indice termico (It) di 154 e un indice di aridità (Ia) di 5.2, rientra nel sottoclima mediterraneo tiepido tipo semiarido (Ia da 4 a 10), con inverno dolce (It da 50 a 250). L'esame secondo la classificazione Bioclimatica di Emberger, definisce l'area appartenente ad un bioclima di tipo mediterraneo semiarido orizzonte superiore, mentre la classificazione climatica di Peguy, prendendo sempre come riferimento la stazione di Villacidro individua i mesi di Giugno, Luglio, Agosto e Settembre come mesi aridi, mentre i restanti mesi di Gennaio, Febbraio, Marzo, Aprile, Maggio, Ottobre, Novembre e Dicembre vengono individuati come temperati.

6.3.1. Analisi di dettaglio degli elementi climatici per le stazioni di riferimento.

Pioggia. Dall'analisi della stazione di Pabillonis per i periodi 1924-1965 e 1981-2010 si evidenzia come le piogge siano concentrate nel periodo autunno - invernale, mentre i mesi estivi risultano particolarmente siccitosi e con precipitazioni utili molto basse. Nel periodo invernale, invece, le piogge utili sono meglio distribuite in un tempo più lungo e questo permette alla vegetazione di poter esplicare la sua attività.

Stazione Pabillonis 1924-1965		Stazione Pabillonis 1981-2010	
Quota m s.l.m.	40	Quota m s.l.m.	40
Distanza mare (m)	17664	Distanza mare (m)	17664
Cumulato annuo	562,00	Cumulato annuo	474,30
Gennaio	74	Gennaio	52,5
Febbraio	67	Febbraio	42,4
Marzo	53	Marzo	43,7
Aprile	44	Aprile	49,8
Maggio	34	Maggio	29,4
Giugno	12	Giugno	13,0
Luglio	2	Luglio	2,2
Agosto	5	Agosto	7,6
Settembre	34	Settembre	41,0
Ottobre	69	Ottobre	54,2
Novembre	76	Novembre	71,8
Dicembre	92	Dicembre	66,7

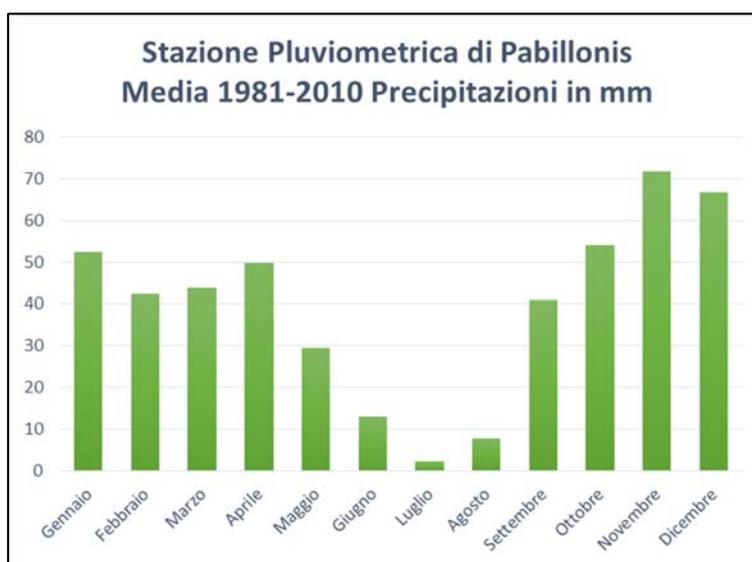


Fig. 20. Grafico piogge medie stazione Pabillonis.

Appare molto interessante il raffronto tra i dati pluviometrici riferiti alla stazione di Pabillonis, tra il periodo 1924-1965 (42 anni) e il periodo più recente 1981-2010 (30 anni), dal quale emerge una riduzione delle precipitazioni per la stazione pari al 15,60%, che testimonia il cambiamento climatico in atto. In assenza di disponibilità idrica proveniente dall'irrigazione appare evidente che la scelta delle colture erbacee da coltivare deve essere orientata verso specie con un ciclo colturale autunno vernino.

Vento. I venti di maggior frequenza, dell'Isola (fig. 21), risultano quelli provenienti dal terzo e quarto quadrante (NW - SW), che da soli raggiungono oltre la metà delle frequenze sul totale di tutti gli altri venti.

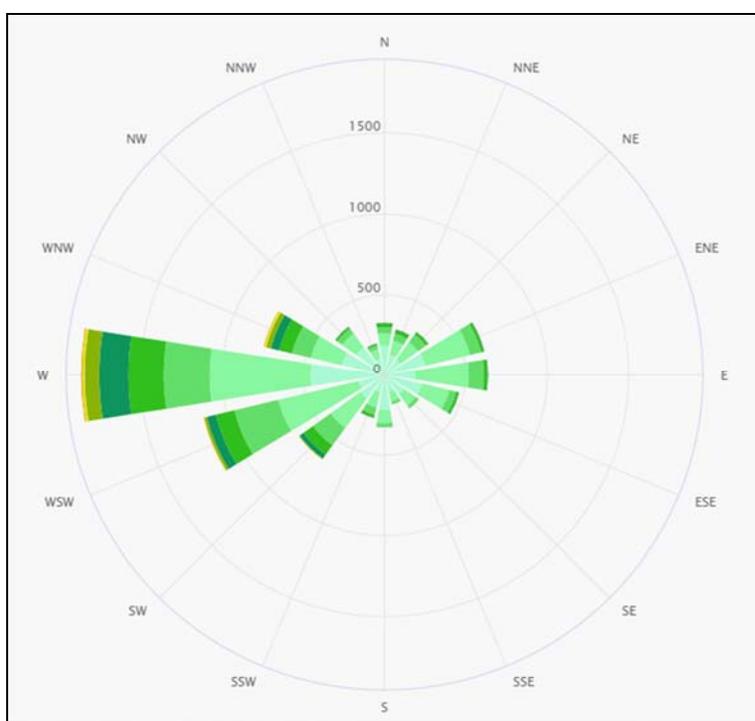


Figura 21. Distribuzione dei venti in Sardegna.

Temperatura. L'esame delle temperature prendendo come riferimento le serie storiche 1951-1965, della stazione di Villacidro, evidenzia una temperatura media pari a 16,4 °C, con una media delle minime di 11,3 °C e una media delle massime di 21,40 °C.

Temperatura media stazione di Villacidro serie storica 1930-1965 (35 anni)											
Genn.	Feb.	Marz.	April.	Magg.	Giug.	Lug.	Agos.	Sett.	Ott.	Nov.	Dic.
8.2	8.5	11.1	13.0	17.6	22.7	25.7	25.6	22.7	17.7	13.3	10.4

Un aspetto Interessante è il raffronto tra le medie minime e le medie massime tra gli anni 1951-1965 e il trentennio 1981-2010, prendendo come riferimento la stazione di Villacidro.

Temperature medie minime mensili in °C				
Stazione Villacidro 1951-1965		Stazione Villacidro 1981-2010		Differenza °C
Quota m s.l.m.	213	Quota m s.l.m.	213	
Distanza mare (m)	27761	Distanza mare (m)	27761	
Gennaio	4,5	Gennaio	6,7	2,2
Febbraio	4,7	Febbraio	6,8	2,1
Marzo	6,8	Marzo	8,5	1,7
Aprile	8,2	Aprile	10,6	2,4
Maggio	11,6	Maggio	14,3	2,7
Giugno	15,9	Giugno	18,3	2,4
Luglio	18,5	Luglio	21,6	3,1
Agosto	18,9	Agosto	21,8	2,9
Settembre	16,9	Settembre	18,9	2,0
Ottobre	13,1	Ottobre	15,5	2,4
Novembre	9,6	Novembre	11,4	1,8
Dicembre	6,9	Dicembre	8,2	1,3
Media annuale	11,3	Media annuale	13,6	2,3

Temperature medie massime mensili in °C				
Stazione Villacidro 1951-1965		Stazione Villacidro 1981-2010		Differenza °C
Quota m s.l.m.	213	Quota m s.l.m.	213	
Distanza mare (m)	27761	Distanza mare (m)	27761	
Gennaio	11,8	Gennaio	12,6	0,8
Febbraio	12,3	Febbraio	13,2	0,9
Marzo	15,4	Marzo	15,9	0,5
Aprile	17,9	Aprile	19	1,1
Maggio	23,6	Maggio	24	0,4
Giugno	29,4	Giugno	28,5	-0,9
Luglio	32,9	Luglio	32,3	-0,6
Agosto	32,3	Agosto	32,4	0,1
Settembre	28,4	Settembre	28	-0,4
Ottobre	22,2	Ottobre	22,7	0,5
Novembre	17,1	Novembre	17,3	0,2
Dicembre	13,9	Dicembre	13,9	0,0
Media annuale	21,43	Media annuale	21,65	0,22

COMUNE DI GUSPINI –PROVINCIA DEL MEDIO CAMPIDANO (VS)

Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", della potenza di 25.141,76 kWp

Il dato più interessante che emerge è quello relativo alle medie minime dove si riscontra una differenza tra i due periodi presi in esame di ben 2,3 gradi in più di media nel periodo 1981–2010, rispetto al periodo 1951-1965, mentre le medie massime mostrano incrementi nel tempo assai più contenuti con un + 0,22 °C. L'analisi dell'anomalia delle temperature massime (media annuale) della Sardegna dal 1880 al 2017 (fig. 22), conferma la tendenza in atto, così come il numero di giornate estive (numero di giornate con temperatura massima > 30°C da aprile a ottobre rispetto alla media 1971-2000, (fig.23).

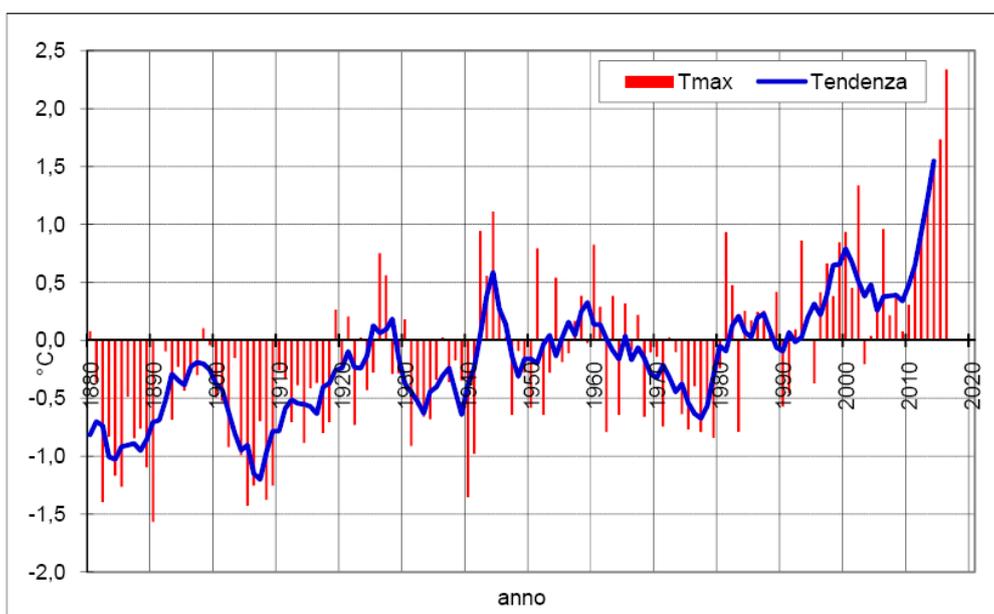


Figura 22. L'analisi dell'anomalia delle temperature massime annuali della Sardegna dal 1880 al 2017.

