



REGIONE SICILIA  
REGIONE  
SICILIA



COMUNE DI  
TRAPANI



PROVINCIA DI  
TRAPANI

## PROGETTO DEFINITIVO

Impianto Agro-Fotovoltaico "Piana Borromea" della potenza di 54,5 MW integrato con impianto di accumulo da 10MW e relative opere di connessione da realizzare nel comune di Trapani in località "Borromea"

Titolo elaborato

**RS.12.REL.0008.Relazione agronomica**

Codice elaborato

**F0454AR07A**

Scala

-

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

### Progettazione



#### F4 ingegneria srl

Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza  
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452  
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico  
(ing. Giovanni Di Santo)



Gruppo di lavoro

ing. Giuseppe MANZI  
ing. Mauro MARELLA  
ing. Marco LORUSSO  
dott. for. Luigi ZUCCARO  
arch. Gaia TELESCA  
ing. Beniamino D'ERCOLE  
ing. Rosanna SANTARSIERO  
ing. Simone LOTITO  
ing. Gerardo SCAVONE



Società certificata secondo le norme UNI-EN ISO 9001:2015 e UNI-EN ISO 14001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).

Consulenze specialistiche

#### Consulenza agronomica

**Dott. Agr. Paolo Castelli**

Viale Croce Rossa 25 - 90144 Palermo - Italy

mail: paolo\_castelli@hotmail.it

pec: paolo\_castelli@pec.it

### Committente



**SOLAR PIANA BORROMEIA S.r.l**  
via Durini 9 20122 Milano (MI)

Amministratore unico  
GIANLUCA VENERONI

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Giugno 2022	Prima emissione	GTE	MMA	GDS

## Sommario

1. Premessa .....	4
2. Introduzione .....	4
3. Inquadramento Geografico e Territoriale .....	5
4. L'Agricoltura del comprensorio di Trapani (TP) .....	8
4.1 Pecorino Siciliano DOP .....	8
4.2 Nocellara del Belice DOP .....	8
4.3 Olio di oliva DOP "Valli Trapanesi" e DOP "Valle del Belice" .....	9
4.4 Sicilia DOC.....	10
4.5 Salaparuta DOC .....	11
4.6 Alcamo DOC.....	11
4.7 Erice DOC.....	12
4.8 Marsala DOC.....	13
4.9 Menfi DOC.....	13
4.10 Delia Nivolelli DOC.....	14
4.11 Terre Siciliane IGT.....	15
4.12 Colli Ericini IGT.....	15
4.13 Carciofo spinoso di Menfi.....	17
4.14 Aglio Rosso di Nubia .....	18
4.15 Melone cartucciarù di Paceco .....	19
4.16 Melone purceddu di Alcamo .....	20
4.17 Pomodoro pizzutello delle Valli Ericine.....	21
4.18 Vastedda della Valle del Belice DOP.....	22
4.19 Sale marino di Trapani IGP .....	23
5. Analisi dello stato di fatto .....	24
6. Climatologia.....	29
6.1 Precipitazioni.....	31
6.2 Temperature .....	32
6.3 Indici bioclimatici.....	33
6.4 Zone fitoclimatiche di Pavari.....	35
6.5 Aree ecologicamente omogenee .....	36
7. Aree vulnerabili alla desertificazione in Sicilia .....	38

8. Inquadramento pedologico del sito .....	40
9. La capacità d'uso del suolo.....	44
10. L'Agrovoltaico: esperienze e prospettive future.....	50
11. Agrometeorologia e la radiazione solare .....	53
11.1 Bilancio radiativo:.....	53
12. Coltivazione legumicola: quadro generale.....	61
13. Coltivazione legumicola: aspetti colturali .....	63
14. Le principali essenze leguminose da granella .....	64
14.1 Fava .....	64
14.2 Cece .....	66
14.3 Lenticchia .....	68
14.4 Arachide .....	69
15. Considerazioni energetiche riferite al layout di progetto .....	70
16. Interpretazione dei dati.....	83
17. Principi delle rotazioni – avvicendamenti .....	84
17.1 Ipotesi di avvicendamento colturale .....	85
17.2 Considerazioni economiche sulle colture: analisi costi-benefici.....	88
17.3 Considerazioni sulla produzione con FV.....	90
18. La tecnica dell'inerbimento.....	91
19. Opere di mitigazione: siepe perimetrale.....	93
20. Opere di mitigazione: fascia arborea perimetrale .....	96
20.1 Analisi dei costi fascia di mitigazione .....	100
21. Opere di mitigazione: rinaturalizzazione impluvi.....	101
22. Piano di monitoraggio delle cure colturali opere a verde.....	109
22.1 Sostituzione fallanze .....	109
22.2 Pratiche di gestione irrigua .....	109
22.3 Difesa fitosanitaria .....	109
22.4 Potatura di contenimento e di formazione.....	110
22.5 Pratiche di fertilizzazione .....	110
23. Mitigazione degli impatti sulla fauna .....	111
24. Analisi delle ricadute occupazionali agrovoltaico .....	112
25. Appendice I.....	113
25.1 Premessa .....	113

25.2 Agricoltura 4.0 e il panorama mondiale.....	114
25.3 I vantaggi dell’Agricoltura 4.0 .....	116
25.4 Agricoltura 4.0: digitalizzazione, sostenibilità e Tracciabilità .....	117
25.5 Esempio concreto: Internet of Things (IoT).....	120
25.6 L’Agricoltura di precisione.....	121
25.7 Esempi legati allo sviluppo di un’agricoltura di precisione .....	123
25.8 Agricoltura di precisione applicata alla coltivazione dell’Olivicoltura .....	126
26. Considerazioni relative alle “Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici “(MITE, Giugno 2022) .....	128
27. Conclusioni .....	130

## Studio Agronomico

### 1. Premessa

La società Solar Piana Borromea S.r.l. con sede legale a Milano in via Durini 9, società del gruppo GR Value S.p.a., ha in itinere un progetto per la realizzazione di un impianto solare per la produzione di energia elettrica con tecnologia agrovoltaica da realizzarsi nel Comune di Trapani (TP) in località Borromea. La società, per il proseguo dell'iter autorizzativo del progetto, ha incaricato il sottoscritto Dott. Agr. Paolo Castelli, iscritto all'albo dei Dottori Agronomi e dei Dottori Forestali della provincia di Palermo al n° 1198 Sez. A, di redigere il presente studio tecnico agronomico per meglio comprendere le eventuali criticità insite nell'inserimento di una tale opera nel contesto ambientale in cui si opera. Di seguito verranno affrontate e sviluppate le tematiche inerenti:

- Identificazione delle colture agricole idonee ad essere coltivate tra le interfile dell'impianto fotovoltaico monoassiale, permettendo lo svolgimento dell'attività di produzione di energia elettrica combinata con la coltivazione del terreno;
- Identificazione di colture/piante da mettere a dimora lungo il perimetro dell'impianto. La fascia arborea perimetrale di mitigazione, di larghezza pari a 10 m, con funzione essenzialmente di mascheramento;
- Indicazioni sia di carattere progettuale che gestionale da adottare, al fine di permettere la coltivazione delle specie identificate;
- Indicazioni di massima circa i costi di messa a dimora e di gestione delle coltivazioni proposte, nonché dei ricavi provenienti dal raccolto delle coltivazioni medesime.

### 2. Introduzione

I parchi fotovoltaici, sovente, si trovano ad essere oggetto di svariate critiche in relazione alla quantità di suolo che sottraggono alle attività di natura agricola. Le dinamiche inerenti alla perdita di suolo agricolo sono complesse e, sostanzialmente, riconducibili a due processi contrapposti: da un lato l'abbandono delle aziende agricole che insistono in aree marginali e che non riescono a fronteggiare adeguatamente condizioni di mercati sempre più competitivi e globalizzati e dall'altro l'espansione urbana e delle sue infrastrutture commerciali e produttive.

Le recenti proposte legislative della Commissione Europea inerenti alla Politica Agricola Comune (PAC), relativa al nuovo periodo di programmazione 2021-2027, accentuano il ruolo dell'agricoltura a vantaggio della sostenibilità ecologica e compatibilità ambientale. Infatti, in parallelo allo sviluppo sociale delle aree rurali ed alla competitività delle aziende agricole, il conseguimento di precisi obiettivi

ambientali e climatici è componente sempre più rilevante della proposta strategica complessivamente elaborata dalla Commissione EU. In particolare, alcuni specifici obiettivi riguardano direttamente l'ambiente ed il clima. In ragione di quanto asserito si porta alla luce la necessità di operare una sintesi tra le tematiche di energia, ambiente ed agricoltura, al fine di elaborare un modello produttivo con tratti di forte innovazione, in grado di contenere e minimizzare tutti i possibili trade-off e valorizzare massimizzando tutti i potenziali rapporti di positiva interazione tra le istanze medesime. A fronte dell'intensa ma necessaria espansione delle FER, e del fotovoltaico in particolare, si pone il tema di garantire una corretta localizzazione degli impianti, con specifico riferimento alla necessità di limitare un ulteriore e progressivo consumo di suolo agricolo e, contestualmente, garantire la salvaguardia del paesaggio. Contribuire alla mitigazione e all'adattamento nei riguardi dei cambiamenti climatici, come pure favorire l'implementazione dell'energia sostenibile nelle aziende agricole, promuovere lo sviluppo sostenibile ed un'efficiente gestione delle risorse naturali (come l'acqua, il suolo e l'aria), contribuire alla tutela della biodiversità, migliorare i servizi ecosistemici e preservare gli habitat ed i paesaggi sono le principali finalità della nuova PAC.

### **3. Inquadramento Geografico e Territoriale**

Il comune di Trapani estende il suo territorio sulla costa occidentale della Sicilia e verso l'entroterra. Sotto il profilo dell'uso e della vocazione produttiva del territorio, è possibile individuare all'interno del comprensorio due aree distinte: una fascia a nord, che comprende interamente il territorio di Custonaci e le parti settentrionali dei territori di Erice, Valderice e Buseto Palizzolo, caratterizzata da terreni scarsamente produttivi ai fini agricoli (la zona in questione è inserita tra quelle "svantaggiate" ai sensi della direttiva CEE 75/268), ma interessata dalle attività estrattive e di prima lavorazione del marmo; una fascia meridionale, a spiccata vocazione agricola, (olivicola, orticola e cerealicola) che comprende interamente il territorio del comune di Paceco, l'entroterra del comune di Trapani e le zone a sud dei territori comunali di Erice, Valderice e Buseto Palizzolo. Il territorio comunale, posto tra il livello del mare e un'altitudine massima di 751 metri, risulta costituito prevalentemente da argille e calcari e presenta un assetto idrogeologico precario che ha causato nel recente passato frequenti e gravi eventi alluvionali. Per quanto riguarda gli usi produttivi, la maggior parte del territorio è destinata all'agricoltura, mentre molto limitati sono i terreni destinati al pascolo e al bosco; ampie estensioni di territorio sono infine destinate agli impianti delle saline. L'area in cui sorgerà l'impianto in progetto denominato "Piana Borromea", ricade nel territorio comunale di Trapani (TP), con individuazione alle coordinate sotto riportate:

- Latitudine: 37.91°N;

- Longitudine: 12.64° E;
- Altitudine: circa 83 m slm.

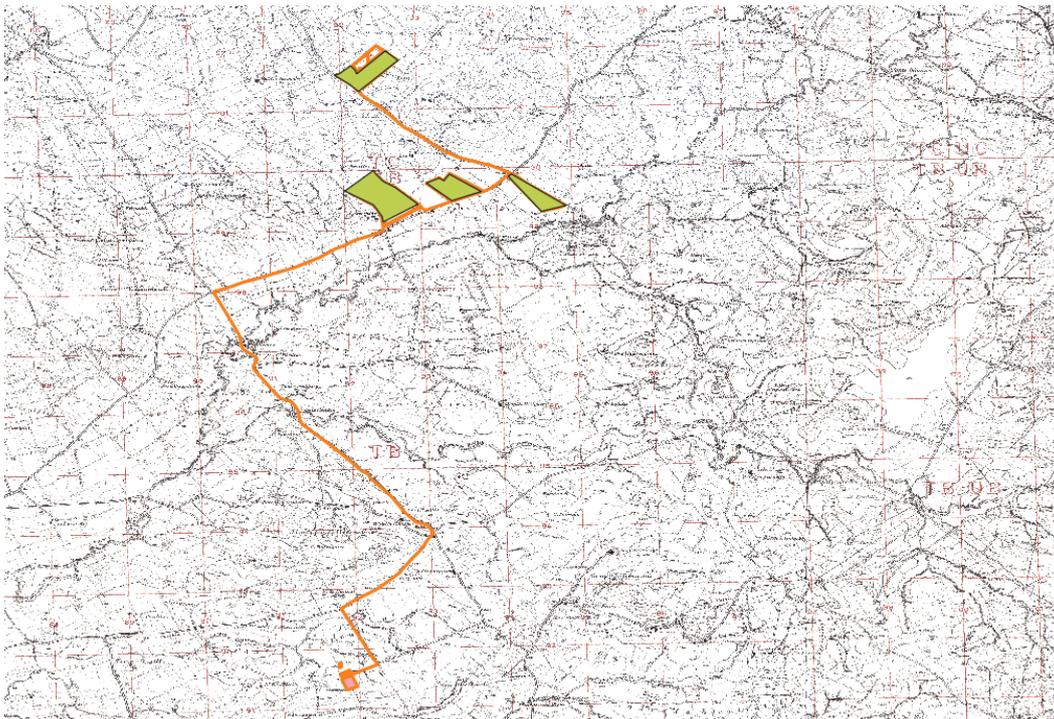
L'impianto fotovoltaico è collocato all'interno del comune di Trapani ad una distanza di circa 10 km in linea d'aria dal centro abitato, in località Piana Borrromea. Il cavidotto di connessione alla rete elettrica nazionale corre lungo viabilità esistente (Sp 29, SP 35 e SP 8) interessando quasi interamente il territorio comunale di Trapani e per un breve tratto attraversa anche quello del comune di Paceco (TP), fino a raggiungere la sottostazione elettrica situata anch'essa nel territorio del comune di Trapani. Il parco fotovoltaico e le opere connesse interesseranno una fascia altimetrica compresa tra i 98 e i 88 m circa sul livello del mare. Dal punto di vista cartografico l'area si localizza all'interno della Carta Tecnica Regionale CTR della Sicilia in scala 1:10.000; si estende in un'area a cavallo tra le sezioni n° 605080 per le superfici di impianto e n° 605120/605160 per le zone interessate al cavidotto di collegamento alla sottostazione. Dal punto di vista catastale, le aree oggetto di intervento, legate sia all'impianto fotovoltaico, alle opere di connessione e all'impianto di accumulo, risultano individuate al catasto del Comune di Trapani secondo lo schema riportato nel "Piano particellare di esproprio descrittivo".



1 - Inquadramento generale



2 – Ortofoto e areale di intervento



3 – Inquadramento aree di progetto su CTR 1:10000

## **4. L'Agricoltura del comprensorio di Trapani (TP)**

Il territorio della provincia di Trapani è tra i più floridi e interessanti per l'agricoltura siciliana. Esso si contraddistingue per le sue caratteristiche omogenee e per le condizioni pedoclimatiche che lo rendono protagonista per diverse produzioni di qualità. Passiamo dalla tradizionale vocazione per un'agricoltura di tipo estensivo ad indirizzo cerealicolo (sia da foraggio per uso zootecnico che per uso alimentare), alla vitivinicoltura, all'olivicoltura, alle colture orticole da pieno campo, ecc...

Di seguito si riportano le produzioni di qualità, racchiuse nei vari marchi (DOP, IGP, DOC e IGT), presidi e prodotti agroalimentari tradizionali, che caratterizzano e contraddistinguono il territorio della provincia di Trapani.

### **4.1 Pecorino Siciliano DOP**

Formaggio a pasta dura, crudo, prodotto esclusivamente con latte di pecora intero, fresco e coagulato con caglio di agnello. Si fabbrica nel periodo compreso fra l'ottobre e il giugno. La salatura viene effettuata a secco. Viene stagionato per almeno quattro mesi ed usato da tavola o da grattugia. Il formaggio stagionato presenta caratteristiche di forma cilindrica, a facce piane o leggermente concave, dimensioni e peso da 4 a 12 kg, altezza da 10 a 18 cm, con variazioni, in più o in meno in rapporto alle condizioni tecniche di produzione. La crosta bianco giallognola reca impressi i segni del canestro nel quale è stata formata (canestrata), cappata con olio o morchia d'olio; la pasta compatta, bianca o paglierina, con limitata occhiatura. La zona di produzione è rappresentata dall'intero territorio della Regione siciliana.

### **4.2 Nocellara del Belice DOP**

La denominazione d'origine "Nocellara del Belice" designa le olive da tavola prodotte negli oliveti costituiti dalla omonima varietà con presenza di eventuali doni locali e di varietà impollinatrici autoctone. La zona di produzione comprende i territori vocati per caratteristiche pedologiche e climatiche, individuati dagli organi tecnici dalla Regione Sicilia, nei comuni della provincia di Trapani. I terreni idonei per la coltivazione dell'olivo atto alla produzione della "Nocellara del Belice" sono prevalentemente sciolti, a tessitura sabbiosa ma anche argillosi e profondi. L'utilizzo dell'irrigazione, delle pratiche di concimazione e l'effettuazione delle altre pratiche colturali ed agronomiche devono essere effettuate secondo le modalità tecniche indicate dalla Regione Sicilia. Sono ammesse forme di allevamento in volume, riconducibili al vaso, di densità massima pari a 300 piante per ettaro; la produzione massima ad ettaro è di 70 quintali.

La raccolta delle olive deve essere effettuata a mano (brucatura), senza impiego di cascolanti. La conservazione e il trasporto delle olive deve avvenire in cassette a rete o graticci, in strati che non superino i 20 cm. Le olive debbono essere avviate alla lavorazione entro e non oltre 24 ore dalla raccolta. La concia delle olive, ai fini dell'acquisizione delle caratteristiche previste per l'immissione al consumo, deve essere effettuata con uno dei seguenti sistemi nell'ambito territoriale della provincia di Trapani: Olive verdi a) fermentazione lattica (sistema sivigliano); b) cangianti al naturale; c) sistema Castelvetrano. Le olive da mensa designate con la denominazione d'origine protetta "Nocellara del Belice" all'atto dell'immissione al consumo devono avere le caratteristiche indicate dalle norme di settore, in accordo con le caratteristiche delle olive da tavola contenute nel "Codex Alimentarius".

#### **4.3 Olio di oliva DOP "Valli Trapanesi" e DOP "Valle del Belice"**

Allo stato attuale, il panorama varietale di olivo in Sicilia è costituito da 25 cultivar di comprovata origine autoctona (Caruso et al., 2007). Tra queste 8 cultivar principali, che rappresentano la base genetica delle produzioni olearie siciliane ('Biancolilla', 'Nocellara del Belice', 'Cerasuola', 'Moresca', 'Ogliarola messinese', 'Nocellara etnea', 'Tonda iblea', 'Santagatese'), 8 cultivar minori, presenti in aree olivicole ristrette ('Brandofino', 'Calatina', 'Crastu', 'Giarraffa', 'Minuta', 'Nocellara messinese', 'Piricuddara', 'Verdello') e 9 cultivar neglette a rischio di estinzione ('Aitana', 'Bottone di gallo', 'Cavalieri', 'Erbano', 'Lumiaru', 'Nasitana', 'Nerba', 'Olivo di Mandanici', 'Vaddarica'). La ricchezza varietale dell'olivicultura siciliana e la localizzazione in specifici ambiti territoriali di ciascuna cultivar (Marra et al., 2013; Caruso et al., 2014) ha reso possibile il riconoscimento, da parte dell'Unione Europea, di un numero di aree a denominazione di origine protetta (DOP) che non ha uguali in Europa. Sono infatti presenti nel territorio siciliano 6 aree che producono oli DOP, ognuna di esse con una base varietale diversificata. L'olivicultura della Sicilia Occidentale si basa essenzialmente su tre cultivar: 'Biancolilla', 'Cerasuola' e 'Nocellara del Belice'. La 'Biancolilla' non è una vera e propria cultivar bensì una cultivar-popolazione i cui frutti, prima dell'invaiaatura, mostrano un'attenuazione del colore che vira dal verde al biancastro. Grazie alla sua variabilità genetica, le caratteristiche degli oli di Biancolilla sono molto variabili a seconda della zona di provenienza. L'olio di questa cultivar tende comunque a caratterizzarsi, dal punto di vista chimico, per il basso contenuto di acido oleico e la scarsa concentrazione di polifenoli. Ha un sapore dolce con moderate note di amaro e piccante che lo rendono gradevole e delicato. La cultivar 'Nocellara del Belice' è la più importante per la quantità e la qualità del prodotto. Spesso è coltivata quasi in monocoltura nei territori del basso Belice che attualmente, con più di 1500 ha di superfici investite e produzioni di circa 3000 t, è il maggiore polo produttivo di olive da mensa di tutta la nazione. Rappresenta anche la base genetica degli oli DOP 'Valle del Belice' e ha ricevuto anche il riconoscimento di 'Denominazione di Origine Protetta Oliva Nocellara del Belice'. Usata principalmente per la concia in

verde, con il metodo sevillano o con quello alla castelvetranese, ma viene anche trasformata in nero, partendo da olive verdi, mediante un procedimento industriale di ossidazione in mezzo alcalino. Alla 'Nocellara del Belice' e alla 'Tonda Iblea' si deve il successo degli oli siciliani di qualità fuori dalla Sicilia, nei mercati nazionali e internazionali. La 'Cerasuola', tra le cultivar principali, si contraddistingue per le alte rese in olio e per le evidenti qualità nutraceutiche dei suoi oli che, grazie al giusto rapporto tra acidi grassi saturi, monoinsaturi e polinsaturi, all'abbondante patrimonio antiossidante, posseggono tutti i requisiti chimici che i nutrizionisti ricercano in un olio di oliva. Tuttavia, presenta indubbi aspetti negativi: è molto sensibile alla rogna dell'olivo, è androsterile ed è particolarmente vigorosa e assurgente. Per quanto riguarda gli oli extravergini di oliva siciliani, la frammentazione varietale fa sì che, spostandosi da un capo all'altro dell'Isola le caratteristiche qualitative delle produzioni cambiano sensibilmente. Fin dall'antichità le olive erano usate nell'alimentazione dei locali e, a partire dal IV secolo a. C., nella Sicilia occidentale, le olive più grosse venivano trattate con sale e morchia e conservate nello stesso olio, come riferiscono molte commedie latine a proposito delle grosse olive dell'Ericino conservate in salamoia d'erbe. L'olio di oliva era sempre presente sulle mense dei Siciliani e, in seguito, dei latifondisti romani. Questi ultimi, nelle grandi tenute, in cui era divisa la provincia di Sicilia, ricavano l'olio anche dall'olivo selvatico e dall'olivo nano. La zona di produzione D.O.P. "Valli Trapanesi" è estesa 6.000 ettari circa e riguarda i comuni di Alcamo, Buseto Palizzolo, Calatafimi, Castellammare del Golfo, Custonaci, Erice, Marsala, Mazara del Vallo, Paceco, Petrosino, Poggioreale, Salemi, San Vito lo Capo, Trapani, Valderice e Vita. L'olio extra vergine di oliva DOP Valli Trapanesi è prodotto dalle olive delle cultivar: Cerasuola e Nocellara del Belice, da sole o unitamente, e in ogni caso in misura non inferiore all'80%.

#### **4.4 Sicilia DOC**

I vini della Denominazione di Origine Controllata "DOC Sicilia" sono vini ottenuti dalle uve prodotte dai vigneti aventi, nell'ambito aziendale, una composizione ampelografica specifica. La zona di produzione delle uve destinate alla produzione dei vini a Denominazione di Origine Controllata "Sicilia" comprende l'intero territorio amministrativo della Regione Sicilia. Le condizioni ambientali dei vigneti destinati alla produzione di tali vini sono rappresentate da quelle tradizionali della zona e atte a conferire alle uve le specifiche caratteristiche di qualità e pregio. I vigneti sono identificati su terreni idonei per le produzioni della denominazione di origine di cui si tratta e, pertanto, rimangono esclusi i terreni eccessivamente umidi o quelli insufficientemente soleggiati. Per nuovi impianti di produzione o reimpianti, sono indicate come forme di allevamento quella a controspalliera o ad alberello ed eventuali varianti similari, con una densità dei ceppi per ettaro non inferiore a 3.200.

#### **4.5 Salaparuta DOC**

La zona geografica delimitata ricade nella provincia di Trapani e comprende tutto il territorio del comune di Salaparuta. Le uve destinate alla produzione dei vini a denominazione di origine controllata «Salaparuta» devono provenire da vigneti ubicati in terreni vocati alla qualità all'interno dei confini suddetti. Le condizioni ambientali e di coltura dei vigneti destinati alla produzione dei vini devono essere quelle tradizionali della zona di produzione e, comunque, atte a conferire alle uve le specifiche caratteristiche di qualità. I sesti di impianto, le forme di allevamento ed i sistemi di potatura devono essere quelli generalmente usati nella zona e atti a non modificare le caratteristiche delle uve e dei vini. Il territorio comunale di Salaparuta è situato sulle colline che dominano la Valle del Belice, nella parte più interna della provincia di Trapani a destra del fiume Belice e confina con la provincia di Agrigento e di Palermo. Il comune di Salaparuta ha una estensione di 4.162 ettari, con una superficie vitata pari a quasi il 36% dell'intera superficie comunale e pari ad oltre il 52% della SAU (superficie agraria utilizzabile). La rete idrografica è rappresentata dal fiume Belice e dai due torrenti Tarucco ed Acque Colate. L'altitudine varia dai 90 metri s.l.m, nelle pianure a destra del fiume Belice, per arrivare ai 600 metri s.l.m. nella parte più alta del territorio. Il territorio si presenta, comunque, prevalentemente collinare, con terreni di struttura di medio impasto tendenzialmente argillosi, mentre nella parte più bassa, ai confini con la provincia di Agrigento costeggiato dal fiume Belice, si trovano terreni prettamente pianeggianti, con strutture di tipo alluvionali. Il colore prevalente dei terreni è il grigio più o meno chiaro e scuro, con qualche area grigio-giallastra e bruno-nera; in linea di massima ai terreni di colore grigiastro corrisponde una tessitura argillo-limosa o argillosa, con discreta capacità di ritenzione idrica, mentre ai terreni grigio-giallastri o bruno-scuri corrisponde una tessitura equilibrata o limo-sabbiosa.

#### **4.6 Alcamo DOC**

La zona di produzione delle uve atte alla preparazione dei vini a denominazione di origine controllata "Alcamo" ricade nelle province di Trapani e Palermo e comprende i terreni vocati alla qualità di tutto il territorio del comune di Alcamo ed in parte il territorio dei comuni di Galatafimi, Castellammare del Golfo, Gibellina, Balestrate, Camporeale, Monreale, Partinico, San Cipirello e San Giuseppe Jato. I territori di cui sopra, si trovano in un ambiente prevalentemente di media collina. I terreni agrari sono fortemente influenzati dal substrato su cui si sono formati e sono distinguibili in tre grosse zone: una, dove lo spessore del terreno è abbastanza limitato e la dotazione di elementi nutritivi scarsa, comprende terreni a tessitura franca con elevato tenore di scheletro calcareo, in cui è assicurata una buona

circolazione dell'aria e dell'acqua; fanno parte di questa zona le formazioni di classiche terre rosse (zona di Castellammare del Golfo), frammista a roccia affiorante. Procedendo verso l'interno lo spessore tende ad aumentare e la tessitura tende all'argilloso. Un'altra zona interessa gran parte del territorio: trattasi di regosuoli, meno strutturati e permeabili dei precedenti. Tuttavia, nelle zone più pianeggianti è possibile riscontrare vaste formazioni di "terre nere" che sono tra i suoli più fertili dell'isola. Infine, la terza zona, poco rappresentata, nella quale i suoli si sono sviluppati nelle formazioni gassose della serie gassoso-solfifera siciliana. Poco profondi, reazioni neutre o sub-alcaline, talvolta tendenti all'argilloso, a strutturali, scuri e poveri di elementi nutritivi. Le condizioni climatiche sono, in genere quelle della zona costiera settentrionale dell'isola, caratterizzate da miti temperature e piogge concentrate durante il periodo autunno-inverno con una piovosità media di 700 mm. annui. La media altitudine determina una migliore distribuzione delle piogge e una escursione termica più costante che influenza positivamente i processi di fioritura di allegagione e maturazione dell'uva. Inoltre, la felice esposizione geografica dell'intera zona influisce sui fenomeni enzimatici che preposti al metabolismo degli acidi e degli zuccheri, determinano un miglioramento qualitativo del prodotto. La zona, pur essendo particolarmente interessata a vento (maestrale, tramontana e nel periodo primavera-estate scirocco) non subisce danni considerevoli in quanto la natura accidentata del terreno riesce ad attenuare l'influenza di questa avversità atmosferica.

#### **4.7 Erice DOC**

La zona di produzione delle uve atte alla produzione dei vini a denominazione di origine controllata «Erice» ricade nella provincia di Trapani e comprende i terreni vocati alla qualità di tutto il territorio del comune di Busetto Palizzolo e parte dei territori dei comuni di Erice, Valderice, Custonaci, Castellammare del Golfo, Paceco e Trapani. La zona di produzione è molto ondulata per il diverso giuoco che ha avuto la degradazione meteorica nell'alternanza di masse rocciose dure e tenere. Sono presenti rocce calcaree ed argillose che, reagendo in modo diverso all'azione degli agenti atmosferici hanno dato forma ad un rilievo orografico molto vario. Il territorio è infatti cosparso di alture, che in determinati punti assurgono a veri e propri monti (Monte Erice e Montagna Grande a Trapani); prevalgono però le colline con un'altitudine media di circa 200 metri s.l.m. I suoli su cui prospera la vite, nella quasi totalità dei casi sono di medio impasto con tendenza all'argilloso. Il clima è mediterraneo insulare con inverni anche piovosi (piovosità media annua 600 mm) ed estati calde ed asciutte. L'orografia per la maggior parte collinare dell'areale di produzione e l'esposizione favorevole dei vigneti, concorrono a determinare un ambiente adeguatamente ventilato, luminoso e con un suolo naturalmente sgrondante dalle acque reflue, particolarmente vocato alla coltivazione della vite. Anche la tessitura e la struttura chimico-fisica dei terreni interagiscono in maniera determinante con la coltura della vite, contribuendo all'ottenimento

delle peculiari caratteristiche fisico chimiche e organolettiche dei vini della DOC "Erice". Anche il clima dell'areale di produzione, caratterizzato dalla temperatura costantemente al di sopra dello zero termico anche nel periodo invernale; periodi caldo-asciutti per almeno 5 mesi all'anno (maggio-settembre) con concentrazione delle piogge nei mesi autunnali ed invernali sono tutte caratteristiche che si confanno ad una viticoltura di qualità.

#### **4.8 Marsala DOC**

La zona di produzione delle uve destinate alla preparazione dei vini liquorosi di cui al precedente art. 1, comprende l'intero territorio della provincia di Trapani, esclusi i comuni di Pantelleria, Favignana ed Alcamo. La conformazione orografica della zona tipica di produzione è quasi interamente pianeggiante o di lieve altitudine (dai 50 m. s.l.m. della fascia costiera a max 300 m. s.l.m. delle basse colline nell'immediato entroterra). I vigneti, generalmente affacciati sul mare e comunque esposti ad intensa assolazione, vengono allevati su terreni aridi, poco fertili, che possono essere anche argillosi, di origine siliceo/calcareo (a volte ricchi di terre rosse) e sabbiosi, spesso con falde superficiali. Il clima è mediterraneo-insulare, con inverni anche piovosi ed estati calde ma asciutte, a volte torride a causa dei frequenti venti caldi africani. L'incidenza dei fattori umani è riferita alla puntuale definizione dei seguenti aspetti tecnico produttivi, che costituiscono parte integrante del disciplinare di produzione:

- base ampelografia dei vigneti: i vitigni idonei alla produzione dei vini in questione, sono quelli tradizionalmente coltivati nell'area geografica considerata;
- le forme di allevamento, i sestri d'impianto e i sistemi di potatura che, anche per i nuovi impianti, sono quelli tradizionali e tali da perseguire la migliore e razionale disposizione sulla superficie delle viti, sia per agevolare l'esecuzione delle operazioni colturali, sia per consentire la razionale gestione della chioma, permettendo di ottenere una adeguata superficie fogliare ben esposta e di contenere le rese di produzione di vino entro i limiti fissati dal disciplinare;
- le pratiche relative all'elaborazione dei vini sono le pratiche enologiche leali e costanti, atte a conferire ai prodotti le loro caratteristiche specifiche e, in particolare, è ammessa soltanto l'aggiunta di alcol etilico di origine viticola o di acquavite di vino.

#### **4.9 Menfi DOC**

Le uve destinate alla produzione dei vini a denominazione di origine controllata "Menfi" devono provenire dalla zona di produzione appresso indicata che comprende parte dei comuni di Menfi, Sciacca e Sambuca di Sicilia in provincia di Agrigento e Castelvetro in provincia di Trapani. I suoli della zona di produzione sono principalmente Regosuoli, costituiti da rocce argillose a reazione da neutra ad alcalina; Suoli bruni con fino al 35% di argilla, a reazione sub alcalina; Litosuoli su tufo calcareo di

buona fertilità, talvolta con basso tenore fosforico, elettivi per la vite; Vertisuoli, terreni argillosi, poveri di sostanza organica, areazione sub-alcaina; Suoli rossi mediterranei, argilloso – sabbiosi a reazione sub alcalina; Suoli alluvionali freschi, profondi, poco alcalini; Suoli bruni, terreni poco argillosi, ricchi di potassio e poveri di altri elementi nutritivi. Il clima del comprensorio risulta tipicamente mediterraneo con precipitazioni concentrate nel periodo autunno – vernino. La giacitura è prevalentemente pianeggiante, mentre la collina rappresenta il 30% circa del territorio della DOC. Il territorio delimitato della DOC in questione oltre alla giacitura più o meno pianeggiante e all'esposizione favorevole dei vigneti, concorre a determinare un ambiente adeguatamente ventilato, luminoso e con un suolo naturalmente sgrondante dalle acque reflue, particolarmente vocato alla coltivazione della vite. La tessitura e la struttura chimico-fisica dei terreni interagiscono in maniera determinante con la coltura della vite, contribuendo all'ottenimento delle peculiari caratteristiche fisico chimiche ed organolettiche dei vini della DOC "Menfi". Anche il clima dell'areale di produzione, caratterizzato dalla temperatura costantemente al di sopra dello zero termico anche nel periodo invernale; periodi caldo-asciutti per almeno 5 mesi all'anno (maggio-settembre) con concentrazione delle piogge nei mesi autunnali ed invernali sono tutte caratteristiche che si confanno ad una viticoltura di qualità. La millenaria storia vitivinicola di questo territorio, dall'epoca ellenistica e romana fino ai giorni nostri, attestata da numerosi documenti, è la generale e fondamentale prova della stretta connessione ed interazione esistente tra i fattori umani e la qualità e le peculiari caratteristiche dei vini della DOC "Menfi". Le varietà presenti sono prevalentemente quelle autoctone e, di recente si è avuto il rinnovamento della compagine varietale anche con l'introduzione di varietà alloctone, che, nelle condizioni pedo-climatiche della zona in esame, grazie alla capacità tecnica degli imprenditori agricoli del territorio, esplicano al meglio le loro caratteristiche, valorizzate dalle cantine del territorio, facendo ottenere i vini della DOC in argomento, che sono riusciti ad avere una rinomanza e reputazione a livello internazionale.

#### **4.10 Delia Nivolelli DOC**

L'area interessata al vino DOC in questione comprende gli interi territori Comunali di Mazara del Vallo, Marsala, Petrosino e parte del territorio di Salemi; confina a sud con il mare Mediterraneo, a nord con i territori di Salemi e Trapani ad ovest con il territorio di Trapani e ad est con il territorio di Campobello di Mazara e Castelvetrano. Il territorio interessato, morfologicamente, può essere suddiviso in tre zone: la prima si può identificare con la conca del Delia Nivolelli, e comprende tutta la fascia interna del Comune di Mazara del Vallo fino ad arrivare al territorio di Salemi, la seconda è rappresentata dall'entroterra del Comune di Marsala ed è costituita principalmente da suoli appartenenti all'Associazione Regosuoli – Suoli bruni – suoli bruni leggermente lisciviati e vertisuoli; la terza è costituita da un tavolato calcareo, che è presente lungo tutta la fascia costiera abbracciando i Comuni di Mazara del Vallo, Petrosino e

Marsala. La conca del Delia Nivolelli presenta una giacitura più o meno pianeggiante e risulta delimitata da un anfiteatro di altopiani e dossi collinari poco elevati, con tessitura prevalentemente argillosa. La natura dei terreni è prevalentemente argillosa e alluvionale; il colore prevalente dei terreni è grigio chiaro – scuro. Il tavolato calcareo che si riscontra in tutta la fascia costiera interessata alla DOC presenta una giacitura pianeggiante ed una ricca falda freatica; la tessitura è equilibrata con buona permeabilità e quindi un'ottima potenzialità pedo-agronomica, soprattutto dove il profilo è più profondo nei casi in cui viene effettuata l'irrigazione. Il clima è di tipo mediterraneo, molto mite e poco piovoso nel periodo autunno-vernino e caldo arido nel periodo primaverile-estivo, con una piovosità media di 576 mm suddivisa in 68 giorni piovosi; il clima del comprensorio è condizionato dalla presenza di forti venti (Tramontana da nord, Scirocco da SE, Ponente da ovest e Maestrale da NO). L'irrigazione di soccorso nella zona in esame, considerato le caratteristiche climatiche sopra descritte, è particolarmente utile al fine di permettere un migliore andamento del decorso vegeto produttivo e l'esplicarsi delle migliori caratteristiche qualitative delle varietà coltivate

#### **4.11 Terre Siciliane IGT**

La denominazione "Terre Siciliane IGT" è riservata ai mosti ed ai vini che rispondono alle condizioni ed ai requisiti stabiliti dal relativo disciplinare di produzione. I vini a indicazione geografica tipica "Terre Siciliane", bianchi, rossi e rosati, devono essere ottenuti da uve provenienti da vigneti composti, nell'ambito aziendale, da uno o più vitigni idonei alla coltivazione nella Regione Sicilia a bacca di colore corrispondente, iscritti nel Registro Nazionale delle varietà di vite per uve da vino approvato con D.M. 7 maggio 2004, e successivi aggiornamenti. La zona di produzione delle uve per l'ottenimento dei mosti e dei vini atti a essere designati con l'indicazione geografica tipica "Terre Siciliane" comprende l'intero territorio amministrativo della Regione Sicilia.

#### **4.12 Colli Ericini IGT**

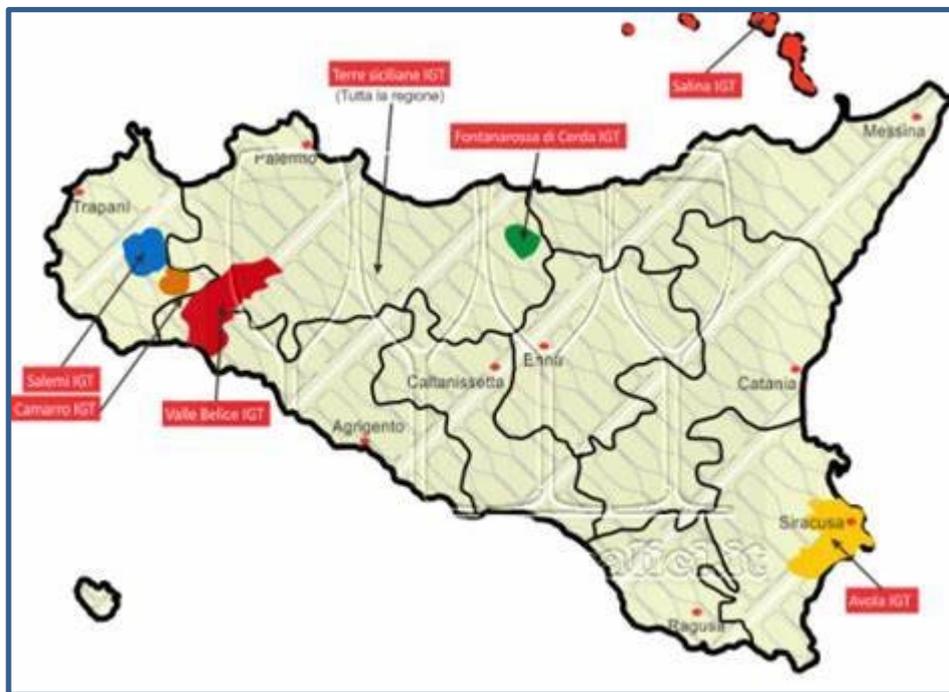
La zona di produzione delle uve per l'ottenimento dei mosti e dei vini atti ad essere designati con la indicazione geografica tipica "Colli Ericini" comprende l'intero territorio amministrativo della comune di Buseto Palizzolo e in parte il territorio dei comuni di Valderice e Custonaci in provincia di Trapani. Le condizioni ambientali e di coltura dei vigneti destinati alla produzione dei vini suddetti devono essere quelle tradizionali della zona. È prevista nei tipi bianco, rosso e rosato, tutti e tre anche nella tipologia frizzante. I vini bianchi sono ottenuti con uve di Cararratto bianco comune o Catarratto bianco lucido per almeno il 50%, e con uve di Inzolia, Damaschino e Grillo fino a un massimo del 50%. I rossi e rosati derivano da Nerello mascalese, Perricone (localmente detto Pignatello) e Frappato, da soli o congiuntamente, per almeno l'85%.

Impianto Agro-Fotovoltaico "Piana Borromea" integrato con 10 MW di storage e relative opere di connessione da realizzare nel comune di Trapani in località "Borromea".

Dott. Agr. Paolo Castelli



4 – Sicilia: principali zone DOC e DOCG



5 – Sicilia: zone IGT

#### 4.13 Carciofo spinoso di Menfi

Menfi è una delle capitali dell'agricoltura siciliana. Il suo territorio fertilissimo è coltivato a vigneto, oliveto, ortaggi: 9000 ettari di terra scura, soleggiata, che passano da 100 a circa 400 metri sul livello del mare. Oltre 600 ettari sono coltivati a carciofo. Lo spinoso di Menfi è famosissimo, storicamente, anche se in realtà la maggior parte dei carciofi che oggi si coltivano in questi terreni sono riservati a varietà moderne – tema2000, violetto di Provenza, alcune varietà di romanesco – in particolare vanno per la maggiore quelle inermi, senza spine, che il mercato oggi predilige. L'ecotipo storico, lo spinoso, è ancora coltivato e molto apprezzato ma indubbiamente vive male la competizione con gli ibridi anche tre, quattro volte più produttivi che vengono da fuori. Anche in quest'area della Sicilia l'erosione genetica delle varietà locali da parte degli ibridi prediletti dall'agricoltura specializzata sta cacciando gli ecotipi locali tradizionali. Dello spinoso di Menfi si ha notizia almeno dall'Ottocento, il terreno dedicato si estendeva al tempo dal fiume Carboj all'attuale Riserva naturale Foce del Belice. È una varietà autunnale, i primi capolini chiamati mammi hanno una forma ellissoidale, mentre i secondi, gli spaddi, sono ovoidali. È un carciofo di dimensioni medie rispetto alle altre varietà autunnali, le brattee, ovvero la parte edibile del carciofo, hanno una colorazione di base verde e un sopraccolore violetto, nella parte superiore sono presenti grandi spine dorate. Per questa caratteristica in passato era conosciuto anche con il nome di "spinello". Le spine sono indubbiamente un ostacolo sul mercato e richiedono un poco di pazienza in cucina, ma lo spinoso ha molte altre ottime qualità: è aromatico, croccante, delicato. Molto ricercato per cottura alla brace, e anche per la produzione di sottoli, caponate e paté. Il suo alto contenuto di lignina lo rende infatti più resistente sia alla conservazione in olio (non si sfalda facilmente) e anche più resistente al calore intenso della brace. Le carciofaie hanno bisogno di poca acqua e non avendo bisogno di molti elementi nutritivi raramente vengono concimati. La raccolta avviene manualmente a partire dalla fine di novembre fino alla fine di aprile. Dopo si trincia tutto quanto è rimasto. Trinciando la parte secca della pianta si facilitano le operazioni di recupero degli ovuli migliori, precedentemente segnati con la colorazione alla base dei ceppi. Tradizionalmente la fine della stagione produttiva è il primo maggio, quando i menfitani si ritrovano in campagna per arrostitire gli ultimi carciofi rimasti cotti su braci di potature di olivo. Il carciofo prima di essere messo sulla brace si batte con tutte le spine su una base di marmo per favorire l'apertura delle brattee si condisce con olio extravergine di oliva, sale ed aglio. Risulta essere presente non solo a Menfi ma su tutto il territorio della provincia di Trapani.



6 – Carciofo spinoso di Menfi

#### **4.14 Aglio Rosso di Nubia**

Il nome deriva da una piccola contrada di Paceco (Trapani), zona di coltivazione storica, e dal colore. L'area di produzione comprende il comune di Paceco, parte del comune di Trapani, Erice, la zona settentrionale di Marsala e Salemi: in tutto circa 90 ettari. Ma attualmente se ne coltivano circa 15, generalmente in asciutto, in terreni scuri e argillosi e in rotazione con il melone, le fave e il grano duro. Si semina tra novembre e dicembre (a volte anche in gennaio) e si raccoglie fresco nel mese di maggio, oppure a giugno, essiccato in parte sui campi. La raccolta va effettuata la sera (nelle giornate più calde occorre attendere addirittura il calare della notte) perché le foglie, essendo più umide, consentono il lavoro manuale di intreccio dei bulbi. L'aglio Rosso di Nubia ha un bulbo costituito mediamente da dodici bulbilli, le tuniche esterne bianche e quelle interne di colore rosso vivo. Secondo la tradizione viene confezionato in trecce molto grandi (di cento teste ciascuna) e appeso ai balconi oppure sistemato in cantine o magazzini. A seconda del diametro del bulbo, la trizza si chiama cucchia rossa (50 mm), corrente (40 mm), cucchisedda (30 mm) o mazzunedda (20-25 mm). Da qualche anno, per andare incontro alle esigenze del mercato, si producono trizze con una sola treccia e un numero inferiore di bulbi (da 10 a 50) ed un cestino formato da soli 4 bulbi. Il sapore dell'aglio rosso di Nubia è particolarmente intenso, grazie al suo contenuto di allicina, nettamente superiore alla media (sono stati fatti confronti dalla Facoltà di Agraria di Palermo con le principali varietà nazionali). Nella cucina trapanese è ingrediente cardine di alcune delle preparazioni tipiche più importanti. In primo luogo, la pasta con il pesto alla trapanese (a base di aglio pestato, basilico, mandorle, pomodoro, olio extravergine, sale e pepe), piatto povero che, in dialetto, si chiama appunto pasta cull'aggghia, cioè all'aglio. E quindi il celebre cuscus di pesce.



7 – Aglio rosso di Nubia

#### 4.15 Melone cartucciaru di Paceco

Le campagne di Paceco, nel trapanese, già a partire dal mese di giugno si colmano di meloni gialli. Precoci e molto produttivi, contendono a inizio stagione il mercato ai meloni mantovani e a quelli della piana di Sibari ma, a fine luglio, il prezzo crolla a causa dell'eccesso di offerta. A quel punto non conviene più raccogliarli e vengono lasciati in campo a nutrire greggi di pecore e capre. Uno spettacolo frequente ad agosto in queste zone, da alcuni anni in qua. Gli ibridi gialli che hanno sostituito gli autoctoni sono arrivati in queste terre agli inizi degli anni Novanta: il primo è stato il Madras, tuttora coltivato insieme al Campero e all'Helios, che va per la maggiore. Il vecchio cartucciaru di Paceco – un antico melone dalla forma allungata, con l'estremità un poco ricurva, buccia liscia e gialla, polpa bianca e succosa – poco alla volta è sparito dai campi. Eppure, era eccellente. Le ragioni dell'abbandono sono dovute al fatto che ci mette un mese in più dell'Helios a maturare: 70-80 giorni contro i 100 giorni delle varietà tradizionali. Inoltre, le varietà tradizionali sono meno produttive, il vantaggio è che non richiedono irrigazione o concimazioni. Non sono spinte con concimi azotati perché crescano in breve come gli ibridi. Il cartucciaru si semina ad aprile – in serra perché all'aperto le api impollinerebbero e si raccoglie a partire da giugno fino ad agosto. Appartiene, come il purceddu d'Alcamo (che è però è verde), il tondo giallo di Fulgatore e il bianco tondo, ai cosiddetti "meloni d'inverno" che, appesi in luoghi ventilati e freschi, diventano più dolci con il passare del tempo e si conservano ancora un paio di mesi, alcuni fino a Natale. Sono tutti ottimi frutti da tavola, ma si utilizzano anche per le granite e per il gelato. Risulta presente con diverse coltivazioni anche a Trapani.



8 – Melone cartucciaru di Paceco

#### 4.16 Melone purceddu di Alcamo

Il purceddu d'Alcamo ha la buccia verde, costoluta e rugosa e la forma ovale. Si chiama purceddu perchè la sua forma ricorda un maialino (purceddu in dialetto). E 'una varietà rustica, che si conserva a lungo e che va coltivata rigorosamente in asciutto. La polpa bianca è succosa e diventa più buona e dolce con il passare del tempo grazie alla progressiva concentrazione degli zuccheri contenuti nella polpa. I meloni sono uno dei prodotti più importanti e antichi dell'agricoltura trapanese. Seminati a maggio, si raccolgono, quando non sono ancora perfettamente maturi (in dialetto si dice gresti) a partire da agosto e la loro caratteristica più importante è appunto la serbevolezza. Dopo il raccolto si ripongono in magazzini freschi e ventilati, sovrapposti a cumuli, all'interno di recinti chiamati zamme. Ogni quindici giorni si devono rivoltare con grande cura, senza scuoterli o provocare urti. Questa pratica evita la formazione di marciumi. Ottimi fino a Natale e oltre, un tempo si conservavano anche fino a febbraio, con il passare del tempo diventano addirittura più buoni: tradizionalmente, dopo la raccolta, si sistemavano sulle terrazze delle case oppure si appendevano ai balconi. Il purceddu (*Cucumis melo* var. *inodorus*) appartiene a una famiglia di vecchie varietà – come anche il cartucciaru di Paceco, o il tondo bianco di Fulgatore – chiamate infatti meloni d'inverno, varietà che purtroppo rischiano di scomparire. Nel 1997, nella Sicilia occidentale, il "Melone d'inverno" occupava una superficie di circa 6000 ettari, di cui 1500 a buccia verde. Recenti indagini effettuate dalla Sezione operativa 85 dell'Assessorato Regionale all'Agricoltura hanno rilevato una diminuzione di ben 300 ettari di superficie e gli ultimi anni la tendenza continua a essere negativa e la concorrenza di meloni stranieri è sempre

più forte. Il melone purceddu è un ottimo frutto da tavola, ed è uno degli ingredienti del gelato e delle tradizionali granite siciliane. Presente anche in diverse zone della provincia di Trapani.



9 – Melone purceddu di Alcamo

#### **4.17 Pomodoro pizzutello delle Valli Ericine**

Alle falde del Monte Erice corrono le Valli Ericine, che giungono fino al mare nel territorio di Trapani. È un'area di terre rosse, ricche di salinità, che offrono crescono prodotti agricoli di altissima qualità: cereali, viti, meloni, aglio, pomodori. Il pomodoro pizzutello delle Valli Ericine si distingue per il colore rosso acceso a maturazione, la forma tondeggiante, la pezzatura piccola e la classica punta all'umbone che determina il nome. Coltivato in asciutto da molte generazioni (gli anziani di Paceco ricordano le sue coltivazioni da almeno 80 anni), nel tempo si è adattato bene a questo territorio, diventando un ecotipo particolarmente rustico: soprattutto quando vengono rispettate le rotazioni colturali, resiste bene a parassiti e malattie, e non ha bisogno di cure particolari, con l'eccezione di qualche zappettatura a mano. Gli agricoltori raccolgono ogni anno il seme dai pomodori del primo palco e lo conservano gelosamente per l'anno successivo. Si semina nel mese di aprile quasi esclusivamente in pieno campo, in terreni argillosi. I pomodori del pizzutello delle valli Ericine sono molto dolci: ottimi consumati freschi, possono essere trasformati in passata oppure conservati appesi a grappoli, legati con fili di spago. Insieme all'aglio rosso di Nubia, sono ingredienti del tradizionale pesto alla trapanese.



10- Pomodoro pizzutello delle Valli Ericine

#### **4.18 Vastedda della Valle del Belice DOP**

La Vastedda della valle del Belice si caratterizza per essere un formaggio ovino a pasta filata. La qualità e le caratteristiche organolettiche del latte utilizzato per la produzione del formaggio assumono carattere peculiare e non ripetibile altrove. Molteplici sono, infatti, gli studi scientifici che hanno dimostrato come il pascolo e la sua composizione botanica costituita da leguminose, graminacee e crucifere, influenzano le produzioni casearie modificandone la loro composizione chimica ed aromatica. Inoltre, la modalità di preparazione del caglio trasferisce al formaggio un patrimonio enzimatico che sviluppa aromi e sapori che non si riscontrano in altre paste filate. Una tecnologia di produzione antica ma sapiente, legata all'uso di strumenti della tradizione, conferisce inoltre quella particolarità che fa del formaggio Vastedda della valle del Belice un prodotto unico. Il territorio vocato alla produzione del formaggio Vastedda della valle del Belice è caratterizzato da suoli bruni calcarei, litosuoli, regosuoli e vertisuoli e da pascoli, naturali e coltivati ricchi di essenze spontanee e di ecotipi locali, che caratterizzano la qualità e composizione del latte conferendo al prodotto finito il suo particolare sapore dolce fresco con venature lievemente acidule. I fattori climatici dell'area di produzione della Vastedda della valle del Belice sono diversi rispetto ad altre aree della Sicilia; infatti, le temperature massime (35°C) e minime (9°) rilevate nella Valle del Belice e la particolare orografia dell'areale di produzione evitano quei bruschi cambiamenti climatici che possono interagire con la microflora casearia autoctona che caratterizza il formaggio Vastedda della valle del Belice. L'ovinicoltura e l'attività casearia, nell'area di produzione del formaggio Vastedda della valle del Belice, hanno un'antichissima tradizione; ancora oggi l'allevamento è di tipo tradizionale e viene praticato in ovili in grado di offrire un ricovero adatto alle esigenze degli ovini e al

loro benessere, con positivi riflessi sulla qualità del latte prodotto che conferisce alla Vastedda della valle del Belice le sue peculiarità. La Vastedda della valle del Belice è legata in maniera indissolubile al particolare ambiente edafico della zona, alle essenze pabulari locali, alle caratteristiche tecnologie di lavorazione del latte praticate dai maestri casari, nonché all'impiego delle attrezzature storiche in legno ed in giunco dove si annidano specifici ceppi della microflora casearia autoctona che sono in grado di rendere la Vastedda della valle del Belice un formaggio unico nel suo genere. Il nome Vastedda deriva dalla forma che il formaggio acquisisce dopo la filatura quando viene messa a rassodare in piatti fondi di ceramica, "Vastedde", onde conferirgli la forma di pagnotta. L'origine del nome deriva anche da "vasta" o guasta, per il tentativo dei casari del luogo di recuperare i formaggi freschi realizzati in estate e andati a male per le eccessive temperature.

La zona geografica di allevamento degli ovini, di produzione del latte, di trasformazione e di condizionamento del formaggio Vastedda della valle del Belice DOP, è compresa nella provincia di Trapani nell'ambito dei territori amministrativi dei seguenti comuni: Calatafimi, Campobello di Mazara, Castelvetrano, Gibellina, Partanna, Poggioreale, Salaparuta, Salemi, Santa Ninfa e Vita;



11- Vastedda della Valle del Belice DOP

#### 4.19 Sale marino di Trapani IGP

Il Sale Marino di Trapani IGP si riferisce al sale ottenuto con il metodo della precipitazione frazionata dei composti e degli elementi contenuti nell'acqua marina per evaporazione dell'acqua di mare, all'interno di saline della provincia di Trapani. La zona di produzione del Sale Marino di Trapani IGP interessa i comuni di Trapani, Paceco e Marsala, in provincia di Trapani, nella regione Sicilia. Si presenta con un colore bianco, cristalli consistenti e granuli di varie dimensioni. Il Sale Marino di Trapani IGP è un prodotto integralmente naturale: è ottenuto senza l'utilizzo di additivi, sbiancanti, conservanti o antiagglomeranti, risultando un sale particolarmente puro e per questo molto apprezzato dalle industrie

conserviere italiane ed europee. Essendo molto ricco di magnesio, tra le sue qualità annovera anche la massima solubilità.



12- Sale marino di Trapani IGP

## 5. Analisi dello stato di fatto

La vegetazione presente nel sito è costituita ampie distese di colture estensive ad indirizzo cerealicolo e da colture permanenti con indirizzo produttivo viticolo (uva da vino). Si riscontra, inoltre, una presenza elevata dello strato erbaceo caratterizzato, a livello intercalare, da malerbe infestanti di natura spontanea. Facendo riferimento all'area che sarà interessata dall'intervento in progetto, le specie arboree e arbustive risultano essere rappresentate in una zona buffer abbastanza ampia; oltre ai vari appezzamenti di progetto, intorno all'area in esame si riscontrano specie di interesse agrario come la vite (*Vitis vinifera*), in parte l'olivo (*Olea europea*) e diverse colture orticole da pieno campo. Più distanti dal sito di impianto si menzionano esemplari isolati e/o a macchie di *Eucalyptus spp.*, Pino d'Alleppe (*Pinus halepensis Miller*) e *Pinus pinea*. Lo strato arbustivo risulta essere molto limitato e, in talune zone, praticamente assente. Lo strato erbaceo naturale e spontaneo si caratterizza per la presenza di graminaceae, compositae, cruciferae ecc.. Nel complesso, quindi, l'area oggetto di intervento è interessata da campi coltivati a colture permanenti e/o da colture cerealicole estensive come frumento ed essenze foraggere in genere. Si fa presente che alcune aree di progetto interessano superfici vitate: sono vigneti che, avendo superato la maturità produttiva, saranno oggetto di espianto da parte degli attuali proprietari. La richiesta risulta avanzata e, pertanto, a prescindere dal progetto, essendo la coltura non più redditizia si procederà all'espianto. Nelle particelle a vigneto da espantare non risultano in atto procedure di coinvolgimento delle superfici agricole in pratiche di conferimento ad organismi

responsabili di produzioni di prodotti qualità. Vi sono, infine, altre superfici vitate le cui produzioni, invece, rientrano nel conferimento di uve per la produzioni di vini di qualità secondo disciplinari DOC. Tali superfici, che saranno interessate al progetto, verranno espantate e ripiantumate in nuove aree per la compensazione. Il mantenimento delle superfici a vigneto mediante compensazione in aree limitrofe all'impianto avverrà in conformità alla normativa vigente al momento della presentazione del progetto definitivo. In relazione alla rete ecologica insistente ed esistente nell'area studio si fa presente che questa risulta pochissimo efficiente e scarsamente funzionale sia per la fauna che per le associazioni floristiche limitrofe le aree interessate al progetto. Infatti, il territorio in studio si caratterizza per la presenza sporadica di piccoli ecosistemi "fragili" che risultano, altresì, non collegati tra loro. Pertanto, al verificarsi di impatti negativi, seppur lievi ma diretti (come distruzione di parte della vegetazione spontanea), non corrisponde il riequilibrio naturale delle condizioni ambientali di inizio disturbo. A causa dell'assenza di ambienti ampi e di largo respiro i micro-ambienti naturali limitrofi non sono assolutamente in grado di espandersi e di riappropriarsi, anche a causa della flora spontanea "pioniera" e/o alle successioni di associazioni vegetazionali più evolute, degli ambienti che originariamente avevano colonizzato. Gli interventi di mitigazione previsti per la realizzazione del parco fotovoltaico saranno finalizzati, quindi, alla minimizzazione delle interferenze ambientali e paesaggistiche delle opere in progetto. Il progetto non comporta alcuna perdita di habitat né minaccia l'integrità del sito, non si registra alcuna compromissione significativa della flora esistente e nessuna frammentazione della continuità in essere.



13 – report fotografico stato di fatto areale di intervento

Impianto Agro-Fotovoltaico "Piana Borromea" integrato con 10 MW di storage e relative opere di connessione da realizzare nel comune di Trapani in località "Borromea".

*Dott. Agr. Paolo Castelli*



14 – report fotografico stato di fatto areale di intervento



15 – report fotografico stato di fatto areale di intervento



16 – report fotografico stato di fatto areale di intervento



17 – report fotografico stato di fatto areale di intervento

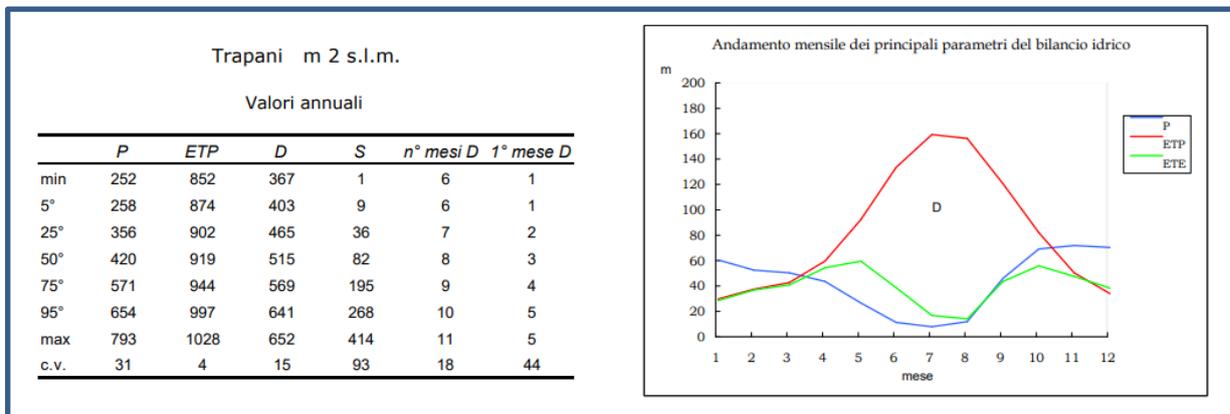
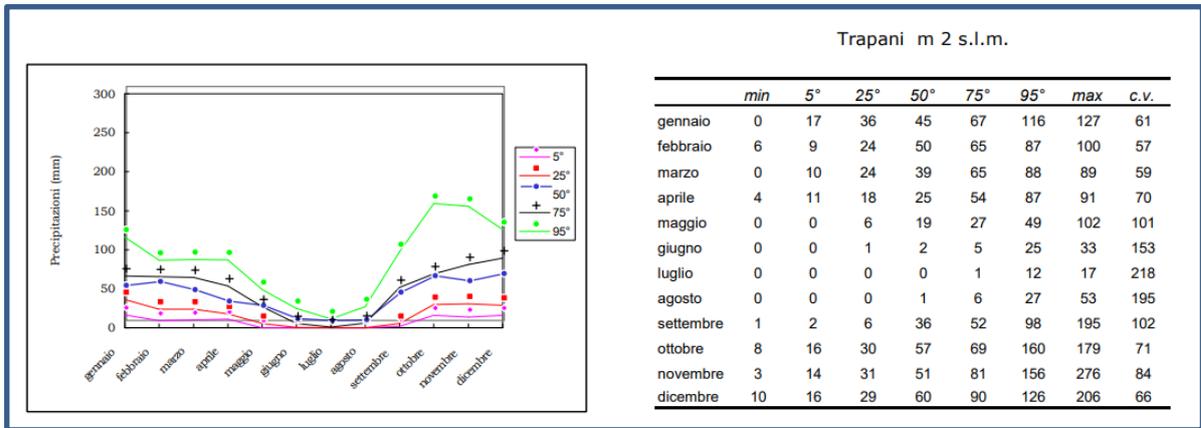


18 - panoramica delle malerbe infestanti riscontrate

## 6. Climatologia

Prendendo in esame i parametri termopluviometrici prevalenti di lungo periodo, il clima della Sicilia può essere definito tipicamente mediterraneo, intendendo con tale espressione un regime caratterizzato da lunghe estati calde e asciutte e brevi inverni miti e piovosi. Ma scomponendo i dati medi regionali ed esaminando la variabilità interna dei valori che li compongono emergono grandi differenze da caso a caso, sia di temperatura che di piovosità, in relazione al periodo considerato e ancor più al variare della latitudine, dell'altitudine, dell'esposizione, della distanza dal mare. La provincia di Catania offre una grande varietà climatica in conseguenza dell'altitudine e della vicinanza o lontananza dal mare. Nelle zone etnee e sulle propaggini dei Nebrodi non manca la neve al di sopra dei 1.200 metri durante l'inverno e le precipitazioni, nell'insieme, raggiungono anche i 1.300 mm. D'altra parte, le zone della Piana di Catania hanno un regime di semi-aridità con precipitazioni modeste e per lo più concentrate durante la stagione autunnale sotto forma spesso di nubifragio. Per quanto riguarda le temperature, quelle medie annue si mantengono sui 17/19 °C. L'area pianeggiante manifesta sovente una forte escursione termica tra il giorno e la notte e questo un po' in tutte le stagioni. Questo peraltro è spesso associato a inversioni termiche con formazione di intense nebbie più o meno improvvise che avvolgono tutta l'area sud-occidentale della provincia. Il catanese è comunque una delle zone più calde della Sicilia, d'estate infatti le temperature medie del capoluogo e dei paesi dell'hinterland si aggirano sui 35 °C e durante le intense ondate di calore la temperatura può raggiungere i 48 °C. Come evidenziato in precedenza l'opposto può accadere durante le serene notti invernali quando il termometro riesce a scendere fino a -5 °C anche in pianura (una vera eccezione per l'isola). Considerando le condizioni medie dell'intero territorio, la Sicilia, secondo la classificazione macroclimatica di Köppen, può essere definita una regione a clima temperato-umido (di tipo C) (media del mese più freddo inferiore a 18°C ma superiore a -3°C) o, meglio, mesotermico umido sub-tropicale, con estate asciutta (tipo Csa), cioè il tipico clima mediterraneo, caratterizzato da una temperatura media del mese più caldo superiore ai 22°C e da un regime delle precipitazioni contraddistinto da una concentrazione delle precipitazioni nel periodo freddo (autunno-invernale). Tuttavia, questa definizione ha appunto un valore solamente macroclimatico, cioè serve a distinguere, ad esempio, il clima siciliano da quello del Medioriente o dell'Europa centrale. Il clima siciliano, tipicamente mediterraneo, si caratterizza per le lunghe estati calde e asciutte e i brevi inverni miti e piovosi. A livello regionale, i parametri termo-pluviometrici sul lungo periodo mostrano una forte variabilità dei valori medi, strettamente correlata al periodo di misurazione e ai principali parametri morfo-climatici: latitudine, altitudine, esposizione e distanza dal mare.

Per la caratterizzazione climatica dell'area oggetto della presente, sono stati utilizzati i dati relativi alla stazione meteorologica di Trapani.



19 – "Climatologia della Sicilia": Regione Siciliana Assessorato Agricoltura e Foreste  
Gruppo IV – Servizi allo Sviluppo – Unità di Agrometeorologia

**Indici climatici**

Stazione	R	la	Q	Im
Calatafimi	39	25	75	-23
Castelvetrano	29	19	50	-43
Marsala	27	17	57	-45
Pantelleria	26	17	62	-49
Partanna	39	25	70	-24
S.Vito Lo Capo	26	17	56	-49
Trapani	25	16	57	-51

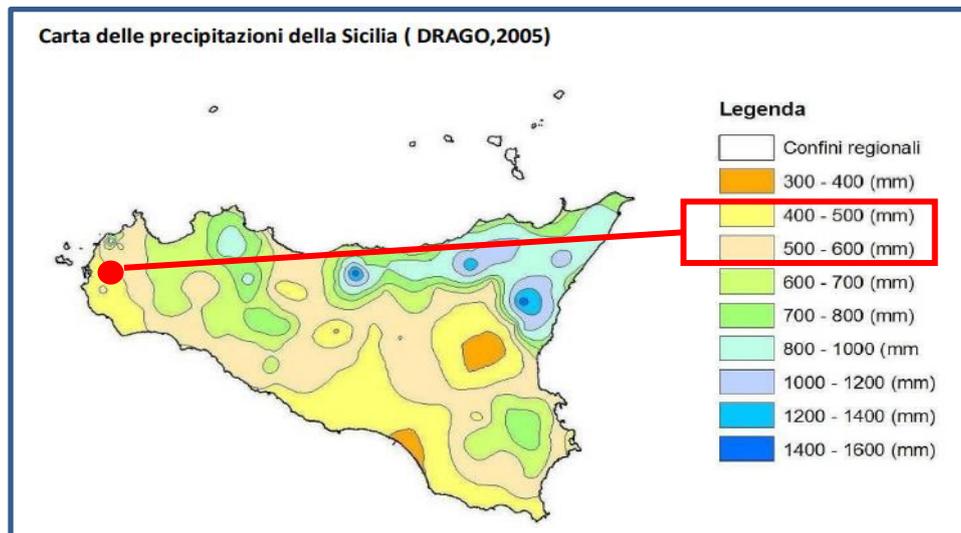
*R = Pluviofattore di Lang*  
*la = Indice di aridità di De Martonne*  
*Q = Quoziente pluviometrico di Emberger*  
*Im = Indice globale di umidità di Thornthwaite*

20 – Valori dei principali indici bioclimatici per zona di riferimento: la stazione di Trapani

## 6.1 Precipitazioni

Le aree più piovose coincidono con i principali complessi montuosi della Sicilia dove cadono in media da 600-700 fino a 1.400-1.600 mm di pioggia all'anno, con punte di 1.800-2.000 mm alle maggiori quote dell'Etna. Buona risulta la piovosità sui Monti di Palermo (1.000-1.200 mm), discreta sugli Iblei (500-700 mm). Al contrario, le zone dell'isola in assoluto più aride, dove la quantità di pioggia può scendere al di sotto di 300 mm, sono quelle sudorientali (Piana di Catania, Piana di Gela, parte della provincia di Enna) nonché le aree dell'estremo limite occidentale e meridionale. Nella restante parte della Sicilia la piovosità media si attesta attorno a valori variabili da un minimo di 300-400 fino a un massimo di 700-800 mm annui. Grandissima rilevanza riveste l'esposizione, spesso ancor più che la quota. Zafferana Etnea e Bronte, ad esempio, hanno altitudine e latitudine simili ma la prima, esposta sulle pendici orientali dell'Etna, fa registrare quasi 1.200 mm di pioggia all'anno contro 550 circa di Bronte situata sul versante occidentale. Il complesso dei dati soprariportati, fatta eccezione per le zone meridionali più aride, potrebbe indurre a far ritenere la quantità di pioggia caduta nell'anno sufficiente alle normali attività agricole e forestali. Così purtroppo non è se si considera che oltre l'80% di detta pioggia cade da ottobre a marzo e che la stagione asciutta dura da un minimo di 3 ad un massimo di 6 mesi all'anno. In definitiva si registra un eccesso di precipitazioni in autunno-inverno quando le piante attraversano il periodo di riposo vegetativo ed hanno meno bisogno di acqua, il minimo di pioggia quando esse sono in piena attività.

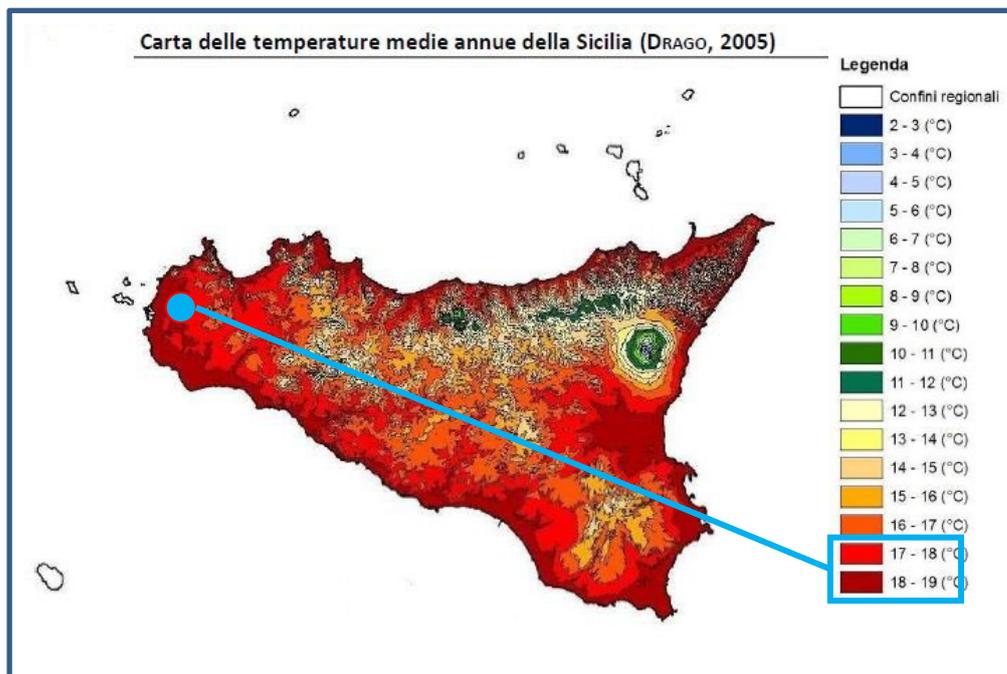
Nell'area di progetto i valori si attestano tra i 400 e i 600 mm di pioggia annua.



21- Carta delle precipitazioni della Sicilia (Drago, 2005)

## 6.2 Temperature

La temperatura media annua in Sicilia si attesta attorno ai valori di 14-15°C, ma con oscillazioni molto ampie da zona a zona tanto verso l'alto quanto verso il basso. Ai limiti superiori si collocano le Isole di Lampedusa e Linosa (19-20°C), subito seguite (18-19°C) da tutta la fascia costiera, con ampia penetrazione verso l'interno in corrispondenza della Piana di Catania, della Piana di Gela, delle zone di Pachino e Siracusa e dell'estrema punta meridionale della Sicilia (Trapani, Marsala, Mazara del Vallo, Campobello di Mazara). Ai limiti inferiori si riscontrano i valori registrati sui maggiori rilievi montuosi: 12-13°C su Peloritani, Erei e Monti di Palermo; 8-9°C su Madonie, Nebrodi e medie pendici dell'Etna; 4-5°C ai limiti della vegetazione nel complesso etneo. Le temperature massime del mese più caldo (luglio o agosto) quasi ovunque toccano i 28-30°C con alcune eccezioni sia in eccesso che per difetto. In molte aree interne di media e bassa collina esse possono salire fino a 32-34°C, e scendere in quelle settentrionali più elevate fino ai 18-20°C con valori minimi sull'Etna di 16-18°C. Analogamente presentano le variazioni delle temperature minime del mese più freddo (gennaio o febbraio) che vanno da 8-10°C dei litorali, ai 2-4°C delle zone interne di collina, a qualche grado sotto lo zero sulle maggiori vette della catena montuosa settentrionale e sull'Etna.



22- Carta delle temperature medie annue della Sicilia (Drago, 2005)

Le temperature medie annue relative alle zone di progetto in agro di Trapani risultano comprese tra 17 e 19 °C.

### 6.3 Indici bioclimatici

È noto da tempo che la distribuzione della vegetazione sulla superficie terrestre dipende da una lunga serie di fattori di varia natura tra di essi interagenti (fattori geografici, topografici, geopedologici, climatici, biologici, storici...). È noto altresì che, fra tutti gli elementi individuati, la temperatura e le precipitazioni rivestono un'importanza fondamentale, non solo per i valori assoluti che esse assumono, ma anche e soprattutto per la loro distribuzione nel tempo e la reciproca influenza. Per tali motivi, correlando i dati di temperatura e di piovosità registrati in un determinato ambiente nel corso dell'anno, opportunamente elaborati ed espressi, alcuni autori hanno ideato numerosi indici allo scopo di rappresentare sinteticamente il carattere prevalente del clima locale. Fra gli indici maggiormente conosciuti, i lavori sopraricordati dell'Assessorato Agricoltura e Foreste prendono in esame l'indice di aridità di De Martonne, l'indice globale di umidità di Thornthwaite e l'indice bioclimatico di Rivas-Martines. L'indice di De Martonne è un perfezionamento del pluviofattore di Lang. Secondo i dati ottenuti, la Sicilia ricade per l'80% circa nel clima semiarido e temperato caldo e per il restante 20% nel clima temperato umido e umido.



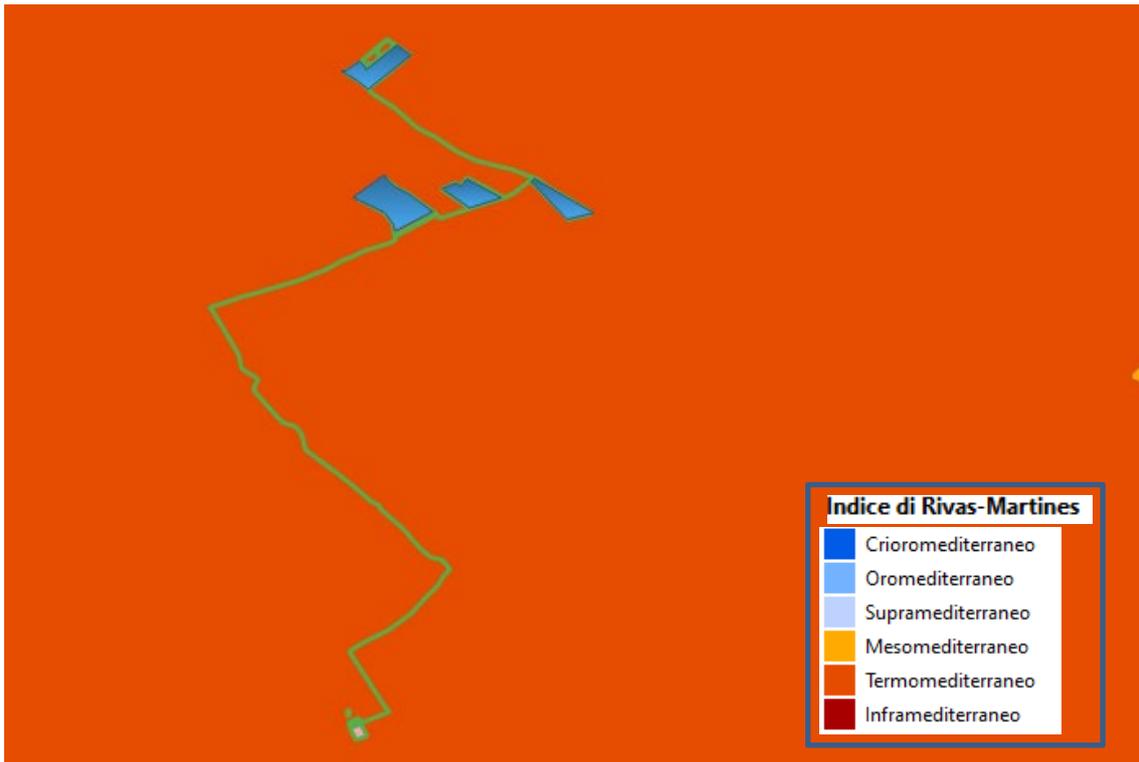
23- Carta bioclimatica della Sicilia – De Martonne

L'area di Trapani, dove si ipotizza di realizzare il parco fotovoltaico, dal punto di vista bioclimatico rientra in zona semiarida per De Martonne. A risultati non molto dissimili si perviene con l'indice di Thorntwaite. Anche per questo indice si perviene alla conclusione che i tipi di clima prevalenti in Sicilia appartengono al semiarido e all'asciutto. Il sito di progetto relativo alle aree di Trapani rientra nel semiarido.



24- Carta bioclimatica Sicilia Thorntwaite

Concettualmente diversa è la classificazione di Rivas-Martines che utilizza il rapporto tra la somma delle precipitazioni mensili della stagione estiva (giugno- luglio ed agosto) e la somma delle temperature medie mensili dello stesso periodo. Adottando tali criteri la Sicilia ricade in ordine di importanza nella zona del Termomediterraneo secco, Mesomediterraneo secco, Mesomediterraneo subumido e Mesomediterraneo umido.



25- Carta bioclimatica Sicilia – Rivas-Martines

L'agro di Trapani, relativamente alle aree di progetto, rientra per l'indice Rivas-Martines nel Termomediterraneo.

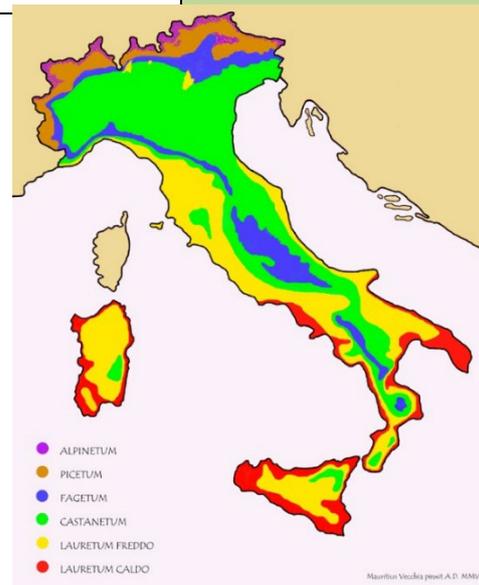
#### 6.4 Zone fitoclimatiche di Pavari

Per il largo uso che di esso ancora si fa specialmente in campo forestale si ritiene opportuno fare cenno alla classifica-zione fitoclimatica di Mayer-Pavari (1916) e successive modificazioni. Tale classificazione distingue 5 zone e diverse sottozone in relazione alle variazioni della temperatura e delle precipitazioni. In particolare, le aree oggetto di intervento rientrano nel Lauretum di 2° tipo (Lauretum caldo). Il Lauretum caldo costituisce la fascia dal livello del mare fino a circa 300 metri di altitudine, sostanzialmente lungo le coste delle regioni meridionali (fino al basso Lazio sul versante tirrenico e fino al Gargano su quello adriatico), incluse Sicilia e Sardegna. Questa zona è botanicamente caratterizzata dalla cosiddetta macchia mediterranea ed è un habitat del tutto favorevole alla coltivazione degli agrumi.

 <p>Lauretum</p>	Parametri climatici		Sottozone		
			Calda	Media	Fredda
	Temperatura media	dell'anno	15-23 °C	14-18 °C	12-17 °C
		del mese più freddo	> 7 °C	> 5 °C	> 3 °C
	dei minimi	> -4 °C	> -7 °C	> -9 °C	

Zona, Tipo, Sottozona	Temperatura media annua	Temperatura media mese più freddo	Temperatura media mese più caldo	Media dei minimi
<b>A. LAURETUM</b>				
1° tipo: piogge uniformi	sottozona calda	15° a 23°	>7°	>-4°
2° tipo: con siccità estiva	sottozona media	14° a 18°	>5°	>-7°
3° tipo: con piogge estive	sottozona fredda	12° a 17°	>3°	>-9°
<b>B. CASTANETUM</b>				
sottozona calda		10° a 15°	> 0°	> -12°
1° tipo (senza siccità estiva)				
2° tipo (con siccità estiva)				
sottozona fredda		10° a 15°	> -1°	> -15°
1° tipo (piogge > 700 mm)				
2° tipo (piogge < 700 mm)				
<b>C. FAGETUM</b>				
sottozona calda		7° a 12°	> -2°	> -20°
sottozona fredda		6° a 12°	> -4°	> -25°
<b>D. PICETUM</b>				
sottozona calda		3° a 6°	> -6°	> -30°
sottozona fredda		3° a 6°	anche < -6°	> 15° anche < 30°
<b>E. ALPINETUM</b>				
		anche < 2°	< -20°	> 10° anche < -40°

(PIUSSI P., 1994)



## 26- Zone fitoclimatiche Pavari

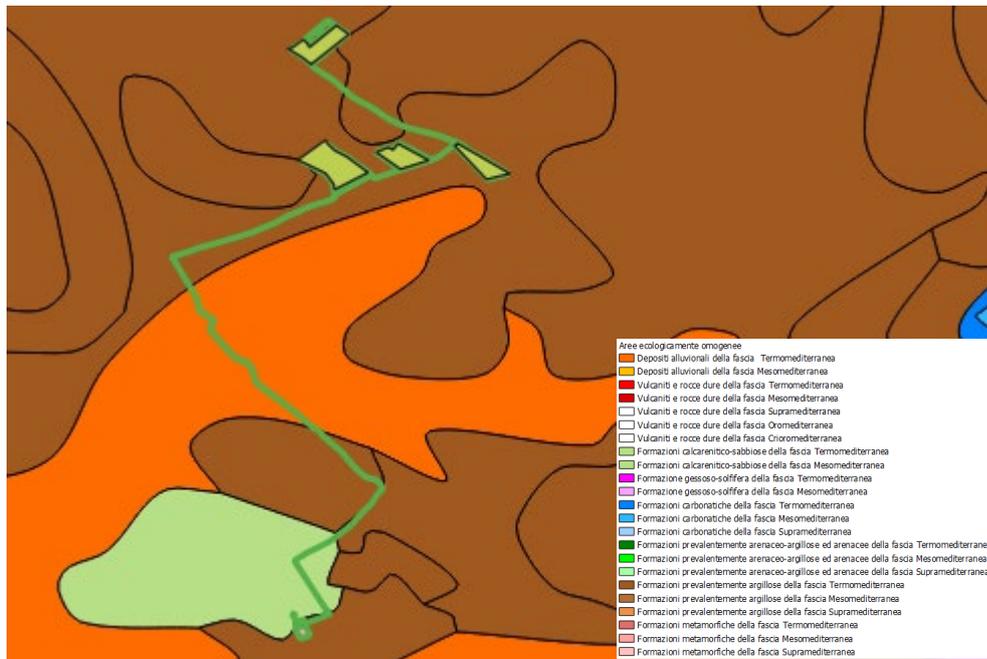
### 6.5 Aree ecologicamente omogenee

Per la redazione della carta delle aree ecologicamente omogenee, il territorio regionale è stato caratterizzato in funzione della litologia e delle caratteristiche bioclimatiche utilizzando i seguenti strati informativi in scala 1: 250.000:

- litologia derivata dalla carta dei Suoli della Sicilia (FIEROTTI, 1988);
- bioclima di Rivas Martines, derivato dall'Atlante Climatologico della Sicilia (DRAGO, 2005).