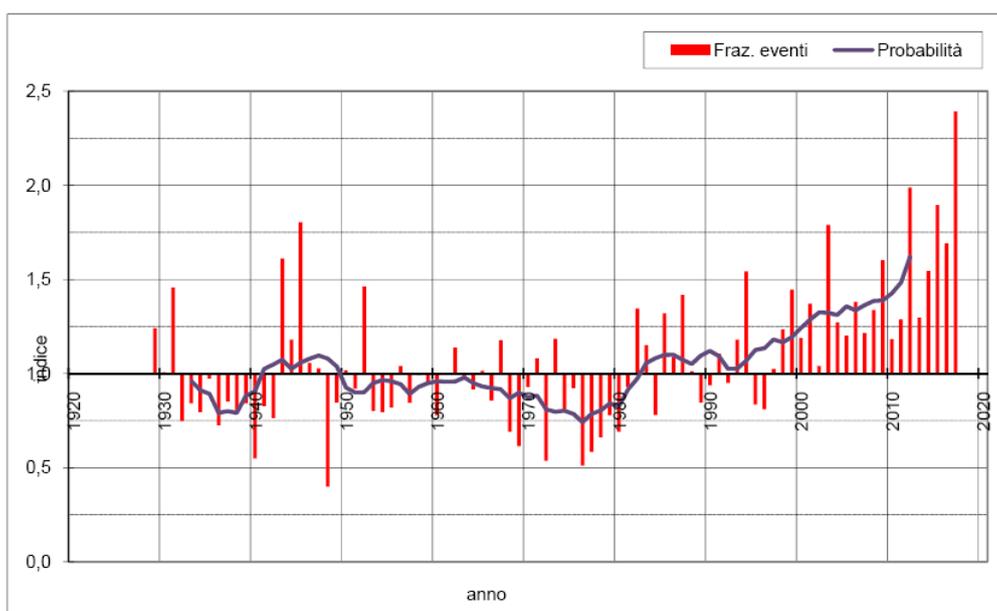


Figura 23. Numero di giornate estive (numero di giornate con temperatura massima > 30°C da aprile a ottobre rispetto alla media 1971-2000) il valore 1 indica i valori nella media del periodo 1971-2000.

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 37/64

Temperature medie minime e massime più alte si traducono in valori di evapotraspirazione più elevati, certamente da questo punto di vista, il parziale ombreggiamento in alcune ore della giornata operato dei moduli FV, potrebbe apportare un beneficio in termini di riduzione dei valori di evapotraspirazione.

La temperatura certamente influenza la scelta della coltura da praticare in un campo agro agrivoltaico, nel nostro caso l'ombreggiamento di una parte del suolo potrebbe essere un aiuto nel limitare le alte temperature nelle ore più calde della giornata, alcuni studi hanno infatti rilevato come la presenza di pannelli fotovoltaici, possa arrivare a creare alcune variazioni microclimatiche utili a fini agro-produttivi (Armstrong et.al 2016).

Umidità. Per i valori di umidità, tenendo conto delle medie mensili, si è fatto riferimento alla stazione di Oristano (la più vicina al sito con riferimento alla disponibilità di questo dato), utilizzando una serie storica di 19 anni, dalla quale emerge una media annua mensile di 75 %, con valori nel periodo che va da maggio a settembre che oscillano tra il 66 al 73 %.

Umidità media mensile stazione di Oristano serie storica 19 anni.											
Genn.	Feb.	Marz.	April.	Magg.	Giug.	Lug.	Agos.	Sett.	Ott.	Nov.	Dic.
82%	79%	78%	73%	73%	72%	66%	68%	72%	77%	82%	81%

Evapotraspirazione e bilancio idroclimatico. L'analisi dei dati del 2017 evidenzia come l'evapotraspirazione totale mensile ha assunto nel corso dell'annata valori minimi pari a circa 20÷40 mm nei mesi di dicembre e gennaio, mentre ha raggiunto i massimi nei mesi di luglio e agosto (superiori alle corrispondenti medie climatiche) quando in alcune aree si sono superati 210 mm.

Questo porta ad un bilancio idroclimatico in deficit già dal mese di aprile, che per il sito di progetto si traduce in valori di -70 mm per il mese di aprile, -160 mm nel mese di maggio, -170 mm nel mese di giugno, -180 mm nei mesi di luglio e agosto, -70 mm per il mese di settembre. Si tratta di valori rilevanti che condizionano in modo importante là dove non vi è possibile irrigare nella stagione estiva, la scelta della coltura da praticare, riducendola a colture erbacee a ciclo autunno vernino o a colture arboree quali l'olivo e la vite (se i suoli e le altre condizioni sono adatti), che riescono a vegetare anche in asciutto.

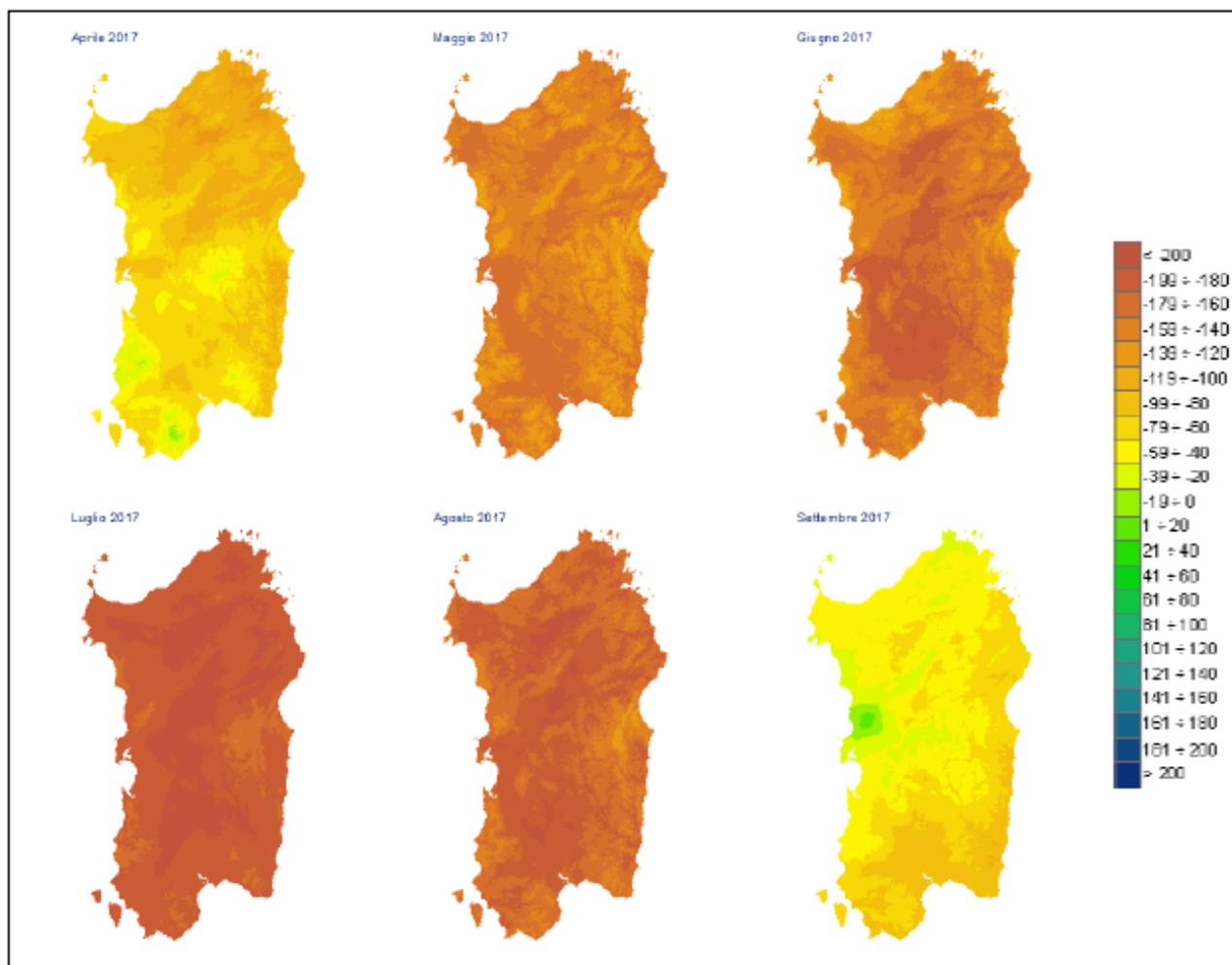


Figura 24. Mappe mensili di bilancio idroclimatico 2017.

6.3.2. Disponibilità idrica nel sito in progetto.

L'area interessata dal progetto ricade nella perimetrazione del Consorzio di bonifica della Sardegna Meridionale, ma non risulta incluso in nessun Distretto irriguo, i terreni interessati dall'impianto agrivoltaico non sono quindi raggiunti direttamente dalla condotta irrigua del consorzio, così come evidenziato dal Piano di classifica e dalla carta "Suddivisione comprensorio irriguo per Distretto" (fig. 25).

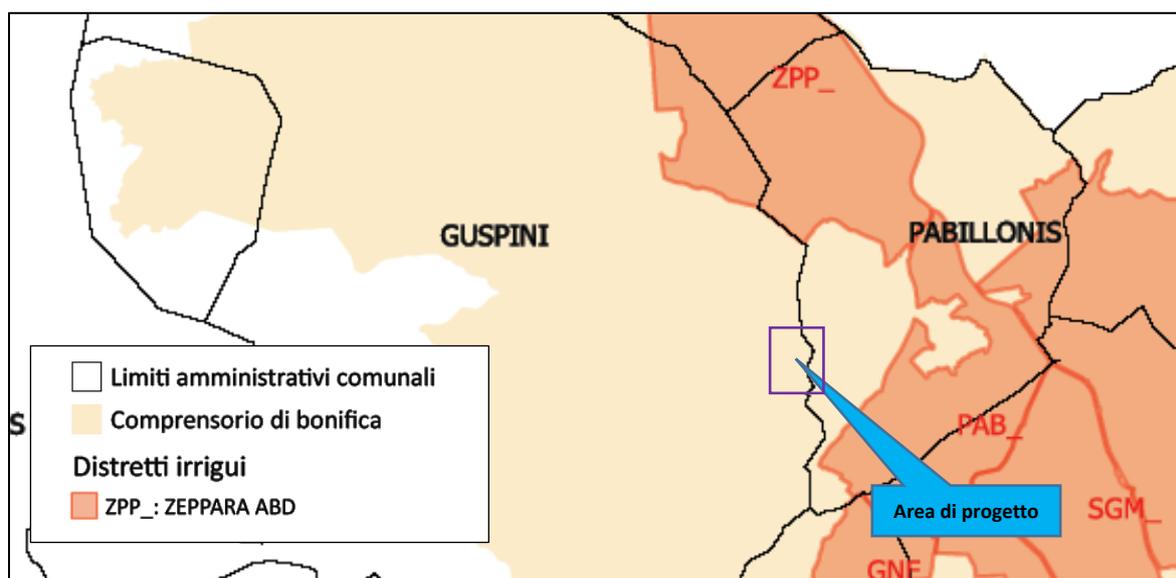


Figura 25. Stralcio carta di "Suddivisione comprensorio irriguo per Distretto".

7. La scelta della coltura agraria da praticare nel campo agrivoltaico.

Le scelte colturali sono il frutto di un'analisi di diversi fattori, che sono stati approfonditi e dettagliati nei paragrafi 6.2 e 6.3. che possiamo riassumere con la tabella seguente:

1	Caratteristiche pedologiche e agronomiche del sito.	Suoli a giacitura pianeggiante e subpianeggiante, altimetria media del sito che varia da 47 a 54 metri s.l.m., con tessitura argilloso sabbiosa (ISSS), profondi a tratti poco permeabili, con un basso contenuto di S.O. mediamente dotati di Azoto e con un basso contenuto di elementi minerali quali Fosforo Potassio e calcio, ma con valori legati alla componente del Na (ESP –SAR), rientranti ampiamente nei valori ottimali per la coltivazione. Il pH riscontrato mostra quasi sempre valori tra il 5.5 e il 5.8, acido. Classi d'uso III -IV, secondo la Land Capability Classification, adatti alle coltivazioni erbacee quali seminativi e nelle aree più drenate colture arboree.
2	Presenza di fattori ecologici e agronomici limitanti.	Non si riscontrano fattori ecologici biotici limitanti. Mentre tra quelli abiotici vanno presi in considerazione la reazione del terreno (Acida) le precipitazioni, il vento e la dotazione di elementi minerali.
3	Contesto agricolo colture praticate Filiere produttive presenti nel territorio	L'agricoltura del comprensorio del Guspinese è caratterizzata da una filiera produttiva principale, quella zootecnico-foraggera, mentre quella cerealicola risulta meno rilevante ma comunque presente, filiera quest'ultima che assume invece maggior peso nei territori vicini di Sardara San Gavino e Pabillonis.
4	Caratteristiche climatiche e bioclimatiche.	Clima mediterraneo tiepido tipo semiarido, fitoclimatica Lauretum sottozona calda, bioclima mediterraneo semiarido.
5	Disponibilità idrica nel sito di progetto.	Nei terreni interessati al progetto non è presente rete irrigua e disponibilità idrica. I terreni vengono condotti praticando colture in asciutto.
6	Obiettivi del Green Deal, e riduzione di emissioni di gas serra.	Innalzare al 55% la riduzione entro il 2030 delle emissioni nette di gas climalteranti rispetto ai livelli del 1990.