La carta finale è stata ottenuta dall'intersezione degli shapefile delle due variabili territoriali considerate. La combinazione delle 8 classi di substrati litologici e delle 5 classi di termotipi presenti nel territorio regionale ha permesso di individuare un totale di 23 aree ecologicamente omogenee. La distribuzione delle aree ecologicamente omogenee rispecchia quella dei substrati litologici e risulta fortemente legata ai principali rilievi regionali. Infatti, anche se all'interno di aree ecologicamente omogenee caratterizzate da uno stesso litotipo esistono differenze climatiche talvolta consistenti, marcate dai differenti termotipi, il fattore che ha concorso di più nella determinazione delle aree ecologicamente omogenee è il substrato litologico. Le aree ecologicamente omogenee più rappresentate nel territorio siciliano risultano le formazioni pre-valentemente argillose della fascia termomediterranea (21,37%) e mesomediterranea (13,77%) e i depositi alluvionali della fascia termomediterranea (10,07%). Quelle meno rappresentate, con percentuali inferiori all'1% del territorio regionale, sono, in ordine decrescente, i depositi alluvionali della fascia mesomediterranea, le formazioni metamorfiche della fascia supramediterranea, le

formazioni carbonatiche della fascia supramediterranea, le formazioni prevalentemente arenaceo-argillose ed arenacee della fascia supramediterranea, le vulcaniti e rocce dure della fascia oromediterranea, le formazioni prevalentemente argillose della fascia supramediterranea e le vulcaniti e rocce dure della fascia crioromediterranea (queste ultime rappresentate esclusivamente dalla parte sommitale dell'Etna).



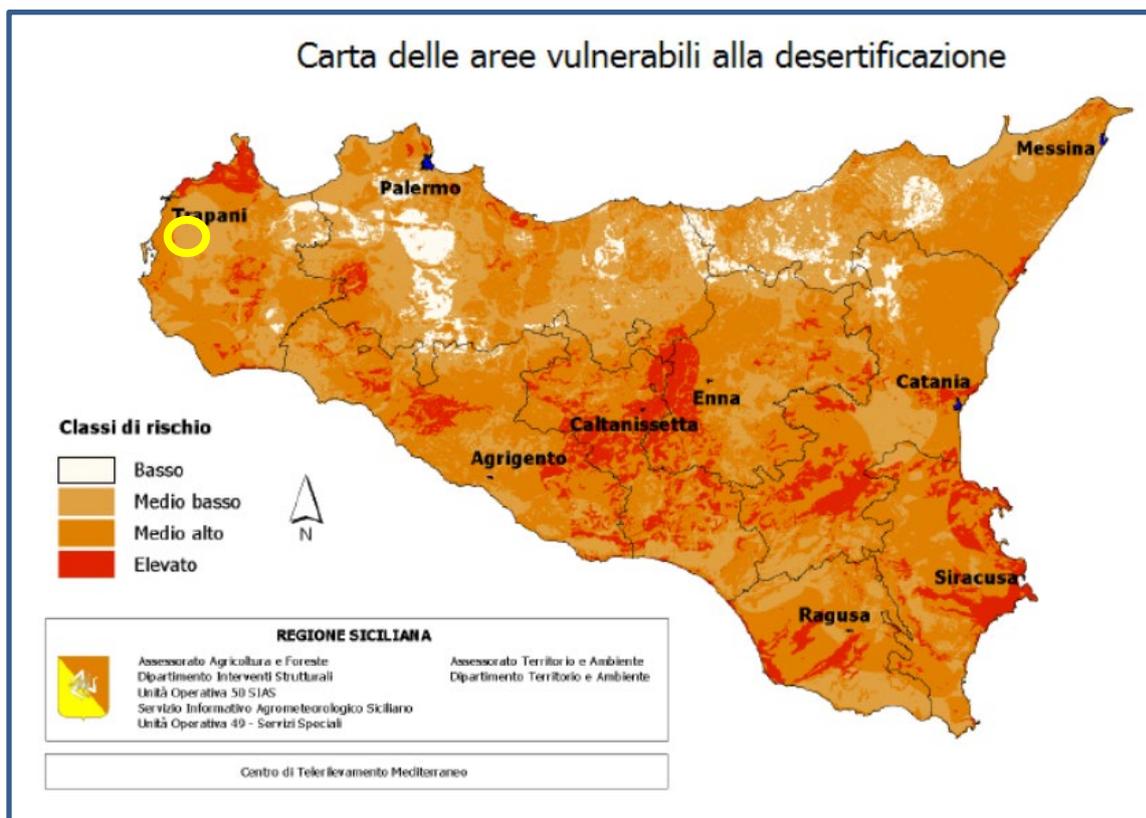
27- Carta delle aree ecologicamente omogene della Sicilia

L'area oggetto di intervento, secondo la carta delle aree ecologicamente omogenee, rientra tendenzialmente tra le formazioni prevalentemente argillose della fascia Termomediterranea (secco superiore).

## **7. Aree vulnerabili alla desertificazione in Sicilia**

La Sicilia, come altre aree mediterranee, risulta particolarmente interessata da potenziali fenomeni di desertificazione, che conducono alla perdita irreversibile di suolo fertile. La desertificazione è una tra le più gravi priorità ambientali che interessano i territori aridi, semiaridi e sub-umidi del Mediterraneo. Essa nel 1984, secondo l'UNCCD (Convenzione delle Nazioni Unite per la Lotta alla Desertificazione) è stata definita a livello internazionale come il processo che porta ad un "degrado irreversibile dei terreni coltivabili in aree aride, semiaride e asciutte subumide in conseguenza di numerosi fattori, comprese le variazioni climatiche e le attività umane". Spesso la parola desertificazione viene confusa con altre ad essa in qualche modo legate. Bisogna allora subito distinguere fra tre diversi termini, molte volte usati indifferentemente ed erroneamente come sinonimi, che, pur avendo aspetti in comune, hanno significati profondamente diversi: aridità, "siccità" e "desertificazione". L'aridità è definita come una situazione climatica caratterizzata da deficit idrico permanente: in genere si definiscono aride le aree della Terra in cui mediamente (nel trentennio climatico di riferimento) cadono meno di 250 mm/anno di precipitazioni: la Sicilia non è tra queste. In Sicilia, anche nelle situazioni meno favorevoli (aree meridionali e sud-occidentali), non cadono meno di 350 mm/anno, intesi come media trentennale (clima). La siccità può essere invece definita come una condizione di deficit idrico temporaneo. Possono pertanto risultare temporaneamente siccitose anche aree non aride. Se ad esempio in un determinato periodo ci si attenderebbero, climaticamente (cioè mediamente) 100 mm e ne cadono 80 mm si è già in presenza di un fenomeno di siccità; se, ancor peggio, ne cadono 50 mm si è in presenza di un fenomeno siccitoso più severo. Ciò che abbiamo visto nel corso del 2003 nelle regioni centrosettentrionali italiane è emblematico in tal senso, dando un'idea sul significato del termine anche al di fuori di aree che "convivono" con i fenomeni siccitosi, come la Sicilia. La desertificazione è invece un processo molto più complesso che, come all'inizio già accennato secondo una delle principali definizioni internazionali, consiste nella progressiva perdita di fertilità e capacità produttiva dei suoli, fino agli estremi risultati in cui i terreni non possono più ospitare organismi viventi: flora e fauna. Si tratta di fenomeni spesso, per fortuna, molto lenti, ma che anche nelle fasi intermedie, ancor prima dell'eventuale drammatico epilogo di lunghissimo periodo del "deserto", comportano molte conseguenze negative sulle caratteristiche dei suoli, in termini di capacità di sostenere la vita (compresa quella "gestita" dall'uomo, cioè, nel nostro caso, l'agricoltura e gli allevamenti) e contribuiscono in maniera determinante alla riduzione delle biodiversità e della produttività biologica globale. Come risulta dalla cartografia, le aree ad elevata sensibilità (6,9%) si concentrano nelle zone interne della provincia di Agrigento, Caltanissetta, Enna e Catania e lungo la fascia costiera nella Sicilia sud-orientale. Tale risultato riflette le particolari caratteristiche geomorfologiche del territorio interno della regione (colline argillose poco stabili),

l'intensa attività antropica con conseguente eccessivo sfruttamento delle risorse naturali e la scarsa presenza di vegetazione. La maggior parte del territorio, tuttavia, presenta una sensibilità moderata (46,5%) o bassa (32,5%). Occorre tenere presente che in tali aree l'equilibrio tra i diversi fattori naturali e/o le attività umane può risultare già particolarmente delicato. È necessaria quindi un'attenta gestione del territorio per evitare l'innescarsi di fenomeni di desertificazione. Le aree non affette (circa il 7%) ricadono per lo più nella provincia di Messina ed in misura minore nelle province di Palermo e Catania. Le ragioni di ciò sono legate essenzialmente agli aspetti climatici, vegetazionali e gestionali che, in queste aree, presentano contemporaneamente caratteristiche di buona qualità, ovvero climi umidi e iperumidi in ampie zone boscate e per la maggior parte sottoposte a protezione per la presenza di parchi e riserve. Infine, le aree escluse (6,9%) includono i bacini d'acqua, le aree urbane e l'area vulcanica del Monte Etna. L'area di progetto in esame, secondo la carta delle aree vulnerabili sotto riportata, rientra tra le classi di rischio medio-alto e medio-basso.



28 – carta delle aree vulnerabili alla desertificazione in Sicilia

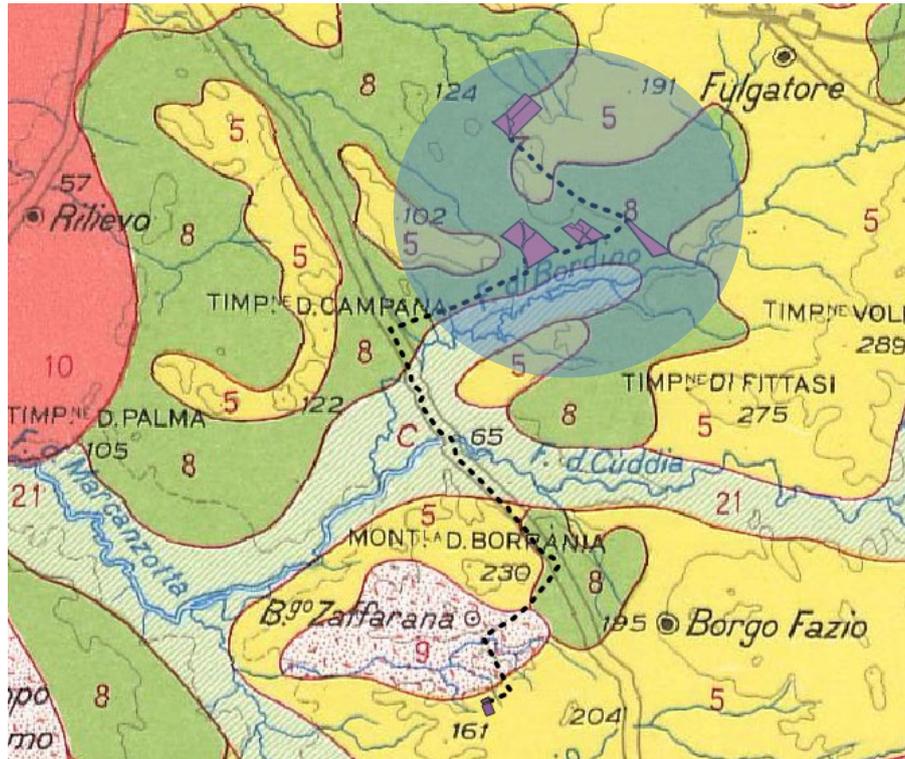
## 8. Inquadramento pedologico del sito

Preliminarmente ai rilievi di campo è stata operata una raccolta della cartografia tematica già esistente sull'area, utilizzabile come documentazione di base su cui impostare ed elaborare lo studio pedologico dell'area oggetto di intervento. A livello bibliografico è stata invece raccolta tutta la documentazione disponibile che riguardasse i tematismi d'interesse (geologia, morfologia, paesaggio). In particolare, sono stati acquisiti i seguenti documenti:

- Cartografia IGM in scala 1:25.000;
- Cartografia dei suoli della Sicilia redatta dai professori Giampiero Ballatore e Giovanni Fierotti;
- Commento alla carta dei suoli della Sicilia (Fierotti, Dazzi, Raimondi);



29- Carta dei suoli della Sicilia (Fierotti et al.)



Dallo studio cartografico si è potuto appurare che il territorio da analizzare, dal punto di vista pedologico, ricade all'interno della seguente associazione così come riportato nella carta dei suoli della Sicilia:

Area di impianto:

- *Vertisuoli - associazione n.8*
- *Regosuoli da rocce argillose - associazione n.5*

Area del cavidotto:

- *Vertisuoli - associazione n.8*
- *Regosuoli da rocce argillose - associazione n.5*
- *Suoli rossi mediterranei – Litosuoli – associazione n.9*
- *Suoli alluvionali- associazione n.21*

Accumulo:

- *Regosuoli da rocce argillose - associazione n.5*

I Regosuoli o suoli bruni (associazione n.5), termine usato nei primi sistemi di classificazione dei terreni americani per indicare un gruppo di terreni azonali, sono particolari suoli presenti in corrispondenza di terreni alluvionali e sabbie asciutte che si formano da depositi profondi e non consolidati e non hanno

orizzonti genetici definiti. Le loro caratteristiche pedogenetiche risultano essere fortemente influenzate dalla morfologia. Un suolo bruno si caratterizza per l'abbondanza di composti (prevalentemente ossidi idrati) di ferro che gli fanno assumere un colore marrone. Il processo pedogenetico predominante (chiamato proprio brunificazione) vede la formazione di complessi argillo-humici in cui i due componenti vengono legati da ferro proveniente dall'alterazione geochimica della roccia madre; la loro successiva decomposizione libera nel profilo ossidi idrati di ferro (goethite), di colore giallastro che, sovrapposto al grigio dei minerali primari inalterati, dà il colore sul marrone di questi suoli. Si ha una certa produzione di minerali argillosi di neoformazione, prevalentemente a struttura 2:1 (bisiallitizzazione). Il processo di brunificazione di un suolo è caratteristico dei climi temperati, soprattutto di quelli in cui non ci siano eccessi termici e non manchi mai l'umidità atmosferica. Questi suoli, sovente, sono associati a vegetazione forestale decidua, anche se in molti casi sono stati dissodati e supportano oggi colture agricole (come nel caso in esame). Questa associazione è abbondantemente presente nel comprensorio in esame. Si trova ad una quota generalmente compresa tra i 400 e i 900 m nelle colline prettamente argillose. In alcune aree è possibile rinvenire piccoli lembi di vertisuoli. Sono suoli che di solito vengono utilizzati per la coltivazione dei cereali e, nella stragrande maggioranza dei casi, non ammettono alternative, sebbene in alcuni casi sia presente vigneto, mandorlo e pistacchio.



I Vertisuoli (associazione n.8) erano conosciuti con una cinquantina di nomi differenti che si rifacevano sia a caratteri morfologici sia all'attitudine a sostenere determinate colture, sia ancora ad altri caratteri, fra i quali assumeva particolare importanza il colore. Nella Soil Taxonomy l'ordine dei vertisuoli raggruppa tutti i suoli il cui processo di formazione dominante è legato al rimescolamento. Il risultato è la formazione di un profilo del tipo A-C e più raramente A-Bss-C, le cui caratteristiche chimico fisiche lungo tutto il suo sviluppo verticale sono omogenee, conferendo così al suolo, un'elevata fertilità potenziale nei confronti delle colture erbacee e di quelle cerealicole in particolare. Nella parola vertisuolo, infatti, è già indicato il processo pedogenetico predominante (processo di pedoturbazione o rimescolamento).

Il Vertisuolo, per essere tale, deve rispondere ai seguenti requisiti:

- Contenuto di argilla superiore al 30% sino ad una profondità di 50 cm o più;
- Crepacciature ampie 1 cm o più ad una profondità di 50 cm, a meno che il suolo sia irrigato.

Dovrà essere presente, inoltre, almeno una delle seguenti tre caratteristiche:

- Gilgai;
- Slickensides abbastanza vicini da intersecarsi a profondità comprese fra 25 e 100 cm;
- Aggregati strutturali a forma di cuneo (o parallelepipedo) con asse maggiore inclinato da 10° a 60° rispetto all'orizzonte, a profondità comprese tra 25 e 100 cm.

Suoli, caratterizzati da ampie e profonde crepacciature, ma che mancano degli elementi diagnostici, non sono classificabili vertisuoli, ma ricadono nel sottogruppo vertico di altri ordini. Sono previsti, infine 6 sottordini, 23 grandi gruppi e numerosi sottogruppi.

I litosuoli (associazione n.9) rappresentano un gruppo di suoli tipici della Sicilia occidentale: insieme ai suoli rossi provenienti da suoli bruni e regosuoli occupano complessivamente sull'isola circa 170.000 ettari. La morfologia e il paesaggio cambiano a seconda se si tratta di suoli su calcari o su tufi. I massicci calcarei presentano quasi sempre forme aspre e accidentate, lo strato vegetale spesso risulta assente quando affiora la rocca nuda o è rappresentata da forme degradate di macchia mediterranea, da piccoli alberi sparsi, da cespugli e da erbe rade che consentono solo un magro pascolo (in particolare per ovini e caprini). Imponenti sono i fenomeni carsici con formazioni di pianori sommitali e ampie doline dove l'assoluta mancanza di erosione favorisce l'accumulo di terra rossa che si ritrova negli ampi spacchi che caratterizzano queste rocce. Per contro i suoli generatisi sui tufi calcareo-arenacei del tardo pliocene e del quaternario risultano pianeggianti o al più dolcemente ondulati e solo nelle zone più interne si passa a confusi sistemi collinari, dove la terra rossa è associata a litosuoli e alla rocca che affiora in rugose lastronate. Il profilo è di tipo A-B-C con un orizzonte A generalmente

poco sviluppato e un orizzonte B potente. Il colore è rosso vivo, l'aggregazione di tipo poliedrica o poliedrica sub-angolare. La granulometria è argillosa, ma spesso anche argilloso-sabbiosa, specie dove gli apporti eolici sono stati più intensi e dove gli scassi profondi per piantagioni viticole e/o frutticole hanno intaccato il substrato tenero tufaceo, che è stato rimescolato in tutto il profilo. La reazione è sub-alcina (pH: 7,5-7,8) e i principali elementi nutritivi quasi sempre scarseggiano, con la sola eccezione delle terre rosse da antica data coltivate a ortaggi e agrumi, che hanno potuto beneficiare di concimazioni organico-minerali. I suoli rossi dei massicci calcarei per effetto dell'ubicazione e dell'altimetria, della limitata estensione e dell'aridità prolungata, inframmezzati come sono ai più diffusi litosuoli e alla roccia affiorante in lastre e spuntoni, vengono utilizzati prevalentemente per il pascolo. I rivestimenti boscosi costituiscono quasi una eccezione e i programmi di riforestazione, che dovrebbero far rinverdire il paesaggio brullo, procedono con molta lentezza e spesso si discostano dai principi dell'evoluzione pedogenetica. Solo in qualche dolina di accumulo si riscontrano buoni vigneti che mitigano in parte la triste nudità dei rilievi calcarei circostanti.

I suoli alluvionali (associazione n.21) formano le principali pianure della Sicilia oltre a frange costiere di estensione sempre ridotta e fondi alluvionali delle valli maggiori. Coprono complessivamente una superficie di circa 140.000 ettari. Il profilo risulta essere sempre di tipo Ap-C e la sua potenza è notevole. Le caratteristiche dei suoli alluvionali risultano determinate dalla composizione mineralogica e dalle dimensioni degli elementi che costituiscono le alluvioni stesse. Così la tessitura può variare dal grossolanamente ciottoloso al sabbioso molto permeabile, dal sabbioso-argilloso semipermeabile all'argilloso compatto impermeabile. Quando la tessitura passa all'argilloso non è infrequente il caso che i suoli alluvionali presentino caratteri vertici che talora diventano tanto evidenti da farli classificare come veri e propri vertisuoli. Sono suoli con discreto contenuto di sostanza organica e calcare attivo e totale, di buona permeabilità, a reazione sub-alcina, poveri e talora deficienti di tutti e tre i principali elementi nutritivi (fosforo in particolare).

## **9. La capacità d'uso del suolo**

Il sistema di informazione sullo stato dell'ambiente europeo, in cui sono state elaborate e concordate nomenclature e metodologie, è stato creato dal 1985 al 1990 dalla Commissione europea nell'ambito del programma CORINE (Coordination of Information on the Environment). Dal 1994, a seguito della creazione della rete EIONET (European Environment Information and Observation Network), l'implementazione del database CORINE è responsabilità dell'Agenzia Europea per l'ambiente (EEA). Vengono usate per ricavare le informazioni sulla copertura del suolo, le immagini acquisite dai satelliti per l'osservazione della terra, che vengono visivamente interpretate utilizzando sovrapposizioni di layers

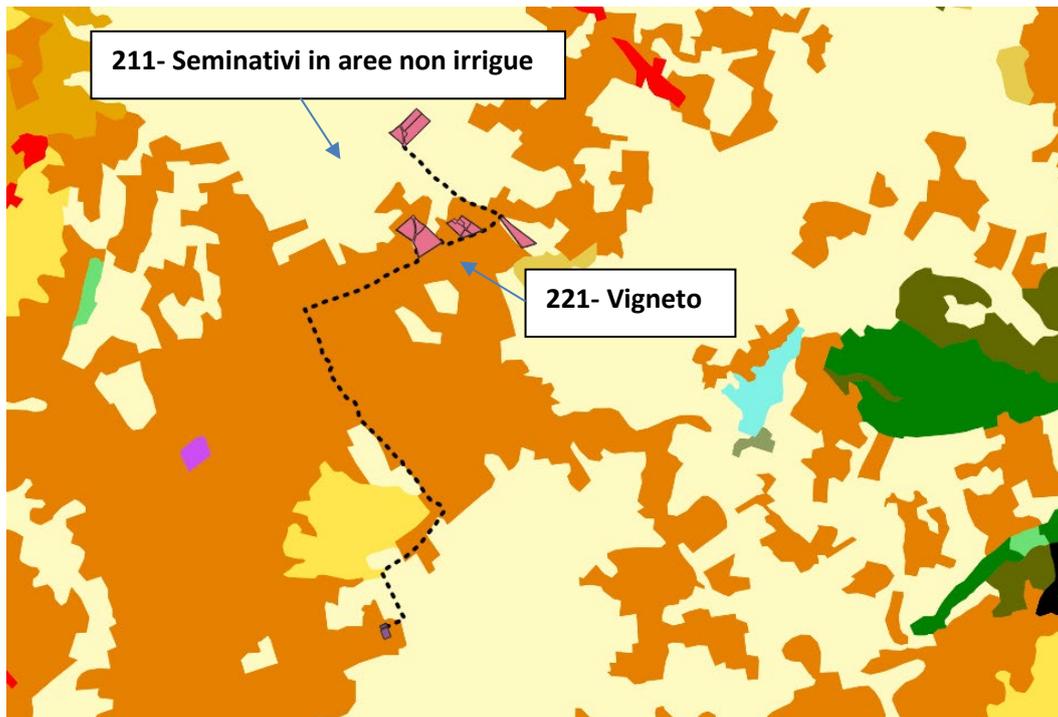
in scala 1:100.000. Il primo progetto Corine Land Cover e la prima cartografia risalgono al 1990. Successivamente con la CLC 2000 il database è stato aggiornato e migliorato, effettuando la fotointerpretazione assistita da computer, mappando i relativi cambiamenti di copertura del suolo intercorsi tra i due periodi di monitoraggio. La Corine Land Cover 2018, che rappresenta il quinto aggiornamento dell'inventario, è stata effettuata grazie all'impiego di nuove immagini satellitari, provenienti dal Sentinel-2, il primo satellite europeo dedicato al monitoraggio del territorio, e dal Landsat8, geoprocessate e utilizzate nel processo di fotointerpretazione.

	CLC 1990	CLC 2000	CLC 2006	CLC2012	CLC2018
<b>Dati satellitari</b>	Landsat-5 MSS/TM data singola	Landsat-7 ETM data singola	SPOT-4/5 e IRS P6 LISS III doppia data	IRS P6 LISS III e RapidEye doppia data	Sentinel-2 e Landsat-8 per il riempimento delle fessure
<b>Coerenza del tempo</b>	1986-1998	2000 +/- 1 anno	2006 +/- 1 anno	2011-2012	2017-2018
<b>Precisione geometrica, dati satellitari</b>	≤ 50 m	≤ 25 m	≤ 25 m	≤ 25 m	≤ 10 m (Sentinel-2)
<b>Unità/larghezza di mappatura minima</b>	25 ha / 100m	25 ha / 100m	25 ha / 100m	25 ha / 100m	25 ha / 100 m
<b>Precisione geometrica, CLC</b>	100 m	meglio di 100 m	meglio di 100 m	meglio di 100 m	meglio di 100 m
<b>Accuratezza tematica, CLC</b>	≥'85% (probabilmente non raggiunto)	≥'85% (raggiunto) [13]	≥'85%	≥'85% (probabilmente raggiunto)	≥'85%
<b>Mappatura delle modifiche (CHA)</b>	non implementato	spostamento al confine minimo 100 m; area di cambio per poligoni esistenti ≥ 5 ha; per cambiamenti isolati ≥ 25 ha	spostamento al confine min.100 m; tutte le ≥ di 5 ha devono essere mappate	spostamento al confine min.100 m; tutte le ≥ di 5 ha devono essere mappate	spostamento al confine min.100 m; tutte le ≥ di 5 ha devono essere mappate
<b>Precisione tematica, CHA</b>	-	non controllato	≥'85% (raggiunto)	≥'85%	≥'85%
<b>Tempo di produzione</b>	10 anni	4 anni	3 anni	2 anni	1,5 anni
<b>documentazione</b>	metadati incompleti	metadati standard	metadati standard	metadati standard	metadati standard
<b>Accesso ai dati (CLC, CHA)</b>	politica di diffusione poco chiara	politica di diffusione concordata fin dall'inizio	accesso gratuito per tutti gli utenti	accesso gratuito per tutti gli utenti	accesso gratuito per tutti gli utenti
<b>Numero di paesi interessati</b>	26 (27 con attuazione tardiva)	30 (35 con attuazione tardiva)	38	39	39

30- Ricostruzione del programma Corine Land Cover (CLC)

La classificazione standard del CLC suddivide il suolo secondo uso e copertura, sia di aree che hanno influenza antropica e sia di aree che non hanno influenza antropica, con una struttura gerarchica articolata in tre livelli di approfondimento e per alcune classi in quattro. La nomenclatura CLC (Corine Land Cover della componente Pan Europea del CLMS aggiornati al 2018 su dati 2017) standard

comprende 44 classi di copertura ed uso del suolo, le cui cinque categorie principali sono: superfici artificiali, aree agricole, foreste e aree seminaturali, zone umide e corpi idrici. Per ogni categoria è prevista un'ulteriore classificazione di dettaglio con la relativa codifica riportante i codici, III e IV livello. L'area in esame ricade all'interno di CLC 2111 – seminativi in aree non irrigue e CLC 221 – superfici agricole specializzate con colture permanenti (vigneto).



31- individuazione delle aree di progetto secondo il programma CLC

Per copertura del suolo (*Land Cover*) si intende la copertura biofisica della superficie terrestre comprese le superfici artificiali, le zone agricole, i boschi e le foreste, le aree seminaturali le zone umide, i corpi idrici, come definita dalla direttiva 2007 2 /CE. Per uso del suolo (*Land Use* - utilizzo del territorio) si fa riferimento, invece, ad un riflesso delle interazioni tra l'uomo e la copertura del suolo e costituisce quindi una descrizione di come il suolo venga impiegato in attività antropiche. La direttiva 2007 2 /CE lo definisce come una classificazione del territorio in base alla dimensione funzionale o alla destinazione socioeconomica presenti e programmate per il futuro (ad esempio residenziale, industriale, commerciale, agricolo, silvicolo, ricreativo). Un cambio di uso del suolo (e ancora meno un cambio di destinazione d'uso del suolo previsto da uno strumento urbanistico) potrebbe non avere alcun effetto sullo stato reale del suolo che manterrebbe comunque intatte le sue funzioni e le sue capacità di fornire servizi ecosistemici.

La capacità d'uso dei suoli si esprime mediante una classificazione (Land Capability Classification, abbreviata in "LCC") finalizzata a valutare le potenzialità produttive dei suoli per utilizzazioni di tipo agrosilvopastorale sulla base di una gestione sostenibile, cioè conservativa della stessa risorsa suolo. Tale interpretazione viene effettuata in base sia alle caratteristiche intrinseche del suolo (profondità, pietrosità, fertilità), che a quelle dell'ambiente (pendenza, rischio di erosione, inondabilità, limitazioni climatiche), ed ha come obiettivo l'individuazione dei suoli agronomicamente più pregiati, e quindi più adatti all'attività agricola, consentendo in sede di pianificazione territoriale, se possibile e conveniente, di preservarli da altri usi. La valutazione si riferisce al complesso di colture praticabili nel territorio in questione e non ad una coltura in particolare. Vengono escluse, inoltre, le valutazioni dei fattori socio-economici. Al concetto di limitazione è legato quello di flessibilità colturale, nel senso che all'aumentare del grado di limitazione corrisponde una diminuzione nella gamma dei possibili usi agro-silvo-pastorali. Le limitazioni prese in considerazione sono quelle permanenti e non quelle temporanee, quelle cioè che possono essere risolte da appropriati interventi di miglioramento (drenaggi, concimazioni, ecc.). Nel termine "difficoltà di gestione" vengono comprese tutte quelle pratiche conservative e le sistemazioni necessarie affinché l'uso non determini perdita di fertilità o degradazione del suolo. La valutazione considera un livello di conduzione gestionale medio elevato, ma allo stesso tempo accessibile alla maggioranza degli operatori agricoli.

La classificazione prevede tre livelli di definizione:

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

Le classi di capacità d'uso raggruppano sottoclassi che possiedono lo stesso grado di limitazione o rischio. Il sistema prevede la ripartizione dei suoli in 8 classi di capacità designate con numeri romani dall'I all'VIII in base al numero ed alla severità delle limitazioni. Le prime 4 classi sono compatibili con l'uso sia agricolo che forestale e zootecnico; le classi dalla quinta alla settima escludono l'uso agricolo intensivo, mentre nelle aree appartenenti all'ultima classe, l'ottava, non è possibile alcuna forma di utilizzazione produttiva.

CLASSE	DESCRIZIONE	ARABILITA'
I	suoli senza o con modestissime limitazioni o pericoli di erosione, molto profondi, quasi sempre livellati, facilmente lavorabili; sono necessarie pratiche per il mantenimento della fertilità e della struttura; possibile un'ampia scelta delle colture	SI
II	suoli con modeste limitazioni e modesti pericoli di erosione, moderatamente profondi, pendenze leggere, occasionale erosione o sedimentazione; facile lavorabilità; possono essere necessarie pratiche speciali per la conservazione del suolo e delle potenzialità; ampia scelta delle colture	SI
III	suoli con severe limitazioni e con rilevanti rischi per l'erosione, pendenze da moderate a forti, profondità modesta; sono necessarie pratiche speciali per proteggere il suolo dall'erosione; moderata scelta delle colture	SI
IV	suoli con limitazioni molto severe e permanenti, notevoli pericoli di erosione se coltivati per pendenze notevoli anche con suoli profondi, o con pendenze moderate ma con suoli poco profondi; scarsa scelta delle colture, e limitata a quelle idonee alla protezione del suolo	SI
V	non coltivabili o per pietrosità e rocciosità o per altre limitazioni; pendenze moderate o assenti, leggero pericolo di erosione, utilizzabili con foresta o con pascolo razionalmente gestito	NO
VI	non idonei alle coltivazioni, moderate limitazioni per il pascolo e la selvicoltura; il pascolo deve essere regolato per non distruggere la copertura vegetale; moderato pericolo di erosione	NO
VII	limitazioni severe e permanenti, forte pericolo di erosione, pendenze elevate, morfologia accidentata, scarsa profondità idromorfia, possibili il bosco od il pascolo da utilizzare con cautela	NO
VIII	limitazioni molto severe per il pascolo ed il bosco a causa della fortissima pendenza, notevolissimo il pericolo di erosione; eccesso di pietrosità o rocciosità, oppure alta salinità, etc.	NO

32 – descrizione legenda capacità d'uso dei suoli

All'interno della classe di capacità d'uso è possibile raggruppare i suoli per tipo di limitazione all'uso agricolo e forestale. Con una o più lettere minuscole, apposte dopo il numero romano che indica la classe, si segnala immediatamente all'utilizzatore se la limitazione, la cui intensità ha determinato la classe d'appartenenza, è dovuta a proprietà del suolo (s), ad eccesso idrico (w), al rischio di erosione (e) o ad aspetti climatici (c). Le proprietà dei suoli e delle terre adottate per valutarne la LCC vengono così raggruppate:

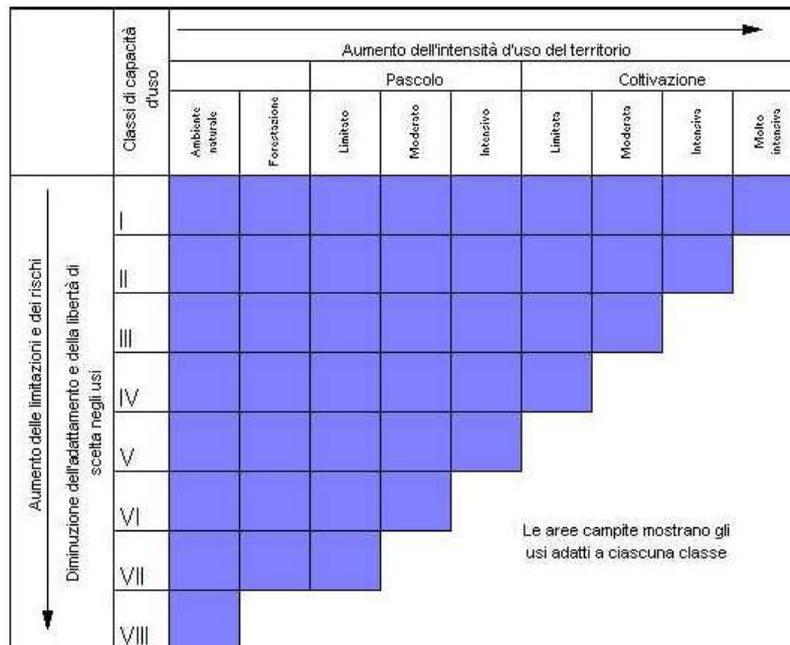
“S” limitazioni dovute al suolo (profondità utile per le radici, tessitura, scheletro, pietrosità superficiale, rocciosità, fertilità chimica dell'orizzonte superficiale, salinità, drenaggio interno eccessivo);

“W” limitazioni dovute all'eccesso idrico (drenaggio interno, rischio di inondazione);

“e” limitazioni dovute al rischio di erosione e di ribaltamento delle macchine agricole (pendenza, erosione idrica superficiale, erosione di massa);

“C” limitazioni dovute al clima (interferenza climatica).

La classe “I” non ha sottoclassi perché i suoli ad essa appartenenti presentano poche limitazioni e di debole intensità. La classe V può presentare solo le sottoclassi indicate con la lettera s, w, e c, perché i suoli di questa classe non sono soggetti, o lo sono pochissimo, all’erosione, ma hanno altre limitazioni che ne riducono l’uso principalmente al pascolo, alla produzione di foraggi, alla selvicoltura e al mantenimento dell’ambiente. Nonostante tale metodologia non sia ancora stata adottata dalla regione Sicilia, si ritiene di poter stimare e, pertanto, fare rientrare le suddette aree all’interno della classe “IIs”. I terreni cui si farà riferimento sono assimilabili a suoli con modeste limitazioni e modesti pericoli di erosione in ragione della relativa pendenza, moderatamente profondi, di facile lavorabilità; possono essere necessarie pratiche speciali per la conservazione del suolo e delle potenzialità; ampia scelta delle colture.



33- Attività silvo-pastorali ammesse per ciascuna classe di capacità d'uso (Brady, 1974 in [Cremaschi e Ridolfi, 1991])

## **10. L'Agrovoltaico: esperienze e prospettive future**

In questo quadro globale, dove l'esigenza di produrre energia da "fonti pulite" deve assolutamente confrontarsi con la salvaguardia e il rispetto dell'ambiente nella sua componente "suolo", potrebbe inserirsi la proposta di una virtuosa integrazione fra impiego agricolo ed utilizzo fotovoltaico del suolo, ovvero un connubio (ibridazione) fra due utilizzi produttivi del suolo finora alternativi e ritenuti da molti inconciliabili.

Una vasta letteratura tecnico-scientifica inerente alla tecnologia "agrovoltaica" consente oggi di avanzare un'ipotesi d'integrazione sinergica fra esercizio agricolo e generazione elettrica da pannelli fotovoltaici. Questa soluzione consentirebbe di conseguire dei vantaggi che sono superiori alla semplice somma dei vantaggi ascrivibili alle due utilizzazioni del suolo singolarmente considerate. L'agrovoltaico ha infatti diversi pregi:

i pannelli a terra creano un ambiente sufficientemente protetto per tutelare la biodiversità; se installati in modo rialzato, senza cementificazione, permettono l'uso del terreno per condurre pratiche di allevamento e coltivazione.

Soprattutto, negli ambienti o nelle stagioni sub-aride, la presenza dei pannelli ad un'altezza che non ostacoli la movimentazione dei mezzi meccanici ed il loro effetto di parziale ombreggiamento del suolo, determinano una significativa contrazione dei flussi traspirativi a carico delle colture agrarie, una maggiore efficienza d'uso dell'acqua, un accrescimento vegetale meno condizionato dalla carenza idrica, un bilancio radiativo che attenua le temperature massime e minime registrate al suolo e sulla vegetazione e, perciò stesso, un più efficiente funzionamento dei pannelli fotovoltaici. In base alle esigenze delle colture da coltivare sarà necessario valutare le condizioni microclimatiche create dalla presenza dei pannelli. Le possibilità di effettuare coltivazioni, nella fattispecie, sono sostanzialmente legate ad aspetti di natura logistica (per esempio la predisposizione dei pannelli ad altezze e larghezze adeguate al passaggio delle macchine operatrici) e a fattori inerenti all'ottimizzazione delle colture in termini di produzione e raccolta del prodotto fresco.

In termini di PAR (radiazione utile alla fotosintesi), per qualsiasi coltura noi consideriamo siamo di fronte, in linea del tutto generale, ad una minor quantità di radiazione luminosa disponibile dovuta all'ombreggiamento dei pannelli solari. In ambienti con forte disponibilità di radiazione luminosa un certo ombreggiamento potrebbe favorire la crescita di numerose piante, alcune delle quali riescono a sfruttare solo una parte dell'energia radiante. Anche l'evapotraspirazione viene modificata e questo accade soprattutto negli ambienti più caldi. Con una minor radiazione luminosa disponibile le piante riducono la loro evapotraspirazione e ciò si traduce, dal punto di vista pratico, nella possibilità di coltivare consumando meno acqua. Rispetto a condizioni di pieno campo in ambienti più caldi è stata

registrata una diminuzione della temperatura al di sotto dei pannelli e, pertanto, si potrebbe prevedere la messa in coltura di varietà precoci per la possibilità di coltivare anche in inverno (si potrebbe anticipare, per esempio, le semina di diverse leguminose). Per quanto concerne l'impianto e la coltivazione in termini di gestione delle varie colture, si può affermare che la copertura con pannelli, determinando una minore bagnatura fogliare sulle colture stesse, comporta una minore incidenza di alcune malattie legate a climi caldo umidi o freddo umidi (minore persistenza degli essudati sulle parti tenere della pianta). Uno studio della Lancaster University (A. Armstrong, N. J Ostle, J. Whitaker, 2016. "Solar park microclimate and vegetation management effects on grassland carbon cycling"), evidenzia che sotto i pannelli fotovoltaici, d'estate la temperatura è più bassa di almeno 5 gradi grazie al loro effetto di ombreggiamento. Le superfici ombreggiate dai pannelli, pertanto, potrebbero così accogliere anche le colture che non sopravvivono in un clima caldo-arido, offrendo nuove potenzialità al settore agricolo, massimizzando la produttività e favorendo la biodiversità. Un altro recentissimo studio (Greg A. Barron-Gafford et alii, 2019 "Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–water nexus in drylands". *Nature Sustainability*, 2), svolto in Arizona, in un impianto fotovoltaico dove contemporaneamente sono stati coltivati pomodori e peperoncini, ha evidenziato che il sistema agrovoltaico offre benefici sia agli impianti solari sia alle coltivazioni. Infatti, l'ombra offerta dai pannelli ha evitato stress termici alla vegetazione ed abbassato la temperatura a livello del terreno aiutando così lo sviluppo delle colture. La produzione totale di pomodori (in termini di resa) è raddoppiata, mentre quella dei peperoncini è addirittura triplicata nel sistema agrovoltaico. Non tutte le piante hanno ottenuto gli stessi benefici: alcune varietà di peperoncini testati hanno assorbito meno CO<sub>2</sub> e questo suggerisce che abbiano ricevuto troppa poca luce. Tuttavia, questo non ha avuto ripercussioni sulla produzione, che è stata la medesima per le piante cresciute all'ombra dei pannelli solari e per quelle che si sono sviluppate in pieno sole. La presenza dei pannelli ha inoltre permesso di risparmiare acqua per l'irrigazione, diminuendo l'evaporazione di acqua dalle foglie fino al 65%. Le piante, inoltre, hanno aiutato a ridurre la temperatura degli impianti, migliorandone l'efficienza fino al 3% durante i mesi estivi. Uno studio (Elnaz Hassanpour Adeg et alii, 2018. "Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, and water-use efficiency") ha analizzato l'impatto di una installazione di pannelli fotovoltaici della capacità di 1,4 Mw (avvenuta su un terreno a pascolo di 2,4 ha in una zona semi-arida dell'Oregon) sulle grandezze micrometeorologiche dell'aria, sull'umidità del suolo e sulla produzione di foraggio. I pannelli hanno determinato un aumento dell'umidità del suolo, mantenendo acqua disponibile alla base delle radici per tutto il periodo estivo di crescita del pascolo, in un terreno che altrimenti sarebbe diventato, in assenza di pannelli, asciutto.

Questo studio mostra dunque che, almeno in zone semiaride, esistono strategie che favoriscono l'aumento di produttività agricola di un terreno (in questo caso di circa il 90%), consentendo allo stesso tempo di produrre energia elettrica in maniera sostenibile.

L'idea, pertanto, sarà quella di garantire il rispetto del contesto paesaggistico-ambientale e la possibilità di continuare a svolgere attività agricole proprie dell'area con la convinzione che la presenza di un impianto solare su un terreno agricolo non significa per forza riduzione dell'attività agraria. Si può quindi ritenere di fatto un impianto a doppia produzione: al livello superiore avverrà produzione di energia, al livello inferiore, sul terreno fertile, la produzione di colture avvicendate secondo le logiche di un'agricoltura tradizionale e attenta alla salvaguardia del suolo. Alcune iniziative sperimentali realizzate in Germania, negli Stati Uniti, in Cina ed ora anche in Italia confermano la praticabilità di questo "matrimonio". Da una sperimentazione presso il Fraunhofer Institute è stato rilevato che sia la resa agricola che quella solare sono risultate pari all'80-85% rispetto alle condizioni di un suolo senza solare così come di un terreno destinato al solo fotovoltaico. Ciò significa che è stato raggiunto un valore di LER ("land equivalent ratio") pari a 1,6-1,65 (ovvero di gran lunga superiore al valore unitario che indica un semplice effetto additivo fra le due tipologie d'uso interagenti), evidenziando la rilevante convenienza ad esplicitare i due processi produttivi in "consociazione" fra loro (volendo impiegare un termine propriamente agronomico). L'agricoltura praticata in "unione" con il fotovoltaico consentirebbe di porre in essere le migliori tecniche agronomiche oggi già identificate e di sperimentarne di nuove, per conseguire un significativo risparmio emissivo di gas clima-alteranti, incamerare sostanza organica nel suolo e pertanto sequestrare carbonio atmosferico, adottare metodi "integrati" di controllo dei patogeni, degli insetti dannosi e delle infestanti, valorizzare al massimo le possibilità di inserire aree d'interesse ecologico ("ecological focus areas") così come previste dal "greening" quale strumento vincolante della "condizionalità" (primo pilastro della PAC), per esempio creando fasce inerbite a copertura del suolo collocate immediatamente al di sotto dei pannelli fotovoltaici, parte integrante di un sistema di rete ecologica opportunamente progettato ed atto a favorire la biodiversità e la connettività ecosistemica a scala di campo e territoriale. Si porrebbero dunque le condizioni per una piena realizzazione del modello "agro-energetico", capace d'integrare la produzione di energia rinnovabile con la pratica di un'agricoltura innovativa, integrata o addirittura biologica, conservativa delle risorse del suolo, rispettosa della qualità delle acque e dell'aria. Tale modello innovativo vedrebbe pienamente il fotovoltaico come efficace strumento d'integrazione del reddito agricolo capace di esercitare un'azione "volano" nello sviluppo del settore agricolo.

Anche in un'ottica di medio-lungo periodo, il sistema non solo non determina peggioramenti della potenzialità produttiva dopo l'eventuale dismissione dell'impianto, ma, anzi, può portare ad un miglioramento della fertilità dell'area, applicando una gestione sostenibile delle colture effettuate.

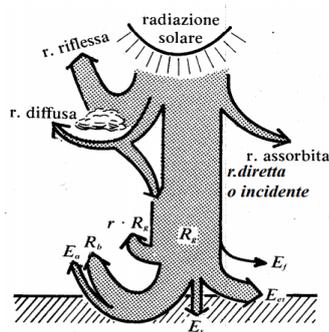
L'efficienza del sistema, sia in termini di produzione di energia che di produzione agraria, è migliorata con l'utilizzo di pannelli mobili, che si orientano nel corso della giornata massimizzando la radiazione diretta intercettata, lasciando però circolare all'interno del sistema una quota di radiazione riflessa (e di aria) che permette una buona crescita delle piante. Gli studi condotti finora evidenziano come l'output energetico complessivo per unità di superficie (Land Equivalent Ratio – LER), in termini di produzione agricola e di energia sia superiore nei sistemi agri-voltaici rispetto a quanto ottenibile con le sole implementazioni agricole o energetiche in misura compresa tra il 30% ed il 105% (Amaducci et al., 2018).

## 11. Agrometeorologia e la radiazione solare

Il sole produce onde elettromagnetiche di lunghezza d'onda compresa tra 0,3 e 30,0  $\mu\text{m}$ . La luce rappresenta l'unica sorgente di energia disponibile per gli organismi vegetali: essa deriva quasi totalmente dal sole e giunge sulla terra sotto forma di radiazione solare. L'azione della luce sulla vita vegetale si esplica principalmente in due modi: sulla crescita delle piante, in quanto la luce influenza la fotosintesi, e sui fenomeni periodici della specie attraverso il fotoperiodismo. Le piante utilizzano per la fotosintesi le o.e.m. di lunghezza d'onda compresa tra 0,4 e 0,7  $\mu\text{m}$  (PAR), che corrisponde all'incirca allo spettro del visibile.

### 11.1 Bilancio radiativo:

Il bilancio netto della radiazione solare prevede che circa il 30 % del totale viene riflesso, il 50 % è assorbito dal suolo come calore, il 20 % è assorbito dall'atmosfera.



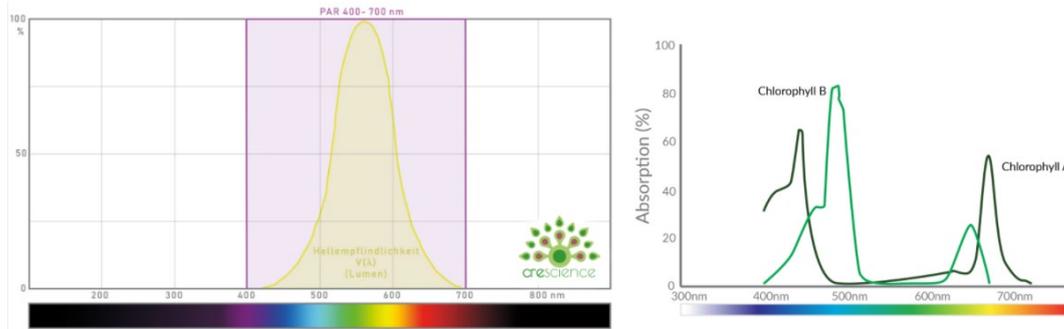
$R_g$  = radiazione globale  
 $R_g = r + r_{diffusa}$

$R_n$  = radiazione netta  
 $R_n = R_g \cdot (1 - \alpha) + R_c \downarrow - R_c \uparrow$   
 $\alpha$  = coefficiente di riflessione  
 $R_c$  = r. a corta lung. d'onda  
 Per colture agrarie  $\alpha = 0,23$

$R_n = \alpha E_a + E_s + E_{et} + E_f$   
 $E_a$  = energia per riscaldare l'aria  
 $E_s$  = energia per riscaldare il suolo  
 $E_{et}$  = energia per l'evapotraspirazione  
 $E_f$  = energia per la fotosintesi

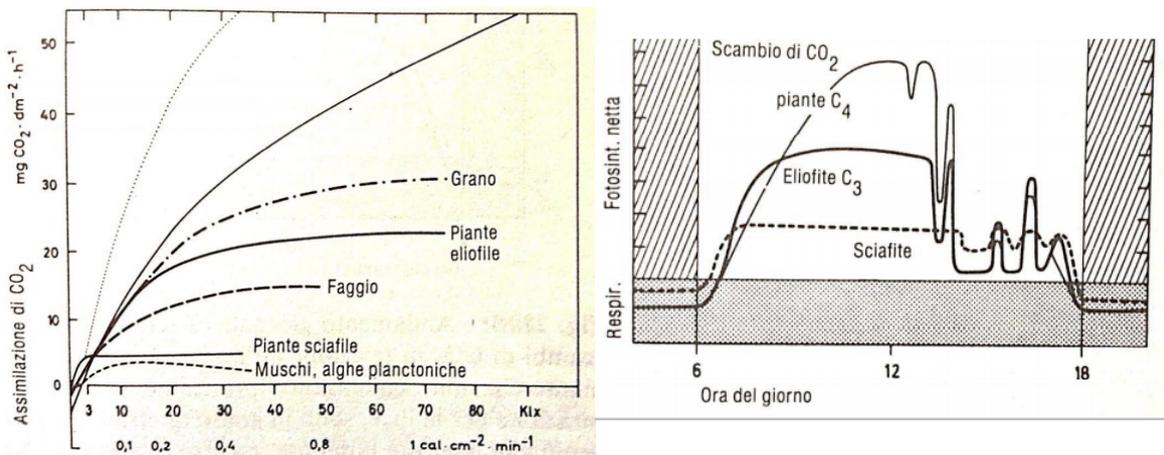
34 – il bilancio radiativo

Le piante usano energia luminosa per il processo di fotosintesi per convertire l'energia luminosa in energia chimica, consumata per la crescita e/o la fruttificazione. Questo processo è reso possibile da due tipi di clorofilla presente nelle piante A e B. Il grafico seguente mostra che la clorofilla utilizza due gamme PAR: blu (435-450nm) e rosso (640-665nm).



35 – la fotosintesi e la correlazione con la lunghezza d'onda

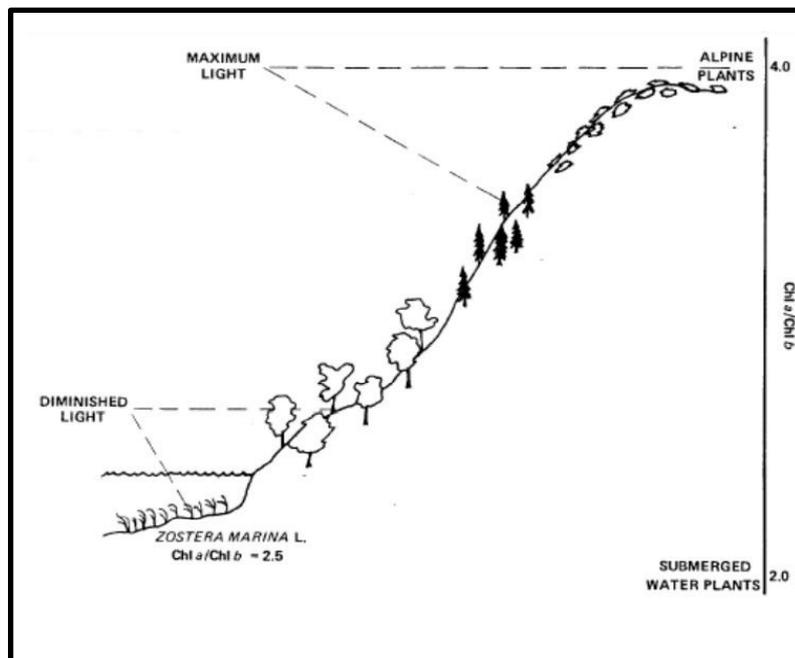
A seconda del loro adattamento a differenti intensità di illuminazione, piante diverse (così come foglie presenti in punti diversi della pianta) mostrano curve di assimilazione della CO<sub>2</sub> differenti. Le piante possono tendenzialmente essere suddivise in eliofile (alti valori di fotosaturazione, migliore efficienza fotosintetica ad irradianze più elevate, minore suscettibilità a danni fotossidativi rispetto alle piante sciafile) o sciafile (bassi valori di fotosaturazione, ma attività fotosintetica elevata a bassa irradianza, migliore efficienza fotosintetica a basse intensità luminosa rispetto alle altre piante). Le piante coltivate sono, in genere, sciafile facoltative.



36 – piante sciafile, eliofile e a ciclo C4

Oltre che come fonte di energia la luce svolge, per le colture, una importante funzione di informazione per i fenomeni fotomorfogenetici che si verificano nei diversi stadi della crescita della pianta.

Per fotoperiodo si intende il tempo (spesso espresso in ore) di esposizione alla luce delle piante e la sua lunghezza risulta fondamentale per le numerose attività delle piante. Per intensità luminosa si intende la quantità di energia luminosa che raggiunge la coltura. L'intensità di luce si misura come quantità di energia radiante che le colture intercettano ovvero il flusso radiante per unità di superficie, che viene definito irradianza o *flusso quantico fotonico* e si esprime come  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . In generale, maggiore è l'irradianza migliore è lo sviluppo dei germogli, ma oltre una certa quantità di luce fornita, i germogli subiscono un calo della crescita con chiari segni di senescenza e ingiallimento delle foglie. La soglia limite dipende comunque dal tipo di specie trattata e dallo stadio del ciclo di propagazione. Si suppone che un'irradianza minore sia utile nelle fasi di impianto e moltiplicazione, mentre un'irradianza maggiore sia preferibile per la radicazione della pianta. Per qualità della luce si intende l'effetto della luce sull'accrescimento delle piante, ed è uno degli aspetti meno conosciuti ed i riferimenti bibliografici a riguardo sono scarsi. Per alcune essenze vegetali (canapa, lino, foraggere) aumentando la fittezza (densità di impianto) si ha una riduce la luminosità; per altre piante come la patata, la bietola, le piante da granella (leguminose) e da frutto, riducendo la densità aumenta la luminosità e, conseguentemente, si favorisce l'accumulo di sostanze di riserva. L'orientamento delle file "nord – sud" favorisce l'illuminazione, così come la giacitura e l'esposizione a sud-ovest. Inoltre, sul sesto di impianto l'aumento della distanza tra le file salendo di latitudine aumenta l'efficienza di intercettazione della luce. Allo stesso modo il controllo della flora infestante riduce sensibilmente la competizione per la luce.



37 – gli effetti della luce in funzione dell'altimetria

Le piante in relazione alla durata del periodo di illuminazione (fotoperiodo) vengono classificate come segue:

Elenco parziale di piante brevi diurne, neutrodiurne e longidiurne.

Monocotiledoni	Dicotiledoni
<b>Brevi diurne</b>	
Riso ( <i>Oryza sativa</i> )	Chenopodium ( <i>Chenopodium</i> spp.) Crisantemo ( <i>Chrysanthemum</i> spp.) Fragola ( <i>Fragaria ananassa</i> ) Tabacco ( <i>Nicotiana tabacum</i> )
<b>Neutrodiurne</b>	
Poa ( <i>Poa annua</i> ) Mais ( <i>Zea mays</i> )	Cotone ( <i>Gossypium hirsutum</i> ) Fagiolo ( <i>Phaseolus</i> spp.) Fragola ( <i>Fragaria ananassa</i> ) Tabacco ( <i>Nicotiana tabacum</i> ) Patata ( <i>Solanum tuberosum</i> ) Pomodoro ( <i>Lycopersicon esculentum</i> ) Topinambur ( <i>Helianthus tuberosus</i> )
<b>Longidiurne</b>	
Agrostide ( <i>Agrostis palustris</i> ) Avena ( <i>Avena sativa</i> ) Bromo ( <i>Bromus inermis</i> ) Falaride ( <i>Phalaris arundinacea</i> ) Frumento ( <i>Triticum aestivum</i> ) Lolium ( <i>Lolium</i> spp.) Orzo ( <i>Hordeum vulgare</i> )	Bietola ( <i>Beta vulgaris</i> ) Cavolo ( <i>Brassica</i> spp.) Senape bianca ( <i>Sinapis alba</i> ) Spinacio ( <i>Spinacia oleracea</i> ) Trifoglio violetto ( <i>Trifolium pratense</i> )

passano in fase riproduttiva quando il periodo di illuminazione non supera le 12 ore giorno

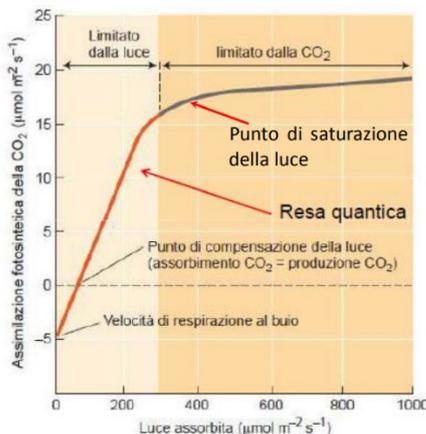
passano in fase riproduttiva quando il periodo di illuminazione supera le 14 ore giorno

38 – le piante in funzione del fotoperiodo

Ogni pianta presenta una caratteristica dipendenza della fotosintesi netta dall'irradianza:

- Inizialmente con l'aumentare dell'irradianza aumenta la velocità di assimilazione della CO<sub>2</sub>. La luce rappresenta il fattore limitante.
- Punto di compensazione della luce: livello di irradianza che comporta una fotosintesi netta nulla, in quanto la quantità di CO<sub>2</sub> assorbita durante il processo fotosintetico è uguale a quella prodotta con la respirazione.
- Punto di saturazione della luce: l'apparato fotosintetico è saturato dalla luce. Aumentando l'irradianza la velocità di assimilazione della CO<sub>2</sub> non aumenta. La CO<sub>2</sub> rappresenta il fattore limitante.

Aumentando l'intensità luminosa, cominciano a manifestarsi i primi segnali di danneggiamento della pianta per esposizione ad un eccesso di irradiazione. La luce porta al surriscaldamento della pianta, provocando rottura dei pigmenti e danneggiamento dell'apparato fotosintetico.



39 – Assimilazione fotosintetica in funzione della quantità di luce assorbita

Un difetto di illuminazione può essere deleterio per alcune piante mentre per altre no. Sovente le conseguenze di un tale difetto possono essere riassunte come sotto specificato:

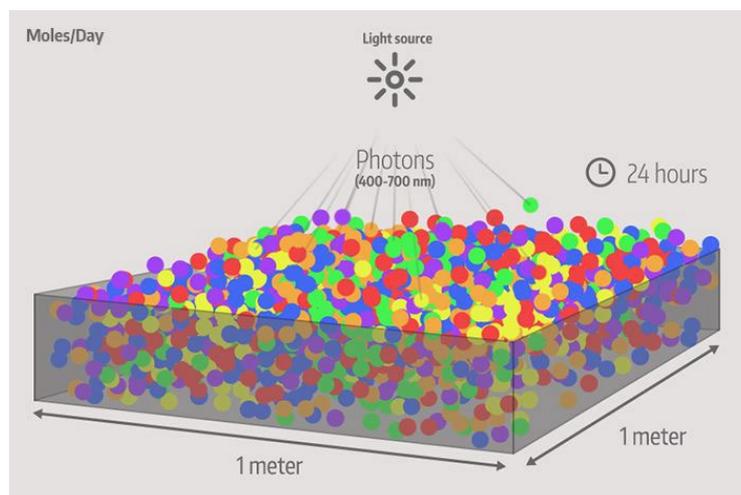
- ingiallimento e caduta prematura delle foglie;
- eziolatura (perdita di colore naturale);
- mancata ramificazione;
- disseccamento e caduta dei rami bassi;
- steli esili, poco lignificati o allungati;
- scarsa fertilità (es. mais).

Le piante, e le specie vegetali in generale, hanno una diversa sensibilità alla luce rispetto agli umani e dunque le unità di misura utili in botanica sono ben diverse. Quella più utilizzata per la misurazione della radiazione fotosintetica attiva (PAR) è la densità di flusso fotonico fotosintetico (PPFD).

### PAR (Radiazione Fotosintetica Attiva)

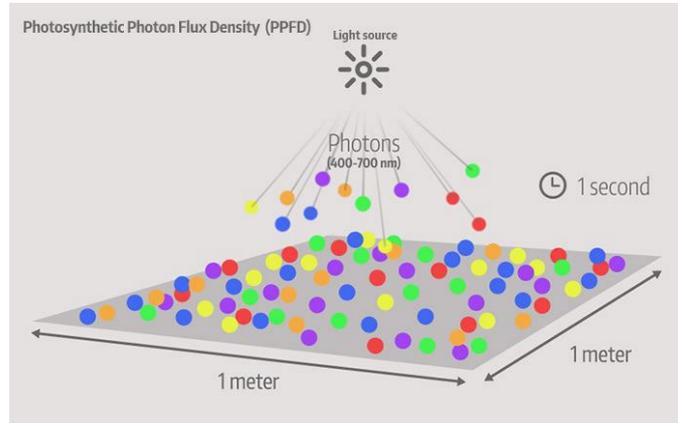
Il PAR indica un intervallo di lunghezza d'onda della luce compreso tra i 400 e 700 nanometri ( $0.4 < \text{PAR} < 0.7 \mu\text{m}$  (PAR medio =  $0.55 \mu\text{m}$ )) che corrisponde alla lunghezza d'onda ottimale per la fotosintesi delle piante. Particelle di luce di lunghezze d'onda inferiore conducono troppa energia e possono danneggiare le cellule e i tessuti della pianta, mentre quelle con lunghezza d'onda superiore a 700 non hanno l'energia sufficiente a innescare la fotosintesi.

**PPF (Fotosintetica Photon Flux)** è una misurazione che specifica la quantità totale di luce prodotta dalla sorgente di luce all'interno di ogni secondo; in altre parole, PPF ci dice quanta luce fotosinteticamente attiva viene emessa dalla sorgente luminosa in un secondo, misurato in  $\mu\text{mol/s}$  (micromoli per secondo). È il secondo fattore più importante nel determinare l'efficacia del sistema di illuminazione per le piante.



40 – quantità di moli di luce solare in un giorno su 1 mq di superficie

**PPFD (Densità di flusso fotonico fotosintetico)** rappresenta la quantità di PAR (misurata in micromoli) che illumina una superficie di 1 metro quadrato in un intervallo di 1 secondo. L'energia radiante efficace nel processo fotosintetico può essere espressa in due modi, o in  $W/m^2$  oppure in  $\mu mol/m^2 s^{-1}$  (Watt per metro quadro o moli per metro quadro secondo). Per convertire da  $W/m^2$  a  $\mu mol/m^2 s^{-1}$  si moltiplica per 4.6.



41 – Densità di flusso fotonico fotosintetico (PPFD) per unità di superficie

Esempio: densità di flusso di PAR =  $1000 W m^{-2} = 1000 J s^{-1} m^{-2}$

conoscendo le moli di fotoni per joule di energia (=  $4.6 \mu mol J^{-1}$ ) ho che

$$PAR (PPFD = \text{Photosynthetically Photon Flux Density, } \mu mol m^{-2} s^{-1}) = 1000 * 4.6 = 4600 \mu mol m^{-2} s^{-1}$$

Di seguito si riportano le tabelle riassuntive dei parametri di coltivazione di alcune piante (leguminose e graminacee in particolare), con riferimento al nutrimento, pH, flusso fotonico (PPF), fotoperiodo e temperatura.

PLANT Common Name (Genus species Auth.)	Nut <sup>2</sup>	pH <sup>3</sup>	Propagation			Vegetative			Flower Initiation/Dev.			Fruit/Seed Dev.			Comments
			Light <sup>4</sup>	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light <sup>4</sup>	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light <sup>4</sup>	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light <sup>4</sup>	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	
African Violet Saintpaulia ionantha H. Wendl.	M	N	V	12	23 / 23	L	12	23 / 23	L	12	23 / 23				Leaf-petiole cuttings.
Ageratum Ageratum houstonianum Mill.	M	N	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20				
Alliaria Medicago sativa L.	M	N	M	12-23	25 / 20	M	12-20	22 / 22	M	>16	25 / 25	M	>16	25 / 25	Little flowering if photoperiod <12. High requirement for K & Mg.
Astroemeria (Peruvian Lily) Astroemeria sp. L.	H	N	M	>12	25 / 20	M	>12	20 / 20	M	>12	20 / 15				Division of rhizomes. For continuous flowering, temp. must be < 13 C.
Annual Bluegrass Poa annua L.	L	N	M	12-20	23 / 23	M	12-20	20 / 20	M	12-20	20 / 20	M	12-20		
Apple Malus domestica Borkh.	M	N				H	12-20	25 / 20	H	12-20	25 / 20	H	12-20	25 / 20	Break bud dormancy: 2000 to 2500 hrs at 4 C
Arabidopsis Arabidopsis thaliana L. Heynh.	M	N	L	8	24 / 24	L	8	20 / 20	L	16	20 / 20	L	>16	20 / 20	Light inhibits germination.
Avocado Persea americana Mill.	M	N				M	12-20	25 / 20	M	12-20	20 / 15	M	12-20	25 / 20	Water stress induces flowering.
Azalea Rhododendron spp.	M	L	L	>14	25 / 23	M	>14	25 / 20	M	10	25 / 25				5-cm cuttings, 2500 ppm BA, 30 for six weeks required for flower development after initiation
Barley Hordeum vulgare L.	M	N	M	12	23 / 18	M	12	23 / 18	M	16-24	23 / 18	M	16-24	23 / 18	

<sup>2</sup> Nutrition  
L = Low (50 ppm N)  
M = Medium (100 ppm N)  
H = High (200 ppm N)

<sup>3</sup> pH  
N = Normal 5.5 - 6.5  
L = Low 4.5 - 5.5

<sup>4</sup> Light, Photosynthetic Photon Flux (PPF)  
D = Dark No light  
V = Very Low 50 - 150  $\mu mol m^{-2} s^{-1}$   
L = Low 150 - 250  $\mu mol m^{-2} s^{-1}$   
M = Medium 250 - 450  $\mu mol m^{-2} s^{-1}$   
H = High 450 - 700  $\mu mol m^{-2} s^{-1}$

PLANT Common Name (Genus species Auth.)	Nut <sup>2</sup>	pH <sup>3</sup>	Propagation			Vegetative			Flower Initiation/Dev.			Fruit/Seed Dev.			Comments
			Light <sup>4</sup>	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light <sup>4</sup>	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light <sup>4</sup>	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light <sup>4</sup>	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	
Cinetaia <i>Sinapis cruentus</i> (Masson ex L'Her.) D.C.	M	N	M	12	20 / 20	M	12	20 / 20	M	>12	20 / 13				In post-anthesis stage, do not allow to wilt.
Citrus <i>Citrus</i> spp.	M	N	M	12-20	25 / 23	H	12-20	25 / 23	H	12-20	28 / 23	H	12-20	28 / 23	Water stress induces flowering.
Coddebur <i>Xanthium strumarium</i> L.	M	N	M	16	25 / 25	M	16-20	25 / 20	M	8	25 / 20	M	8	25 / 20	
Com <i>Zea mays</i> L.	H	N	M	14	28 / 23	M-H	12-20	28 / 23	M-H	12-14	28 / 23	H	14	28 / 23	
Cosmos <i>Cosmos bipinnatus</i> Cav.	L	N	M	16	23 / 23	M	16	25 / 20	M	8	25 / 20				
Culten <i>Gossypium hirsutum</i> L.	M	N	M	12-20	28 / 28	M	12-20	28 / 28	M	12	30 / 25	M	12-20	30 / 25	Most cultivars will flower under any photoperiod. Some cultivars require short days for flower initiation.
Cucumber <i>Cucumis sativus</i> L.	M	N	M	12-20	25 / 25	M	16	25 / 25	M	12-20	25 / 25	M	12-20	25 / 25	
Cyclamen <i>Cyclamen persicum</i> Mill.	M	N	D	0	16 / 16	M	12	20 / 20	M	12	20 / 20				High temp. inhibits germination. In post-anthesis stage, do not allow to wilt.
Easter Lily <i>Lilium longiflorum</i> Thunb. var. <i>eximium</i> (Courtois) Baker	H	N				M	12	20 / 20	M	12	20 / 20				Bulbs cooled at 5 C for 6 weeks induces flowering.
Fuchsia <i>Fuchsia X hybrida</i> Hort. ex Vilm.	M	N	L	<12	23 / 23	M	<12	20 / 20	M	16	20 / 20				5-cm cuttings with 2500 ppm IBA.

<sup>2</sup> Nutrition

L = Low (50 ppm N)  
M = Medium (100 ppm N)  
H = High (200 ppm N)

<sup>3</sup> pH

N = Normal 5.5 - 6.5  
L = Low 4.5 - 5.5

<sup>4</sup> Light: Photosynthetic Photon Flux (PPF)

D = Dark No light  
V = Very Low 50 - 150  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$   
L = Low 150 - 250  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$   
M = Medium 250 - 450  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$   
H = High 450 - 700  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$

PLANT Common Name (Genus species Auth.)	Nut <sup>2</sup>	pH <sup>3</sup>	Propagation			Vegetative			Flower Initiation/Dev.			Fruit/Seed Dev.			Comments
			Light <sup>4</sup>	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light <sup>4</sup>	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light <sup>4</sup>	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light <sup>4</sup>	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	
Silene <i>Silene armeria</i> L.	L	N	D	N/A	25 / 25	M	8	20 / 20	M	16	20 / 20				
Sinapis <i>Sinapis alba</i> L.	L	N	M	12-20	25 / 25	M	12-20	20 / 26	M	8	20 / 20				
Snapdragon <i>Antirrhinum majus</i> L.	H	N	M	>12	23 / 23	M	>12	25 / 16	M	>12	20 / 13				Sow seed on top of moist media. Facultative long day for flowering.
Soybean <i>Glycine max</i> (L.) Merr	M	N	M	12	28 / 23	M	12-20	28 / 23	M	12-20	28 / 23	M	12	28 / 23	Short day crop; critical daylength for flowering varies with cultivar.
Spinach <i>Spinacia oleracea</i> L.	M	N	M	12	20 / 20	M	12	20 / 20	M	>15	25 / 25	M	>15	25 / 25	Elevated temperatures encourage earlier flowering.
Strawberry <i>Fragaria x ananassa</i> Duch	M	N	M	12-20	18 / 18	M	12-20	20 / 15	M	<12	20 / 15	M	12-20	20 / 15	For day neutral cultivars only; exposing crowns to 4-6 wks at 4 C will stimulate flowering.
Tabacco <i>Nicotiana tabacum</i> L.	M	N	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	
Tomato <i>Lycopersicon esculentum</i>	M	N	M	12-20	25 / 20	H	12-20	25 / 20	H	12-20	25 / 20	H	12-20	25 / 20	Requires high K and Ca. High nutrition may induce fruit set.
Wheat <i>Triticum aestivum</i> L.	M	N	M	12-20	25 / 20	M	12-20	20 / 15	M	12-20	23 / 18	H	12-20	23 / 18	Winter wheat requires cold treatment (vernalization) for floral induction. Long photoperiod decreases time to flowering.

<sup>2</sup> Nutrition

L = Low (50 ppm N)  
M = Medium (100 ppm N)  
H = High (200 ppm N)

<sup>3</sup> pH

N = Normal 5.5 - 6.5  
L = Low 4.5 - 5.5

<sup>4</sup> Light: Photosynthetic Photon Flux (PPF)

D = Dark No light  
V = Very Low 50 - 150  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$   
L = Low 150 - 250  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$   
M = Medium 250 - 450  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$   
H = High 450 - 700  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$

PLANT Common Name (Genus species Auth.)	Nut.	pH	Propagation			Vegetative			Flower Initiation/Dev.			Fruit/Seed Dev.			Comments
			Light*	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light*	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light*	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light*	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	
Pharbitis <i>Pharbitis Nil (L.) Roth</i>	L	N	L	16	25 / 25	M	16	25 / 25	M	8	30 / 30				
Pigeeweed <i>Amaranthus spp.</i>	M	N	M	>16	25 / 20	M	>16	25 / 20	M	8	25 / 20				
Poinsettia <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. ex Klotzch	H	N	L	>14	25 / 20	M	>14	25 / 20	M	10	25 / 18				5-cm cuttings with 2500 ppm IBA.
Potato, Sweet <i>Solanum tuberosum (L.) Lam.</i>	M	N	M	12-20	25 / 25	L	<14	25 / 25	M	>14	25 / 25	M	>14	25 / 25	Requirements are for storage root formation. Higher N levels favor vegetative growth; requires high K.
Potato, White <i>Solanum tuberosum L.</i>	M	N	M	12-20	23 / 18	M	12-20	23 / 18	M	12-20	23 / 18	M	12-20	23 / 18	Requirements are for tuberization. Long days with low PPF delays tuberization. pH=6,0.
Rice <i>Oryza sativa L.</i>	M	N	M	12-20	30 / 20	>M	12-20	30 / 20	>M	12-20	30 / 20	>M	12	30 / 20	Short day crop; critical daylength for flowering varies with cultivar.
Rose <i>Rosa mult. flora Thunb.</i>	H	N	L	12	23 / 23	M	12	23 / 18	M	12	23 / 18				5-cm cuttings with 2500 ppm IBA.
Ryegrass <i>Lolium multiflorum Lam.</i>	M	N	M	12-20	23 / 18	M	12-20	20 / 15	M	16	23 / 18				
Salvia <i>Salvia splendens Sellow ex Schultes</i>	L	N	M	24	23 / 23	M	12	25 / 20	M	12	25 / 20				
Scrophularia <i>Scrophularia marilandica L.</i>	L	N	L	8	20 / 13	M	8	20 / 20	M	16	20 / 20				

\* Nutrition  
L = Low (50 ppm N)  
M = Medium (100 ppm N)  
H = High (200 ppm N)

† pH  
N = Normal 5.5 - 6.5  
L = Low 4.5 - 5.5

\* Light: Photosynthetic Photon Flux (PPF)  
D = Dark No light  
V = Very Low 50 - 150  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$   
L = Low 150 - 250  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$   
M = Medium 250 - 450  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$   
H = High 450 - 700  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$

PLANT Common Name (Genus species Auth.)	Nut.	pH	Propagation			Vegetative			Flower Initiation/Dev.			Fruit/Seed Dev.			Comments
			Light*	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light*	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light*	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light*	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	
Margold <i>Tagetes erecta L.</i>	M	N	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20				
Oats <i>Avena sativa L.</i>	M	N	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	M	16-24	25 / 20	M	12-20		
Olive <i>Olea europaea L.</i>	M	N				H	14	23 / 18	H	12-20	12 / 12	H	12-20	23 / 18	Flower bud initiation: 750 to 2500 hrs at 12 C during early spring.
Pea <i>Pisum sativum L.</i>	M	N	M	12-20	23 / 23	M	12-20	23 / 23	M	12-20	20 / 15	M	12-20	23 / 18	Desirable at anthesis to reduce maximum temperature to 22C.
Peach <i>Prunus persica (L.) Batsch</i>	M	N				H	12-20	25 / 20	H	12-20	25 / 20	H	12-20	25 / 20	Break bud dormancy: 250 to 2000 hrs at 4 C
Peanut <i>Arachis hypogaea L.</i>	M	N	D	N/A	25 / 25	M	12-20	25 / 25	>M	12-20	30 / 23	>M	12-20	30 / 23	Plants flower under most photoperiods. Short days may increase harvest index.
Pear <i>Pyrus communis L.</i>	M	N				H	12-20	25 / 20	H	12-20	25 / 20	H	12-20	25 / 20	Break bud dormancy: 750 to 2500 hrs at 4 C
Pepper <i>Capiscum annuum (L.) var. annuum</i>	M	N	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	
Perilla <i>Perilla frutescens (L.) Britt</i>	L	N	M	16	25 / 25	M	16	20 / 20	M	8	20 / 20	M	8	20 / 20	
Petunia <i>Petunia x hybrida Vilm.</i>	M	N	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	M	16-20	25 / 20				

\* Nutrition  
L = Low (50 ppm N)  
M = Medium (100 ppm N)  
H = High (200 ppm N)

† pH  
N = Normal 5.5 - 6.5  
L = Low 4.5 - 5.5

\* Light: Photosynthetic Photon Flux (PPF)  
D = Dark No light  
V = Very Low 50 - 150  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$   
L = Low 150 - 250  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$   
M = Medium 250 - 450  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$   
H = High 450 - 700  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$

## 12. Coltivazione legumicola: quadro generale

I legumi sono da sempre al centro della tradizione contadina siciliana, rivestendo un ruolo fondamentale dal punto di vista alimentare, sia umano che zootecnico. E lo sono ancora di più oggi, visto che il consumo eccessivo di carne e derivati è messo molto in discussione. I legumi, infatti, sono un ottimo sostituto della carne, grazie al loro elevato apporto di proteine. Negli ultimi 15 anni il tasso di crescita della produzione di legumi non ha saputo tenere il passo della relativa crescita della popolazione: infatti, secondo la FAO, tra il 2000 e il 2014 la popolazione mondiale è aumentata del 19% mentre la disponibilità di legumi pro-capite è cresciuta solo di 1,6 kg all'anno (M. Cappellini, *IlSole24Ore*, 2018). L'Europa, in questo contesto di cambiamento, è troppo dipendente dalle importazioni di legumi dal resto del mondo, sia quelli destinati all'alimentazione umana sia quelli per i mangimi animali, ed è quindi necessario aumentarne la produzione interna per venire incontro alle esigenze dei consumatori di avere un cibo più sostenibile e più salutare. In Europa la classifica dei produttori di legumi vede al primo posto la Francia, con 788.000 tonnellate all'anno. Ma non rappresenta che l'1% delle produzioni mondiali di legumi; al primo posto, nel mondo, c'è l'India, dove viene coltivato oltre il 17% di tutti i legumi. Al secondo posto si trova il Canada che negli ultimi anni, ha lanciato il suo piano per lo sviluppo delle proteine vegetali.

	FAGIOLI SECCHI		PISELLI SECCHI		LENTICCHIE		CECI		ALTRI LEGUMI		TOTALE	
	beans dry	peas dry	lentils	chickpeas	Pulses, nes	Tonn.	%	Tonn.	%	Tonn.	%	
AUSTRIA	-	-	17.435	1,3	-	-	-	-	7.643	1,0	25.078	1,0
BELGIO	800	0,3	1.330	0,1	-	-	-	-	-	-	2.130	0,1
BULGARIA	954	0,4	1.531	0,1	220	0,3	633	1,4	190	0,0	3.528	0,1
CROAZIA	1.329	0,6	579	0,0	83	0,1	-	-	-	-	1.991	0,1
CIPRO	194	0,1	133	0,0	11	0,0	93	0,2	-	-	431	0,0
R.CECA	-	-	42.748	3,1	-	-	-	-	11.049	1,5	53.797	2,2
DANIMARCA	-	-	17.000	1,2	-	-	-	-	16.200	2,2	33.200	1,4
ESTONIA	532	0,2	34.183	2,5	-	-	-	-	-	-	34.715	1,4
FRANCIA	7.500	3,3	512.094	37,1	23.000	31,1	-	-	6.000	0,8	548.594	22,3
GERMANIA	-	-	155.300	11,3	-	-	-	-	8.050	1,1	163.350	6,6
GRECIA	21.510	9,3	690	0,1	7.750	10,5	3.570	7,9	3.130	0,4	36.650	1,5
UNGHERIA	1.530	0,7	46.190	3,3	1	0,0	90	0,2	2.100	0,3	49.911	2,0
IRLANDA	17.600	7,6	3.000	0,2	-	-	-	-	-	-	20.600	0,8
<b>ITALIA</b>	<b>11.049</b>	<b>4,8</b>	<b>23.044</b>	<b>1,7</b>	<b>1.873</b>	<b>2,5</b>	<b>13.072</b>	<b>28,8</b>	<b>4.610</b>	<b>0,6</b>	<b>53.648</b>	<b>2,2</b>
LETTONIA	23.600	10,2	8.900	0,6	-	-	-	-	50	0,0	32.550	1,3
LITUANIA	62.500	27,1	101.100	7,3	-	-	-	-	29.900	4,1	193.500	7,9
LUXEMBURG	300	0,1	750	0,1	-	-	-	-	32	0,0	1.082	0,0
MALTA	370	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	370	0,0
PAESI BASSI	5.760	2,5	3.710	0,3	-	-	-	-	-	-	9.470	0,4
POLONIA	38.042	16,5	44.421	3,2	-	-	-	-	309.086	42,4	391.549	15,9
PORTOGALLO	2.350	1,0	-	-	-	-	530	1,2	-	-	2.880	0,1
ROMANIA	19.748	8,6	50.838	3,7	-	-	179	0,4	598	0,1	71.363	2,9
SLOVACCHIA	115	0,0	12.074	0,9	57	0,1	240	0,5	1.278	0,2	13.764	0,6
SLOVENIA	761	0,3	542	0,0	-	-	-	-	213	0,0	1.516	0,1
SPAGNA	13.100	5,7	113.500	8,2	41.000	55,4	27.000	59,5	41.000	5,6	235.600	9,6
SVEZIA	940	0,4	46.500	3,4	-	-	-	-	-	-	47.440	1,9
FINLANDIA	-	-	14.200	1,0	-	-	-	-	-	-	14.200	0,6
REGNO UNITO	-	-	128.000	9,3	-	-	-	-	287.530	39,5	415.530	16,9
<b>TOT. UE a 28</b>	<b>230.584</b>	<b>100</b>	<b>1.379.792</b>	<b>100</b>	<b>73.995</b>	<b>100</b>	<b>45.407</b>	<b>100</b>	<b>728.659</b>	<b>100</b>	<b>2.458.347</b>	<b>100</b>

42 – produzione di legumi secchi in UE – anno 2014, dati FAO

In Italia, nell'ultimo trentennio, le leguminose da granella hanno subito una forte diminuzione, di eccezionale gravità, considerato che non disponiamo di fonti proteiche, animali vivi e carni macellate, così come di granella di proteaginose e relativi derivati per l'alimentazione sia degli uomini che degli animali. La produzione di legumi secchi (fagioli, lenticchie, ceci, piselli, fave) nel nostro Paese ha conosciuto una drastica diminuzione a partire dagli anni '60, passando da un quantitativo complessivo di 640.000 tonnellate al picco negativo di 135.000 tonnellate (-81%) raggiunto negli anni 2010-15. Oggi per fortuna l'Italia ha cominciato ad invertire la curva, parallelamente alle scelte alimentari che hanno sempre più premiato il consumo dei legumi. In particolare, si sono registrati buoni trend di crescita nella produzione nazionale di ceci e lenticchie: complessivamente oggi l'Italia, con circa 200.000 tonnellate, si colloca all'ottavo posto in Europa per la produzione di legumi secchi (report sui legumi e sulle colture proteiche nei mercati mondiali, europei e italiani realizzato dall'istituto di ricerca Areté per conto dell'Alleanza Cooperative Agroalimentari). Dalla relazione emerge come il lungo trend negativo della produzione registrato in Italia negli ultimi decenni abbia avuto dirette conseguenze sugli scambi commerciali da e verso il nostro Paese, accentuando la posizione di importatore netto dell'Italia, da 4.500 tonnellate di legumi nel 1960 a circa 360.000 nel 2017. L'Italia dipende quindi fortemente dalle importazioni di tutti i legumi per soddisfare la propria domanda. Lo attestano con grande evidenza questi dati: nel 2017 il rapporto import / consumo presunto è stato del 98% per le lenticchie, del 95% per i fagioli, del 71% per i piselli, del 59% per i ceci. Rispetto alla media europea, nell'anno 2016 (ultimi dati disponibili per la UE), l'Italia ha importato il 65% del suo consumo, contro il 33% della Ue. I nuovi dati pubblicati dall'ISMEA (2016) riguardo alla produzione e al consumo in Italia evidenziano una certa crescita. Le motivazioni sono imputabili ad una riscoperta di queste proteine vegetali che ben rispondono ai nuovi stili alimentari che vanno sempre più diffondendosi (vegetariani e vegani nella fattispecie). La produzione nazionale è localizzata per il 63% in Sicilia, Abruzzo, Toscana, Marche e Puglia. Dai dati ISTAT emerge che la superficie rilevata nel 2011 era di 64.468 ettari, con una produzione di 1.343.165 quintali.



In Sicilia la situazione legumicola è frammentata e molto variegata. Sono state impiegate da sempre in agricoltura con il solo scopo di fornire una alimentazione al bestiame mentre solo negli ultimi anni stanno assumendo un ruolo fondamentale non solo nella rotazione in campo con i cereali ma anche perché si riconoscono ai legumi tutte le proprietà sopra menzionate, non ultima quella di costituire un pilastro fondamentale della dieta mediterranea. I legumi maggiormente coltivati in Sicilia sono le fave, i ceci, le lenticchie, i piselli e i lupini. Vengono coltivate sia varietà che abbiamo importato da altri paesi che ecotipi locali che manteniamo attraverso un processo di moltiplicazione "in campo". Tali ecotipi locali costituiscono delle vere e proprie nicchie ecologiche e sono rappresentativi di un determinato territorio. Le coltivazioni sono distribuite su tutto il territorio regionale: sono varietà sia ad uso estensivo da pieno campo che da uso intensivo con cultivar ed ecotipi rampicanti. Le produzioni sono variabili da zona a zona ma garantiscono, sempre e comunque, un livello qualitativo eccellente. Il problema principale riguarda la produzione in quanto le superfici investite a legumi, seppur in crescita rispetto al trend degli ultimi anni, riescono a coprire solo un 15-20% della richiesta interna.