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 40/64

Attualmente le colture praticate nel sito di progetto da parte della ditta individuale Azienda Agricola Brodu Mario gestita dal titolare signor Mario Brodu sono di tipo foraggero in biologico, con la coltivazione di erbai autunno vernini di tipo polifita o "miscuglio", con la consociazione di Trifoglio resupinato (*Trifolium resupinatum* L.), Trifoglio squarroso (*Trifolium squarrosus* Savi), Trifoglio alessandrino (*Trifolium alexandrinum* L.), Veccia villosa (*Vicia villosa* Roth), e Veccia comune (*Vicia sativa* L.), Avena (*Avena sativa* L.), Loglio italico (*Lolium multiflorum* Lam.), alternati in alcuni casi ogni 4-5 anni con erbai monofiti o "in purezza" di Trifoglio, Avena o Loglio.

L'analisi comparata ha portato all'individuazione delle medesime specie foraggere attualmente coltivate come colture da inserire anche nel campo agrivoltaico, mediante la coltivazione di erbai polifiti (trifoglio veccia avena loglio) che si possono alternare ogni 3-4 anni con erbai monofiti "in purezza" con Loglio o Trifoglio. Le motivazioni tecniche della scelta si possono così riassumere:

1. Questa tipologia di erbai si adatta bene al tipo di suolo e al clima presente nell'area interessata dal progetto, inoltre l'azienda coltiva da decenni specie foraggere e nel tempo ha sviluppato un notevole livello di conoscenza (know how) in questo comparto specifico.
2. Pieno soddisfacimento del requisito B1) la continuità dell'attività agricola e pastorale sul terreno oggetto dell'intervento, previsto nelle linee guida del MiTE. Ove sia già presente una coltivazione a livello aziendale, andrebbe rispettato il mantenimento dell'indirizzo produttivo.
3. La coltivazione delle foraggere può essere praticata eseguendo una minima lavorazione (erpicatura discatura), o la non lavorazione (semina diretta), non è quindi sempre necessaria una annuale lavorazione convenzionale del suolo a profondità di 25-35 cm con rivoltamento del suolo, riducendo così gli impatti della coltivazione sulla componente biotica del suolo;
4. Dopo il 3-4 anno l'erbaio misto può andare in rotazione colturale con una graminacea o leguminosa sempre foraggera come Loglio, Avena o Trifoglio rimanendo così sempre all'interno della stessa filiera produttiva;
5. La produzione di foraggi di qualità ha un mercato importante, essendo la zona del Guspinese (Guspini, Pabillonis, San Gavino), ricca di allevamenti ovini di medie e grosse dimensioni che spesso superano i 500 capi per allevamento, con un totale di oltre 67.000 capi Ovini e caprini complessivamente allevati tra Guspini (37.400), San Gavino (18.600), Pabillonis (11.400);
6. Il terreno non è irriguo e questo limita notevolmente la scelta delle colture da praticare, considerando che le colture arboree quali olivo non si adattano bene nell'area di progetto, trattandosi di terreni che presentano alla profondità di 30-35 cm uno strato argilloso compatto che tende a limitare la permeabilità, creando in certi periodi dell'anno ristagno idrico che viene mal

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 41/64

tollerato dall'olivo, pianta che tra gli altri aspetti, vegeta meglio con valori di pH neutri o sub alcalini. Proprio per queste ragioni gli appezzamenti del comparto A e B sono dotati di una rete di scoline della profondità di circa 40 -50 cm, che confluiscono su canali di scolo di dimensioni maggiori (2-2,5 metri di profondità e 3-4 metri di larghezza). Va anche registrato che in passato, le esperienze di coltivazione di cereali come il grano duro, nei terreni interessati dal sito di progetto o in terreni adiacenti non hanno mai dato risultati produttivi confortanti. L'assenza di risorsa idrica esclude la possibilità di coltivare specie ortive o specie a ciclo primaverile estivo con fabbisogni idrici importanti.

7. Le foraggere, rappresentano un'ottima soluzione per il raggiungimento degli obiettivi del Green Deal, perché la loro coltivazione soprattutto in consociazione tra leguminose e graminacee riduce le emissioni di gas serra e l'impiego di fertilizzanti chimici, grazie alla capacità delle leguminose di fissare l'azoto nel terreno, aumentandone la fertilità e migliorandone la struttura. Un aspetto importante anche in virtù di quanto prevedono gli eco schemi inseriti nella nuova PAC, considerato che il tema legato alla riduzione dell'impatto ambientale prodotto dalle coltivazioni, impronta di carbonio in primis, è sempre più cogente a livello europeo.

8. Biodiversità e insetti pronubi. Le foraggere sono tra le coltivazioni che hanno minor impatto sulla biodiversità, soprattutto se condotte in biologico.

7.1. Le caratteristiche biologiche e agronomiche delle specie da coltivare nel campo agrivoltaico.

Generalità sulle colture da foraggio (da coltivazioni erbacee R. Baldoni L. Giardini).

Nella corrente terminologia si indicano come "foraggere" tutte le specie vegetali il cui prodotto principale è utilizzabile nell'alimentazione del bestiame, mentre con la parola "foraggio" si intende in genere il solo prodotto dell'attività vegetativa della pianta e cioè l'erba e i suoi derivati: fieno, insilato, disidratato. I frutti e i semi delle piante rientrano invece nella categoria generale degli alimenti cosiddetti "concentrati" a ragione degli elevati contenuti calorico e/o proteico. Ma allorché essi vengono raccolti insieme con i componenti vegetali della pianta (fusti e foglie), il prodotto che si ottiene è sempre un foraggio anche se i frutti e i semi ne dovessero rappresentare il principale componente. Storicamente il pascolamento libero è stata la prima forma di sfruttamento foraggero dell'erba operata dall'uomo dopo la domesticazione degli animali. Dapprima i pascoli furono costituiti dalle erbe spontanee dei terreni incolti, poi dagli inerbimenti naturali dei terreni "a riposo" dopo colture di cereali, mentre successivamente iniziarono le prime esperienze di costituzione artificiale (semina), dei prati, prati pascolo ed erbai. Agli albori dell'umanità veniva utilizzato solo foraggio fresco (pascolamento dell'erba), ma già dal 750 a. C, in Inghilterra, a fianco del consumo

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 42/64

diretto si procedeva alla realizzazione di scorte di foraggi essiccati (fieni). Il legame che univa la foraggicoltura, oltre che con l'allevamento, anche alla fertilità del suolo e, più in generale, all'organizzazione aziendale, incomincia a suscitare attenzione intorno al 1400, sembra ad opera dei Monaci di Couper, che studiarono le prime ipotesi di rotazione. Potenzialmente quasi tutte le piante coltivate e le stesse piante spontanee, in un determinato momento del loro ciclo di sviluppo, per l'una o l'altra specie animale, possono essere considerate delle piante foraggere. In pratica tuttavia le essenze da foraggio di una certa importanza a livello mondiale possono essere valutate in circa 100 specie di graminacee e 30 di leguminose. Pur non disponendo di statistiche precise, si può stimare che delle risorse foraggere disponibili nel nostro paese, circa il 5-8% sia utilizzato tramite il pascolamento, meno del 5% con il foraggiamento verde, mentre la quota principale (87-90%), viene conservata come fieno.

Generalità sugli erbai.

Gli erbai rappresentano un elemento fortemente caratterizzante della foraggicoltura italiana. Nel sud Italia, dove scarsa è la disponibilità idrica, l'erbaio, che è di breve durata ed è perciò collocabile nello scorcio stagionale più favorevole, costituisce di fatto la principale soluzione foraggicola per moltissimi comprensori agricoli. Va specificato che quasi tutte le piante erbacee potrebbero essere usate teoricamente come piante da erbaio. Tra i criteri di raggruppamento delle piante da erbaio si ricordano la stagionalità e il tipo di coltura.

Prendendo la stagionalità gli erbai vengono suddivisi principalmente in due grosse categorie:

1. Erbai autunno primaverili, con semina a fine estate inizio autunno e raccolta a primavera inoltrata;
2. Erbai primaverili estivi, con semina in primavera e raccolta a fine estate.

Prendendo il tipo di coltura vengono invece suddivisi in:

1. Erbaio di tipo monofita detto anche "in purezza", quando la coltura è costituita da una sola specie;
2. Erbaio di tipo polifita detto anche "miscuglio", quando la coltura è costituita da due o più specie spesso appartenenti a famiglie botaniche diverse, quasi sempre graminacee e leguminose in consociazione.

In Italia gli erbai autunno-primaverili sono più diffusi rispetto a quelli primaverili-estivi, 70% della superficie per i primi, 30% per i secondi.

Le specie che attualmente si coltivano e che saranno coltivate in continuità nel campo agrivoltaico sono principalmente erbai autunno primaverili di tipo polifita e in alcuni casi erbai di tipo monofita tutti destinati alla produzione di foraggio essiccato "fieno".

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 43/64

Caratteristiche generali delle specie coltivate e da coltivare. (Schede tecniche di foraggicoltura Agris Reg. Sardegna da coltivazioni erbacee R. Baldoni L. Giardini).

- ✓ Trifoglio resupinato (*Trifolium resupinatum* L.),
- ✓ Trifoglio squaroso (*Trifolium squarrosum* Savi),
- ✓ Trifoglio alessandrino (*Trifolium alexandrinum* L.),
- ✓ Veccia villosa (*Vicia villosa* Roth), e Veccia comune (*Vicia sativa* L.),
- ✓ Avena (*Avena sativa* L.),
- ✓ Loglio italico (*Lolium multiflorum* Lam.).

Trifoglio resupinato (*Trifolium resupinatum* L.), Famiglia: Leguminose.

Il Trifoglio resupinato, comunemente noto anche come trifoglio persiano, è spontaneo nel bacino del Mediterraneo, ma coltivato da secoli in Persia o nell'India settentrionale, sta diffondendosi come coltura da erbaio in Medio Oriente, Egitto, Portogallo e, recentemente, anche in Italia. Caratteri botanici; pianta annua, a steli prostrato ascendenti, con fiori porpora chiaro. Esigenze ambientali e tecnica colturale; resiste al freddo più del trifoglio alessandrino, ma meno di questo alla siccità. Nelle regioni temperate ha ciclo autunno-primaverile, mentre in quelle fredde viene seminato in primavera. Per la semina in coltura pura s'impiegano 15-20 Kg/ha di seme (peso di 1000 semi: 0,75-0,80 grammi). Varietà e utilizzazione; il foraggio del trifoglio persiano è di ottima qualità e può essere utilizzato come pascolo, fieno e, con opportuni accorgimenti, anche come insilato.



Figura 26. Foto Trifoglio persiano - *Trifolium resupinatum* L. (foto www.agraria.org)

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 44/64

Trifoglio squarroso (*Trifolium squarrosum* Savi), Famiglia: Leguminose.

Il trifoglio squarroso, è diffuso in alcuni comprensori dell'Italia centrale e meridionale; più a Nord, pur essendo segnalata una buona resistenza al freddo (fino a -10 °C), la coltura viene spesso seriamente danneggiata dal gelo. Caratteri botanici; presenta caratteristiche e possibilità di utilizzazione molto simili a quelle del trifoglio incarnato dal quale si distingue per la taglia più elevata, la maggiore vogliosità ed il fiore di colore bianco giallognolo o rosso. Esigenze ambientali e tecnica colturale; rappresenta una pianta interessante per i terreni, asciutti e poveri di calcare. In coltura pura si semina ai primi di ottobre con 25-35 o più Kg/ha di seme, in file distanti 18-20 cm. La raccolta deve essere eseguita con piante in fioritura; raccolte più tardive possono causare disturbi all'animale a causa di numerosi peli ispidi di cui è provvisto il calice dei fiori. Varietà e utilizzazione; l'utilizzazione più frequente è la coltura in miscuglio con la loiessa ed in qualche caso anche con i cereali, ma viene coltivato anche in purezza. Nelle regioni meridionali può essere usato anche per un buon pascolo in inverno e per produzioni di seme in primavera. Varietà e utilizzazione; le produzioni, possono raggiungere anche le 40-50 t/ha di erba da falciare possibilmente non oltre la fioritura a causa della grossolanità dello stelo.