### 13. Coltivazione legumicola: aspetti colturali

Il ruolo di primo piano di legumi è dovuto sostanzialmente alle loro peculiarità agronomiche e alla relativa facilità d'impianto. Si fa presente, inoltre, che l'esiguo fabbisogno irriguo rende la coltivazione dei legumi una scelta oculata e intelligente in zone aride e in regioni a rischio siccità. I legumi non si limitano soltanto ad apportare benefici alla salute umana, ma migliorano anche le condizioni di vita del suolo e i residui dei raccolti delle leguminose possono essere utilizzati come foraggio per i animali. Le leguminose possono ospitare, in maniera simbiotica, nel proprio apparato radicale alcuni tipi di batteri del genere *Rhizobium*: questi hanno la capacità di fissare l'azoto atmosferico ossia di prendere quel 78% di azoto presente nella nostra atmosfera e trasformarlo in una forma che sia assimilabile dalla pianta. Questi batteri vivono in simbiosi con le leguminose e sono in grado di assorbire e convertire l'azoto atmosferico in composti azotati, riducendo le emissioni di CO<sub>2</sub> che possono essere utilizzati dalle piante e contemporaneamente migliorare la fertilità del suolo. I rizobi, però, non arricchiscono solo le piante ma anche il terreno stesso: in agricoltura i legumi sono definiti colture di arricchimento, generalmente da alternare ai cereali che invece sono definiti depauperanti. I legumi riescono a fissare tra 72 e 350 kg di azoto per ettaro/anno. Inoltre, contribuiscono a migliorare adesso tessitura del terreno e nei sistemi di coltivazione "consociati" possono ridurre l'erosione del suolo e contribuire a controllare infestazioni e malattie; inoltre, riducono l'utilizzo di pesticidi chimici in agricoltura migliorando la fertilità del suolo e favorendo anche la biodiversità.

## 14. Le principali essenze leguminose da granella

Le principali essenze coltivate sono fagioli, lenticchie, ceci, piselli, fave (anche lupini e cicerchia in minima parte). Di seguito si riporta una panoramica e le principali caratteristiche delle leguminose da granella che interessano la Sicilia e che possono essere impiegate nelle interfile dell'area di progetto.

### 14.1 Fava

La fava si coltiva per la sua granella che, secca o fresca, trova impiego come alimento per l'uomo e per gli animali. La pianta è coltivata per foraggio (erbaio) e anche per sovescio. Nei tempi recenti il consumo dei semi secchi si è ridotto, mentre ampia diffusione ha ancora nell'alimentazione umana l'uso della granella immatura fresca o conservata in scatola o surgelata. La fava è una leguminosa appartenente alla tribù delle Viciae; il suo nome botanico è *Vicia faba* (o anche *Faba vulgaris*). Nell'ambito della specie tre varietà botaniche sono distinguibili in base alla dimensione dei semi:

- *Vicia faba maior*, fava grossa, che produce semi appiattiti e grossi (1.000 semi pesano da 1.000 a 2.500 g), impiegati per l'alimentazione umana;
- *Vicia faba minor*, favino o fava piccola, i cui semi sono rotondeggianti e relativamente piccoli (1.000 semi pesano meno di 700 g) e s'impiegano per seminare erbai e sovesci (poiché fanno risparmiare seme, rispetto alle altre varietà) e anche come concentrati nell'alimentazione del bestiame. Il seme viene anche sottoposto ad un processo di "decorticazione" che consente di eliminare il tegumento esterno e rendere il prodotto secco impiegabile per l'uso alimentare.
- *Vicia faba equina*, favetta o fava cavallina, provvista di semi appiattiti di media grandezza (1.000 semi pesano da 700 a 1000 g) che s'impiegano per l'alimentazione del bestiame e, oggi, anche dell'uomo come granella fresca in scatola o surgelata.

La fava è una pianta annuale, a rapido sviluppo, a portamento eretto, glabra, di colore grigioverde, a sviluppo indeterminato. La radice è fittonante, ricca di tubercoli voluminosi. Gli steli eretti, fistolosi, quadrangolari, alti fino a 1,50 m (media 0,80-1,00 m) non sono ramificati, ma talora si può avere un limitatissimo accostamento con steli secondari sorgenti alla base di quello principale. Le foglie sono alterne, paripennate, composte da due o tre paia di foglioline sessili ellittiche intere, con la fogliolina terminale trasformata in un'appendice poco appariscente ma riconducibile al cirro che caratterizza le foglie delle Viciae. I fiori si formano in numero da 1 a 6 su un breve racemo che nasce all'ascella delle foglie mediane e superiori dello stelo. I fiori sono quasi sessili, piuttosto appariscenti (lunghezza 25 mm), la corolla ha petali bianchi e talora violacei e, quasi sempre, con caratteristica macchia scura sulle ali.



44 – la pianta della Fava e il baccello

Grazie al fatto che è una leguminosa, che è sarchiata e che libera il terreno assai presto da consentire un'ottima preparazione per il frumento, la fava è una coltura miglioratrice eccellente che costituisce un'ottima precessione per i cereali; il suo posto nella rotazione è quindi tra due cereali. Si può considerare che il cereale che segue la fava trovi un residuo di azoto, apportato dalla leguminosa, dell'ordine di 40-50 Kg/ha. In buone condizioni di coltura, dopo aver raccolto la granella, la fava lascia una quantità di residui dell'ordine di 4-5 t/ha di sostanza secca. La preparazione razionale del suolo consiste in un'aratura profonda (0,4-0,5 m) che favorisca l'approfondimento delle radici e quindi l'esplorazione e lo sfruttamento delle risorse idriche e nutritive più profonde. Non è necessario preparare un letto di semina molto raffinato: la notevole mole dei semi fa sì che il contatto col terreno sia assicurato anche se persiste una certa collosità. La concimazione minerale della fava va basata principalmente sul fosforo, dato che come tutte le leguminose essa è particolarmente sensibile e reattiva a questo elemento: 60-80 Kg/ha di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sono le dosi da apportare. Il potassio generalmente abbonda nei terreni argillosi dove la fava dovrebbe trovare la sua sede. Per quanto riguarda l'azoto la fava è di

fatto autosufficiente, grazie alla simbiosi con il *Bacillus radicolica*, per cui la concimazione azotata non è necessaria. La semina autunnale va fatta in modo che le piantine abbiano raggiunto lo stadio di 3-5 foglie prima dell'arrivo dei freddi (seconda decade di novembre). La quantità di seme deve essere tale da assicurare 12-15 piante per mq nel caso di fava grossa, 25-35 nel caso di favette e di 40-60 nel caso di favino. Le quantità di seme vanno calcolate in base al peso medio dei semi: in genere oscillano sui 200-300 Kg/ha o più. La semina si fa in genere con le seminatrici universali a file distanti 0,50 m nel caso di fava e favetta, di 0,35-0,40 m nel caso del favino. La semina deve essere piuttosto profonda: 60-80 mm nel caso di fava grossa, 40-50 mm nel caso di favetta e di favino. Nella coltura da pieno campo la semina fitta determina l'innalzamento dell'inserzione dei baccelli più bassi, il che è vantaggioso per la mietitrebbiatura che in tal modo dà luogo a minor perdite di granella. Tra le cure colturali che (non sempre) si fanno fa ricorso a sarchiature, a leggere rincalzature e a cimature. La raccolta dei semi "secchi" si fa quando la pianta è completamente secca. La fava grossa non si riesce a raccogliere con mietitrebbiatrici, se non con pessimi risultati qualitativi (rottura dei semi). Solo il favino si raccoglie abbastanza facilmente mediante mietitrebbiatrice opportunamente regolata. L'epoca di raccolta si fa risalire mediamente a metà di giugno. La produzione di semi freschi per l'industria è considerata buona quando giunge a 5-6 t/ha.

## 14.2 Cece

Il cece (*Cicer arietinum*) è una pianta assai rustica, adatta al clima caldo-arido, perché resiste assai bene alla siccità mentre non tollera l'umidità eccessiva; ha bisogno di poche cure per crescere e fruttificare, richiede un terreno povero, sopporta la siccità e anche un moderato livello di petrosità, mal tollera i ristagni idrici. Negli ambienti semi-aridi ai quali il cece si dimostra adatto esso si avvicenda con il cereale autunnale (frumento, orzo) del quale costituisce una buona precessione, anche se il suo potere miglioratore non è pari a quello della fava o del pisello. Possiede un apparato radicale molto profondo che può spingersi anche oltre il metro di profondità e pertanto il terreno destinato al cece va lavorato profondamente, in modo da consentire il massimo approfondimento radicale, e andrà affinato durante l'autunno e l'inverno. La semina si effettua in autunno con inverni miti e il seme germina facilmente a 10° (temperatura del suolo) e la germinazione è ipogea e le plantule non hanno particolari difficoltà ad emergere dal terreno. Il cece si semina a file distanti 0,35-0,40 m, a una profondità di 4-6 cm, mirando a realizzare un popolamento di 25-30 piante a metro quadrato; secondo la grossezza del seme sono necessarie, ovviamente, quantità di seme diverse. La pianta è alta circa 50 cm e produce dei baccelli corti che contengono uno o due ceci. Il cece è una pianta a sviluppo indeterminato, che incomincia a fiorire a partire dai nodi bassi e la cui fioritura prosegue per alcune settimane. Ha una fioritura e una maturazione scalare per cui ad un certo punto sulla pianta si avranno fiori e semi allo

stesso tempo. A distanza di 4 o 6 mesi dalla semina, in genere verso giugno o luglio, quando le piante saranno ingiallite e i baccelli saranno secchi, inizierà la raccolta.

La recente disponibilità di cultivar selezionate per resistenza al freddo rende oggi possibile anticipare la semina all'autunno (ottobre-novembre), con notevoli vantaggi in termini di resa. La semina può farsi con le seminatrici da frumento o con seminatrici di precisione. La profondità di semina idonea corrisponde a 50-70 mm e il seme va conciato accuratamente per prevenire attacchi di crittogame sulle plantule. La concimazione deve essere mirata soprattutto a non far mancare alla coltura il fosforo (e il potassio se carente); per l'azoto la nodulazione, se regolare come quasi sempre accade, assicura il soddisfacimento del fabbisogno. Poiché il prelevamento di fosforo è molto limitato, anche la relativa concimazione può essere limitata a 40-60 Kg/ha di P2O5. In terreni estremamente magri o poco favorevoli all'azotofissazione, una concimazione azotata con 20-30 Kg/ha di azoto può risultare vantaggiosa. Di norma il cece non richiede cure colturali particolari, solo in certi casi è usanza praticare una leggera rincalzatura.

Una buona coltura di cece può produrre oltre 3 t/ha di granella, ma in genere le rese sono molto più basse. Con la semina autunnale e una buona tecnica colturale sono oggi realizzabili rese dell'ordine di 4 t/ha, quanto meno negli ambienti più favorevoli a questa coltura.



45 – i ceci: coltura in pieno campo e particolari della pianta

### 14.3 Lenticchia

La lenticchia è una delle più antiche piante alimentari che l'uomo ha conosciuto, originatasi nella regione medio orientale della "Mezzaluna fertile" (Siria e Iraq settentrionale), agli albori della civiltà agricola, e diffusasi poi in tutto il mondo. Si coltivano a lenticchia nel mondo 3,2 milioni di ettari, con una produzione di 3 milioni di tonnellate, corrispondente a una resa media di 900 Kg/ha. L'Italia è un modestissimo produttore con meno di 1.000 ettari coltivati a lenticchia. I semi secchi di lenticchia costituiscono un ottimo alimento per l'uomo, ricco di sali minerali e proteine (23-24%) di buona qualità. La lenticchia (*Lens culinaris*), è una pianta annuale, bassa (0,25-0,40 m di altezza), ramificata, gracile, semiprostrata. La radice è fittonante ma la profondità raggiungibile dal fittonone non è grande: 0,35-0,40 m al massimo. Sulle radici si sviluppano numerosi tubercoli radicali, piccoli e allungati. Le foglie sono alterne, pennate, composte da 1 fino a 8 paia di foglioline, terminanti con un cirro semplice. I fiori sono piccoli, bianchi o con venature rosate o celeste pallido sullo stendardo, portati in numero da 1 a 4 su infiorescenze ascellari. La lenticchia è pianta a sviluppo indeterminato e può presentare legumi quasi maturi sui nodi bassi e fiori su quelli più alti. La fecondazione è di norma autogamia.

La lenticchia è coltura diffusa nelle aree svantaggiate a clima temperato semiarido dove, grazie alla brevità del ciclo biologico e al ciclo autunno-primaverile, nonostante la siccità ricorrente riesce a dare produzioni soddisfacenti, anche se modeste, di una granella di alto valore alimentare e di residui pagliosi di alto valore foraggero. Per quanto riguarda il terreno la lenticchia manifesta una grande adattabilità anche a terre di fertilità media e bassa, di tessitura da argillosa a limo-sabbiosa, pur se ricchi di scheletro, di reazione da sub-acida a sub-alcaina. Nelle aree a clima semi-arido (tra 250-350 mm di piogge all'anno) dove la lenticchia è prevalentemente diffusa, essa entra in avvicendamento con il cereale autunnale (frumento od orzo), costituendo un'ottima coltura da far precedere al cereale. La preparazione del terreno va fatta accuratamente arando per tempo, subito dopo aver raccolto il cereale. Seguono lavori di affinamento per preparare il letto di semina in autunno nel caso di semina autunnale, in autunno e in inverno nel caso di semina primaverile.

La più razionale tecnica di semina consiste nell'impiegare 300-400 semi germinabili a metro quadrato, seminati a file a 0,15-0,25 m alla profondità di 40-60 mm secondo la grossezza del seme (più questo è grosso, più in profondità può essere seminato). Il seme va conciato per proteggerlo dai marciumi delle plantule. Le quantità di seme necessarie e sufficienti vanno da 60-80 Kg/ha per le lenticchie a seme piccolo a 120-160 Kg/ha per quelle a seme grosso. Per la semina si impiegano le comuni seminatrici da frumento. La concimazione della lenticchia va fatta con 30 Kg/ha di P2O5 e in terreni poveri di potassio con 50-80 Kg/ha di K2O. L'azoto non è necessario.

Le erbe infestanti costituiscono un serio problema per la lenticchia che nella fase iniziale del ciclo cresce lentamente e risulta dotata di scarso potere soffocante. Sarchiature a macchina non si possono fare

date le file strette, per cui la scerbatura a mano è stata ed è tuttora il più usato sistema di controllo delle malerbe anche se improponibile su ampie superfici di coltivazione. Buoni risultati si ottengono con il diserbo in pre-emergenza o in post-emergenza (se non interdetto dai vari disciplinari di produzione). La raccolta delle varietà a taglia alta e a portamento eretto consente la meccanizzazione della raccolta con la mietitrebbiatura diretta oppure con falcia-andanatura, essiccazione delle andane e successivo passaggio di mietitrebbiatrice munita di "pick up". Si considera buona una produzione di 1,5-2 T/ha di semi secchi.



46 – la lenticchia: coltura in pieno campo e particolari della pianta

#### 14.4 Arachide

L'Arachide (*Arachis hypogaea*) è una pianta oleaginosa di importanza mondiale, originaria del Brasile. Dal Sud America si è diffusa negli altri continenti e anche in Italia seppur in maniera limitata. È una pianta cespitosa annuale, alta 40-60 cm, con radice fittonante breve con numerose radici laterali ricche di tubercoli; i fusti sono lunghi 60-80 cm, a portamento eretto, procombente o strisciante mentre le foglie sono alterne, paripennate, ovali. I fiori possono essere maschili, visibili e caduchi, oppure

ermafroditi, nascosti, spesso cleistogami, con un piccolo ovario portato da un ginocoforo; il loro numero varia in funzione del tipo e dell'ambiente di coltivazione. L'arachide necessita di una temperatura superiore a 16°C durante la germinazione, di 20°C in occasione della fioritura e di 18°C durante la maturazione. Meno esigente nei confronti dell'acqua specialmente per la fase di maturazione. Occupando nella rotazione il posto di una coltura da rinnovo, è necessaria un'aratura profonda e successive lavorazioni del terreno. La semina avviene in aprile-maggio (si può anche anticipare in funzione di particolari annate), impiegando seme sgucciato ma con il tegumento arancione, a file distanti 60 cm e a 15 cm lungo la fila. La raccolta viene fatta con macchine che estirpano le piante e le dispongono in andane per la successiva essiccazione. La resa di una buona coltura si aggira intorno ai 20-30 quintali ad ettaro di legumi. Il seme contiene fino al 50% di olio e il 40% di proteine; l'olio è di ottima qualità e contiene acido arachidonico (2-5%) ed ha una composizione equilibrata. Il seme tostato è largamente impiegato nell'industria dolciaria. Il burro di arachidi è un alimento ricavato dalla macinatura di semi di arachidi. La pasta è composta dai semi macinati, olio vegetale di palma, sale e zucchero. Il pannello, residuo dell'estrazione dell'olio, è impiegato nell'alimentazione zootecnica.

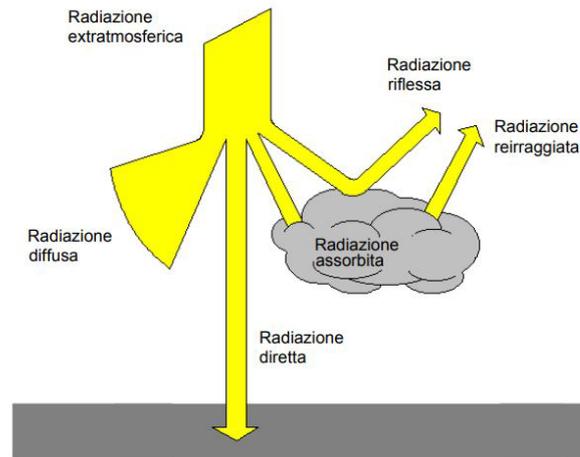


47– l'arachide: una leguminosa alternativa alle classiche rotazioni colturali

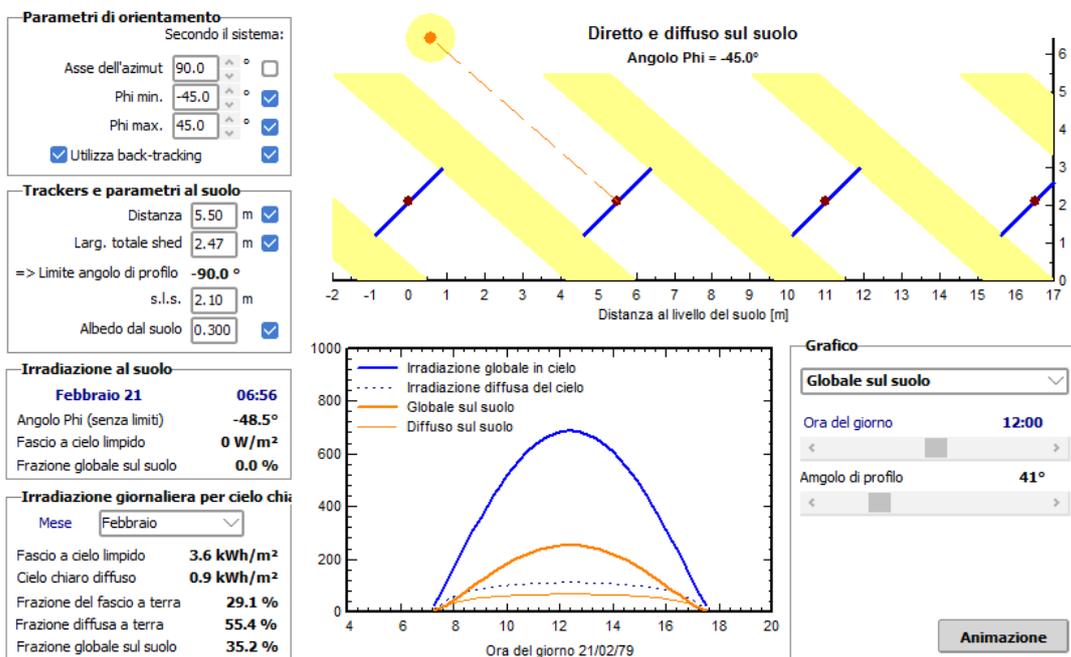
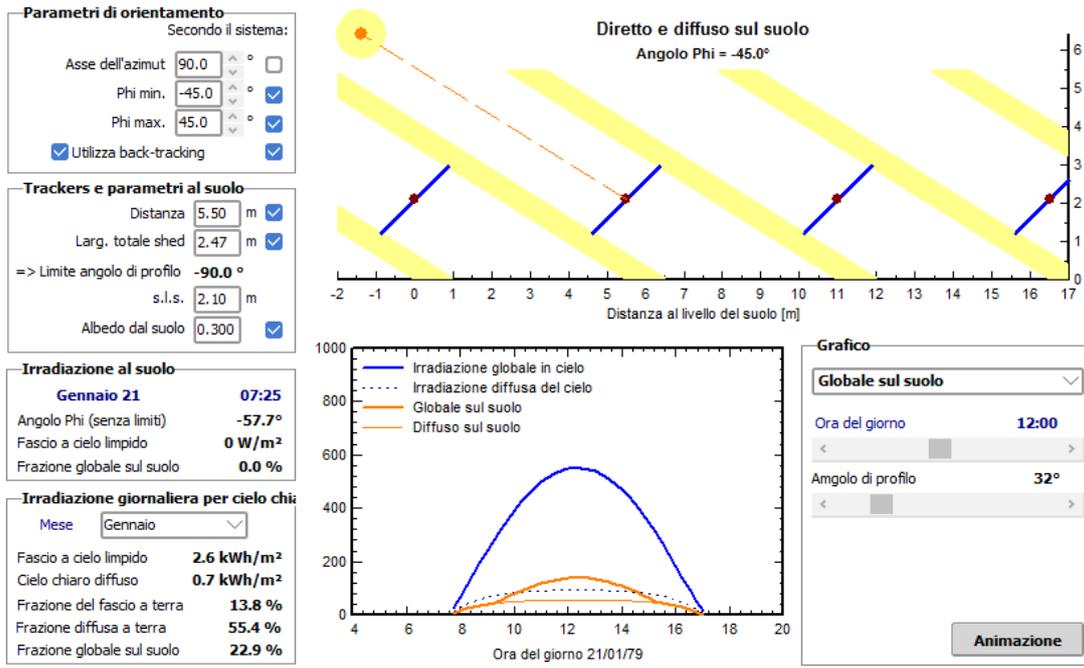
## 15. Considerazioni energetiche riferite al layout di progetto

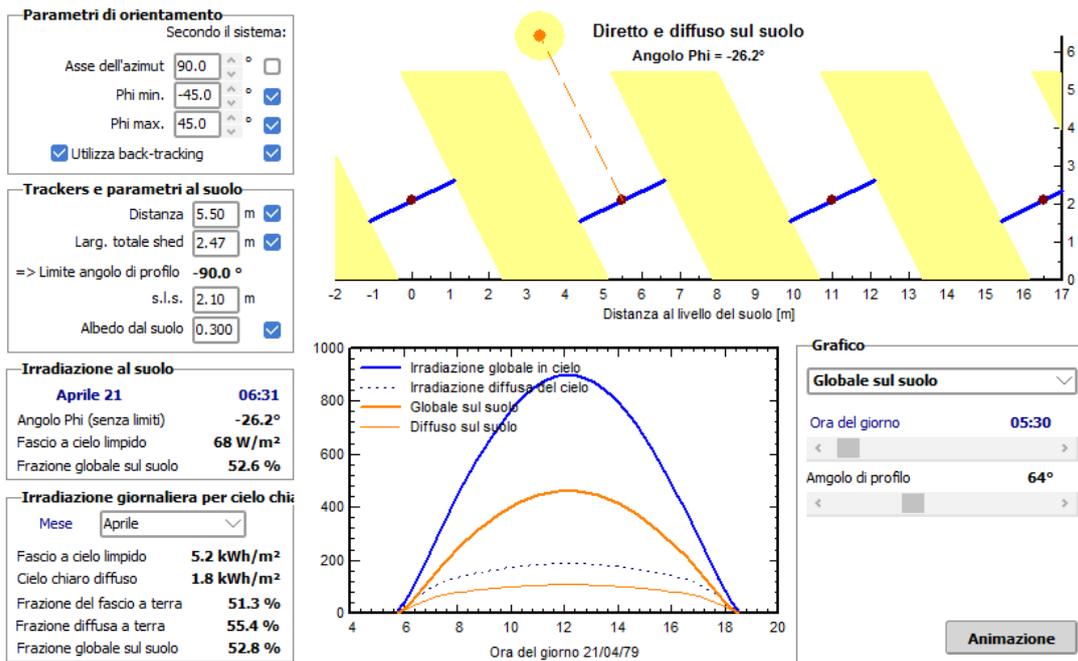
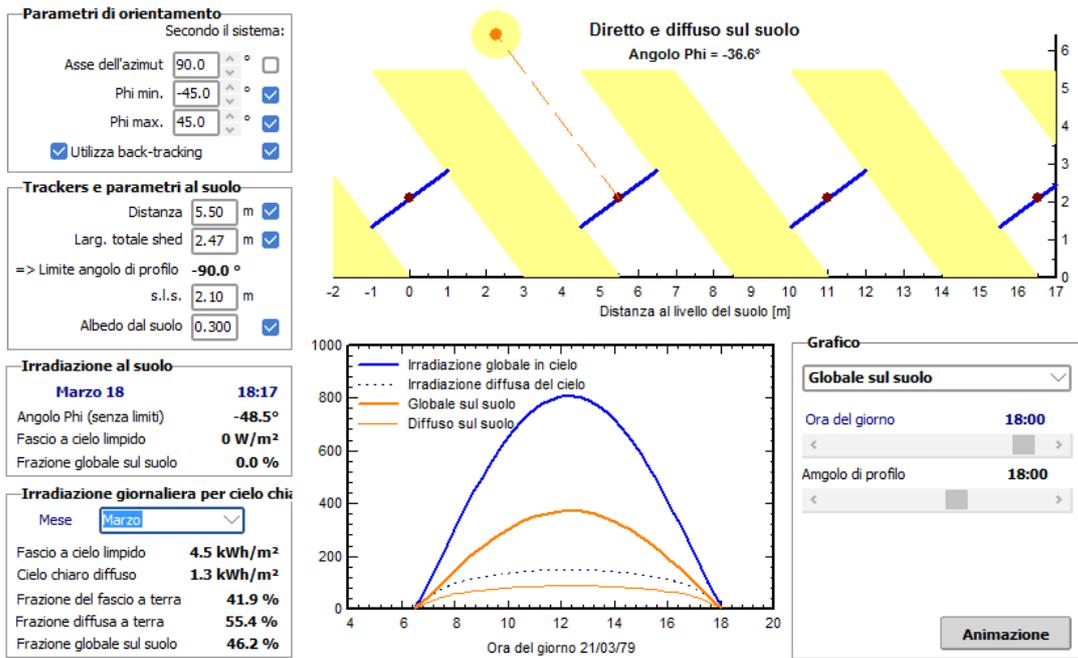
La radiazione solare è l'energia elettromagnetica emessa dai processi di fusione dell'idrogeno contenuto nel sole; tale energia non raggiunge la superficie terrestre in maniera costante, la sua quantità varia durante il giorno, da stagione a stagione e dipende dalla nuvolosità, dall'angolo d'incidenza e dalla

riflettanza delle superfici. La radiazione che un metro quadrato di una superficie orizzontale riceve è detta radiazione globale ed è il risultato della somma della radiazione diretta e della radiazione diffusa. La radiazione diretta è quella che giunge direttamente dal sole, mentre la radiazione diffusa è quella riflessa dal cielo, dalle nuvole e da altre superfici. La radiazione diretta si ha quindi solo quando il sole è ben visibile. D'inverno la radiazione diffusa è molto maggiore in percentuale e su base annua, è pari al 55% di quella globale.



L'intensità della radiazione solare al suolo dipende dall'angolo d'inclinazione della radiazione stessa: minore è l'angolo che i raggi del sole formano con una superficie orizzontale e maggiore è lo spessore di atmosfera che essi devono attraversare, con una conseguente minore radiazione che raggiunge la superficie. Come abbiamo visto, una superficie riceve il massimo degli apporti quando i raggi solari incidono perpendicolarmente su di essa. La posizione del sole varia però durante il giorno e durante le stagioni, quindi varia anche l'angolo con il quale i raggi solari colpiscono una superficie. Gli apporti dipendono dunque dall'orientamento e dall'inclinazione dei moduli fotovoltaici. Cambiando gli apporti cambiano anche le possibilità di una qualsivoglia coltura di adattarsi e di portare avanti e, conseguentemente, a compimento il proprio ciclo vitale. Di seguito, attraverso l'ausilio di un software specifico (Pvsyst), verrà simulato, in un determinato momento della giornata, per ogni mese dell'anno, come il sole proietta la propria energia al suolo in considerazione della presenza dell'impianto fotovoltaico, con i tracker monoassiali di ampiezza complessiva 2,38 m e un pitch (interfila) di 6,0 m.





**Parametri di orientamento**  
Secondo il sistema:

Asse dell'azimut: 90.0 °

Phi min.: -45.0 °

Phi max.: 45.0 °

Utilizza back-tracking

**Trackers e parametri al suolo**

Distanza: 5.50 m

Larg. totale shed: 2.47 m

=> Limite angolo di profilo: -90.0 °

s.l.s.: 2.10 m

Albedo dal suolo: 0.300

**Irradiazione al suolo**

**Maggio 21** 07:04

Angolo Phi (senza limiti): -17.7°

Fascio a cielo limpido: 219 W/m<sup>2</sup>

Frazione globale sul suolo: 56.4 %

**Irradiazione giornaliera per cielo chi**

Mese: Maggio

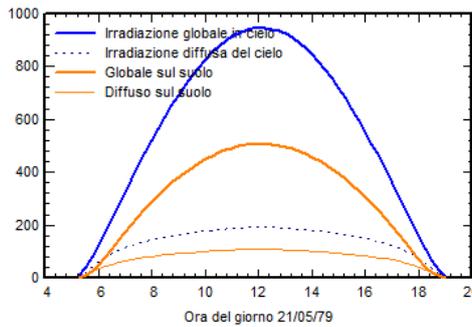
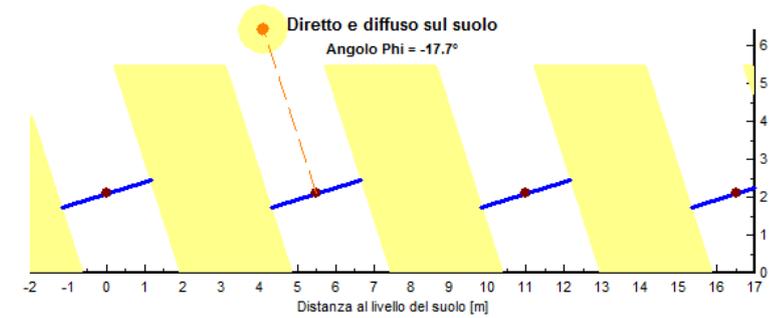
Fascio a cielo limpido: 6.0 kWh/m<sup>2</sup>

Cielo chiaro diffuso: 1.9 kWh/m<sup>2</sup>

Frazione del fascio a terra: 53.3 %

Frazione diffusa a terra: 55.4 %

Frazione globale sul suolo: 53.7 %



**Grafico**

Globale sul suolo

Ora del giorno: 18:58

Angolo di profilo: 72°

**Animazione**

**Parametri di orientamento**  
Secondo il sistema:

Asse dell'azimut: 90.0 °

Phi min.: -45.0 °

Phi max.: 45.0 °

Utilizza back-tracking

**Trackers e parametri al suolo**

Distanza: 5.50 m

Larg. totale shed: 2.47 m

=> Limite angolo di profilo: -90.0 °

s.l.s.: 2.10 m

Albedo dal suolo: 0.300

**Irradiazione al suolo**

**Giugno 21** 07:28

Angolo Phi (senza limiti): -14.5°

Fascio a cielo limpido: 326 W/m<sup>2</sup>

Frazione globale sul suolo: 54.1 %

**Irradiazione giornaliera per cielo chi**

Mese: Giugno

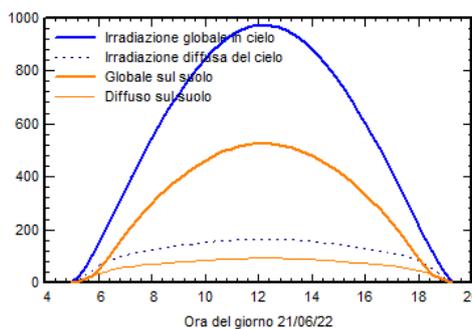
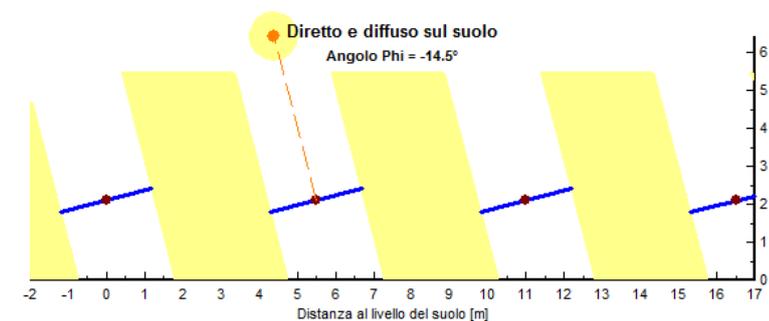
Fascio a cielo limpido: 6.7 kWh/m<sup>2</sup>

Cielo chiaro diffuso: 1.7 kWh/m<sup>2</sup>

Frazione del fascio a terra: 53.3 %

Frazione diffusa a terra: 55.4 %

Frazione globale sul suolo: 53.7 %



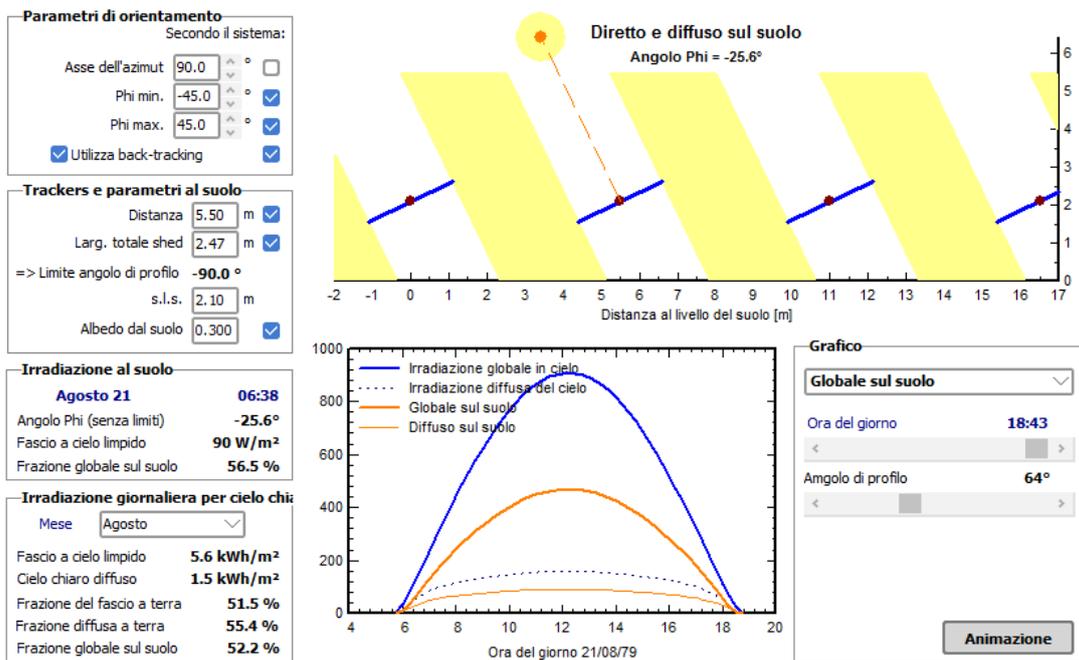
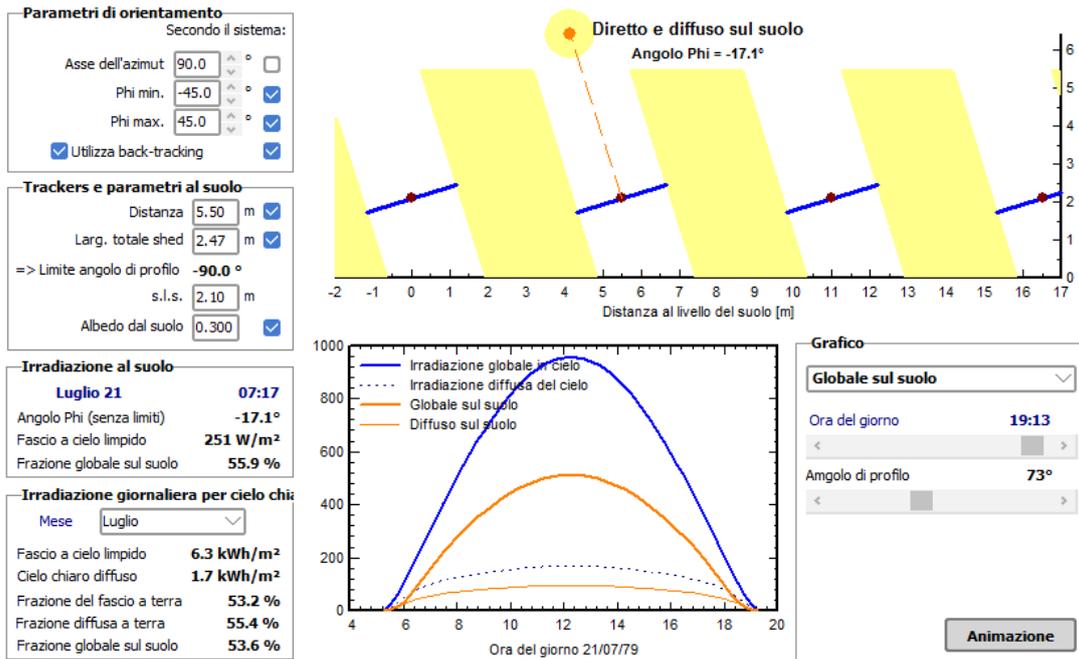
**Grafico**

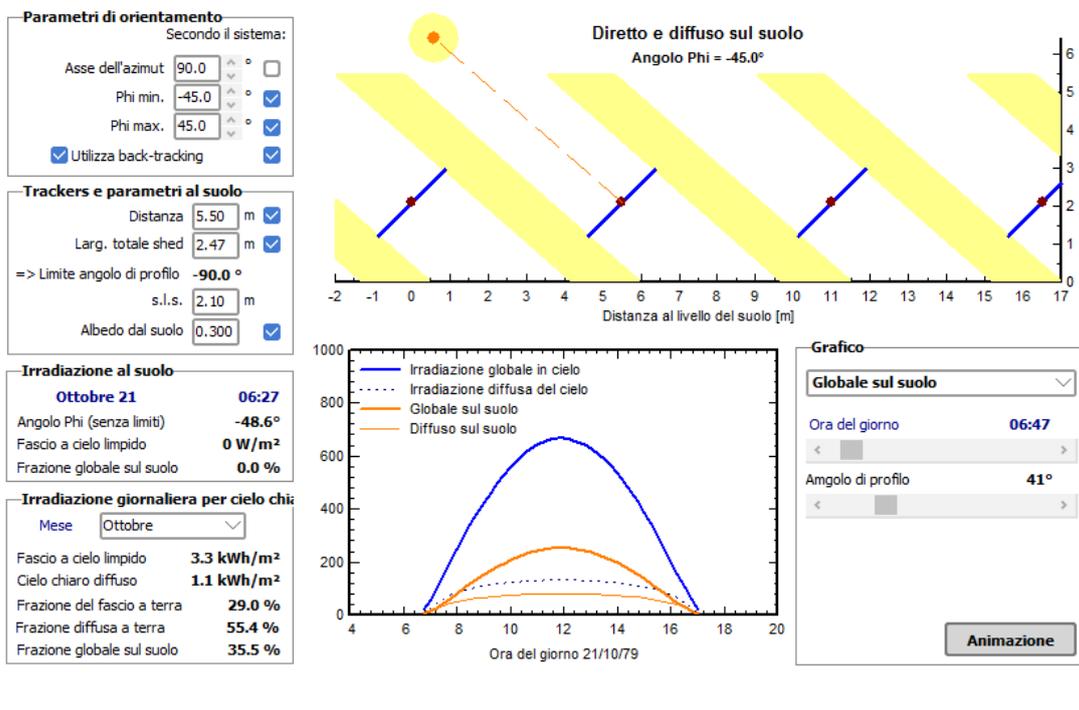
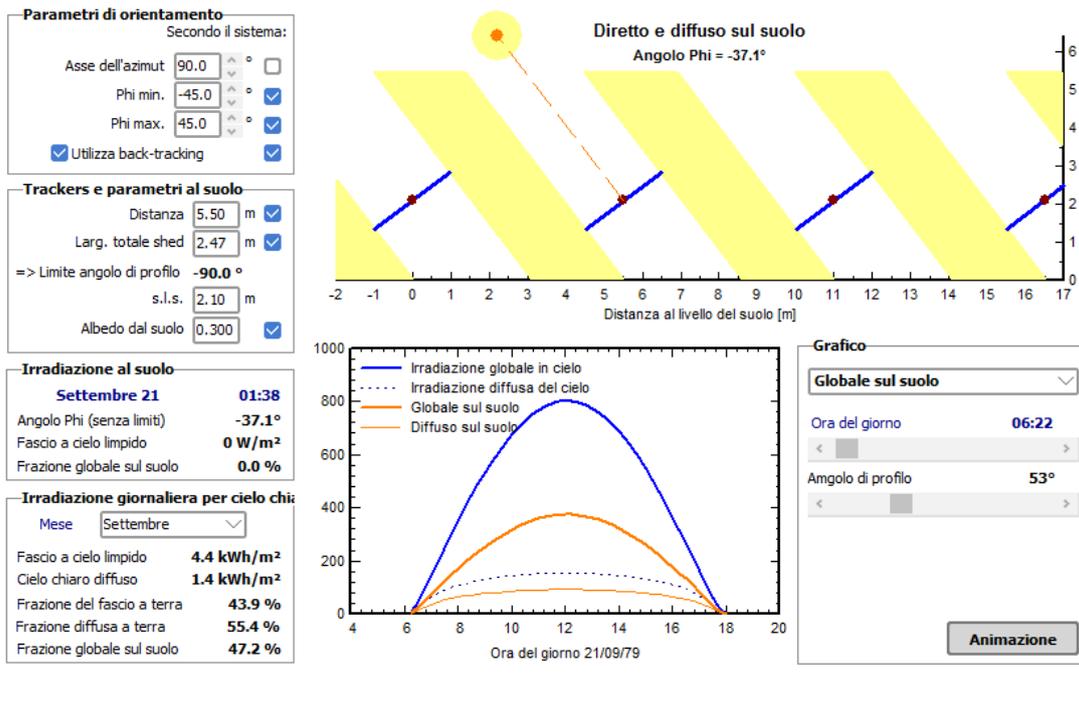
Globale sul suolo

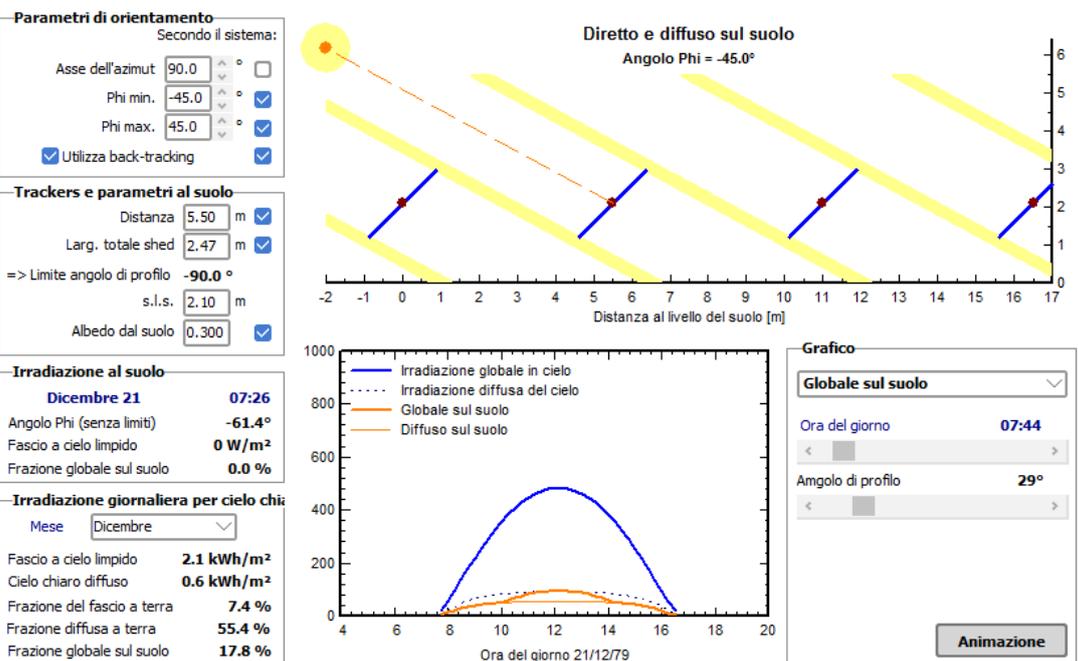
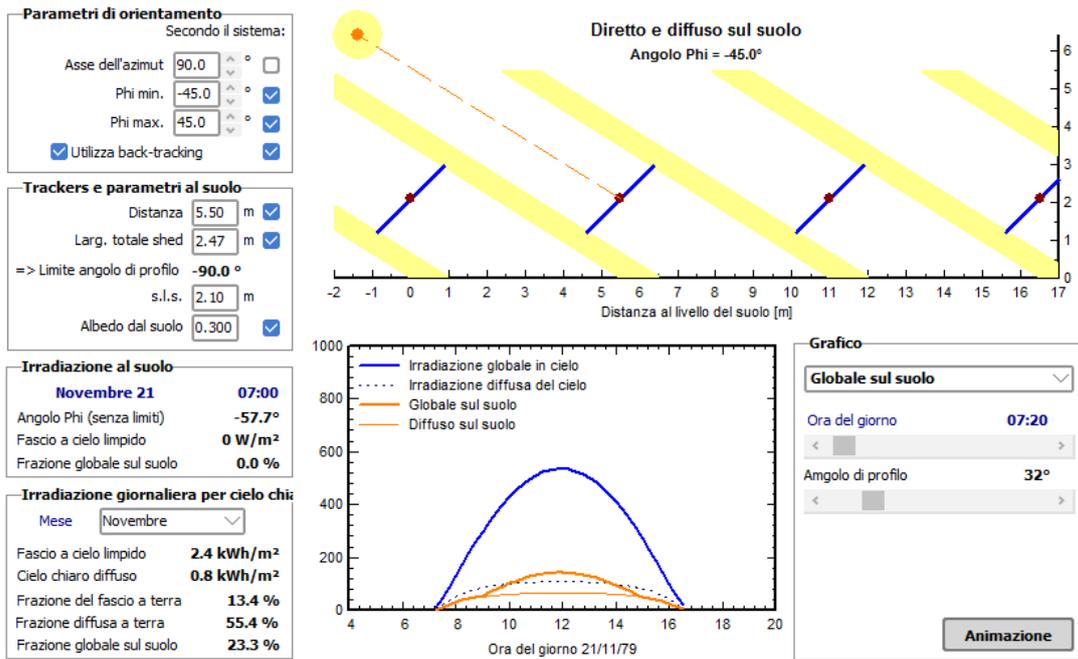
Ora del giorno: 04:51

Angolo di profilo: 76°

**Animazione**



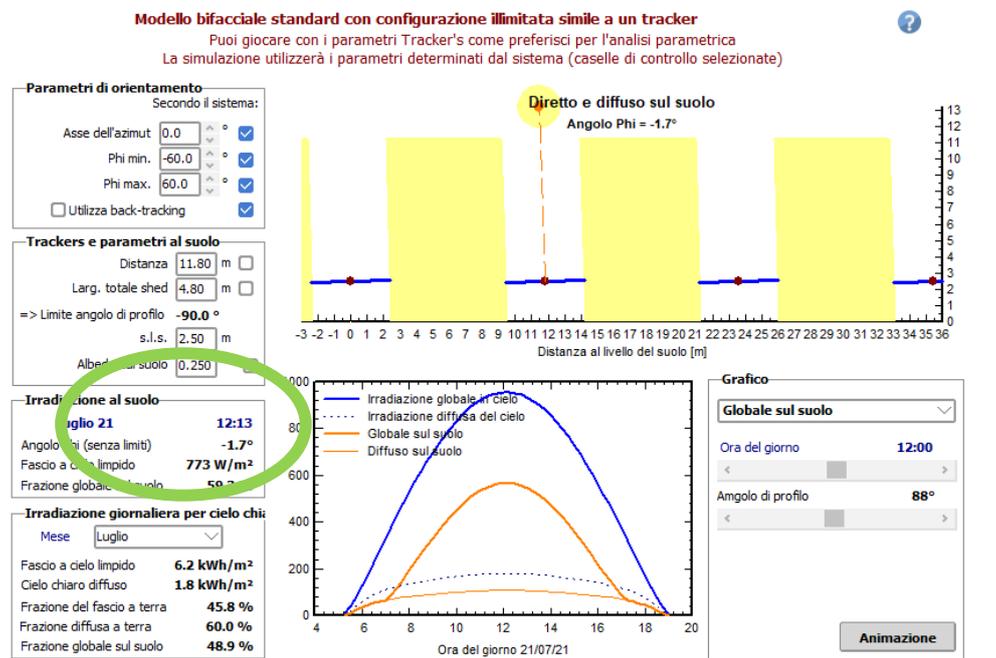




Analizziamo in maniera specifica i grafici del programma Pvsyst sopra esposti per andare a comparare i dati di irraggiamento contestualizzati nel layout di riferimento del parco agrovoltaico con le esigenze di irraggiamento delle colture da inserire. Per valutare la possibilità di coltivare il suolo all'interno delle file di pannelli FV e stabilire quale sia la superficie "utile" in considerazione dell'uso delle diverse disposizioni dei tracker si esaminano i dati di flusso fotonico fotosintetico relativi a coltivazioni di leguminose (e a molte graminacee). I valori di PPF risultano essere compresi tra 250 e 700  $\mu\text{mol m}^{-2}$  s-1. (solo per l'arachide i dati risultano essere leggermente superiori).

Radiazione solare	Condizioni atmosferiche							
	Cielo sereno	Nebbia	Nuvoloso	Disco solare giallo	Disco solare bianco	Sole appena percettibile	Nebbia fitta	Cielo coperto
globale	1000 W/m <sup>2</sup>	600 W/m <sup>2</sup>	500 W/m <sup>2</sup>	400 W/m <sup>2</sup>	300 W/m <sup>2</sup>	200 W/m <sup>2</sup>	100 W/m <sup>2</sup>	50 W/m <sup>2</sup>
diretta	90%	50%	70%	50%	40%	0%	0%	0%
diffusa	10%	50%	30%	50%	60%	100%	100%	100%

48 – valori approssimativi della radiazione solare



49 – esempio del calcolo dell'irradiamento relativo al mese di luglio di un progetto "pilota"

In riferimento, per esempio, al mese di luglio, il software considerato mostra alcuni dati che di seguito si espongono:

Irradiazione globale in cielo: circa 960 W/m<sup>2</sup>

Irradiazione diffusa del cielo: circa 200 W/m<sup>2</sup>

Irraggiamento globale sul suolo: circa 560 W/m<sup>2</sup>

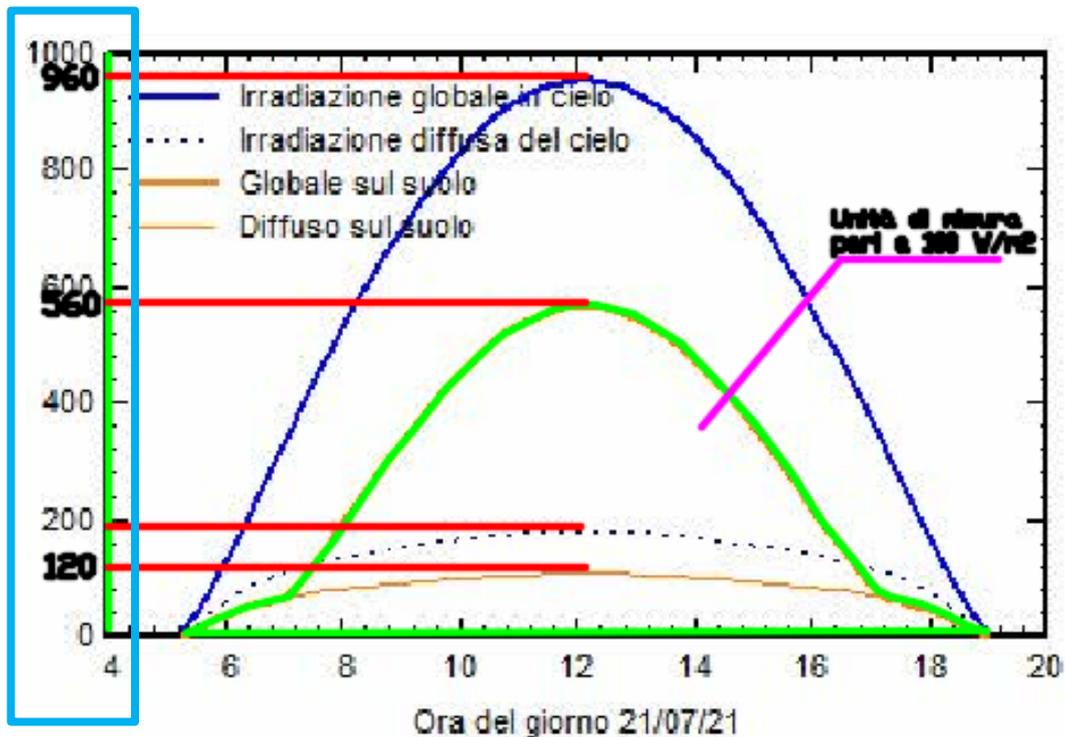
Irraggiamento diffuso sul suolo: circa 120 W/m<sup>2</sup>

Irradiazione al suolo mensile: 773 W/m<sup>2</sup> (di cui il 59,3% globale sul suolo)

Irradiazione giornaliera per cielo chiaro: si ottiene sommando il fascio cielo limpido e il cielo chiaro diffuso: 6.2 kwh/m<sup>2</sup> + 1.8 kwh/m<sup>2</sup> = 8.0 kwh/m<sup>2</sup>

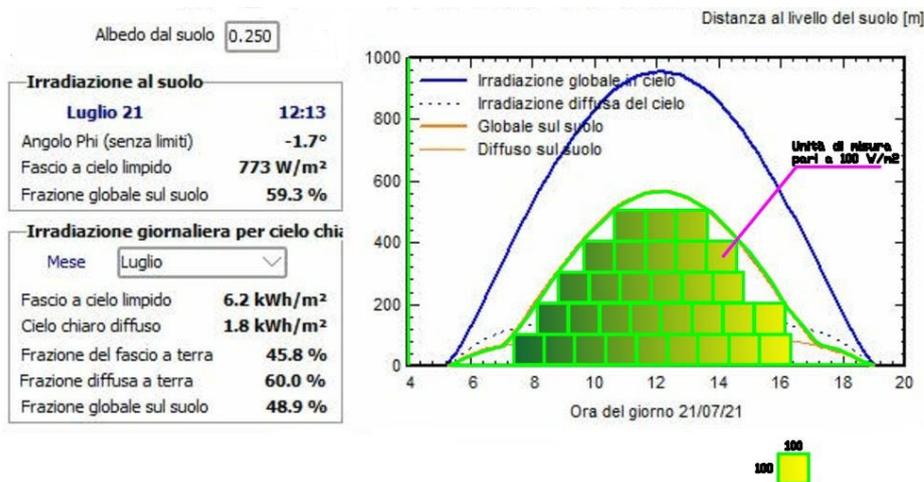
Albedo pari al 25%

Frazione globale al suolo: 48,9% di 8.0 kwh/m<sup>2</sup>



50 – valori stimati di irradiazione al suolo

Per valutare l'irraggiamento solare e compararlo con l'energia derivante dal flusso fotonico fotosintetico relativo alle varie colture da impiantare, viene calcolato l'integrale della funzione che descrive la curva di Gauss sopra riportata (in pratica si definisce l'area all'interna della curva a campana). In ragione del fatto che in ascissa sono riportate le ore della giornata e in ordinata la potenza espressa in watt per metro quadrato, avendo definito una unità di misura per il calcolo della superficie pari a 100 W/m<sup>2</sup> per ogni ora, è stato possibile calcolare i valori di ogni singolo mese dell'anno, in riferimento al layout di progetto, considerando la variazione delle ore di luce giornaliera. I risultati di tali calcoli vengono riportati nella tabella sotto proposta.



51 – stima del calcolo dell'integrale relativo alla curva di Gauss – impianto pilota

I dati ricavati dalle valutazioni effettuate consentono di affermare che la coltivazione tra le interfile del parco fotovoltaico, dal punto di vista "energetico", è possibile. Non si tratta di una soluzione di ripiego ma di una concreta e reale possibilità di gestire un suolo agrario nello stesso modo con cui si conduce un appezzamento di terreno con scopo agricolo. La quantità di luce "stimata" risulterebbe inferiore all'intervallo di riferimento scelto per le colture da impiantare da Ottobre a Febbraio, anche se i mesi di Febbraio e Ottobre hanno fatto rilevare valori compatibili con la crescita anche se leggermente inferiori al dato di riferimento (rispettivamente 235,08 e 214,03  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). I dati maggiori relativi all'irradiazione al suolo sono risultati compresi tra i mesi di aprile e agosto. Il mese dove l'efficienza fotonica fotosintetica è risultata maggiore è stato Giugno.

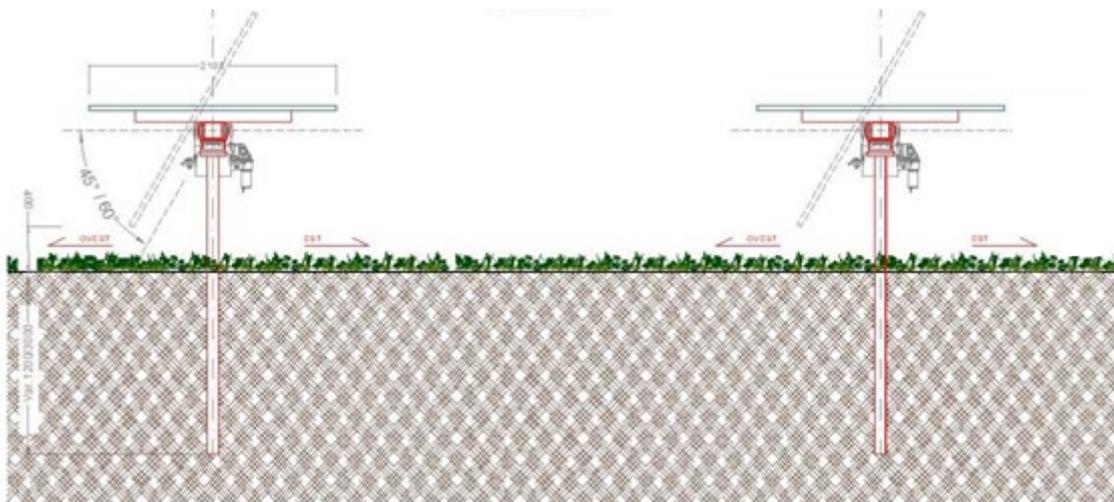
Impianto Agro-Fotovoltaico "Piana Borromea" integrato con 10 MW di storage e relative opere di connessione da realizzare nel comune di Trapani in località "Borromea".

Dott. Agr. Paolo Castelli

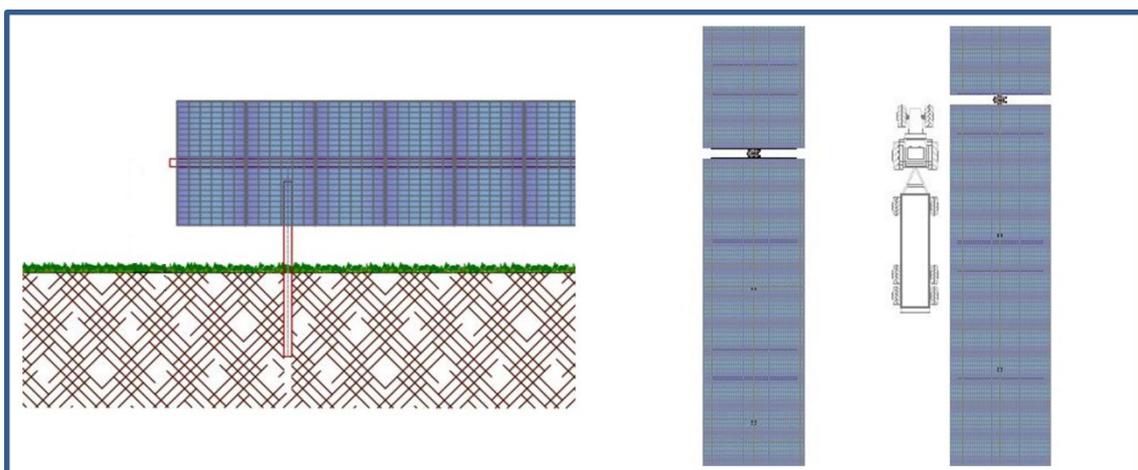
Periodo di riferimento	Durata media del giorno (ore luce)	Integrale Globale sul suolo (kwh/m2 al giorno)	Fascio a cielo limpido (kwh/m2 al giorno)	Fascio a cielo chiaro diffuso (kwh/m2 al giorno)	Conversione da kwh/m2 al giorno in w/m2 per le ore di luce	Albedo (%)	PPF ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) Essenze (media)	Conversione da $\text{W/m}^2$ a $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ - relativa al layout
Gennaio	9 ore e 22 min	1012	2.6	0.7	30,03	30	250-450	124,94
Febbraio	10 ore e 11 min	2071	3.6	0.9	56,51			235,08
Marzo	11 ore e 18 min	3616	4.5	1.3	88,89			369,78
Aprile	12 ore e 38 min	5102	5.2	1.8	112,21			466,80
Maggio	13 ore e 41 min	5618	6.0	1.9	114,08			474,55
Giugno	14 ore e 26 min	6085	6.7	1.7	117,14			487,29
Luglio	14 ore e 29 min	5839	6.3	1.7	112,01			465,97
Agosto	13 ore e 43 min	5104	5.6	1.5	103,34			429,88
Settembre	12 ore e 40 min	3661	4.4	1.4	80,33			334,16
Ottobre	11 ore e 26 min	2117	3.3	1.1	51,45			214,03
Novembre	10 ore e 12 min	1053	2.4	0.8	28,68			119,29
Dicembre	9 ore e 23 min	679	2.1	0.6	20,11			83,65

52- Tracker monoassiale (Vela 2,47 m) - pitch 5,5 m – h sls 2,10 m

La proposta in esame tiene conto dell'associazione tra la tecnologia fotovoltaica e coltivazione del terreno agrario "totale", con una rotazione culturale che prevede l'alternanza di colture miglioratrici, depauperatrici e da rinnovo secondo lo schema che di seguito verrà esposto. Il layout che si propone prevede distanze tra le file di trackers di 5,5 m. Considerato che i tracker nell'arco della giornata ruoteranno e arriveranno nella posizione di massima intercettazione della luce a mezzogiorno, il suolo agrario sarà in parte ombreggiato e in parte soleggiato. Tali condizioni non determineranno alcuna riduzione delle superfici agricole coltivate in quanto le semine interesseranno l'intera area recintata.



53 – particolare del pitch e superficie da coltivare



54 – particolari costruttivi in funzione del connubio con la pratica agricola

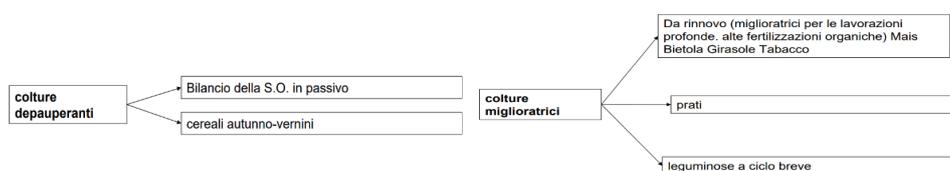
## **16. Interpretazione dei dati**

I dati sopra riportati dimostrano come la convivenza tra fotovoltaico e agricoltura tradizionale sia sostenibile con gli opportuni accorgimenti. Il caso in esame studiato e specificatamente legato ai legumi dimostra come i valori di PPF ottenuti con la soluzione proposta rientrano perfettamente nelle esigenze fotosintetiche delle colture esaminate. Ogni mese considerato e le rispettive ore di luce giornaliere hanno prodotto un quantitativo di fotoni fotosintetici in grado di consentire alle piante il proprio sviluppo e questo in ogni mese dall'anno indipendentemente dalla stagione (leggermente inferiore il trend considerato nel mese di dicembre). Si rammenta che le valutazioni fatte sino ad ora fanno riferimento alla quantità di flusso radiante con riferimento alla fotosintesi e che tali valori, oltre ad essere misurati in un determinato momento della giornata, cambiano a diverse latitudini anche con valori che possono raddoppiare. I grafici analizzati e le rispettive curve di irraggiamento diffuso sul suolo confermano la tesi che la coltivazione del suolo con essenze è possibile sia che trattasi di leguminose che di altre colture.

Tutto ciò premesso e anche a seguito delle prove condotte in altri paesi, quanto asserito fino ad ora non solo rende possibile l'impiego "agrario" del suolo tra i tracker ma getta anche le basi per produzioni quali-quantitative migliori. La possibilità di coltivare una coltura rispetto ad un'altra, l'accertamento dei parametri di qualità e quantità in termini di rese produttive così come gli altri fattori bioagronomici, dipendono da prove di campo che hanno bisogno, per essere avvalorate o meno in maniera approfondita, di valutazioni di natura scientifica (considerata la quasi totale assenza di bibliografia). Si precisa che la fascia di terreno agrario tra le file di pannelli risulta perfettamente percorribile e, soprattutto, lavorabile da macchine operatrici agricole. Le piante che verranno utilizzate per la coltivazione delle zone di suolo libero faranno capo ad essenze leguminose e graminacee, in purezza o in miscela, ad uso alimentare e/o foraggero, con la possibilità di impiantare anche colture di rinnovo (come, per esempio, quelle orticole da pieno campo). Le diverse piantumazioni che verranno prese in considerazione saranno soggette a coltivazione in "asciutto", senza l'ausilio cioè di somministrazioni irrigue di natura artificiale. I trattamenti fitoterapici saranno nulli o quelli strettamente necessari nella conduzione delle colture in regime, sempre e comunque, di agricoltura biologica.

## 17. Principi delle rotazioni – avvicendamenti

Alternando colture miglioratrici a colture depauperanti si eviterà la riduzione della sostanza organica nel tempo aiuterà a mantenere la fertilità fisica del terreno. Per quantificarne l'effetto e conoscere così il trend di sostanza organica del terreno nel tempo, sarà utile il calcolo del bilancio della sostanza organica di ciascuna coltura o una sua valutazione qualitativa. Alternando colture con radice profonda alle colture con radice superficiale, inoltre, saranno esplorati strati diversi del suolo che porteranno come conseguenza ad un miglioramento della fertilità fisica del suolo evitando allo stesso tempo la formazione della suola di aratura specialmente nei periodi in cui sono accentuati i fenomeni evapotraspirativi. È bene ridurre, altresì, i periodi in cui il campo ha terreno nudo, specialmente in zone soggette a fenomeni di tipo erosivo. Per questo, sarà importante programmare i cicli colturali cercando di mantenere una copertura del terreno quanto più possibile continua. Ciò potrà avvenire ad esempio, nel caso dei seminativi o delle leguminose, mediante una coltura intercalare tra le due principali, oppure, in zone particolarmente indicate all'impiego di colture da rinnovo, inserendo una pianta da coltivare a ciclo breve dopo quella principale. L'avvicendamento delle colture, inoltre, determina dei vantaggi per la gestione delle erbe infestanti in quanto contribuisce ad interrompere il ciclo vitale degli organismi nocivi legati ad una certa coltura; in particolare, la successione di piante di famiglie differenti (per esempio, alternanza tra graminacee e piante leguminose) permette di interrompere il ciclo di alcune malerbe infestanti. I vantaggi risultano in cascata anche per la struttura del terreno: grazie alla diversità dei sistemi radicali, il profilo del terreno è esplorato meglio, il che si traduce in un miglioramento delle caratteristiche fisiche del suolo e in particolare della sua struttura (limitandone il compattamento e la degradazione). La "spinta" principale, comunque, verrà data dalle colture miglioratrici e cioè dalle leguminose. Innanzitutto, sono colture che non necessitano di azoto ma lo fissano da quello atmosferico lasciandone una discreta quantità a disposizione delle colture in successione. Di conseguenza, per la coltura che segue, le fertilizzazioni azotate potranno essere fortemente ridotte (l'apporto di azoto di un cereale in rotazione ad una leguminosa potrà essere ridotto in media di 50 kg N/ha pur mantenendo le stesse performance). Leguminose come l'erba medica, impiegata per esempio in miscuglio con altre specie per gli inerbimenti sotto i trackers, grazie al loro apparato radicale fittonante, potranno migliorare la struttura del suolo, facilitare l'assorbimento dei nutrienti profondi poco disponibili e aumentare la sostanza organica anche in strati più profondi del suolo.



Colture da impiegare in rotazione												
MESI	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre
COLTURA MIGLIORATRICE												
COLTURA DEPAUPERANTE												
PRATI												
COLTURE DA RINNOVO												

55 – varie tipologie da coltivare in funzione dei mesi dell'anno

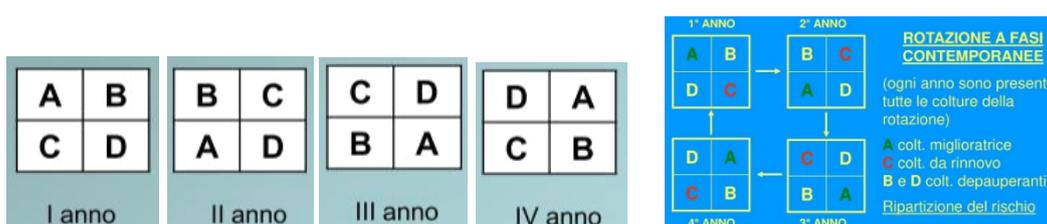
Numerosi studi hanno dimostrato come il terreno nudo porta ad una perdita di azoto per volatilizzazione, un maggior rischio di erosione e maggiore libertà per le infestanti di crescere e diffondersi. Le leguminose da granella secca, nello specifico, sono colture importantissime per lo sviluppo e l'affermazione dell'agricoltura "biologica" perché hanno antiche tradizioni (pisello, fava, lenticchia, cece, lupino, cicerchia, ecc..) e conferiscono equilibrio e sostenibilità a diversi ordinamenti colturali praticati o ipotizzabili. Inoltre, sono importanti nell'alimentazione del bestiame e dell'uomo, quale fonte ad altissimo contenuto proteico e rappresentano uno strumento fondamentale per il recupero e la valorizzazione delle aree marginali sottoutilizzate.

### 17.1 Ipotesi di avvicendamento colturale

Come tipologia di rotazione colturale prevediamo un avvicendamento "a ciclo chiuso", in cui le piante tornano nel medesimo appezzamento dopo un periodo ben definito di anni (per esempio 4 anni).

La scelta dell'avvicendamento terrà conto di fattori agronomici quali:

- effetti dell'avvicendamento stesso
- alcune colture sono favorite perché consentono di effettuare in maniera ottimale alcune operazioni
- colture annuali o poliennali (con maggiore preferenza per quelle annuali)
- possibilità di sostituire le fallanze rapidamente
- sfruttamento dell'avvicendamento per fini immediati (colture che vengono preferite ad altre per la facilità con cui di seguito si prepara il terreno)



La durata di un intero ciclo di avvicendamento/rotazione dà il nome alla stessa e la durata corrisponde anche al numero delle sezioni in cui deve essere divisa l'azienda. La durata indica, inoltre, la superficie dell'azienda destinata ad ogni coltivazione. Gli avvicendamenti/rotazioni colturali, ad ogni modo, hanno come scopo quello di conferire al suolo una determinata stabilità fisica, chimica e biologica. Gli avvicendamenti/rotazioni colturali continui a loro volta possono essere:

- Fissi (quando seguono degli schemi rigidi aziendali)
- Liberi (quando mantengono una rigidità nell'ampiezza delle sezioni ma una determinata variabilità per quanto riguarda la specie coltivata)
- Regolari (se le colture si succedono in appezzamenti di uguale ampiezza e dimensione)
- Irregolari (se le colture si succedono in appezzamenti di diversa ampiezza e dimensione)
- Misti (quando una parte della superficie aziendale è divisa in appezzamenti di uguale ampiezza e dimensione per colture in normale rotazione, accompagnata da altre sezioni con colture fuori rotazione come, per esempio, l'erba medica).
- 

Gli avvicendamenti/rotazioni colturali possono essere anche semplici (contengono una sola coltura da rinnovo) o composte (costituite dalla combinazione di più rotazioni semplici).

Un esempio di avvicendamento e rotazione colturale cui ci si riferirà per lo sviluppo del progetto in esame è il seguente:

#### *Biennale*

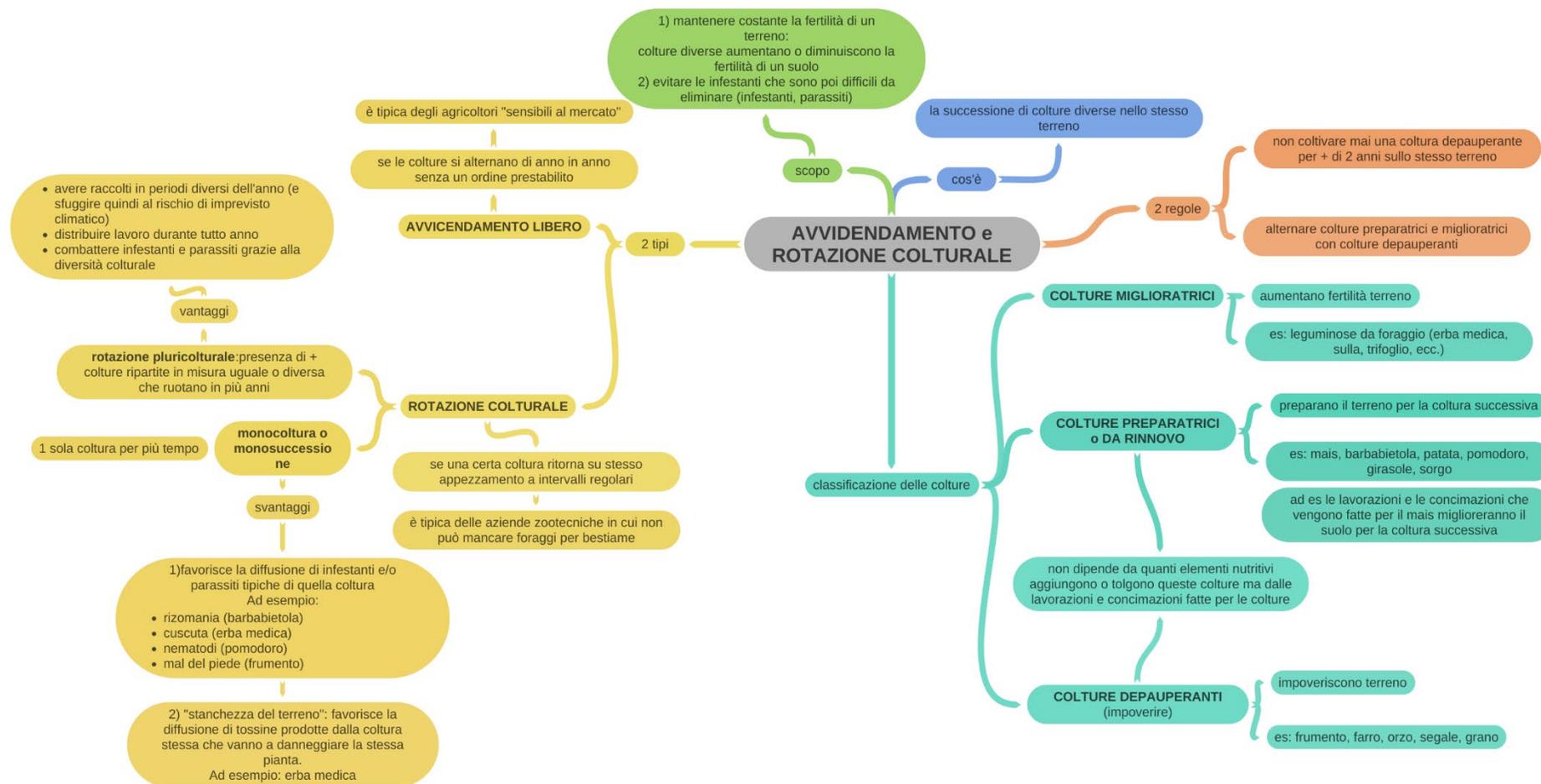
Coltura da rinnovo – Frumento (o cereale in genere)

#### *Triennale*

Coltura da rinnovo – Frumento (o cereale in genere) – Leguminosa (per esempio fava)

#### *Quadriennale*

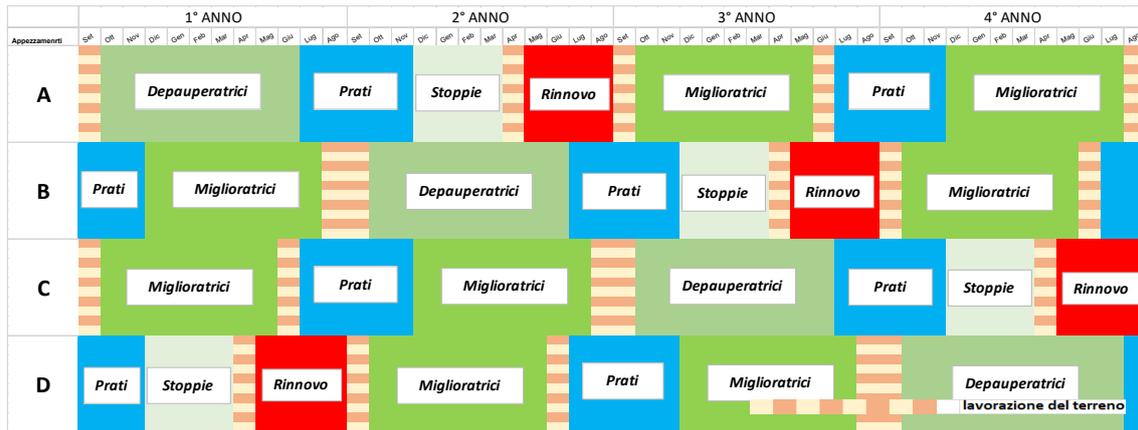
Coltura da rinnovo/ Cereale - Leguminosa – Leguminosa – Cereale



56 – L'avvicendamento e la rotazione culturale: principi e considerazioni agronomiche

Impianto Agro-Fotovoltaico "Piana Borromea" integrato con 10 MW di storage e relative opere di connessione da realizzare nel comune di Trapani in località "Borromea".

Dott. Agr. Paolo Castelli



57- esempio di avvicendamento colturale in 4 anni

Andando a considerare la tipologia di colture da impiegare, si è concentrata l'attenzione sia sulla produttività che sulla produzione di reddito considerando le principali leguminose per uso alimentare: nella fattispecie si fa riferimento alla fava, alla lenticchia e al cece. Particolare interesse, inoltre, potrebbe avere la possibilità di impiego di coltivazioni di arachide (*Arachis hypogaea* L.), coltura leguminosa dal notevole valore commerciale e dalla facile coltivazione.

### 17.2 Considerazioni economiche sulle colture: analisi costi-benefici

Le leguminose da granella costituiscono un gruppo di colture abbastanza omogeneo per le caratteristiche botaniche, agronomiche e nutrizionali (Foti, 1982). Arricchiscono i terreni in azoto che "fissano" attraverso le loro capacità, lasciando un suolo in condizioni migliori rispetto a quelle iniziali. I lavori di preparazione riguardano una lavorazione in profondità del terreno agrario per creare quelle condizioni di permeabilità e di approfondimento radicale che consenta alle piante stesse di svolgere nel migliore dei modi il ciclo vitale. Di seguito viene proposta una sintesi delle principali operazioni colturali dalla fase di preparazione alla raccolta del prodotto.

Impianto di una leguminosa (fava, cece, lenticchia, ecc..)		
Designazione dei lavori	Sup. stimata/Q.tà	Stima dei costi
Preparazione del terreno con mezzo meccanico idoneo, profondità di lavoro pari a cm. 40 e successivi passaggi di affinamento compresa rullatura	86.9 ettari	26.500 €
Concimazione minerale di fondo con fertilizzanti fosfatici e potassici, da eseguirsi in preimpianto previa analisi fisico-chimica.	86.9 ettari	11.500 €
Fornitura semente e operazione di semina da eseguire con apposita macchina operatrice a file (dose di semina in funzione della varietà)	86.9 ettari	28.000 €
Interventi di sarchiatura e/o ripuntatura	86.9 ettari	11.500 €
Interventi di lotta integrata con prodotti registrati per l'uso, rispettosi per l'ambiente e autorizzati in agricoltura biologica	86.9 ettari	12.500 €
Raccolta del prodotto in campo da effettuarsi con apposite mini-mietitrebbie (da acquistare o da prendere in leasing)	86.9 ettari	15.000 €
<b>TOTALE DEI COSTI 1° ANNO</b>		<b>105.000 €</b>



58- esempio di minitrebbia: la larghezza di lavoro risulta perfettamente adattabile al contesto in cui si opera

Per qualificare l'impianto come sistema agrivoltaico, ai sensi del D.L. 77/2021, deve essere garantita la continuità dell'attività agricola. Tale condizione si verifica laddove l'area oggetto di intervento è adibita, per tutta la vita tecnica dell'impianto agrivoltaico, alle coltivazioni agricole, alla floricoltura o al pascolo di bestiame, in una percentuale che la renda significativa rispetto al concetto di "continuità" dell'attività se confrontata con quella precedente all'installazione. Sulle aree in esame il calcolo dell'incidenza delle superfici agricole coltivate è stato stabilito sulla base dei dati di progetto forniti. *Nella fattispecie la parte coltivata, gestita come "pieno campo" e stimata in 86,9 ettari (al netto della viabilità interna e della zona di posa delle cabine) corrisponde al 96.5% del totale. Pertanto, ci si trova nella condizione in cui più del 70% della superficie sarà destinata all'attività agricola nel pieno rispetto delle "Buone Pratiche Agricole" (BPA).*

I costi di impianto e raccolta delle colture menzionate si riferiscono al prodotto trebbiato in campo. Tali importi, pertanto, dovranno tenere conto delle varie operazioni di pre-pulitura e pulitura per consentire al prodotto di risultare idoneo all'utilizzo e consumo umano. Il deprezzamento del prodotto finito dipenderà dagli scarti che a loro volta dipenderanno dalla conduzione agricola in campo e dalle tecniche colturali messe in atto per limitare, per esempio, le malerbe infestanti.

Di seguito si riportano alcuni dati medi riferiti alle produzioni di legumi in aridocoltura (in assenza di apporti idrici artificiali) e alle relative quotazioni di mercato secondo i borsini di riferimento (Altamura):

Coltura	Resa media T/ha	Prezzo €/kg	€/ha
Fava	2-2,5	0,45	900,00-1125,00
Cece	2-2,5	0,55	1100,00-1375,00
Lenticchia	1,5-2	0,70	1050,00-1400,00
Arachide	1,5-2	1,00	1500,00-2000,00

Le rese vengono riferite a condizioni medie tenendo conto del fatto che si tratta, sempre e comunque, di un prodotto biologico fortemente legato a fattori biotici e abiotici stagionali e, pertanto, non prevedibili. I ricavi sono stati calcolati riferendoci a condizioni medie di mercato, considerando i kg di prodotto fresco "pulito", con % di impurezze e livelli di umidità residui riferiti ad un consumo alimentare di tipo umano e non zootecnico. Si fa notare come i prezzi per kg di prodotto raccolto, se sano e calibrato, possono essere leggermente superiori nel caso di produzioni biologiche certificate.

### 18.3 Considerazioni sulla produzione con FV

La presenza di un impianto fotovoltaico se da una parte assolve alla mission per cui è stato concepito (per la produzione di energia) dall'altro crea un micro-ambiente del tutto particolare dove le condizioni di crescita e sviluppo delle colture impiantate sono favorite da svariati fattori. Gli elementi che favoriscono l'attecchimento delle piante coltivate riguardano, per esempio, il mantenimento di una temperatura più fresca nelle vicinanze e sotto i pannelli fotovoltaici, il minore effetto del vento in termini di impatto sulla coltura giovane, ecc..

Pertanto, nonostante l'effetto "ombra" dei pannelli non consenta alle colture agrarie di avere il massimo dell'efficienza fotosintetica, possiamo certamente asserire che, rispetto alla condizioni di pieno campo, rispetto ad un suolo agrario non irrigato e soggetto alle condizioni termopluviometriche naturali (aridocoltura), la "striscia" di suolo coltivata tra le file di pannelli fotovoltaici avrà una resa produttiva per ettaro non soltanto pari ad una qualsiasi resa in condizioni estensive ma leggermente superiore in funzione dei vantaggi che il connubio agrovoltaiico determina. Concretamente quanto fino ad ora esposto viene di seguito riportato nella tabella riepilogativa. L'aumento di resa produttiva sarà ovviamente legato al tipo di coltura, alla natura del suolo, alle condizioni orografiche e di esposizione, di umidità relativa, ecc...

Questo surplus, come da letteratura sopra menzionata, è un dato certo che, comunque, deve essere quantificato territorio per territorio da prove di campo effettuate in sinergia, per esempio, con il mondo scientifico universitario che avrebbe, in questo caso, il compito di "certificare" all'interno di progetti pilota tali considerazioni. In questa fase stimiamo in un 8-10% l'aumento di resa produttiva di una coltivazione tipo di leguminose in "consociazione" con un impianto fotovoltaico.

Coltura	Resa media T/ha	Prezzo €/kg	€/ha	Surplus "agrovolt." €/ha
Fava	2-2,5	0,45	900-1125	972-1237,50
Cece	2-2,5	0,55	1100-1375	1188-1512,50
Lenticchia	1,5-2	0,70	1050-1400	1134-1540
Arachide	1,5-2	1,00	1500-2000	1620-2200

## 18. La tecnica dell'inerbimento

In base ai risultati dell'analisi pedologia e geologica in merito alle condizioni erosive del suolo a seguito di fenomeni piovosi, dopo un'attenta analisi multidisciplinare e multi-criteriale si è arrivati alla conclusione che un inerbimento nel periodo autunno-invernale consentirebbe di risolvere e/o mitigare il dilavamento del terreno agrario.