Figura 27. Foto Trifoglio squarroso - *Trifolium squarrosum* L. (foto www.agraria.org)

Trifoglio alessandrino (*Trifolium alexandrinum* L.), Famiglia: Leguminose.

Il trifoglio alessandrino è fra le più interessanti specie leguminose foraggere annuali sia per gli ambienti mediterranei (in ciclo autunno primaverile) che per le aree europee del Centro-Nord (in ciclo primaverile-estivo). Adatto a climi temperato-caldi, come quello del bacino del mediterraneo dove è utilizzato come coltura a ciclo autunno-primaverile, viene coltivato anche nei Paesi del centro-nord

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 45/64

Europa come erbaio a ciclo primaverile-estivo. Oltre che alla sua adattabilità ad ambienti pedoclimatici differenti, la sua ampia diffusione è legata alla alta produttività, all' elevata capacità di ricaccio e al buon valore nutritivo del foraggio

Ci sono 4 tipi principali di trifoglio alessandrino: il *Fahl* adatto a condizioni di aridità, buon sviluppo vegetativo ma scarsa o nulla capacità di ricaccio dopo il pascolamento; *Aidi* con apparato radicale profondo, capace di fornire 2-3-utilizzazioni; *Kadrawi* tardivo può essere utilizzato 2-3 volte se irrigato; *Miskawi* al quale appartengono le varietà diffuse in Europa ed in Italia, più precoce dei precedenti, può consentire 2-3 utilizzazioni anche in asciutto.

Adattamento ambientale Clima: il trifoglio alessandrino è sensibile a temperature inferiori allo zero ma è resistente al caldo e mediamente alla siccità. In primavera particolarmente asciutte le piante possono non riuscire ad arrivare alla fioritura, disseccando prima di chiudere il ciclo. Suolo: profondo con una buona capacità di ritenzione idrica, argilloso o medio impasto, con pH 6.5-8. Non adatto a suoli acidi. Tecnica colturale Lavorazioni: il terreno deve essere ben affinato per evitare che il seme, di piccole dimensioni (2.6 – 3.0 g/1000 semi), vada troppo a fondo. Frangizollatura seguita, se necessario, da erpicatura e rullatura. Semina: la semina va eseguita a file distanti 15-20 cm e ad una profondità di 0.5-1 cm. In ambiente Mediterraneo in regime asciutto la stagione di semina principale è quella autunnale, preferibilmente in ottobre, con temperature miti e subito dopo le prime piogge (ciclo autunno-primaverile).



Figura 28. Foto T. alessandrino fioritura e fase vegetativa, tratto da Schede tecniche di foraggicoltura Agris Reg. Sardegna.

La produzione primaverile si può ottenere anche con semine effettuate a fine inverno, metà febbraio-inizio marzo, anche se un decorso primaverile siccitoso può limitare la produzione foraggera. In aziende irrigue si può prevedere una seconda epoca di semina in primavera, fine aprile-maggio. In questo caso il trifoglio garantisce erba verde per il pascolo o per la produzione di fieno durante

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 46/64

tutta l'estate e l'inizio dell'autunno (ciclo estivo-autunnale). Il consumo idrico della coltura su terreni argillosi si aggira intorno a 2500 m³ a stagione (giugno– settembre). Concimazione: per quanto riguarda la nutrizione azotata, come tutte le leguminose, anche il trifoglio alessandrino, una volta affrancato, ha la capacità di fissare l'azoto atmosferico grazie alla simbiosi che instaura con gli specifici batteri azotofissatori presenti nel terreno. Per questo motivo, quando seminato in purezza, non ha bisogno di concimazione azotata. Una concimazione "starter" può essere però prevista nel caso della semina del trifoglio in consociazione con graminacee, soprattutto in terreni particolarmente poveri o in successione a specie depauperatrici. In terreni mediamente fertili o con una precessione colturale di leguminose la concimazione azotata deve essere evitata. Il trifoglio alessandrino si avvantaggia sempre della concimazione fosfatica di fondo, mentre quella potassica, in considerazione anche dei più alti costi, va effettuata solo in suoli poveri di questo elemento. Tenendo presente che gli apporti di fertilizzante devono essere stabiliti in funzione della dotazione naturale del suolo nel quale si intende seminare, in tabella 1 vengono riportati a titolo indicativo le dosi di seme e concime utilizzabili in un terreno di media fertilità. Produzione di fieno: nella coltura a ciclo autunno primaverile, il pascolamento deve essere interrotto entro l'inizio di marzo. Il momento ottimale per eseguire il taglio a fieno è quando le piante sono in fase di bottone florale-inizio fioritura, corrispondente ad un tenore di proteina grezza mediamente del 16-18%. La consociazione con varietà tardive di graminacee (solitamente loiessa, orzo o avena), consente minori perdite di foglie durante la fienagione.

Loglio (*Lolium multiflorum* L.), nomi comuni: loietto italico, loiessa, Famiglia Graminacee.

Caratteristiche generali. La loiessa o loietto italico è una graminacea annuale o biennale tra le più utilizzate, molto produttiva e competitiva nei confronti delle malerbe. La specie risponde molto bene alle concimazioni e alla fertilità del terreno, producendo un ottimo foraggio utilizzabile direttamente con il pascolamento o per l'ottenimento di fieno e insilato. Molto appetito dagli animali è caratterizzato da un elevato profilo nutrizionale. Ci sono 2 tipi principali di loiessa: *L. multiflorum* sbsp. *Westerwoldicum* Mansh. annuale e *L. multiflorum* sbsp. *Italicum* A. (sinonimo: *multiflorum*) bienne. La prima, più precoce e più rapida nell'accrescimento, è adatta alla coltivazione di erbai, la seconda, invece, si inserisce bene nella produzione di prati temporanei. Le numerose varietà oggi disponibili (circa 250 in Europa, di cui 54 iscritte al Catalogo italiano) provengono dai più disparati Paesi, coprono una gamma di precocità di circa 2 settimane. Le varietà si distinguono in alternative (producono la spiga nello stesso anno di impianto a prescindere dalla stagione di semina) e non alternative (devono attraversare un'inverno prima di spigare) e in diploidi e tetraploidi. Le varietà diploidi hanno un normale corredo cromosomico e si caratterizzano per il ciclo tendenzialmente precoce, culmi e foglie più sottili e il seme piccolo. Le varietà tetraploidi hanno un numero di

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 47/64

cromosomi doppio rispetto ai diploidi. Sono caratterizzate da alte potenzialità produttive, seme più grande, taglia più alta e foglie più espanse. Adattamento ambientale. Clima: graminacea di origine mediterranea, italiana, si è diffusa in Europa ed anche in altri continenti, divenendo una delle graminacee meglio adattata alla grande variabilità climatica e pedologica dell'area. Sulle Alpi, per esempio, la si può trovare tra la flora spontanea fino a 1.600 m s.l.m.. E' una specie spiccatamente microterma le cui fasi di maggiore crescita attiva si verificano durante il periodo primaverile e autunnale, con temperature ottimali di crescita comprese tra 15 e 25°C e ridotte esigenze di temperatura per germinazione e vegetazione. Ha moderata resistenza al freddo (Zero di vegetazione: 2-3 °C), ma, se ben insediata, resiste anche agli inverni rigidi. Non sopporta temperature elevate (T max d'accrescimento: 35 °C) e la siccità. Può germinare anche a temperature di 1-2°C. Suolo: predilige suoli di medio impasto, freschi e profondi. Si adatta a suoli differenti da sabbiosi ad argillosi. Non tollera il ristagno prolungato. A seguito delle elevate esigenze in termini di nutrienti ha necessità di suoli fertili ben dotati di elementi minerali, da sub-acidi ad alcalini. Tecnica colturale. Lavorazioni: come sempre quando si deve procedere alla semina di specie con semi piccoli, il terreno deve essere ben affinato per evitare che il seme (peso di mille semi: 2.0-2.5 g nelle varietà diploidi; 3.0 -3.5 g in quelle tetraploidi), vada troppo a fondo. Una frangizollatura seguita da una eventuale erpicatura e dalla rullatura o una minima lavorazione consentono di smuovere lo strato più superficiale del terreno, rinettandolo e creando buone condizioni di semina. Semina: in considerazione delle piccole dimensioni del seme, la profondità massima di semina deve essere di 1 – 1.5 cm. La semina può essere fatta o con una seminatrice a righe (universale, od altro tipo) che depone i semi in file distanti 15 – 20 cm, o con un distributore centrifugo a spaglio seguito da un passaggio di erpice a denti o erpice strigliatore, per ricoprire i semi. Successivamente una leggera rullatura favorisce l'adesione del seme al suolo e la sua germinazione. La dose di seme dipende dalla varietà utilizzata (diploide, tetraploide) e dalla coltivazione in purezza o consociazione (tabella 1). In ambiente Mediterraneo in regime asciutto la stagione di semina principale è quella autunnale, preferibilmente in ottobre, con temperature miti e subito dopo le prime piogge. Nelle aree con inverni freddi la semina può essere fatta da fine marzo alla prima metà di aprile. Concimazione: dipende dall'utilizzazione della foraggera (pascolamento, fienagione, insilamento) e dalla sua coltivazione in purezza o in consociazione. Quando coltivata in purezza la concimazione azotata e fosfatica devono essere sempre effettuate mentre quella potassica, in considerazione anche dei più alti costi, va effettuata necessariamente nei suoli poveri di questo elemento. Nella semina in consociazione con leguminosa, la concimazione azotata può essere evitata o ridotta ad una sola dose "starter" distribuita alla semina. Tenendo presente che gli apporti di fertilizzante devono essere stabiliti in funzione della dotazione del suolo nel quale si

intende seminare, in **tabella seguente** vengono riportati, a titolo indicativo, le dosi di seme e concime utilizzabili in un terreno di media fertilità.

Specie	Dose di seme			Concimazione		
	Loiessa	Specie consociata	Azoto (N)	Fosforo (P ₂ O ₅)	Potassio (K ₂ O)	
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	
Loiessa	25 - 35	-	100 - 120	80 - 100	50 - 100	
Loiessa + T. alessandrino	8 - 10	25	0 - 30	80 - 100	50 - 100	
Loiessa + V. villosa	20-25	70-80	100 - 120	80 - 100	50 - 100	

Figura 29. Tabella seme e concimazione loglio; da Schede tecniche di foraggicoltura Agris Reg. Sardegna.

Produzione di fieno. Il momento ottimale per eseguire il taglio a fieno è quando le piante sono in fase di inizio spigatura. A questo proposito scegliendo varietà a ciclo tardivo, si riesce ad avvicinare la fase ottimale del taglio con la stagione della fienagione. Le produzioni ottenibili variano dai 2.5 a 6 t SS /ha. Il profilo qualitativo del fieno di loglio è di seguito riportato (in % della SS): PG 8.9 (0.34); NDF 61.74 (0.6); ADF 37.34 (0.58); ADL 4.77 (0.24); EE 1.85 (0.06); Digeribilità della sostanza secca 64.63 (0.76); UFL/kg SS 0.68 (0.01) (media e errore standard tra parentesi, n=45).



Figura 30. Foto Loiesta in fase vegetativa e particolare spiga, da Schede tecniche di foraggicoltura Agris Reg. Sardegna.

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 49/64

Veccia comune (*Vicia sativa* L.) e Veccia villosa (*Vicia villosa* Roth), Famiglia: Leguminose

La Veccia comune è caratterizzata da un elevato polimorfismo. Adatta soprattutto per le zone meridionali d'Italia perché al Nord può andare incontro a moria a causa delle basse temperature. La Veccia villosa è una pianta a portamento prostrato, più resistente al freddo della Veccia comune. E' idonea per terreni sabbiosi ma si adatta bene anche a terreni argillosi. Viene generalmente usata in consociazione con graminacee, come la loiessa o l'avena. Produce un foraggio di buona qualità che può essere anche affienato.



Figura 31. Foto Veccia sativa L. (foto www.agraria.org)

Avena (*Avena sativa* L.), famiglia graminacee.