L'inerbimento consiste nella creazione e nel mantenimento di un prato costituito da vegetazione "naturale" ottenuto mediante l'inserimento di essenze erbacee in blend e/o in miscuglio attraverso la semina di quattro o cinque specie di graminacee e una percentuale variabile di leguminose in consociazione. La crescita del cotico erboso viene regolata con periodici sfalci e l'erba tagliata finisce per costituire uno strato pacciamante in grado di ridurre le perdite d'acqua dal terreno per evaporazione e di rallentare la ricrescita della vegetazione.

La tecnica dell'inerbimento protegge la struttura del suolo dall'azione diretta della pioggia e, grazie agli apparati radicali legati al terreno, riduce la perdita di substrato agrario anche fino a circa il 95% rispetto alle zone oggetto di lavorazione del substrato. Consente una maggiore e più rapida infiltrazione dell'acqua piovana ed il conseguente ruscellamento e determina un aumento della portanza del terreno; inoltre riduce le perdite per dilavamento dei nitrati e i rischi di costipamento del suolo dovuto al transito delle macchine operatrici. In definitiva l'inerbimento difende e migliora le proprietà fisiche, chimiche e biologiche del suolo ovvero la sostanza organica e quindi anche la fertilità del terreno. L'aumento di sostanza organica genera anche il miglioramento dello strato di aggregazione del suolo e della relativa porosità nonché delle condizioni di aerazione negli strati più profondi, favorendo così la penetrazione dell'acqua e la capacità di ritenzione idrica del terreno.

L'inerbimento del terreno può essere effettuato in vari periodi dell'anno, ma la riuscita migliore la si ha effettuando interventi durante il periodo autunnale (da metà settembre a fine novembre). La semina deve avvenire a spaglio o alla volata, cioè spargendo il seme in maniera uniforme su tutta la superficie del terreno. Bisogna comunque interrare i semi a 2 cm di profondità tramite un rastrello o apposito rullo. È stato osservato che, nel medio-lungo periodo, un prato misto ben gestito, anche in presenza di coperture che diminuiscano la ventilazione, l'insolazione e con aumenti di temperatura consistenti, non

diminuisce la sua capacità di incrementare la produzione di humus e, conseguentemente, di trattenere l'acqua meteorica. L'acqua di pioggia scivolando sulla superficie inclinata dei pannelli fa sì che un'area limitata di suolo sia interessata da una quantità pari a quella che cadrebbe nell'intera superficie sottesa dal pannello (effetto gronda). È possibile che in aree prive di manto erboso l'effetto gronda divenga, nel tempo, causa di erosione superficiale localizzata. È stato però evidenziato che, in aree particolarmente soleggiate, l'effetto ombreggiante dei pannelli permette la crescita di erba più rigogliosa. La naturale diffusione del manto erboso polifita anche negli interspazi (specialmente le graminacee in miscuglio con essenze leguminose) frena l'effetto erosivo.

L'inerbimento, comune ed attivo agente antierosivo, può controllare lo scorrimento superficiale sul suolo interferendo sul flusso dell'acqua sul terreno rallentandone la velocità e permettendo quindi all'acqua di infiltrarsi (Hamm, 1964). Un prato fitto, sano e ben insediato (si intende un cotico erboso a 90 giorni dalla semina) assorbe fino a sei volte la quantità di pioggia rispetto ad una uguale superficie coltivata a grano, riducendo lo scorrimento superficiale dell'acqua (Panella A. et al., 2000). L'efficacia di controllo dell'erosione da parte delle coperture erbose (inerbimenti) è la somma di un'elevata densità di culmi e di radici che favoriscono una maggiore stabilizzazione del suolo: l'elevata biomassa aerea e radicale permettono anche di ridurre il flusso superficiale dell'acqua, ritardandone la velocità e riducendo il potenziale erosivo dell'acqua (Beard J.B., 1973).

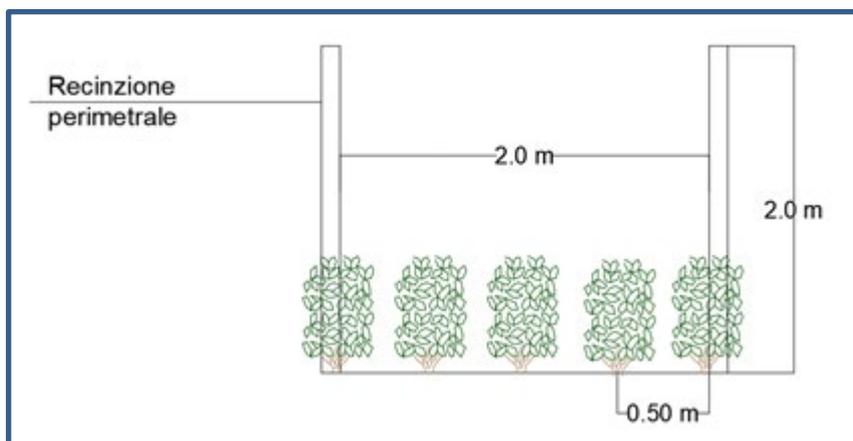
Per opporsi efficacemente all'erosione occorre che il terreno abbia una densità vegetale pari ad almeno il 70% e un buon inerbimento va decisamente incontro a questa condizione. Il più comune agente erosivo, come risulta noto, è rappresentato dall'acqua. L'impatto delle gocce di pioggia sul terreno nudo, per esempio, provoca una dispersione delle particelle consentendo un loro facile trasporto insieme all'acqua. In questo caso la funzione degli inerbimenti, sfruttando la loro elevata densità, è quella di intercettare (attraverso i culmi e le foglie) queste gocce prima che giungano al suolo trattenendole. Fondamentale e superiore a qualsiasi altro organo vegetale è poi la funzione dell'apparato radicale nel tenere fermo il suolo.

Nella fattispecie, l'identificazione della miscela di sementi idonea ad un determinato inerbimento passa dall'unione di piante con sistemi radicali fini, fascicolati ed estesi. Diverse prove di natura scientifica hanno stabilito che circa il 90% del peso della pianta è costituito dalle radici e si calcola che ogni singola pianta sviluppa, in condizioni ottimali nell'arco della propria vita, un apparato radicale avente una lunghezza complessiva di oltre 600 Km (Brown 1979). L'incremento in sostanza organica provocato dalla morte delle radici, tra l'altro, a fine ciclo vitale o a seguito degli sfalci (mulching), contribuisce ad incrementare la permeabilità del suolo diminuendo lo scorrimento superficiale. In ultima analisi si porta all'attenzione il fatto che dal punto di vista del riciclo la funzione svolta dagli inerbimenti è fondamentale: attraverso i meccanismi di evapotraspirazione l'acqua torna all'atmosfera e solo una piccola parte

(davvero minima attuando corrette pratiche manutentive) si perde (almeno temporaneamente) con la percolazione in profondità. Nel progetto in esame l'inerbimento verrà realizzato in tutte le superfici ove non sarà possibile effettuare la coltivazione. In particolare, *si fa riferimento a quella porzione di suolo sotto il pannello (elementi costruttivi dell'impianto che poggiano a terra e che inibiscono l'attività in zone circoscritte del suolo limitata alla zona di fissaggio del palo che sorregge il tracker) che verrà inerbita mediante realizzazione di un prato stabile permanente, la cui funzione riguarda essenzialmente l'invarianza idraulica.*

## 19. Opere di mitigazione: siepe perimetrale

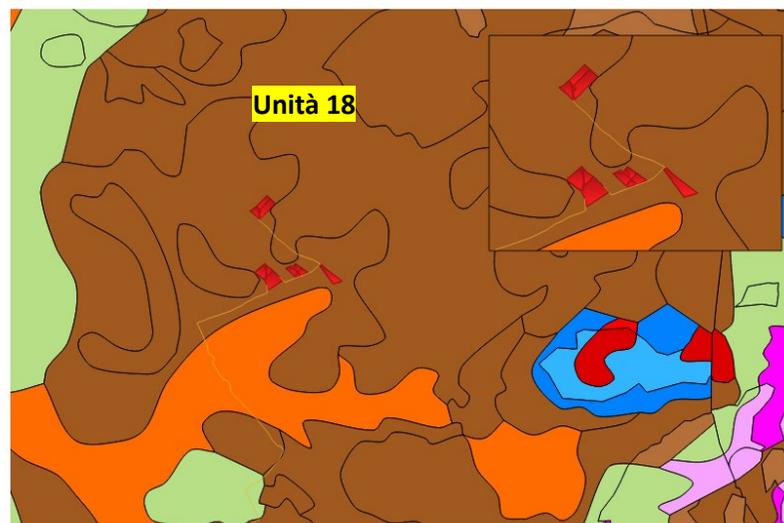
Le opere a verde previste nell'ambito del presente progetto prevedranno l'utilizzo di specie vegetali autoctone. La presenza di specie autoctone permetterà una più veloce rinaturalizzazione delle aree interessate dai lavori del parco agrovoltivo in maniera da permetterne il passaggio e l'utilizzo da parte della fauna. Il progetto prevedrà la realizzazione di una recinzione che gira attorno al perimetro del parco fotovoltaico (al suo interno): su tale recinzione, a distanza di 50 cm dalla stessa, verrà posizionata una siepe per tutta la sua lunghezza. In pratica si collocheranno in opera delle piante arbustive, altamente resistenti alle condizioni pedo-climatiche del sito che nell'arco di pochi anni andranno a costituire una siepe vera e propria. L'arbusto verrà fatto crescere fino al raggiungimento dell'altezza prefissata che corrisponderà al limite della recinzione di 2,0 m. La siepe percorrerà tutto il perimetro del parco fotovoltaico, sarà cioè lunga diversi km. Le piante, ben formate e rivestite dal colletto all'apice vegetativo, saranno fornite in vaso 20 e avranno un'altezza da 0,60 a 0,80 m, e verranno distanziate tra loro 50 cm (3 piante per ogni metro lineare).



60 – particolare di sistemazione della siepe perimetrale

Impianto Agro-Fotovoltaico "Piana Borromea" integrato con 10 MW di storage e relative opere di connessione da realizzare nel comune di Trapani in località "Borromea".

Dott. Agr. Paolo Castelli



Aree ecologicamente omogenee Sicilia in relazione al layout di progetto – individuazione delle essenze arbustive in funzione del Piano Forestale della Regione Sicilia – Documento di indirizzo A

Elenco delle specie di arbusti idonee in interventi di rimboscimento e imboschimento (R), arboricoltura per produzione di legno di massa (AM), per produzione di legname di pregio o in entrambi (AM/R, AP/R) per le aree ecologicamente omogenee individuate

	Aree ecologicamente omogenee																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
<i>Alnus glutinosa</i>														R		R	R			R			R	
<i>Betula aetnensis</i>					R																			
<i>Celtis australis</i>	R	R	R	R								R	R											
<i>Chamaerops humilis</i>							R		R	R	R	R												
<i>Crataegus azarolus</i>												R	R		R	R			R	R		R	R	
<i>Crataegus laciniata</i>												R	R	R			R				R			R
<i>Crataegus monogyna</i>			R	R	R		R			R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
<i>Genista aethnensis</i>				R	R																			
<i>Genista aspalathoides</i>			R																					
<i>Genista thyrrena</i>			R																					
<i>Juniperus communis</i>					R	R								R			R							
<i>Juniperus macrocarpa</i>	R																							
<i>Juniperus phoenicea</i>	R																							
<i>Laurus nobilis</i>	R	R					R	R				R	R			R						R	R	
<i>Malus sylvestris</i>				R	R								R	R		R	R						R	R
<i>Myrtus communis</i>			R	R				R	R							R	R							R
<i>Morus alba</i>	R	R	R				R		R		R	R	R	R	R				R					R
<i>Morus nigra</i>	R	R	R				R		R		R	R	R	R	R				R					R
<i>Nerium oleander</i>	R	R	R				R		R	R	R	R	R	R	R				R					R
<i>Olea europea var. sylvestris</i>	R	R	R	R			R	R	R	R	R	R	R	R	R				R	R				R
<i>Pistacia lentiscus</i>	R		R				R		R	R	R	R	R			R								R
<i>Pistacia terebinthus</i>	R	R	R	R			R	R		R	R	R	R	R	R	R			R	R				R
<i>Prunus spinosa</i>							R	R		R	R	R	R	R	R	R	R			R	R			R
<i>Pyrus amygdaliformis</i>			R				R	R		R	R	R	R			R	R			R	R	R	R	R
<i>Quercus pyraeae</i>			R	R	R			R	R					R					R	R				R
<i>Rhamnus alaternus</i>							R	R				R	R	R	R	R	R		R	R				R
<i>Rosa canina e altre specie autoctone</i>			R	R	R		R					R	R		R	R			R	R				R
<i>Sorbus domestica</i>							R									R	R			R				R
<i>Sorbus torminalis</i>													R	R										R
<i>Spartium junceum</i>	R	R	R	R			R		R	R	R	R			R	R			R	R				R
<i>Tamarix africana</i>	R	R					R	R	R	R									R	R				R
<i>Tamarix gallica</i>	R	R					R	R											R	R				R
<i>Ulmus minor</i>		R											R			R			R					R



La piantumazione delle essenze arbustive per la realizzazione della siepe perimetrale prevedrà una lavorazione superficiale di una fascia di terreno agrario di circa 1 m lungo tutto il perimetro e l'apertura di piccole buche per la collocazione in sito delle piante. Ogni arbusto, fornito in opera in fitocella, sarà collocato nella propria buca avendo avuto preliminarmente cura di smuovere il terreno per non creare l'effetto vaso; inoltre, alla base della buca, verrà distribuito del concime organico maturo per favorire la fase di attecchimento della pianta stessa dopo il trapianto. Dopo la fase di piantumazione sarà necessario realizzare un impianto di irrigazione a goccia, con singoli punti goccia per ogni pianta: l'impianto irriguo, che seguirà in tutto il suo perimetro il parco fotovoltaico, sarà suddiviso in settori per rendere omogenea l'erogazione della risorsa irrigua senza determinare pressioni di esercizio elevate e dannose. La tubazione principale risulterà costituita in polietilene a bassa densità, di diametro 20 mm. In corrispondenza di ogni pianta vi sarà un foro da cui fuoriuscirà la quantità di acqua nell'intervallo di tempo stabilito necessario alla pianta per l'avviamento dalla propria fase di radicazione nel nuovo substrato agrario. In linea generale un siffatto impianto irriguo potrà erogare, per ogni singolo punto irriguo, fino a 4 litri di acqua per ogni ora. Ogni settore sarà comandato da una elettrovalvola, la quale a sua volta comunicherà con una centralina elettronica su cui saranno predisposti e calendarizzati i vari turni irrigui in funzione, per esempio, della stagionalità e/o dell'intensità luminosa di un determinato periodo. L'intero impianto irriguo sarà così perfettamente automatizzato. Sull'approvvigionamento idrico, per far fronte all'attecchimento delle nuove colture e per l'utilità a servizio del campo fotovoltaico, è intenzione della società utilizzare le bocchette di approvvigionamento e/o appresamento del consorzio di bonifica che si trovano distribuite in varie zone degli appezzamenti di progetto.

## **20. Opere di mitigazione: fascia arborea perimetrale**

Gli interventi relativi alla fascia perimetrale saranno strettamente collegati all'utilizzo di piante arboree e/o arbustive autoctone o naturalizzate. Le essenze autoctone verranno selezionate, secondo "l'elenco delle specie autoctone della Sicilia divise per zone altimetriche e caratteristiche edafiche" – Sottomisura 4.4 Operazione 4.4.3, all. 11 del PSR Sicilia 2014/2020. In considerazione all'altimetria dell'area su cui si effettuerà l'intervento, le piante che verranno proposte per i vari ripopolamenti saranno quelle della "Fascia costiera, dal livello del mare fino a 300-400 di quota, su substrati a reazione da neutro a basica". Tenendo presente che la maggior parte delle specie sono indifferenti al substrato geo-pedologico e che la costituzione di una fascia perimetrale deve dare continuità non solo paesistica ma fondamentale ecologico-funzionale, vanno, in genere, privilegiate le specie che producono frutti vistosi e saporiti e quelle che rendono impenetrabile la siepe, per dare rifugio alla ornitofauna e anastomizzare le piccole "isole" ad elevata naturalità.

Nome scientifico	Nome volgare
<i>Anagyris fetida</i> L.	Legno puzzo, Carrubbazzo
<i>Arbutus unedo</i> L.	Corbezzolo
<i>Asparagus acutifolius</i> L.	Asparago pungente
<i>Asparagus albus</i> L.	Asparago bianco
<i>Bupleurum fruticosum</i> L.	Bupleuro cespuglioso
<i>Calicotome infesta</i> (Presl) Guss.	Sparzio spinoso
<i>Calicotome villosa</i> (Poiret) Link	Sparzio villosa
<i>Ceratonia siliqua</i> L.	Carrubo
<i>Chamaerops humilis</i> L. Palma nana	
<i>Clematis cirrhosa</i> L.	Clematide cirrosa
<i>Ephedra fragilis</i> Desf.	Efedra fragile
<i>Erica multiflora</i> L.	Erica multiflora
<i>Euphorbia ceratocarpa</i> Ten.	Euforbia cornuta
<i>Laurus nobilis</i> L.	Alloro, Lauro
<i>Lonicera implexa</i> Aiton	Caprifoglio mediterraneo
<i>Lonicera etrusca</i> Santi	Caprifoglio etrusco
<i>Lycium europaeum</i> L.	Spina santa comune
<i>Lycium intricatum</i> Boiss.	Spina santa insulare
<i>Myrtus communis</i> L.	Mirto, Mortella
<i>Olea europea</i> L. var. <i>sylvestris</i> Brot.	Oleastro
<i>Osyris alba</i> L.	Ginestrena comune
<i>Phillyrea angustifolia</i> L.	Ilatro sottile
<i>Phillyrea latifolia</i> L.	Ilatro comune
<i>Pistacia lentiscus</i> L.	Lentisco
<i>Pistacia terebinthus</i> L.	Terebinto
<i>Prasium majus</i> L.	The siciliano
<i>Quercus calliprinos</i>	Quercia spinosa
<i>Quercus ilex</i> L.	Leccio
<i>Quercus virgiliana</i> (Ten.) Ten.	Quercia virgiliana
<i>Rhamnus alaternus</i> L.	Ranno lanterno, Alaterno
<i>Rhamnus oleoides</i> L.	Ranno con foglie d'olivo
<i>Rhus coriaria</i> L.	Sommacco siciliano
<i>Rosa sempervirens</i> L.	Rosa di S. Giovanni
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Rosmarino, Usmarino
<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	Rovo comune
<i>Rubia peregrina</i> L.	Robbia selvatica
<i>Ruscus aculeatus</i> L.	Ruscolo, pungitopo
<i>Salvia triloba</i> L. fil.	Salvia triloba
<i>Smilax aspera</i> L.	Salsapariglia nostrana
<i>Spartium junceum</i> L.	Ginestra comune
<i>Tamarix africana</i> Poiret	Tamerice maggiore
<i>Tamarix gallica</i> L.	Tamerice comune
<i>Teucrium flavum</i> L.	Camedrio doppio
<i>Teucrium fruticans</i> L.	Camedrio femmina
<i>Thymus capitatus</i> (L.) Ofmngg.	Timo arbustivo
<i>Viburnum tinus</i> L.	Viburno tino

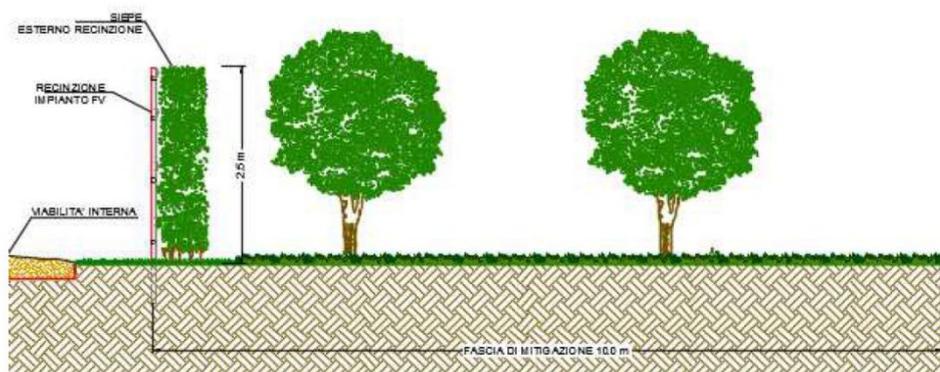
62 – elenco piante autoctone dalla fascia costiera a livello del mare fino a 300-400 di quota, su substrati a reazione da neutro a basica

La progettazione delle opere a verde per la mitigazione dell'opera ha considerato tra gli obiettivi principali quello di migliorare quelle parti di territorio che saranno necessariamente modificate dall'opera e dalle operazioni che si renderanno indispensabili per la sua realizzazione. Pertanto, in considerazione di tali obiettivi, si è tenuto in debito conto sia dei condizionamenti di natura tecnica determinati dalle caratteristiche progettuali sia dell'ambiente in cui tale opera si va ad inserire, riconoscendone i caratteri

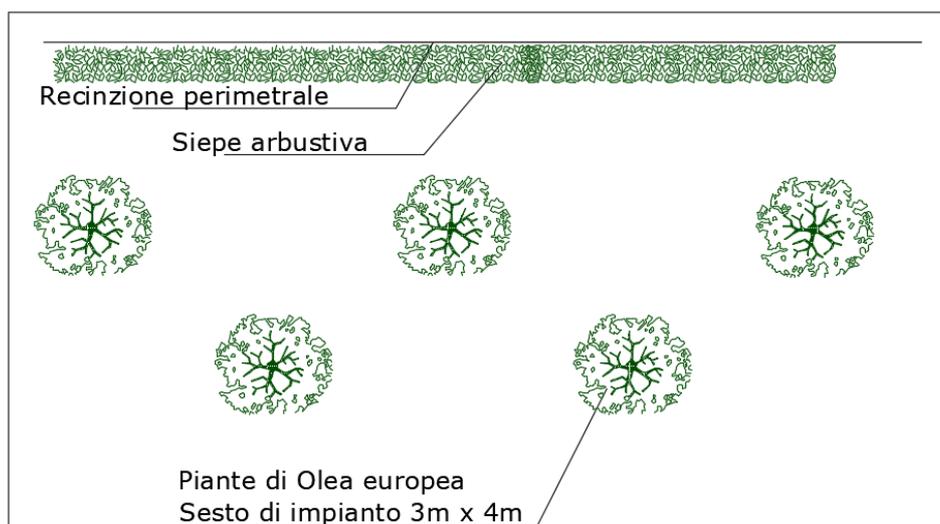
naturali e la capacità di trasformazione. Nel valutare le conseguenze delle opere sulle specie e sugli habitat occorre premettere due importanti considerazioni. In primo luogo, non esistono presenze di interesse conservazionistico la cui distribuzione sia limitata ad un'area ristretta, tale che l'istallazione di un parco fotovoltaico possa comprometterne un ottimale stato di conservazione. Le formazioni vegetali di origine naturale, peraltro di importanza secondaria nel territorio di intervento, risultano poco rappresentate all'esterno delle aree destinate al parco anche in un raggio di azione piuttosto ampio. Il secondo aspetto da tenere in considerazione è l'assenza di aspetti vegetazionali rari o di particolare interesse fitogeografico e/o conservazionistico, così come mancano le formazioni realmente caratterizzate da un elevato livello di naturalità. Non si prevede, pertanto, alcuna ricaduta sugli ambienti e sulle formazioni vegetali circostanti, potendosi escludere, tra le altre cose, effetti significativi dovuti alla produzione di polveri, all'emissione di gas di scarico o al movimento di terra.

Il progetto definitivo prevede, come opera di mitigazione degli impatti per un inserimento "armonioso" del parco fotovoltaico nel paesaggio circostante, la realizzazione di una fascia arborea perimetrale. Tale fascia, larga 10 m e lunga tutto il perimetro del parco, sarà debitamente lavorata e oggetto di piantumazione specifica. Sul terreno con una macchina operatrice pesante sarà effettuata una prima lavorazione meccanica alla profondità di 20-25 cm (fresatura), allo scopo di decompattare lo strato superficiale. In seguito, in funzione delle condizioni termopluviometriche, si provvederà ad effettuare eventualmente altri passaggi meccanici per ottenere il giusto affinamento del substrato che accoglierà le piante arboree. Compilate le operazioni riferite alle lavorazioni del substrato di radicazione si passerà alla piantumazione delle essenze arboree: nella fattispecie l'essenza scelta per tale scopo, in considerazione del suo areale di sviluppo e della sua capacità di adattamento sarà *Olea europea* (olivo). Per il sito in oggetto verranno impiegate piante autoradicate di altezza 1,30-150 m, in zolla. Ogni albero piantumato sarà corredato di un opportuno paletto di castagno per aiutare la pianta nelle giornate ventose e consentirne una crescita idonea in altezza in un arco temporale piuttosto ampio. La piantumazione costituisce un momento particolarmente delicato per le essenze: la pianta viene inserita nel contesto che la ospiterà definitivamente ed è quindi necessario utilizzare appropriate e idonee tecniche che permettano all'essenza di superare lo stress e di attecchire nel nuovo substrato. L'impianto vero e proprio sarà preceduto dallo scavo della buca che avrà dimensioni atte ad ospitare la zolla e le radici della pianta (indicativamente larghezza doppia rispetto alla zolla della pianta). Nell'apertura delle buche il terreno lungo le pareti e sul fondo sarà smosso al fine di evitare l'effetto vaso. Alcuni giorni prima della messa a dimora della pianta si effettuerà un parziale riempimento delle buche, prima con materiale drenante (argilla espansa) e poi con terriccio, da completare poi al momento dell'impianto, in modo da creare uno strato drenante ed uno strato di terreno soffice di adeguato spessore (generalmente non inferiore complessivamente ai 40 cm) sul quale verrà appoggiata la zolla. Una volta posizionata la

pianta nella buca, verrà ancorata in maniera provvisoria ai pali tutori per poi cominciare a riempire la buca. Per il riempimento delle buche d'impianto sarà impiegato un substrato di coltivazione premiscelato costituito da terreno agrario (70%), sabbia di fiume (20%) e concime organico pellettato (10%). Il terreno in corrispondenza della buca scavata sarà totalmente privo di agenti patogeni e di sostanze tossiche, privo di pietre e parti legnose e conterrà non più del 2% di scheletro ed almeno il 2% di sostanza organica. Ad esso verrà aggiunto un concime organo-minerale a lenta cessione (100 gr/buca). Le pratiche di concimazione gestionali saranno effettuate ricorrendo a fertilizzanti minerali o misto-organici. La colmatatura delle buche sarà effettuata con accurato assestamento e livellamento del terreno, la cui quota finale sarà verificata dopo almeno tre bagnature ed eventualmente ricaricata con materiale idoneo.



63 – sezione tipica fascia di mitigazione di 10 m



64 – distribuzione piante nella fascia di mitigazione

## 20.1 Analisi dei costi fascia di mitigazione

Costi di impianto – fascia arborea e siepe perimetrale		
Designazione dei lavori	Sup. stimata (ettari)	Stima dei costi
Lavorazione del terreno con mezzo meccanico alla profondità di cm. 60 (ripuntatura)		
Frangizzollatura con erpice a dischi o a denti rigidi da effettuare nell'impianto di fruttiferi in genere		
Leggera sistemazione superficiale di terreni con lama livellatrice portata/trainata da trattrice, da effettuare nell'impianto di fruttiferi in genere		
Concimazione di fondo con i fertilizzanti organici, da eseguirsi in preimpianto dell'arboreto o di riordino per reinnesto (agrumeti, oliveti, frutteti, vigneti, ecc.) nella quantità e tipi da specificare in progetto, caso per caso con un piano di concimazione, previa analisi fisico-chimica dell'appezzamento		
Acquisto e trasporto di tutore in canna di bambù per l'allevamento delle piante di fruttiferi, agrumi ed olivo, in forme libere e appoggiate, quale sostegno dell'intera pianta o per l'ausilio nella formazione dell'impalcatura portante, esclusa la messa in opera: sez. mm. 8-10, altezza m. 1,20	9	72.000,00
Impianto di irrigazione a goccia con gocciolatoi autocompensanti, comprensivo di raccorderia, materiale di consumo e tutto ciò che serve per consegnare il lavoro a regola d'arte (per siepe arbustiva)		
Acquisto e messa in opera di fruttiferi innestati autofertili: —olivi innestati a 2 anni o a radice nuda e relativa pacciamatura con telo plastico antialga verde		
Messa a dimora di fruttiferi a radice nuda, innestati o autoradicati, compreso trasporto delle piante, squadratura del terreno, formazione buca, messa a dimora (compreso reinterro buca e ammendante organico) e la sostituzione delle fallanze nella misura massima del 5%		
Fornitura e piantagione di essenze arboree o arbustive, in vasetto o alveolo (2 anni), compresa l'apertura di buca, il collocamento a dimora delle piante, compresa la ricolmatura e la compressione del terreno, la fornitura e posa di tutore (bambù), il picchettamento e l'allineamento.	a corpo	25.000,00
<b>TOTALE DEI COSTI 1° ANNO</b>		<b>97.000,00 €</b>

Per ciò che concerne i costi di raccolta quando le piante saranno in una fase tale da consentirle (probabilmente già dal 3° anno dall'impianto) si prevede di effettuare tale pratica con soli mezzi meccanici. Le macchine operatrici consentono di raccogliere un ettaro di oliveto nell'arco di poche ore (rispetto, per esempio, alle cinque giornate lavorative di operai specializzati muniti di scuotitori a spalla e reti per raccogliere un ettaro di oliveto intensivo). La stima del costo di un tale intervento, rivolgendosi ad un contoterzista, ammonta a circa **400-500 €/ha**; stima che, comunque, il differenziale tra il basso costo di produzione delle olive e il prezzo di mercato ripaga abbondantemente.

Impianto	Superficie coltivata (ha)	Produzione (t/ha)	Prezzo unitario medio (€/ha)	Ricavo lordo totale (olive)
Oliveto	9	1° anno - 0	600	00,00€
		2° anno - 0		00,00€
		3° anno - 5		27.000,00€
		4° anno - 6		32.400,00€
		5° anno - 8		43.200,00€
<b>Totale al 5° anno</b>				<b>102.600,00€</b>

65 – ipotesi del ricavo lordo prudenziale derivante dalla coltivazione dell'Olea europea

CRONOPROGRAMMA - Lavori fascia di mitigazione 1° anno													
MESI	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre	gennaio	febbraio	
1	Installazione cantiere												
2	Fresatura terreno												
3	Apertura buche per piante												
4	Fertilizzazione di fondo												
5	Messa a dimora piante arboree												
6	Messa a dimora piante arbustive												
7	Controllo vitalità ed eventuale sostituzione piante morte												
8	Concimazione di mantenimento												
9	Colmatura buche												
10	Irrigazione di impianto e/o soccorso												

66 – lavori opere di mitigazione al 1° anno

## 21. Opere di mitigazione: rinaturalizzazione impluvi

Per la ricostituzione naturalistica degli impluvi interni alle aree di progetto del parco fotovoltaico si farà riferimento all'utilizzo in sito di formazioni di vegetazione ripariale. A questa categoria appartengono popolamenti forestali a prevalenza di specie mesoigrofile e mesoxerofile, tipiche di impluvi, alvei fluviali più o meno ciottolosi, spesso caratterizzati dalla presenza di una o più specie codominanti; talora sono cenosi effimere ed erratiche la cui presenza è strettamente legata alla dinamica fluviale. Tra gli aspetti a vegetazione arborea e quelli a fisionomia prettamente arbustiva sono questi ultimi a dominare nettamente, con un importante ruolo, anche paesaggistico, espresso, per esempio, dalle tamerici, spesso assieme all'oleandro, presenti soprattutto lungo i corsi d'acqua a deflusso temporaneo. La riqualificazione degli impluvi prevedrà una serie di interventi, inoltre, da attuare attraverso tecniche di ingegneria naturalistica e mediante la messa in opera di idonee essenze arbustive a corredo degli

impluvi stessi in modo tale da ricreare una fascia di protezione di 5 m. I materiali che verranno impiegati nei lavori con tecniche di ingegneria naturalistica saranno, tra i tanti a disposizione, costituiti da materiali vegetali vivi. Ai fini della completa riuscita degli interventi la scelta, il corretto utilizzo e l'attecchimento del materiale vegetale vivo risultano essere di sostanziale importanza. Saranno impiegate solo specie del luogo, evitando l'introduzione di specie esotiche, che trasformerebbero le opere realizzate in fattori di inquinamento biologico. Tra queste verranno scelte le specie aventi le migliori caratteristiche biotecniche, in particolare a più rapido sviluppo e con esteso e profondo apparato radicale.

Le attitudini biotecniche sono definite come:

- la capacità di resistere a fenomeni franosi e all'erosione;
- la capacità di aggregare e consolidare superficialmente il terreno con lo sviluppo delle radici;
- la capacità delle radici di resistere allo strappo e al taglio;
- la capacità di drenare i terreni, assorbendo e traspirando l'acqua.

Il materiale vegetale, quanto più sarà in grado di resistere all'erosione e all'asportazione dovute a vari fattori biotici, tanto più proteggerà il suolo dalla pioggia con la sua parte fuori terra e consoliderà, aggregherà e drencherà il terreno con le radici. Pertanto, nella scelta delle specie vegetali da utilizzare sarà considerata l'appartenenza alla vegetazione locale (autoctona), il rispetto delle caratteristiche ecologiche dell'area di intervento, la capacità di resistere ad avversità (presenza o ristagno di acqua, forza erosiva del corso d'acqua, tempo di sommersione) e possesso delle necessarie caratteristiche biotecniche. L'obiettivo sarà quindi quello di favorire il più possibile la ricolonizzazione della zona di intervento da parte della vegetazione, imitando i processi della natura e accelerandone l'opera. La rivegetazione, nel nostro caso, sarà ottenuta attraverso l'impiego di specie erbacee ed arbusti. Nelle operazioni di consolidamento e stabilizzazione del suolo le specie più idonee sono generalmente legnose, con l'impiego di arbusti pionieri autoctoni: il loro apparato radicale è in grado di consolidare, in media, spessori dell'ordine di 1-2 m di terreno, oltre a svolgere una funzione di protezione antierosiva. La protezione areale dall'erosione è, inoltre, efficacemente svolta dalla copertura erbacea. L'effetto combinato della cotica erbosa e della copertura arbustiva pioniera comporterà anche il miglioramento del bilancio idrico del suolo. Per determinare la scelta delle specie da impiegare sulla base delle varie situazioni di intervento saranno effettuate alcune valutazioni e nello specifico:

- capacità di sviluppo radicale in presenza di acqua o in condizioni di aridità;
- grado di attecchimento;
- esigenze specifiche di acidità nel terreno; tendenza alla sciafilia ("ricerca dell'ombra") o eliofilia ("ricerca della luce").

Gli inerbimenti hanno lo scopo di stabilizzare il terreno attraverso l'azione consolidante degli apparati radicali, di proteggere il terreno dall'erosione superficiale dovuta all'azione battente delle precipitazioni

e dal ruscellamento superficiale e di ricostruire la vegetazione e le condizioni di fertilità. Nell'inerbimento che si propone saranno utilizzate specie erbacee adatte ai diversi tipi di terreno, tenendo in considerazione il clima e la quota del sito di intervento. Le semine saranno effettuate tra l'inizio dell'autunno e l'inizio della primavera mediante idrosemina e/o idrostolonizzazione la cui distribuzione avverrà con apposita macchina operatrice. Tale intervento prevedrà l'utilizzo di attrezzatura a pressione con idoneo miscuglio. La tecnica dell'idrosemina prevede l'impiego di una miscela composta da acqua, miscuglio di sementi idonee, concime, collanti, prodotti e sostanze miglioratrici del terreno, il tutto distribuito in una unica soluzione con speciali macchine irroratrici a forte pressione (idroseminatrici). La semina idraulica tramite l'impiego di motopompe volumetriche, montate su mezzi mobili e dotate di agitatore meccanico garantirà una omogeneità della miscela e uno spargimento del miscuglio di essenze scelte (graminacee e leguminose, eventuali specie sarmentose e fiorume autoctono) efficace ed uniforme. La presenza di sostanze collanti colloidali naturali nella fase di somministrazione impedirà all'acqua assorbita di disperdersi assicurando l'aderenza dei prodotti al terreno. Previa analisi chimico-fisica del terreno agrario, qualora fosse necessario, nella miscela si provvederà ad aggiungere anche una parte organica costituita da fibre naturali (paglia, fieno, ecc.).



67 - particolare che mostra piantine in pane di terra e in vaso/fitocella

Per le opere di riqualificazione di impluvi con arbusti saranno impiegate piantine da vivaio con pane di terra la cui messa a dimora si effettuerà durante il periodo di riposo vegetativo. I tutori previsti verranno conficcati nella buca di piantagione prima della posa delle piante e fatti affondare di almeno 30 cm oltre il fondo della buca. La pianta sarà posata in modo che il colletto radicale si trovi al livello del fondo della conca di irrigazione e la radice non sia né compressa né spostata. La buca di piantagione verrà poi colmata con terra di scavo o con materiale di scotico prelevato da zone limitrofe. La compattazione

della terra si eseguirà con cura, in modo da non danneggiare le radici e non squilibrare la pianta, che deve rimanere dritta e non lasciare sacche d'aria: la completa compattazione sarà ottenuta attraverso una abbondante irrigazione, che favorirà inoltre la ripresa vegetativa. La densità di impianto sarà pari a 1 x 0,5 mq e la disposizione sarà naturaliforme.

Di seguito si riportano delle brevi sintesi delle essenze arbustive che verranno impiegate in opera per la realizzazione della fascia di 5 m perimetrale. Sono tutte piante caratterizzanti le zone ripariali, autoctone e perfettamente inserite nel paesaggio siciliano.

### *Tamarix africana*

Fanerofita arborea tipicamente costiera, presente sia nelle ampie aree sabbiose dunali e retrodunali che nelle zone umide costiere; vegeta dal livello del mare agli 800 metri di altitudine. Albero dal portamento spesso arbustivo che può raggiungere i 5 m di altezza, con corteccia grigio-bruno o bruno-rossastra nei rami più giovani. Le foglie sono squamiformi, verde lucido, lunghe fino a 4 mm caratterizzate dal bordo traslucido. Le infiorescenze, bianche o rosse, sono costituite da racemi inseriti su ramificazioni legnose dell'anno precedente e i fiori sono subsessili e sempre pentameri. Il frutto è una capsula dalla quale, una volta maturi, si liberano i semi sormontati da una coroncina di peli necessari per la diffusione anemofila.



68 - *Tamarix africana* - pianta in fase di crescita e particolare delle foglie

### *Spartium junceum*

Fanerofita cespugliosa tipica degli ambienti della gariga e della macchia mediterranea. Risulta endemica in gran parte dell'areale del bacino del Mediterraneo crescendo in zone soleggiate da 0 a 1200 m s.l.m. Predilige i suoli aridi, sabbiosi e può vegetare anche su terreni argillosi, purché non siano soggetti all'umidità e al ristagno idrico. La pianta, che può raggiungere un'altezza di 3 metri, presenta portamento arbustivo, perenne e con lunghi fusti. I fusti sono verdi cilindrici compressibili ma resistenti, eretti, ramosissimi e sono detti vermene. Le foglie sono del tipo lanceolato, i fiori sono portati in racemi terminali di colore giallo vivo. I frutti sono dei legumi falciformi oblungi, sericei, verdi e vellutati e poi glabri e nerastri a maturazione quando deisce espellendo i semi bruno-rossastri lontano dalla pianta madre.



69 - *Spartium junceum* - pianta in fase di crescita e particolare delle foglie

### *Pistacia lentiscus*

Fanerofita sempreverde a portamento cespuglioso, raramente arboreo, tra le specie più rappresentative dell'Oleo-ceratonion. È una entità mediterranea in senso stretto e quindi con areale limitato alle coste mediterranee. È una pianta eliofila, termofila e xerofila che vegeta dal livello del mare fino ai 600 metri; molto adattabile, tuttavia, cresce meglio sui suoli silicei. È una specie che necessita di posizioni soleggiate per svilupparsi al meglio, ma può sopportare anche la mezz'ombra; inoltre, si adatta a tutti i tipi di suolo, dal più povero e sassoso al più ricco vivendo anche discretamente bene con substrati argillosi e compatti. Al lentisco vengono riconosciute proprietà pedogenetiche ed è considerata una specie miglioratrice nel terreno. La pianta, che può raggiungere un'altezza di 3-4 metri, presenta chioma densa per la fitta ramificazione, glaucescente, di forma globosa. La corteccia è squamosa, grigio cenere

nei giovani rami e bruno-rossastra nel tronco. Le foglie alterne, paripennate e glabre sono di colore verde cupo. Il lentisco è una specie dioica, con fiori attinomorfi, pentameri, tetraciclici, in pannocchie cilindriche brevi e dense disposte all'ascella delle foglie dei rametti dell'anno precedente; i fiori maschili sono vistosi per la presenza di stami di colore rosso vivo; i fiori femminili sono di un colore verde con ovario supero; i petali risultano assenti. Il frutto del lentisco è una drupa globosa o lenticolare, di diametro 4-5 mm, carnosa, rossastra, tendente al nero a maturità, contenente un unico seme.



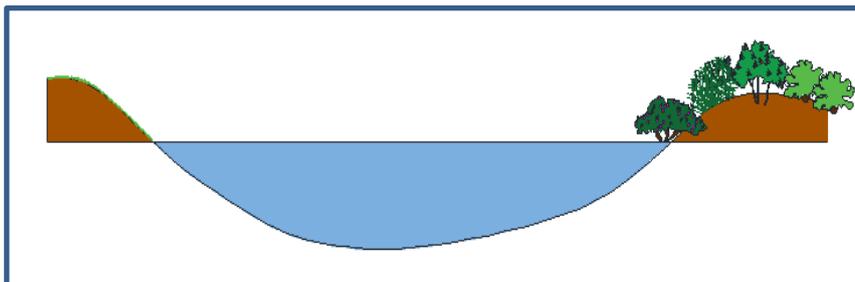
70 - *Pistacia lentiscus* - pianta in fase di crescita e particolare delle foglie

#### *Olea europea var. sylvestris*

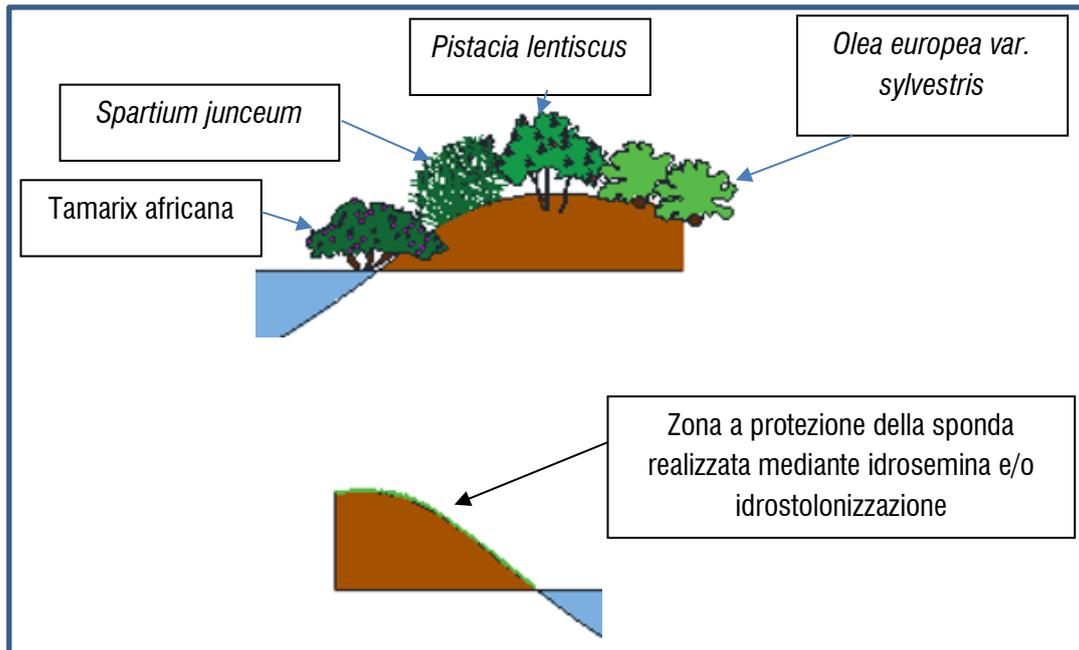
Fanerofita cespugliosa o arborea. L'olivastro è un elemento tipico della fascia vegetazionale dell'Oleo-Ceratonion, una tipologia forestale più termofila della lecceta. Largamente diffuso nelle boscaglie termofile e macchie dal livello del mare fino ai 600 m di altitudine, risulta indifferente al substrato. È una pianta sempreverde tipica della macchia mediterranea, della famiglia delle Oleaceae, molto longeva. Vegeta ininterrottamente con una velocità dipendente dalla temperatura, infatti la massima attività vegetativa si ha nei periodi più caldi, mentre rallenta fin quasi a fermarsi in inverno. È un albero, o grosso arbusto, che può raggiungere i 10 m di altezza. La corteccia è grigia e il tronco può assumere forme contorte. Le foglie sono da ovato-lanceolate a ovali, lunghe fino 2 cm. I fiori, tetrameri, hanno colorazione bianco-giallastra. Il frutto è una drupa (oliva) nera a maturità, molto più piccola delle olive prodotte dalle varietà coltivate.