L'avena, oltre che cereale la cui granella è la "biada" per eccellenza e viene consumata in vario modo anche dall'uomo, è coltura foraggera molto importante sotto forma di erbaio anche in consociazione con leguminose e altre graminacee. Il 90% circa delle forme coltivate sulla Terra è da ascrivere alla specie *Avena sativa* (o avena comune). L'avena presenta un apparato radicale di sviluppo notevole, superiore agli altri cereali per profondità ed espansione; culmi robusti, costituiti da un numero di nodi in genere superiore a quello degli altri cereali del gruppo; foglie con lamina larga, verde bluastrò, con ligula sviluppatissima, mentre le agricole mancano. L'infiorescenza è un pannicolo tipico, spargolo, con numerose ramificazioni portanti spighette con due (meno frequentemente tre) fiori; le cariossidi a maturazione sono vestite; le glumelle talora sono ristate, con caratteristica resta ginocchiata, inserita sul dorso della glumella stessa. La fecondazione è autogamia. Quanto al terreno l'avena è molto più adattabile di ogni altro cereale: a terreni magri o sub-acidi, molto compatti o molto sciolti (purché in questi l'umidità non manchi).

Tipologie di erbai autunno primaverili attualmente coltivati e da realizzare nel campo agrivoltaico.

Tipologia erbaio	Specie coltivate	Dosi seme impiegate kg/ha	Rese medie di fieno q/ha
Misto Graminacee leguminose	<i>Trifoglio alessandrino</i>	10	60/65 q/ha
	<i>Veccia comune</i>	20	
	<i>Avena</i>	50	
	<i>Loglio italico</i>	15	
Misto Graminacee leguminose	<i>Trifoglio alessandrino</i>	25	60/65 q/ha
	<i>Loglio italico</i>	10	
Misto Graminacee leguminose	<i>Veccia villosa</i>	70	60/65 q/ha
	<i>Loglio italico</i>	25	
Misto Graminacee leguminose	<i>Trifoglio squarroso e/o resupinato</i>	10	60/65 q/ha
	<i>Veccia comune</i>	20	
	<i>Avena</i>	50	
	<i>Loglio italico</i>	15	
In purezza Graminacee	<i>Loglio italico</i>	25-35	60/65 q/ha
In purezza Leguminose	<i>Trifoglio alessandrino</i>	25-35	60/65 q/ha

7.2. Superfici coltivate e produzioni attese in termini di resa e reddito della componente agricola.

La superficie complessiva del sistema agrivoltaico in progetto è pari a 501.919 mq 50.19.19 ettari (ha), suddivisa in otto comparti, A-B-C-D-E-F-G-H. La superficie agricola utilizzata sarà di 452.897 mq 45.28.97 ettari (ha), corrispondente al **90.23 %** della superficie totale.

Tale superficie sarà coltivata con essenze foraggere mediante la realizzazione di erbai polifiti e/o monofiti utilizzando sia graminacee (*Avena Avena sativa L.*, *Loglio italico Lolium multiflorum Lam.*), che leguminose (*Trifoglio resupinato Trifolium resupinatum L.*, *Trifoglio squarroso Trifolium squarrosus Savi*, *Trifoglio alessandrino Trifolium alexandrinum L.*, *Veccia villosa Vicia villosa Roth*, e *Veccia comune Vicia sativa L.*).

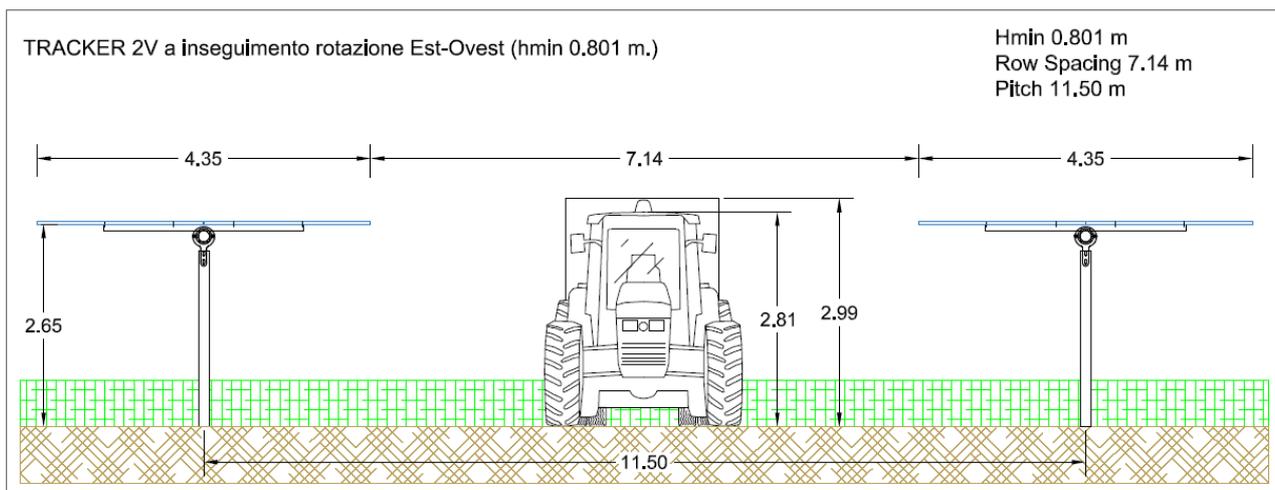


Fig. 32 – Sistema agrivoltaico a inseguimento est-ovest con orientamento nord sud, pannelli in orizzontale.

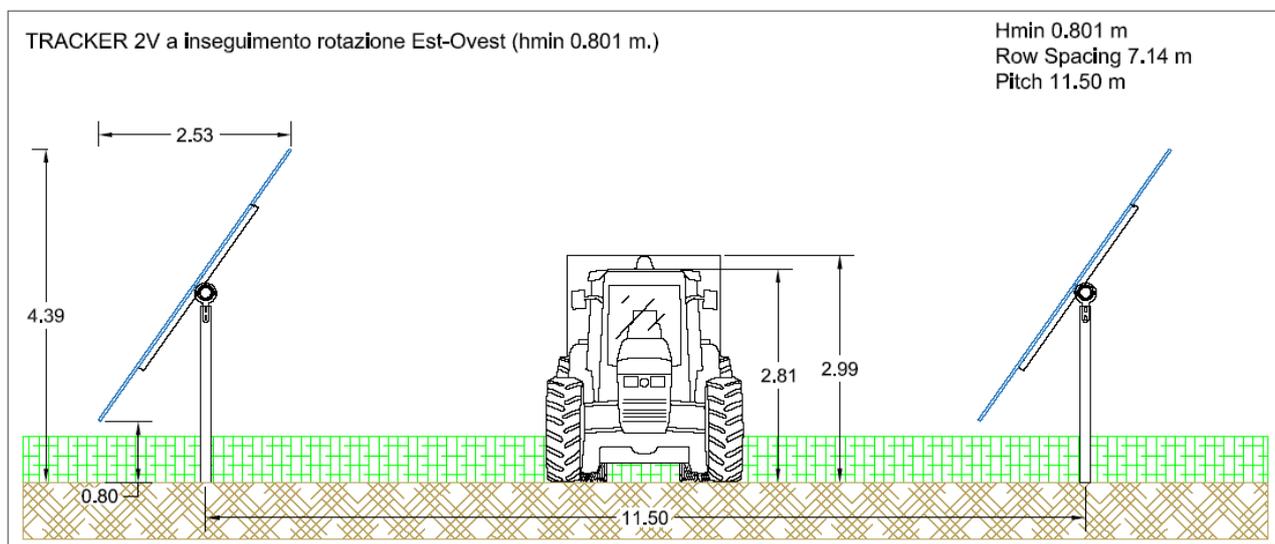


Fig. 33 – Sistema agrivoltaico a inseguimento est-ovest con orientamento nord sud pannelli ruotati a 55°C.

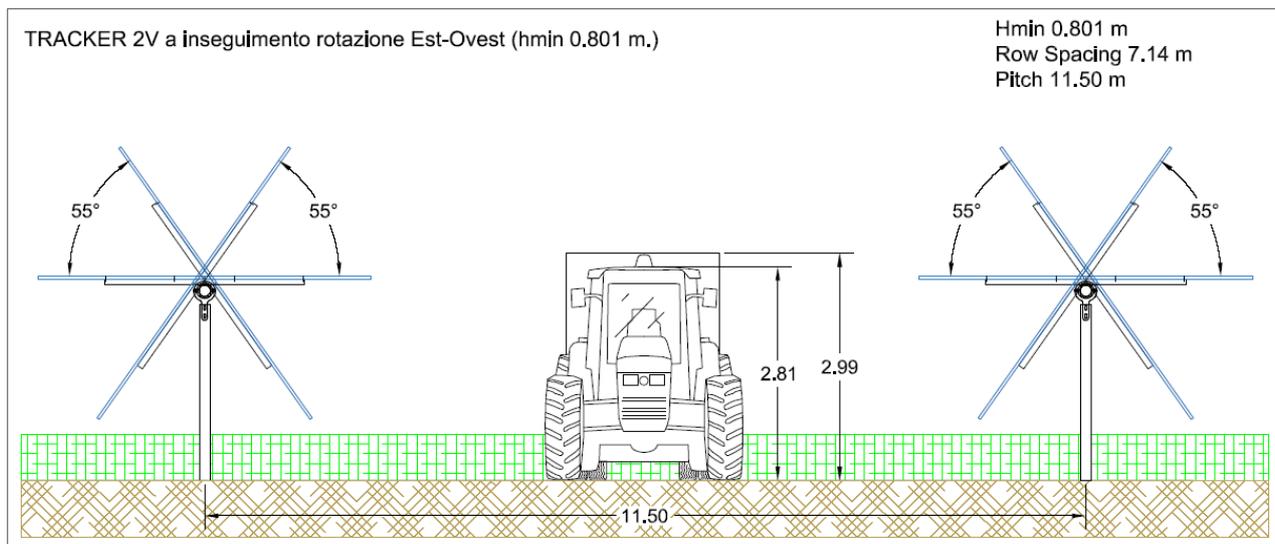


Fig. 34 – Sistema agrivoltaico a inseguimento est-ovest con orientamento nord sud pannelli in rotazione.

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 52/64

La resa produttiva in quintali di fieno di un erbaio polifita o monofita nel territorio in esame, senza ausilio dell'irrigazione effettuando un unico taglio primaverile, in una coltivazione normale si attesta sui 60-65 q/ettaro, mentre in un campo agrivoltaico come il nostro con una distanza di Pitch di 11,50 metri ci si attende per via dell'ombreggiamento una riduzione di circa il 10-15 %, che ci porta ad una media una media pari a 56-59 q/ha di fieno. Questo è un dato chiaramente stimato visto i pochi dati disponibili, e dipende in misura importante anche dalle condizioni di microclima locale, dove a seconda dei casi potrebbero verificarsi condizioni che riducono o azzerano le perdite stimate, infatti nei mesi primaverili l'ombreggiamento potrebbe favorire la crescita vegetativa della coltura agrivoltaica rispetto a quella tradizionale. Prudenzialmente appare comunque corretto prevedere una riduzione rispetto alla coltivazione ordinaria.

Tipo di Produzione	Produzioni annua fieno (q/ha tal quale)
Erbai monofiti e polifiti coltivazione ordinaria	65,00
Erbai monofiti e polifiti campo agrivoltaico (stima)	58,50

Tabella comparazione produzione erbai (fieno).

Tabella dati di sintesi sistema agrivoltaico					
Comparto	Superficie tot. in ettari (ha)	S.A.U. Sup. agricola utilizzata ettari (ha)	% SAU sulla superficie totale (S agricola \geq 70 % S totale)	Superficie Pannelli FV in ettari ha	(LAOR) % di Superficie complessiva coperta dai moduli LAOR < 40%
A	3,5221	3,0204	85,76%	0,8938	25,38%
B	27,0867	25,9935	95,96%	6,9370	25,61%
C	0,6983	0,5410	77,47%	0,0984	14,09%
D	2,6947	2,2596	83,85%	0,5740	21,30%
E	1,6335	1,2979	79,46%	0,2952	18,07%
F	5,9195	4,9728	84,01%	1,3120	22,16%
G	5,0009	4,0507	81,00%	1,1398	22,79%
H	3,6362	3,1538	86,73%	0,8200	22,55%
TOTALE	50,1919	45,2897	90,23%	12,0700	24,05%

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 53/64

Tabella dati generali delle superfici del Sistema Agrivoltaico										
N.	COMPARTO	A	B	C	D	E	F	G	H	TOTALE
A	Superficie complessiva totale in ettari (ha)	3,5221	27,0867	0,6983	2,6947	1,6335	5,9195	5,0009	3,6362	50,1919
B	Pista Cabine e Frangivento in ettari (ha)	0,5017	1,0932	0,1573	0,4351	0,3356	0,9467	0,9502	0,4824	4,9022
C=A-B	S.A.U. (superficie agricola utilizzata) totale ettari (ha)	3,0204	25,9935	0,5410	2,2596	1,2979	4,9728	4,0507	3,1538	45,2897
E=C-D	S.A.U. coltivata a Foraggiere (erbai) in ettari (ha)	3,0204	25,9935	0,5410	2,2596	1,2979	4,9728	4,0507	3,1538	45,2897
C/A	SAU sulla superficie totale in % (S agricola \geq 70 % S totale)	85,76%	95,96%	77,47%	83,85%	79,46%	84,01%	81,00%	86,73%	90,23%
F	Superficie stringa mq (4,35 m*18,85 m)	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00
G	N. stringhe	109	846	12	70	36	160	139	100	1.472
H=F*G	Superficie pannelli FV in mq	8.937,73	69.369,89	983,97	5.739,83	2.951,91	13.119,60	11.397,65	8.199,75	120.700,32
H/10.000	Superficie pannelli FV in ettari ha	0,8938	6,9370	0,0984	0,5740	0,2952	1,3120	1,1398	0,8200	12,0700
F=H/A	(LAOR) % di Superficie complessiva coperta dai moduli LAOR < 40%	25,38%	25,61%	14,09%	21,30%	18,07%	22,16%	22,79%	22,55%	24,05%

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 54/64

L'analisi del reddito netto agricolo confrontando una coltivazione ad erbaio monofita o polifita ordinaria con una agrovoltaica sulle stesse superfici, evidenzia un maggior reddito netto nel caso della coltivazione ordinaria con € 40.851,81 contro i € 37.050,37 della coltivazione agrovoltaica. Questo è dovuto a due aspetti; la stima ipotetica di una minore produzione per ettaro dovuta all'ombreggiamento e la riduzione del 5 % della SAU nel caso della coltivazione con sistema agrovoltaico.

ORD.	COLTIVAZIONE ORDINARIA DI ERBAI POLIFITI O MONOFITI SENZA AGRIVOLTAICO	VALORI
A	SUPERFICIE TOTALE ettari (ha)	50,1919
B=A*0,95	SAU Totale (superficie agricola utilizzata)	47,6823
C	Produzione q di Fieno su ha di SAU	65,00
D=C*B	Produzione totale q di Fieno	3.099,35
E	Prezzo di vendita €/q	€ 17,00
F=E*D	PLV Agricola Totale /Anno	€ 52.688,95
G	Contributi PAC e Biologico su ha ettaro di SAU	€ 470,00
H=G*B	Totale Contributi PAC e Biologico su ha ettaro di SAU	€ 22.410,68
I=F*0,65	Costi Medi di Produzione	€ 34.247,82
L=F+H-I	Reddito netto agricolo annuo con premi PAC e Biologico	€ 40.851,81

ORD.	COLTIVAZIONE ORDINARIA DI ERBAI POLIFITI O MONOTITI CON AGRIVOLTAICO	VALORI
A	SUPERFICIE TOTALE ettari (ha)	50,1919
B=A*0,95	SAU Totale (superficie agricola utilizzata)	45,2897
C	Produzione q di Fieno su ha di SAU	58,50
D=C*B	Produzione totale q di Fieno	2.649,45
E	Prezzo di vendita €/q	€ 17,00
F=E*D	PLV Agricola Totale /Anno	€ 45.040,61
G	Contributi PAC e Biologico su ha ettaro di SAU	€ 470,00
H=G*B	Totale Contributi PAC e Biologico su ha ettaro di SAU	€ 21.286,16
I=F*0,65	Costi Medi di Produzione	€ 29.276,39
L=F+H-I	Reddito netto agricolo annuo con premi PAC e Biologico	€ 37.050,37

Questi dati si basano sull'ipotesi di un calo produttivo stimato per la coltivazione agrovoltaica, calo che potrebbe però, anche essere inferiore al 10/15%, o non esserci, considerando i pochi dati disponibili al momento, e l'oggettiva difficoltà nel prevedere con esattezza quale sarà la reazione ecologica della coltura praticata rispetto alle condizioni presenti nel campo agrovoltaico. Il progetto è stato sviluppato con l'obiettivo del giusto compromesso tra la produzione agricola e la produzione di energia da fonte rinnovabile, consentendo alle due tipologie di produzione di coesistere dal punto

COMUNE DI GUSPINI –PROVINCIA DEL MEDIO CAMPIDANO (VS)

Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", della potenza di 25.141,76 kWp

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03 pag. 55/64
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	

di vista ecologico agronomico ed economico. Dal punto di vista ecologico e agronomico la scelta di proseguire con la coltivazione di foraggiere anche con la realizzazione del campo agrivoltaico si ritiene essere una delle migliori opzioni agro colturali da praticare.

8. La scelta e le distanze delle strutture del sistema agrivoltaico.

L'analisi tecnica ha portato alla scelta di un sistema costituito da stringhe del tipo 2V disposte in file con orientamento nord-sud.

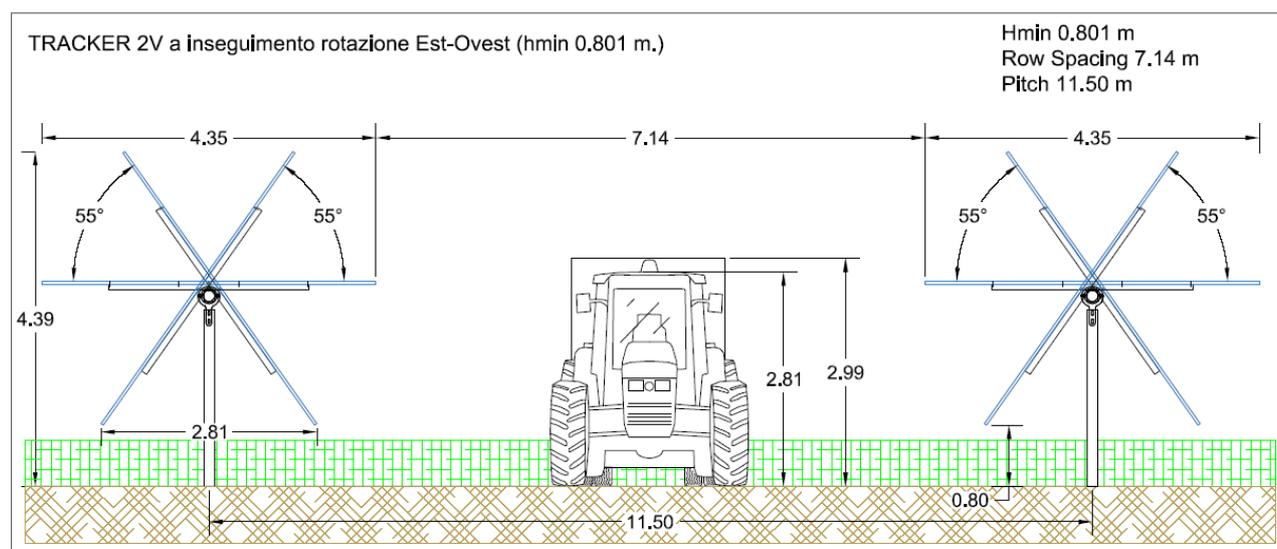


Fig. 33 – Schema sistema agrivoltaico con tracker ad inseguimento est-ovest.

Ciascuna stringa risulta lunga 18,85 metri e larga 4,35 metri, l'altezza dei pannelli da terra con posizionamento orizzontale è pari a 2,65 metri mentre la rotazione est-ovest massima è di 55°, quando la stringa è ruotata completamente ad est o ad ovest l'altezza minima del pannello più esterno da terra è pari a 0,801 metri e l'altezza massima di 4,39 metri. La distanza tra le file di stringhe (pitch) è di 11,50 metri per consentire la lavorazione del suolo e la penetrazione della luce. I pali di sostegno saranno distanziati di 7,60 metri lungo le file dei pannelli, riducendo al minimo gli ingombri all'interno del campo. Il numero complessivo delle stringhe è pari a 1472, per una potenza di 25.146,76 kWp. I particolari dei moduli agrivoltaici sono descritti nel dettaglio nell'elaborato "Tavola 07OCE.05.01".

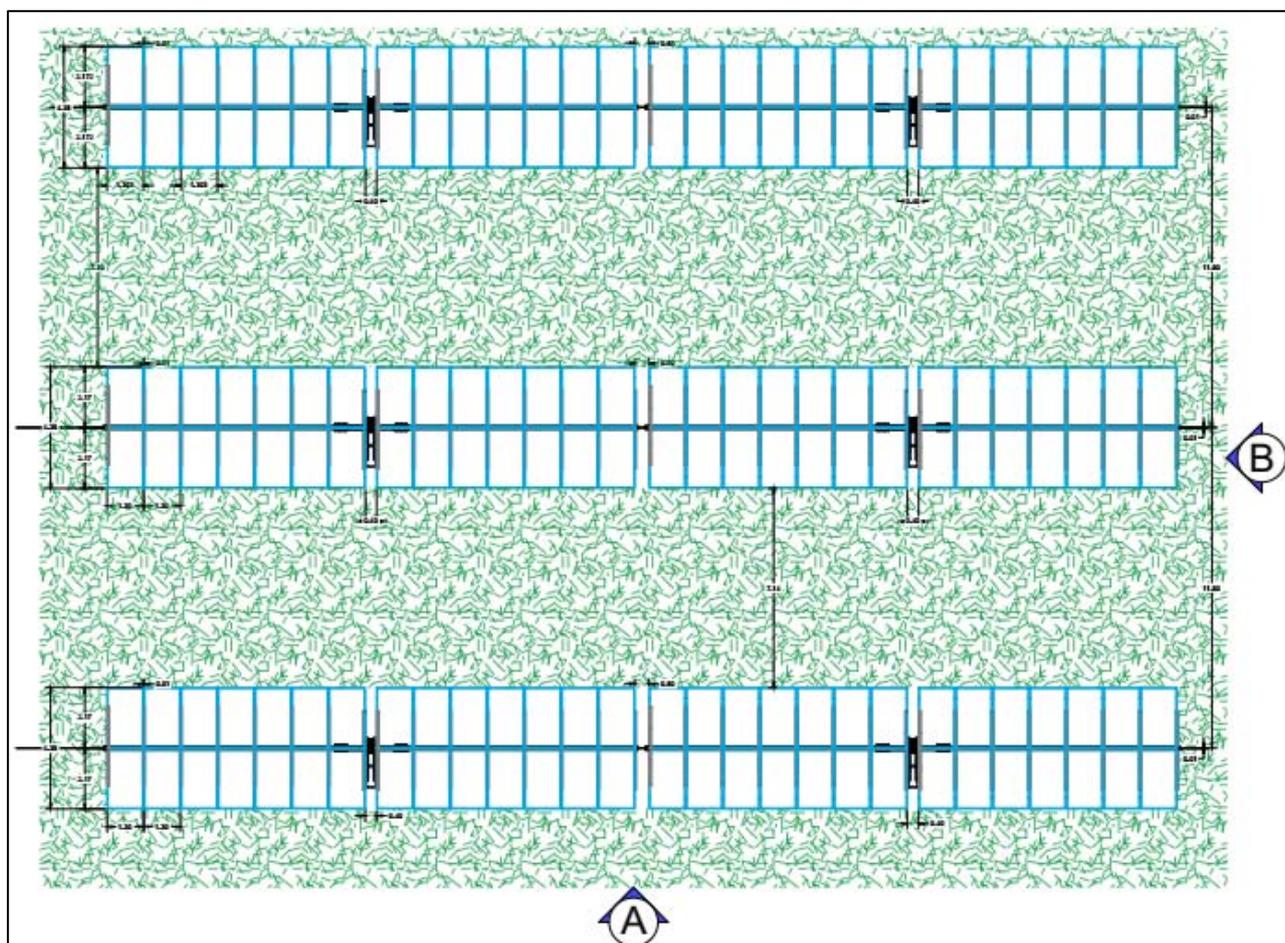


Fig. 35 – Schema sistema agrivoltaico vista in pianta.

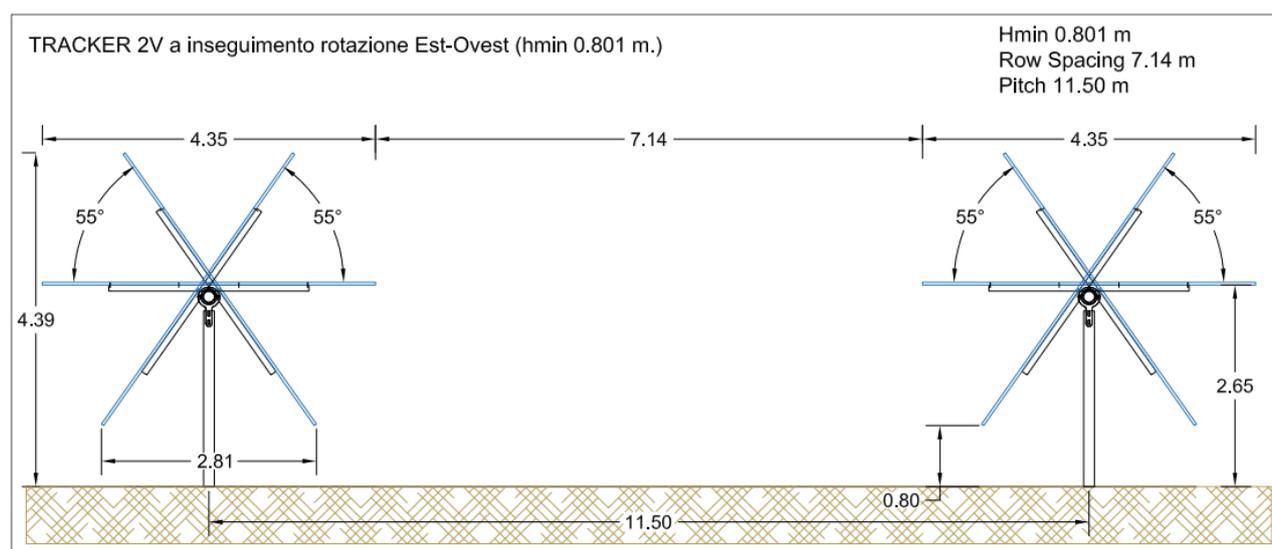


Fig. 36 – Schema quotato sistema agrivoltaico con tracker ad inseguimento est-ovest.

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 57/64



Fig. 37 – Planimetria generale sistema agrivoltaico GR Scanu, riferimento elaborato 09REA.13.01

9. Accorgimenti tecnici legati alla lavorazione dei campi.

Spesso la cattiva riuscita di una coltivazione è legata alla mancanza o non adeguata analisi di aspetti tecnico pratici che impediscono di fatto lo svolgimento di alcune operazioni colturali in tempi

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 58/64

e modi tecnicamente ed economicamente soddisfacenti. Sono stati adottati in conseguenza di questa necessità, una serie di accorgimenti che riguardano la lavorazione del terreno, il taglio e la raccolta del prodotto.

9.1. Lavorazione, taglio, raccolta foraggi.

Al bordo dei campi e tra le file dei pannelli sarà importante avere una facile transitabilità dei mezzi, rappresentati dalla trattore con gli attrezzi portati o trainati, necessari per le lavorazioni, quali erpice, fresa, barra falciante ranghinatore, seminatrice, imballatrice, rimorchio caricaballe, spandiconcime, barra irroratrice per i trattamenti. Tra i pannelli e il bordo dei campi sarà garantito uno spazio minimo di almeno 10 metri netti, mentre lungo le file dei pannelli avremo uno spazio utile di manovra di 9,26 metri e uno spazio utile di taglio del foraggio di 11,50 metri. Durante l'operazione colturale di taglio del foraggio, che avverrà durante le ore centrali della giornata (11:00-14:00) i pannelli rimarranno orientati nell'interfila in lavorazione (si lavorerà a file alterne), rispettivamente a 55° gradi ad est per una fila e 55° gradi ad ovest per l'altra fila, salvo diversa indicazione degli operatori agricoli, con la possibilità di posizionamento in orizzontale (Angolo 0° gradi). Le operazioni colturali di lavorazione del terreno per la semina, ranghinatura, imballatura, raccolta ed eventuali trattamenti fitosanitari, dovranno essere eseguite a interfile alterne (prima tutte le interfile pari e poi tutte le interfile dispari), con i pannelli dell'interfila in lavorazione orientati rispettivamente 55° gradi ad est per una fila e 55° gradi ad ovest per l'altra fila. Con questo posizionamento si hanno degli spazi di manovra più ampi ed inoltre i pannelli risultano orientati verso l'esterno rispetto al fronte di lavorazione evitando possibili danneggiamenti dovuti a urti con particelle di terra o sassi scagliati dalle macchine in lavorazione. Ulteriori dettagli sono evidenziati nella tavola 09REA.02.01 schema di lavorazione delle colture. Particolare attenzione è riservata alla parte perimetrale di ogni comparto, mediante la realizzazione di una fascia antincendio larga 10 metri, di questi, i 5 metri più interni vengono coltivati normalmente ma, dopo la raccolta del foraggio si procede con una lavorazione leggera (erpicoltura) a protezione dei campi e dei moduli.



Fig. 37 – Foto esempio di erpicatura leggera post raccolta foraggi.

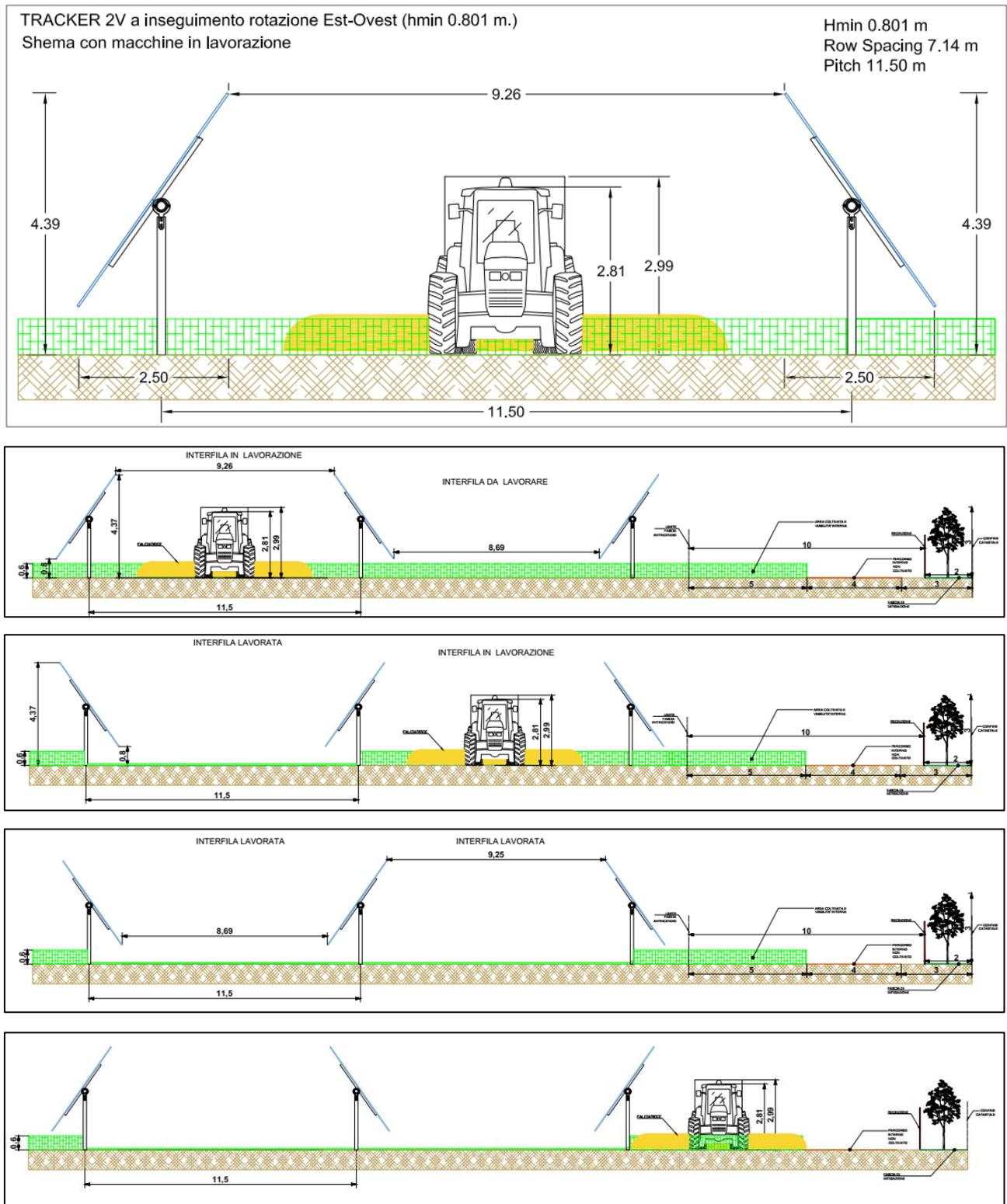


Fig. 38 – Schema di lavorazione a file alterne.

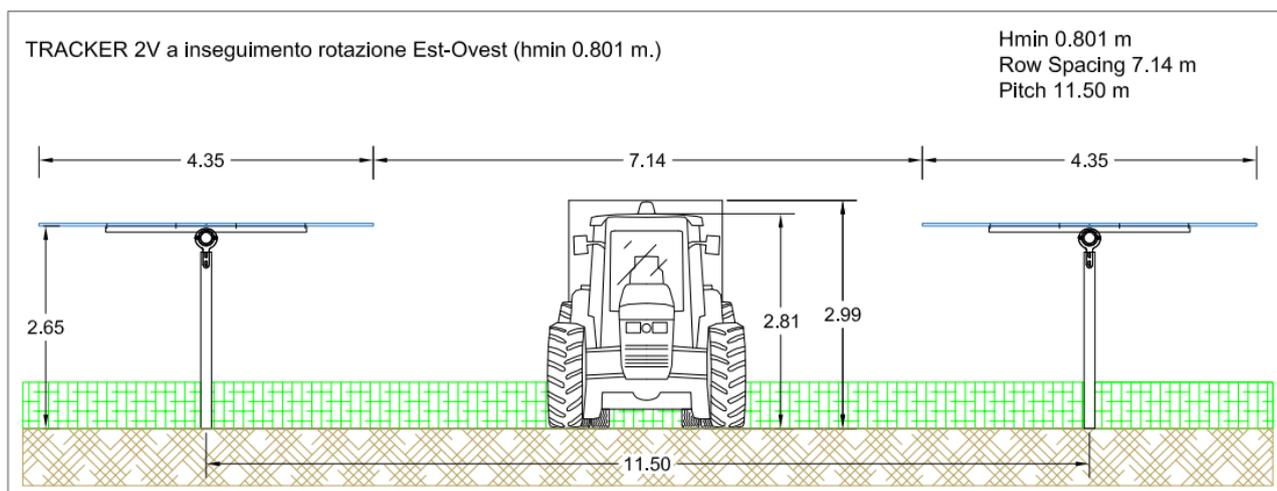


Fig. 39 – Ingombri tracker con inclinazione a 0°.

10. Specie Arboree utilizzate per le fasce di mitigazione.

Attraverso un apposito sopralluogo, si sono individuate e prese in esame le specie arboree presenti nell'area di progetto, al fine di definirne le caratteristiche e il loro possibile utilizzo relativamente agli aspetti di mitigazione sugli impatti paesaggistici e ambientali. Le specie di interesse individuate sono le seguenti:

Specie	Individuazione nel territorio
Leccio (<i>Quercus ilex</i> L.)	Piante sparse in alcuni appezzamenti vicini al sito di progetto.
Sughera (<i>Quercus suber</i> L.)	Piante sparse in alcuni appezzamenti vicini al sito di progetto.
Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i> Labill)	Fasce frangivento

Tra queste si è deciso l'impiego dell'eucalipto. L'eucalipto è una specie originaria dell'Australia temperata. Introdotto nel bacino del Mediterraneo verso la metà del XIX secolo come altre specie di eucalipti per scopi forestali, ornamentali e medicinali, è stato diffuso e propagato lungo le coste. In Italia si trova dalla Liguria alla Sicilia. E' un'importante essenza forestale; dalle foglie si ricava l'eucaliptolo, miscelanza di terpeni impiegata nella cura delle malattie respiratorie. Molto impiegata come specie frangivento in numerosi comprensori oggetto di bonifica agraria. Si tratta di una specie a rapido accrescimento, e pur essendo facilmente infiammabile, se colpita dal fuoco dopo un taglio raso delle parti bruciate, è in grado di rigenerarsi, ricacciando velocemente con la produzione di polloni robusti.

11. Considerazioni conclusive.

Il progetto "GR Scanu", coniuga la produzione di energia da fonte rinnovabile con quella agricola, inserendo quest'ultima in una filiera, quella foraggero-zootecnica, già presente e radicata nel territorio, nel rispetto delle Linee guida nazionali in materia di Impianti Agrivoltaici. L'impianto

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 61/64

rispetterà il requisito A, B, C e D delle linee guida, come meglio riassunto e specificato nelle tabelle seguenti.

Requisito	A1
Descrizione	E' prevista una superficie minima dedicata alla coltivazione tale da garantire sugli appezzamenti oggetto di intervento (superficie totale del sistema agrivoltaico, Stot) che almeno il 70% della superficie sia destinata all'attività agricola, nel rispetto delle Buone Pratiche Agricole (BPA). $S_{agricola} \geq 0,7 Stot$
Progetto GR Scanu	Il progetto proposto presenta un rapporto $S_{agricola} / Stot$ pari a 0,90 (90,23%) ampiamente superiore al parametro minimo previsto dal requisito A1.

Requisito	A2
Descrizione	Per valutare la densità dell'applicazione fotovoltaica rispetto al terreno di installazione è possibile considerare indicatori quali la percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR). Al fine di non limitare l'adizione di soluzioni particolarmente innovative ed efficienti le linee guida ritengono opportuno adottare un limite massimo di LAOR del 40%. $LAOR \leq 40\%$
Progetto GR Scanu	Il progetto proposto presenta una percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli LAOR pari al 24,05% ampiamente inferiore al parametro minimo previsto dalle Linee guida.

Requisito	B1
Descrizione	Continuità dell'attività agricola e pastorale sul terreno oggetto dell'intervento, che possiamo valutare attraverso 2 elementi: L'esistenza e la resa della coltivazione
Progetto GR Scanu	Attualmente le colture praticate nel sito di progetto da parte della ditta individuale Azienda Agricola Brodu Mario gestita dal titolare signor Mario Brodu sono di tipo foraggero, con la coltivazione di erbai autunno primaverili di tipo polifita o "miscuglio", alternati in alcuni casi ogni 4-5 anni con erbai monofiti o "in purezza" di Trifoglio, Avena o Loglio. L'analisi comparata di concerto con le valutazioni di chi gestisce il fondo agricolo, ha portato all'individuazione delle medesime specie foraggere attualmente coltivate come colture da inserire nel campo agrivoltaico, mediante la coltivazione di erbai polifiti (trifoglio vecchia avena loglio) che si possono alternare ogni 3-4 anni con erbai monofiti "in purezza" con Loglio o Trifoglio. Sulle rese della coltivazione del campo agrivoltaico non ci si attendono differenze sostanziali rispetto alla coltivazione ordinaria con variazioni stimate in base alle conoscenze attuali (si ricorda che siamo agli albori di questo genere di coltivazioni), nell'ordine del 10-15%.

Requisito	B2
Descrizione	La producibilità elettrica dell'impianto agrivoltaico, rispetto ad un impianto standard e il mantenimento in efficienza della stessa. $FV_{agri} \geq 0,6 FV_{standard}$
Progetto GR Scanu	Relativamente al soddisfacimento del requisito sulla producibilità elettrica minima, in fase esecutiva, verrà prodotto un calcolo approfondito secondo le indicazioni della Norma CEI 82-93 "Impianti agrivoltaici" a dimostrazione della verifica della disuguaglianza sopra richiamata.

COMUNE DI GUSPINI –PROVINCIA DEL MEDIO CAMPIDANO (VS)

Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", della potenza di 25.141,76 kWp

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 62/64

Requisito	C
Descrizione	L'impianto agrivoltaico deve adottare soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra. Considerata l'altezza media dei moduli su strutture mobili, limitatamente alle configurazioni in cui l'attività agricola è svolta anche al di sotto dei moduli stessi, si possono fissare come valori di riferimento per rientrare nelle tipologie identificabili come impianti agrivoltaici avanzati che rispondo al REQUISITO C: -- 1,3 metri nel caso di attività zootecnica (altezza minima per consentire il passaggio con continuità dei capi di bestiame); -- 2,1 metri nel caso di attività colturale (altezza minima per consentire l'utilizzo di macchinari funzionali alla coltivazione).
Progetto GR Scanu	Il progetto prevede la realizzazione di un impianto con altezza media dei moduli pari a 2,65 metri, ad inseguimento solare lungo l'asse Nord-Sud direzione EST-OVEST, rispettando quindi a pieno il requisito C.

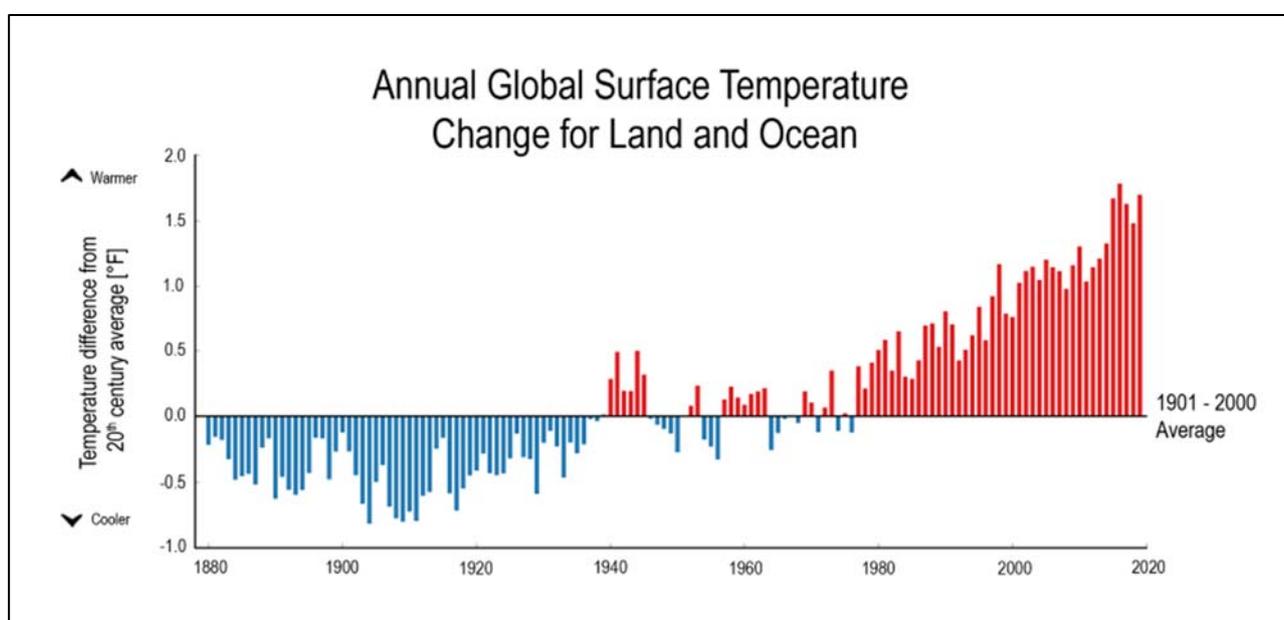
Requisito	D1
Descrizione	Monitoraggio del risparmio idrico si specifica che i sistemi agrivoltaici possono rappresentare importanti soluzioni per l'ottimizzazione dell'uso della risorsa idrica, in quanto il fabbisogno di acqua può essere talvolta ridotto per effetto del maggior ombreggiamento del suolo
Progetto GR Scanu	Il progetto proposto prevede coltivazioni agricole (erbai polifiti monofiti) a ciclo autunno vernino senza l'utilizzo di acqua proveniente da rete irrigua peraltro non presente in azienda. Gli erbai autunno vernini utilizzano esclusivamente le precipitazioni meteoriche senza ausilio dell'irrigazione. Va evidenziato che il parziale ombreggiamento che viene a verificarsi per la presenza dei moduli FV, può determinare una diminuzione della evapotraspirazione e della carenza idrica estiva. La riduzione dell'evaporazione di acqua dal terreno, consente certamente un più efficace utilizzo della risorsa idrica del suolo.

Requisito	D2
Descrizione	Monitoraggio della continuità dell'attività agricola, che deve essere rispettato da tutti i gli impianti definiti come agrivoltaici, gli elementi da monitorare nel corso della vita dell'impianto sono: 1. l'esistenza e la resa della coltivazione; 2. il mantenimento dell'indirizzo produttivo;
Progetto GR Scanu	Predisposizione di una relazione tecnica asseverata. Alla relazione potranno essere allegati i piani annuali di coltivazione, recanti indicazioni in merito alle specie annualmente coltivate, alla superficie effettivamente destinata alle coltivazioni, alle condizioni di crescita delle piante, alle tecniche di coltivazione.

Questo progetto ha rappresentato un momento di studio e confronto tra diverse professionalità provenienti da ambiti diversi, agrario, geologico, ingegneristico, elettrico, ambientale, archeologico e paesaggistico, che ha portato all'individuazione di una soluzione che noi crediamo tecnicamente valida per il raggiungimento degli obiettivi previsti per questo tipo di impianti, tenendo presente che

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 63/64

ci troviamo solo all'inizio di una rivoluzione in ambito energetico e agro ambientale che cambierà nel giro di pochi anni la fonte dell'approvvigionamento di energia nel territorio italiano ed europeo. In particolare, il confronto e la collaborazione tra numerose figure e professionalità, ha permesso di giungere alla scelta di una proposta progettuale che coniuga le diverse esigenze che devono essere soddisfatte da un impianto agrivoltaico, ottimizzando quindi il sistema nel suo complesso, tenendo però come punti fermi sia la dimensione energetica, che quella agronomica, senza creare squilibri funzionali tra le due parti. C'è un dato rappresentato dalla **variazione annuale della temperatura superficiale globale per la terraferma e gli oceani**, diffuso dalla World Meteorological Organization (WMO), che fa capire bene l'urgenza per una rapida ed efficace transizione ecologica.



La temperatura media globale riferita al 2020 è in aumento di +1,2 gradi rispetto al livello registrato nel 1850-1900. Dagli anni '80 ogni decennio è stato più caldo del precedente a causa dei livelli record di gas-serra nell'atmosfera, dovuti soprattutto alle emissioni di CO₂ del settore energetico (uso di combustibili fossili per produrre elettricità, nei trasporti, per riscaldare gli edifici e così via). La conseguenza è che meno di mezzo grado ci separa dal limite di 1,5 gradi fissato dagli accordi di Parigi. La transizione ecologica va realizzata adesso e in tempi brevi, infatti, senza una rapida decarbonizzazione, si va rapidamente verso una crescita esponenziale degli impatti socioeconomici negativi della crisi climatica. In quest'ottica le installazioni agrivoltaiche, come quella descritta nella presente relazione, progettate in modo da consentire la coltivazione dell'area sottostante l'infrastruttura energetica, rappresentano una delle risposte al problema, consentendo di perseguire simultaneamente gli obiettivi di riduzione delle emissioni senza riduzione del consumo di suolo e garantendo la continuità delle produzioni agricole.

PROGETTO	Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", nel Comune di Guspini, della potenza di 25.141,76 kWp	09REA.Doc.03
DEFINITIVO	ELABORATO N. 09REA.Doc.03 - Relazione Pedo-Agronomica e gestione agricola del fondo	pag. 64/64

Dottore Agronomo Sandro Marchi



COMUNE DI GUSPINI –PROVINCIA DEL MEDIO CAMPIDANO (VS)

Progetto agrivoltaico per la produzione energetica e agricola denominato "GR_Scanu", della potenza di 25.141,76 kWp