71 - *Olea europaea var. sylvestris* - pianta in fase di crescita e particolare delle foglie



72- Sezioni con ipotesi di rinaturalizzazione delle sponde con inerbimenti mediante idrosemina e piantumazione a scalare di essenze arbustive ripariali (fascia di 5 m)



73 - Inerbimento sponde con miscela per idrosemina e piantumazione di arbusti

## 22. Piano di monitoraggio delle cure colturali opere a verde

I lavori di manutenzione costituiranno una fase fondamentale per lo sviluppo dell'impianto arboreo ed erbaceo, lavori che andranno seguiti e controllati in ogni periodo dell'anno per affrontare nel migliore dei modi qualsivoglia emergenza in campo. La mancanza di una adeguata manutenzione o la sua errata od incompleta realizzazione, genererebbe un sicuro insuccesso, sia per quanto riguarda la realizzazione della fascia alberata di mitigazione, che per il resto delle opere a verde. Il piano manutentivo prevedrà una serie di operazioni di natura agronomica nei primi quattro anni (4 stagioni vegetative) successivi all'impianto. In seguito alla messa a dimora di tutte le piante, verranno eseguiti una serie di interventi colturali quali:

- risarcimento eventuali fallanze;
- pratiche irrigue sia di gestione che di soccorso;
- difesa fitosanitaria;
- potature di contenimento e di formazione;
- pratiche di fertilizzazione.

### 22.1 Sostituzione fallanze

In genere l'impiego di materiale vivaistico di buona qualità e la messa a dimora di giovani piantine con pane di terra (in genere di età 1-2 anni), permettono di garantire elevate percentuali di attecchimento. In questi casi tendenzialmente il numero medio di fallanze riscontrabile risulterà sempre inferiore al 5-10%. Tra i primi di ottobre e la fine di marzo del primo e secondo anno successivi alla messa a dimora si dovrà procedere alla sostituzione dei trapianti eventualmente disseccati.

### 22.2 Pratiche di gestione irrigua

In caso di insorgenza di periodi di siccità prolungata si renderà necessario intervenire con irrigazioni di soccorso, pena il disseccamento dell'impianto e l'insuccesso dell'intervento di. Il numero di irrigazioni di soccorso, in generale, sarà funzione delle condizioni climatiche nel periodo estivo con maggior frequenza nel primo biennio. Inoltre, sarà fondamentale effettuare diverse irrigazioni, in particolar modo dopo la fase di trapianto e per almeno i due mesi successivi, per favorire la radicazione e quindi l'attecchimento delle giovani piante.

### 22.3 Difesa fitosanitaria

Normalmente non verranno effettuati trattamenti fitosanitari preventivi. Potranno risultare opportuni solo in pochi casi qualora si verificano attacchi di insetti defogliatori che colpiscono una percentuale

cospicua del popolamento (almeno il 30%). In tal caso sarà necessario effettuare trattamenti antiparassitari con distribuzione di opportuni principi attivi registrati e, per esempio, utilizzati in agricoltura biologica, mediante atomizzatore collegato ad una trattrice. Tali interventi si potranno rendere necessari soprattutto all'inizio della primavera del primo anno del ciclo produttivo, con defogliazioni diffuse su larga scala.

#### **22.4 Potatura di contenimento e di formazione**

L'intervento di contenimento sarà realizzato perseguendo diverse finalità e obiettivi:

- sui filari arborei più esterni del popolamento l'obiettivo principale sarà il controllo dello sviluppo laterale allo scopo di lasciare loro uno spazio di crescita predefinito;
- sui filari interni dell'impianto l'obiettivo sarà di permettere l'ingresso all'interno del popolamento delle macchine dedicate a una serie di varie operazioni agronomiche e/o colturali. La frequenza degli interventi di potatura dei filari sarà valutata e programmata sulla base dello sviluppo della vegetazione dell'impianto e a seconda del protocollo colturale di gestione dello stesso. Per quanto riguarda la fascia alberata di mitigazione, che comprende sia la realizzazione della siepe perimetrale che dei filari arborei, si prevedrà di effettuare nel corso degli anni delle operazioni di potatura di formazione; in particolare si effettueranno delle potature, con attrezzature sia manuali che meccaniche, per la periodica esecuzione dei diradamenti e per la rimozione delle parti selvatiche e, pertanto, non produttive. Lo scopo sarà quello di dare una forma equilibrata, favorendone l'affrancamento, l'accestimento e consentendo loro una crescita laterale e in altezza (nel caso della siepe fino all'altezza della recinzione); si provvederà a far sviluppare la parte arborea nel modo più naturale possibile, seguendo gli individui vegetali nella crescita e potando cercando di realizzare la forma più stabile possibile (quella cioè con 3 branche principali che si troverebbero a 120° tra loro). Le potature di contenimento e di formazione si effettueranno periodicamente e fino al raggiungimento di dimensioni tali da dar vita ad una situazione di equilibrio senza una eccessiva concorrenza reciproca.

#### **22.5 Pratiche di fertilizzazione**

Con la concimazione ci si pone l'obiettivo di apportare sostanze nutritive al terreno agrario per migliorarne il grado di fertilità e, conseguentemente, anche la percentuale di attecchimento delle piante. Con l'apertura delle buche per la predisposizione delle opere di piantumazione ammenderemo il terreno allo scopo di creare le condizioni ottimali per lo sviluppo futuro della pianta. In seguito, durante il periodo primaverile dopo il primo anno di impianto, si provvederà ad apportare, a mezzo di concimi misto-

organici o minerali, gli elementi nutritivi necessari al corretto sviluppo in modo tale da rafforzare le difese della pianta contro eventuali e possibili stress abiotici.

Piano di monitoraggio delle cure colturali opere a verde - dal 2° al 5° anno																																																	
MESI	2°anno												3°anno												4°anno												5°anno												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1																																																	
2																																																	
3																																																	
4																																																	
6																																																	
7																																																	

74 – piano di monitoraggio delle cure colturali delle opere a verde dal 2° al 5° anno

### 23. Mitigazione degli impatti sulla fauna

Numerose ricerche scientifiche svoltesi nei paesi interessati allo sfruttamento dell'energia fotovoltaica già da diversi anni, hanno evidenziato che per l'uso decentrato dei sistemi fotovoltaici (impianti a terra) l'impatto sulla fauna è ritenuto generalmente trascurabile, in quanto sostanzialmente riconducibile al suolo e all'habitat sottratti, data anche l'assenza di vibrazioni e rumore. L'intervento non da impatti sull'habitat anzi da osservazioni effettuate in altri impianti l'impatto è positivo per le seguenti ragioni:

- la struttura di sostegno dei moduli, vista la sua altezza ed interasse, consente non solo la penetrazione di luce ed umidità sufficiente allo sviluppo di una ricca flora, ma permette la intercettazione dell'acqua piovana, limitando l'effetto pioggia battente con riduzione del costipamento del terreno;
- la falciatura periodica dell'erba, oltre ad evitare un'eccessiva evaporazione del terreno, crea un habitat di stoppie e cespugli, arricchito dai semi delle piante spontanee, particolarmente idoneo alla nidificazione e alla crescita della fauna selvatica;
- la recinzione di progetto consente l'attraversamento della struttura da parte della fauna. È importante ricordare, che una recinzione di questo tipo, permette di creare dei corridoi ecologici di connessione, che consentono di mantenere un alto livello di biodiversità, e allo stesso tempo, non essendo praticabile l'attività venatoria, crea un habitat naturale di protezione delle specie faunistiche e vegetali; la piantumazione, lungo il perimetro del parco, di specie sempreverdi o a foglie caduche, che producono fiori e frutti, sarà un'ulteriore fonte di cibo sicura per tutti gli animali, determinerà la diminuzione della velocità eolica, aumenterà la formazione della rugiada;

Dalle valutazioni effettuate su commissione del Ministero dell'Ambiente non sono emersi effetti allarmanti sugli animali, le specie presenti di uccelli continueranno a vivere e/o nidificare sulla superficie dell'impianto, e tutta la fauna potrà utilizzare lo spazio libero della superficie tra i moduli e ai bordi degli impianti come zona di caccia, nutrizione e nidificazione. I territori di elezione presenti nell'areale, garanti della conservazione e del potenziamento naturale della fauna selvatica, a seguito degli interventi, delle modalità e dei tempi di esecuzione dei lavori, non subiranno sintomatiche modifiche; gli stessi moduli

solari, saranno utilizzati come punti di posta e/o di canto e per effetto della non trasparenza dei moduli fotovoltaici sarà improbabile registrare collisioni dell'avifauna con i pannelli, come in caso di finestre. Pertanto, si può ragionevolmente e verosimilmente confermare, che l'intervento in progetto nulla preclude alla salvaguardia dell'habitat naturale, soddisfacente alle specifiche peculiarità del sito, nella scrupolosa osservanza di quanto suddetto. Con lo scopo di non ostacolare gli spostamenti della piccola fauna terrestre e il deflusso delle acque superficiali, tuttavia, è prevista la realizzazione di una luce libera tra il piano campagna e la parte inferiore della rete non inferiore a 7 cm.

## 24. Analisi delle ricadute occupazionali agrovoltaiico

In relazione al progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico in agro di Trapani, per l'impianto denominato "Piana Borrromea", si fa notare che l'utilizzo dei terreni per la coltivazione ad oliveto e legumi, secondo le specifiche tecniche della relazione, determina non soltanto un vantaggio ambientale per ciò che concerne l'uso e la conservazione del suolo ma getta le basi concrete per la creazione di un reddito tale e quale a quello riferito ad una azienda agricola di indirizzo simile. In un contesto come quello in esame la gestione dei suoli così come definita secondo le pratiche agricole specialistiche viene considerata collaterale alla produzione di energia da fonti rinnovabili. Nella fattispecie si riporta di seguito l'indicazione di massima circa l'impiego di manodopera specializzata per il calcolo del livello occupazionale riferito all'impianto ad oliveto e leguminose da granella. Per la gestione delle opere di natura squisitamente agricola si è fatto riferimento alla tabella relativa al fabbisogno per ettaro pubblicata in GURS il 18.6.2004 relativa al decreto n. 568 del 28 maggio 2004.

Culture	Fabbisogno di lavoro per ettaro (1)	
	Ore	Giornate
Aranceto, mandarinetto, clementinetto	360	54
Agrumeto terrazzato	432	65
Limoneto	400	60
Limoneto terrazzato	480	72
Frutteto asciutto	400	60
Frutteto irriguo	540	81
Carrubeto	93	14
Mandarletto	147	22
Mandarletto irriguo	200	30
Castagno da frutto	193	29
Nocciuolo	280	42
Oliveto asciutto	213	32
Oliveto irriguo	280	42
Oliveto da mensa asciutto	267	40
Oliveto da mensa irriguo	334	50
Pistaccheto	287	43
Ficodindieto asciutto	173	26
Ficodindieto irriguo	207	31
Vigneto a tendone irriguo uva da tavola	580	87
Vigneto ad alberello uva da vino	187	28
Vigneto ad alberello uva da vino semi irriguo (2)	213	32
Vigneto a spalliera uva da vino	220	33
Vigneto a spalliera uva da vino semi irriguo (2)	247	37
Vigneto a tendone uva da vino	253	38
Vigneto a tendone uva da vino semi irriguo (2)	280	42
Seminativo avvicendato con foraggiere	53	8
Seminativo semplice	27	4
Seminativo con orticole	107	16
Seminativo irriguo avvicendato con foraggiere	67	10
Seminativo arborato con un numero non inferiore a 80 alberi per ettaro	80	12
Orto o fungaia in ambiente protetto	4.002	600
Orto pieno campo	334	50
Orto pieno campo irriguo	467	70
Cappereto	1.141	171
Fiori ambiente protetto	6.670	1.000
Floro-vivaismo in piena area	1.467	220
Vivaio ortive sotto serra (3)	15.608	2.340
Vivaio piante ornamentali pieno campo	1.001	150
Vivaio piante ornamentali sotto ombraia	2.335	350
Vivaio piante madri, barbatelle p.l.	1.668	250
Vivaio piante madri, barbatelle innestate	2.335	350
Runnel irriguo	934	140
Bosco ceduo da 1 a 10 anni (4)	173	26
Bosco ceduo adulto (5)	93	14
Bosco ad alto fusto da 1 a 10 anni (6)	133	20
Bosco ad alto fusto adulto (7)	114	17
Fustaia naturale o naturaliforme (8)	100	15
Pascolo	7	1
Piante officinali	133	20

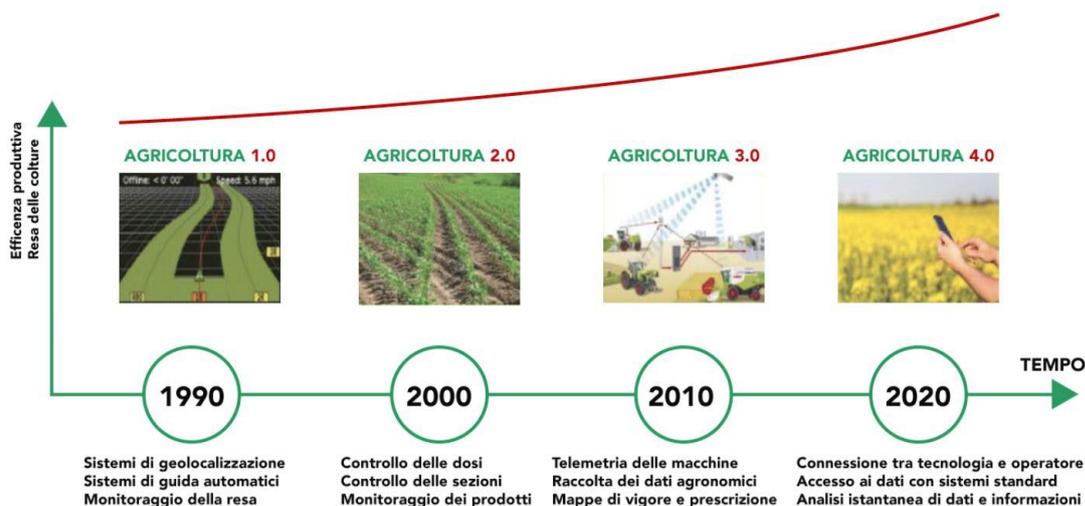
75 – Parametri regionali per il calcolo dell'impiego della mano d'opera familiare

Per il calcolo del fabbisogno consideriamo la coltura "Oliveto in asciutto" dove la manodopera viene stimato in 32 giornate/ettaro per anno e la coltura "Seminativo avvicendato con foraggiere" (equiparato alle leguminose da granella e ad inerbimento permanente) dove il fabbisogno in manodopera viene quantificato in massimo 8 giornate/ettaro per anno. Stimiamo in 9 ettari la superficie di riferimento dell'oliveto, circa 87 ettari per le leguminose da granella e, in minima parte per l'inerbimento permanente. Complessivamente, quindi, per la gestione annuale dell'impianto nella sua totalità occorreranno 288 giornate di lavoro per l'oliveto in asciutto, 696 giornate lavorative per i legumi. La somma delle giornate di lavoro porta il totale complessivo annuo a 984 giornate lavorative. Considerando la media di 20 giornate lavorative al mese (da CCNL di categoria, orario lavorativo pari a 6,40 ore/giorno), per singolo dipendente, otteniamo a livello annuale circa 220 giornate; pertanto, *il numero di unità lavorative oscillerà da 4 a 5.*

## 25. Appendice I

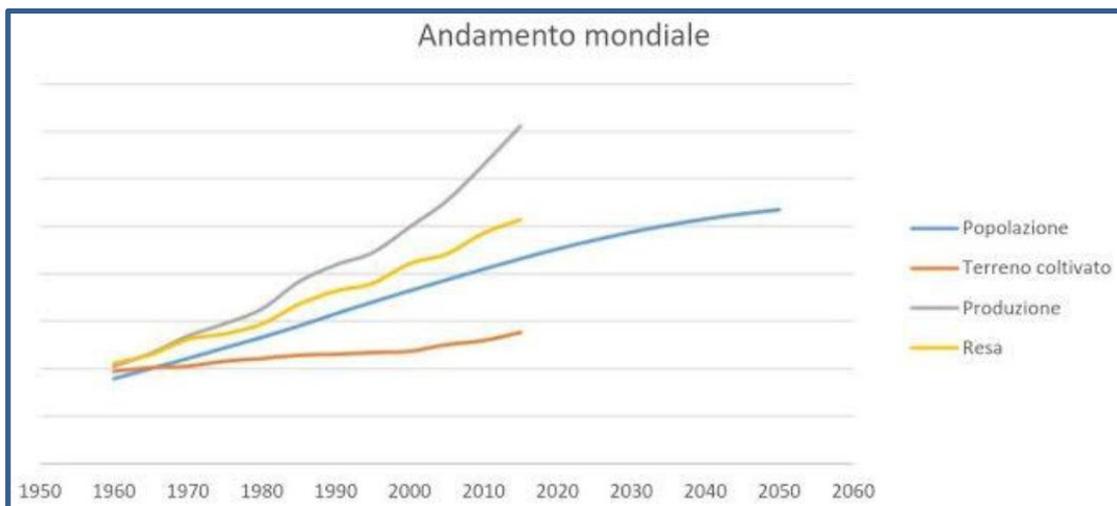
### 25.1 Premessa

Il presente documento, a corredo e completamento della relazione agronomica, vuole specificare come le opere inerenti alla progettazione del presente impianto fotovoltaico sito in agro di Trapani (TP) siano rispettose e osservanti a quanto citato nella Legge n.108 del 2021 in merito alle soluzioni integrative da adottare all'interno di progetti agrovoltaici. Le opere di progetto che riguardano le colture di olivo e leguminose, all'interno della quale saranno inseriti i tracker fotovoltaici, saranno realizzate secondo i moderni modelli di rispetto della sostenibilità ambientali, con l'obiettivo di realizzare un sistema agricolo "integrato" e rispondente al concetto di agricoltura 4.0, attraverso l'impiego di nuove tecnologie a servizio del verde, con piano di monitoraggio costanti e puntuali, volti all'efficienza e al rispetto dell'ambiente.



## 25.2 Agricoltura 4.0 e il panorama mondiale

Secondo lo studio di Global Prospective "World agriculture towards 2030/2050" redatto da Nikos Alexandratos e Jelle Bruinsma per FAO (l'organizzazione per l'agricoltura e l'alimentazione dell'ONU), nel giugno del 2013, l'agricoltura mondiale nel 2050 dovrà essere in grado di produrre il 60% in più rispetto al 2010. Questo sarà necessario per due principali motivi: è previsto un aumento di popolazione del 30% ed in secondo luogo il tenore di vita sta crescendo esponenzialmente. Ciò significa una richiesta maggiore di materie prime ed un cambiamento nella domanda di cibo verso beni sempre più pregiati, come la carne ed i prodotti ortofrutticoli. Dalla necessità di contenere tali criticità, nasce l'agricoltura 4.0, che sfrutta la tecnologia per limitare i consumi e aumentare la produttività. Si riporta sotto un grafico che si basa sui dati FAO e sulle prospettive di crescita demografica ONU: la popolazione (blu) è destinata ad un futuro aumento, ma al contempo i terreni disponibili per la coltivazione (arancione) risultano limitati. L'unico modo di intervenire al fine di ottenere una produzione (grigio) maggiore è lavorare sulla resa (giallo).



Con il termine "Agricoltura 4.0" ci si riferisce all'evoluzione dell'agricoltura di precisione, realizzata attraverso la raccolta automatica, l'integrazione e l'analisi di dati provenienti dal campo, da sensori e da qualsiasi altra fonte terza. Tutto questo risulta essere abilitato dall'impiego di tecnologie digitali 4.0, che rendono possibile la reazione di conoscenza e il supporto all'agricoltore nel processo decisionale relativo alla propria attività e al rapporto con altri soggetti della filiera, rompendo (almeno potenzialmente) i confini della singola impresa. Lo scopo ultimo è quello di aumentare la profittabilità e la sostenibilità economica, ambientale e sociale dell'agricoltura. La strada intrapresa sembra essere quella dell'integrazione tra le strategie tradizionali e le innovazioni dell'agricoltura 4.0. Si parla di tracciabilità, di tecnologia blockchain, di raccolta di dati impiegati al servizio della filiera e si tratta, almeno in parte, di una piccola realtà di nicchia che sta già crescendo. L'impianto agrovoltivo verrà

gestito esattamente come una "moderna" azienda agricola e, pertanto, si attrezzerà adattando tecnologie innovative e tracciabilità di prodotto alle colture di olivo e legumi, con i tracker fotovoltaici nelle loro interfile.

Lo stato dell'arte attuale per ciò che riguarda il concetto di agricoltura 4.0, così come è stato ampiamente verificato, conferma in termini pratici che gli imprenditori agricoli che utilizzano tali sistemi, riescono a produrre di più e con un minore impatto sull'ambiente. Le ragioni vanno tutte ricondotte all'aiuto della tecnologia, che grazie ai nuovi strumenti digitali ha portato l'agricoltura 4.0, come valore economico, a 7,8 miliardi di dollari su scala mondiale nel 2020 e lo scorso anno a oltre 450 milioni in Italia (paese leader per l'innovazione in questo campo). Secondo quanto riporta l'Osservatorio Smart Agrifood, globalmente il settore negli ultimi 12 mesi è cresciuto del 22%. Rappresenta così il 5% del mercato mondiale, con 160 aziende che in Italia stanno adottando questi strumenti rispetto alle altre 737 sparse in tutto il mondo. Nonostante la necessità di investire in formazione, il primo dato che emerge dagli studi specifici risulta essere la crescita esponenziale della diffusione di soluzioni ad alto tasso tecnologico nel settore agroalimentare. Si registrano valore di mercato dell'agricoltura 4.0 che rappresentano, per il solo stato italiano il 18% del settore a livello europeo. Inoltre, emerge come esistano più di 300 proposte già a disposizione degli imprenditori agricoli, 113 delle quali specifiche per migliorare tracciabilità e qualità dei prodotti. Le esigenze che portano le aziende agricole a rivolgersi a soluzioni ad alto tasso tecnologico sono essenzialmente:

- controllo dei costi di produzione;
- aumento della produttività;
- acquisizione, elaborazione ed interpretazione dei dati relativi all'attività.

L'Agricoltura 4.0 è l'evoluzione del concetto di "agricoltura di precisione" che viene utilizzato per definire interventi mirati ed efficienti in campo agricolo a partire da dati come, per esempio, le caratteristiche fisiche e biochimiche del suolo. Di fatto, è tutto l'insieme di strumenti e strategie che consentono all'azienda agricola di impiegare in maniera sinergica e interconnessa tecnologie avanza con lo scopo di rendere più efficiente e sostenibile la produzione. In pratica, adottare soluzioni 4.0 in campo agricolo comprende, ad esempio, il poter calcolare in maniera precisa qual è il fabbisogno idrico di una determinata coltura ed evitare gli sprechi. Oppure, permette di prevedere l'insorgenza di alcune malattie delle piante o individuare in anticipo i parassiti che potrebbero attaccare le coltivazioni, riducendo di fatto gli sprechi. Un altro ambito di applicazione dell'agricoltura 4.0 è quello della tracciabilità della filiera e, secondo addetti ai lavori, è qui che si intravedono le prospettive più interessanti guardando al futuro. Durante ogni passaggio, dal campo al confezionamento (qualora sia previsto), è possibile raccogliere dati utili a mantenere sotto controllo ogni step del processo di produzione. Poco margine d'errore,

dunque, consente di poter realizzare una filiera corta capace di produrre prodotti di massima qualità e in maniera sostenibile dal punto di vista ambientale. Questo sarà il punto di forza della coltura legumicola e parzialmente di quella olivicola all'interno del parco agrovoltivo. Verranno prese in esame e portate avanti in tutto il periodo di vita utile dell'impianto, tutte le strategie riguardanti la messa in atto di tecniche inerenti il risparmio irriguo, con piani di monitoraggio su larga scala che prevedano e verifichino l'impatto delle opere stesse sulle colture, la produttività in termini di rese per ettaro in confronto sia alle tecniche di agricoltura tradizionale che, soprattutto, in relazione al connubio "in operam" tra produzione di energia da fonte rinnovabile e rispetto della conduzione originaria tipica. Il tutto, ovviamente, attraverso l'ausilio e l'impiego di applicativi per un'agricoltura digitale e di precisione.

### **25.3 I vantaggi dell'Agricoltura 4.0**

Il fenomeno del riscaldamento globale ha determinato e determina tutt'ora un aumento delle temperature al suolo con conseguente sottrazione alle piante di sostanze nutritive necessarie per la loro crescita. Ciò "costringe" l'uomo ad un uso abbondante della pratica dell'irrigazione per evitare la moria dei raccolti ed arrivare all'ottenimento di produzioni quantomeno giustificative degli investimenti e del lavoro svolto. Tutto quanto premesso non soltanto determina un eccessivo consumo di risorse ambientali ma, contestualmente, comporta un carico superiore per ciò che concerne la forza lavoro. La tecnologia può far molto per affrontare questi problemi, in modo particolare sostituendosi all'uomo in alcune mansioni. Il futuro dell'agricoltura è legato alla sostenibilità ambientale, alla razionalizzazione delle risorse e ad una massiccia disponibilità di dati conservati online, dati che ormai devono risultare raggiungibili da qualsiasi dispositivo e da qualsiasi mezzo: dagli smartphone dell'operatore, ai dispositivi montati sui trattori, fino alle centraline in campo o all'impiego di droni per svariati compiti. Questo controllo capillare e la lotta senza quartiere allo spreco di risorse, in definitiva, altro non è che un vantaggio economico per l'agricoltore stesso. Esistono ancora dei limiti alla diffusione di soluzioni 4.0 in tutta Italia, dai costi di gestione all'effettivo accesso alla tecnologia. Tuttavia, i ricercatori non hanno dubbi nell'evidenziare come i vantaggi abbraccino il risparmio in termini economici e ambientali, ma anche una produzione di maggiore qualità. Una qualità che risponde anche a benefici da un punto di vista salutistico (considerato il minor impiego di sostanze artificiali). Si stima, infatti, che i prodotti inseriti in una filiera ad alto tasso tecnologico mantengano intatte le loro proprietà e risultino, quindi, più salutari. Dal punto di vista quantitativo, inoltre, il risparmio sugli input produttivi risulta essere del 30% con un aumento della produttività pari al 20%, il tutto ottenendo prodotti senza alcun residuo di sostanze chimiche. Tralasciando dubbi e remore legati al passaggio da un vecchio sistema ad uno nuovo, che rappresentano spesso alcune delle ragioni principali che non portano ai cambiamenti in azienda,





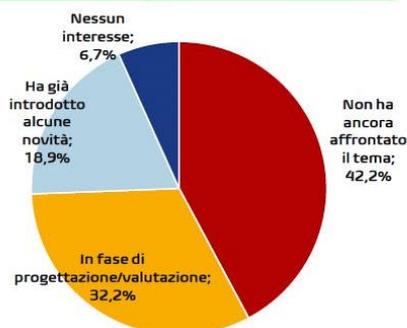
Nella pratica, adottare soluzioni 4.0 in campo agricolo comprende, ad esempio, il poter calcolare in maniera precisa qual è il fabbisogno idrico di una determinata coltura ed evitare gli sprechi. Oppure, permette di prevedere l'insorgenza di alcune malattie delle piante o individuare in anticipo i parassiti che potrebbero attaccare le coltivazioni, aumentando l'efficienza produttiva. Per fare questo bisogna fare alcune premesse doverose. Per sviluppare e adattare al meglio queste tecnologie digitali è necessario investire in formazione, instaurando collaborazioni con il mondo della ricerca e delle Università. L'Agricoltura 4.0 non può essere utilizzata da tutti e richiede personale preparato e costantemente sottoposto ad aggiornamenti. Abbracciando un processo molto vasto, che va dalla coltivazione del campo fino alla distribuzione dei prodotti e all'alimentazione stessa, per raggiungere i risultati e ampliarne l'utilizzo si deve investire sullo sviluppo di nuove competenze. Inoltre, la transizione ecologica è ormai diventata una tematica cruciale per tutti i settori, ma per il mondo dell'agri-food è sicuramente quella fondamentale e va affrontata in maniera concreta. La situazione in Italia, in riferimento alla qualità dell'aria che respiriamo è migliorata molto negli ultimi trent'anni, ma rimangono ancora tante criticità e gli impatti di agricoltura e allevamenti restano in primo piano.



Le nuove tecnologie favoriscono un'ottimizzazione nell'utilizzo delle risorse e il mondo dell'agricoltura ha bisogno di attrezzature intelligenti che permettano di essere sempre più efficaci in termini di sostenibilità. A tal riguardo si può pensare per esempio alle irroratrici intelligenti, un sistema che permette il dialogo tra trattrice e irroratrice, in grado di valutare l'appezzamento in cui si sta lavorando. L'obiettivo è la gestione mirata e controllata dell'apporto di sostanze in caso di concimazioni o trattamenti in modo da porre fine all'era dei diserbanti fissi a calendario, tenendo conto delle caratteristiche dei terreni agrari. Un altro ambito significativo nell'applicazione dell'agricoltura 4.0 è quello della tracciabilità della filiera e, secondo gli addetti ai lavori, è qui che si intravedono le prospettive più interessanti. Durante ogni passaggio, dal campo al confezionamento, è possibile raccogliere dati utili a mantenere sotto controllo ogni step del processo di produzione. Poco margine d'errore, dunque, consente di poter realizzare una filiera corta capace di produrre alimenti di massima qualità e in maniera sostenibile dal punto di vista ambientale; il digitale gioca un ruolo di primo piano nella tracciabilità alimentare. Fra le soluzioni digitali innovative per la tracciabilità alimentare offerte sul mercato italiano si assiste al boom della Blockchain, la cui presenza è più che raddoppiata in un anno e che caratterizza il 43% delle soluzioni disponibili, seguita da QR Code (41%), Mobile App (36%), Data Analytics (34%), e l'Internet of Things (30%).



**In relazione alle nuove tecnologie/agricoltura di precisione, ad oggi l'azienda...**



**Le top 5 innovazioni e tecnologie di AP/4.0 più importanti per l'olivicoltura di domani**



Esistono ancora dei limiti alla diffusione di soluzioni 4.0 in tutta Italia, dai costi di gestione all'effettivo accesso alla tecnologia. Tuttavia, non si hanno dubbi nell'evidenziare come i vantaggi abbraccino il risparmio in termini economici e ambientali, ma anche una produzione di maggiore qualità. Una qualità che risponde anche a benefici dal punto di vista della salute. Si stima, infatti, che i prodotti inseriti in una filiera ad alto tasso tecnologico mantengano intatte le loro proprietà e risultino, quindi, più salutari. Dal punto di vista quantitativo, inoltre, il risparmio sugli input produttivi risulta essere del 30% con un aumento della produttività pari al 20%, il tutto ottenendo prodotti senza alcun residuo di sostanze chimiche.

### **25.5 Esempio concreto: Internet of Things (IoT)**

L'agricoltura 4.0 si può identificare come un insieme di strumenti e informazioni di tecnologia avanzata che permettono la definizione di strategie mirate sul campo, e che consentono all'azienda agricola di utilizzarle con l'obiettivo di rendere più efficiente e sostenibile la produzione, la qualità dei prodotti, le condizioni di lavoro con una possibile riduzione dei costi. Utilizzando, ad esempio, strumenti *Internet of Things (IoT)* si possono monitorare migliaia di ettari di terreno agricolo tenendo sotto controllo il fabbisogno idrico e l'insorgenza delle patologie. Questa tecnologia sta dando un nuovo impulso all'agricoltura di precisione perché oltre ad aver migliorato le performance in termini di monitoraggio, ne consente una sensibile riduzione dei costi di investimento, di installazione e manutenzione, rendendole accessibili a tutte le realtà aziendali, anche alle più piccole. In termini pratici un sistema di monitoraggio professionale così concepito è costituito da una stazione meteo centrale in grado di coprire diversi chilometri, che può essere dotata di tradizionali sensori meteo-climatici, come pioggia, vento, radiazione solare, pressione atmosferica e di unità wireless IoT con i sensori micro-climatici capaci di calcolare, ad esempio, la temperatura e umidità dell'aria, la bagnatura fogliare e l'umidità del terreno. I sensori wireless, posizionati tra le colture acquisiscono i dati micro-climatici e li trasmettono ad una app che li archivia, visualizzabili in tempo reale sia dal computer che da uno smartphone. È inoltre possibile automatizzare l'impianto di irrigazione, utilizzando direttamente i dati acquisiti dai sensori, ed i modelli calcolati automaticamente (es. evapotraspirazione) per regolare i turni irrigui da remoto e ricevere allarmi in caso di malfunzionamenti. Tutti i dati che i sensori wireless trasmettono, restano memorizzati e archiviati, fornendo nel tempo una importante base di informazioni e di analisi confrontabile tra un anno e l'altro, dimostrando inoltre in modo concreto l'impegno verso una agricoltura sostenibile che rafforza la promozione dell'azienda in azioni di marketing.

La configurazione del sistema IoT deve rispondere ad una serie di criteri e parametri aziendali, tra cui:

- estensione della superficie aziendale;
- variabilità dei terreni e delle esposizioni;

– variabilità delle colture.

A titolo di esempio, per una azienda di seminativi in pianura può essere sufficiente una singola stazione meteo-climatica, che grazie al calcolo del bilancio idrico fornisce una stima del fabbisogno della coltura, e consente così di regolare in modo ottimale i turni irrigui. Viceversa, un'azienda vitivinicola in collina potrebbe avere necessità di controllare più punti di misura tra i filari, per gestire al meglio i trattamenti in campo, e regolare le irrigazioni solo quando effettivamente necessario, in funzione della fase fenologica e dei target di produzione aziendali. Infine, un'azienda orticola in pianura potrebbe utilizzare un sistema di monitoraggio dell'umidità del suolo e regolare automaticamente i turni irrigui sulla base delle condizioni di campo.

### **25.6 L'Agricoltura di precisione**

L'agricoltura di precisione è una strategia di gestione aziendale che utilizza informazioni precise e tecnologiche per la raccolta delle informazioni sulle variazioni spaziali e temporali all'interno di un appezzamento agricolo. Queste informazioni vengono utilizzate per gestire le operazioni agricole al fine di aumentare il reddito degli agricoltori e di ridurre l'impatto ambientale. È un sistema di produzione in cui la gestione delle colture è basata sulla variabilità di campo e su condizioni sito-specifiche. Il requisito primario è l'informazione ed è considerato il cuore dell'agricoltura di precisione. Ulteriori requisiti sono tecnologia e gestione. Le tecnologie elettroniche e informatiche al servizio dell'agricoltura di precisione e le pratiche agronomiche (GNSS, visione computerizzata, telerilevamento, sensori prossimali, applicazioni a rateo variabile, monitoraggio delle rese...) possono essere utilizzate singolarmente o in modo combinato, come mezzo per realizzare l'agricoltura di precisione in base alle necessità. Il concetto centrale dell'agricoltura di precisione è quello di operare soltanto quando e dove è necessario (secondo logiche sito-specifiche) e questa può essere fatto soltanto se è disponibile una grande quantità di dati.

Le fasi sono:

1. raccolta dati (informazioni)
2. mappatura
3. processo decisionale
4. gestione colturale

L'adozione delle tecniche per l'agricoltura di precisione consente una più o meno spinta automazione delle attività di controllo operativo in campo. L'operatore viene in parte liberato dalle sue funzioni di regolazione delle macchine.

### *Sistema Satellitare Globale di Navigazione (GNSS)*

L'elemento innovativo che sta alla base del principio dell'agricoltura di precisione è lo sviluppo del sistema di navigazione satellitare. Comprende ognuno dei sistemi di navigazione basati su satelliti esistenti e programmati (GPS, GLONASS, GALILEO, IRNSS, BeiDou).

GPS o Global Positioning System, si chiama il Sistema di navigazione Americano

GLONASS: il sistema di navigazione Russo,

GALILEO: il sistema di navigazione Europeo

IRNSS/QZSS: il sistema di navigazione Indiano

BeiDou/COMPASS: il sistema di navigazione della China

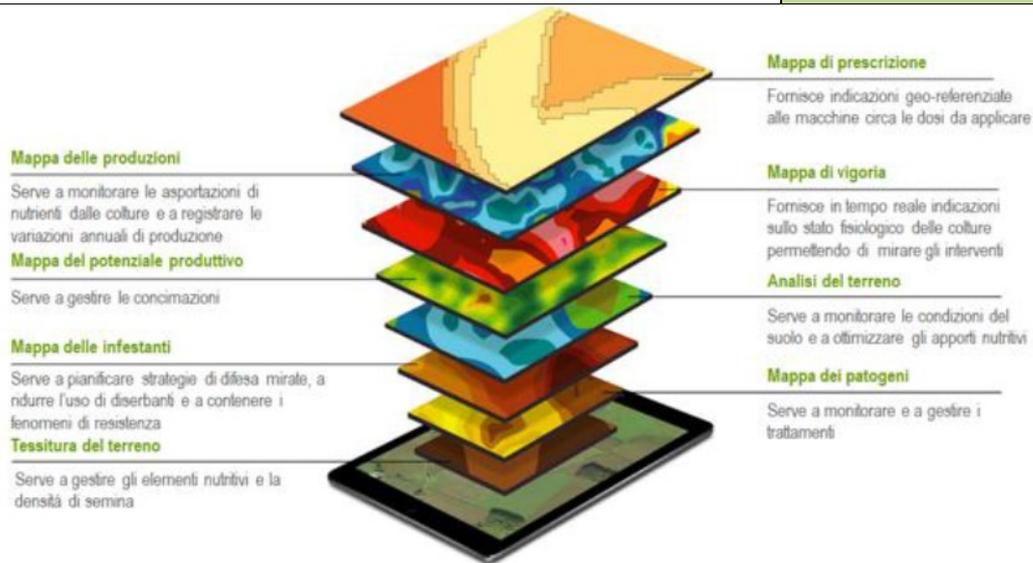
Questo sistema viene utilizzato per fornire la posizione di un ricevitore in termini di latitudine, longitudine, altitudine, velocità, direzione e tempo. L'utilizzo di tutti i segnali GNSS disponibili generalmente migliora le prestazioni di posizionamento. I dispositivi di navigazione GNSS permettono di effettuare una gestione sito-specifica dell'azienda agricola. Questo rappresenta una possibilità eccellente per aumentare l'accuratezza, la velocità e l'uniformità delle operazioni agricole. Tali dispositivi sono particolarmente utili per la distribuzione di erbicidi e fertilizzanti, e per monitorare le seminatrici e le macchine da raccolta. Inoltre, possono essere utilizzati per mantenere un sistema a traffico controllato anno dopo anno, in modo da minimizzare il compattamento del terreno.

### *Utilizzo dei dispositivi GNSS per creare mappe*

Tutte le applicazioni dell'agricoltura di precisione necessitano di un numero elevato di sensori per l'acquisizione dei dati in campo. Tutte le informazioni raccolte possono essere collegate tra loro realizzando una mappa con le posizioni dei dati fornite da un ricevitore GNSS. I dati spaziali fluiscono nel sistema informativo geografico (GIS) e sono utilizzati per analisi successive. L'RTK-GNSS può essere ad esempio utilizzato per creare una mappa della posizione delle piante della coltura monitorando la posizione dei semi o delle piantine durante la semina o il trapianto. Successivamente la mappa può essere utilizzata per l'esecuzione delle operazioni agricole (ad esempio controllo delle infestazioni sito-specifico, poiché viene presupposto che ciascuna pianta rilevata in una posizione differente rispetto a quella di localizzazione dei semi sia classificata come infestazione). Inoltre, i dispositivi GNSS si utilizzano per la creazione di mappe di precisione per la distribuzione degli erbicidi a rateo variabile e mappe di monitoraggio delle rese. Sotto si riporta un esempio di quella che viene definita "mappa di precisione".

Impianto Agro-Fotovoltaico "Piana Borromea" integrato con 10 MW di storage e relative opere di connessione da realizzare nel comune di Trapani in località "Borromea".

Dott. Agr. Paolo Castelli



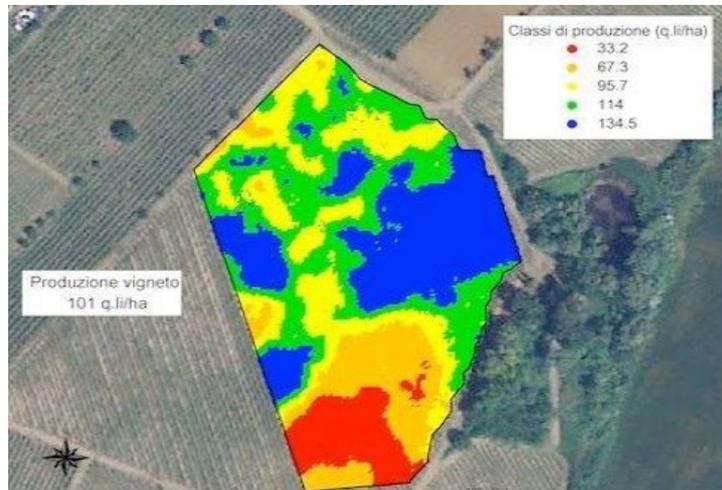
### Utilizzo dei dispositivi GNSS per la guida delle macchine agricole

L'utilizzo dei dispositivi GNSS per la guida delle macchine agricole crea la possibilità di alleviare l'operatore dal fare continui aggiustamenti della sterzata nel tentativo di mantenere le prestazioni di una macchina agricola a livelli accettabili. I sistemi di guida basati sull'utilizzo dei dispositivi GNSS richiedono che le file della coltura siano mappate utilizzando un sistema di georeferenziazione o che la coltura sia stata seminata/trapiantata utilizzando una seminatrice/trapiantatrice equipaggiata con un dispositivo RTK-GNSS.

### 25.7 Esempi legati allo sviluppo di un'agricoltura di precisione



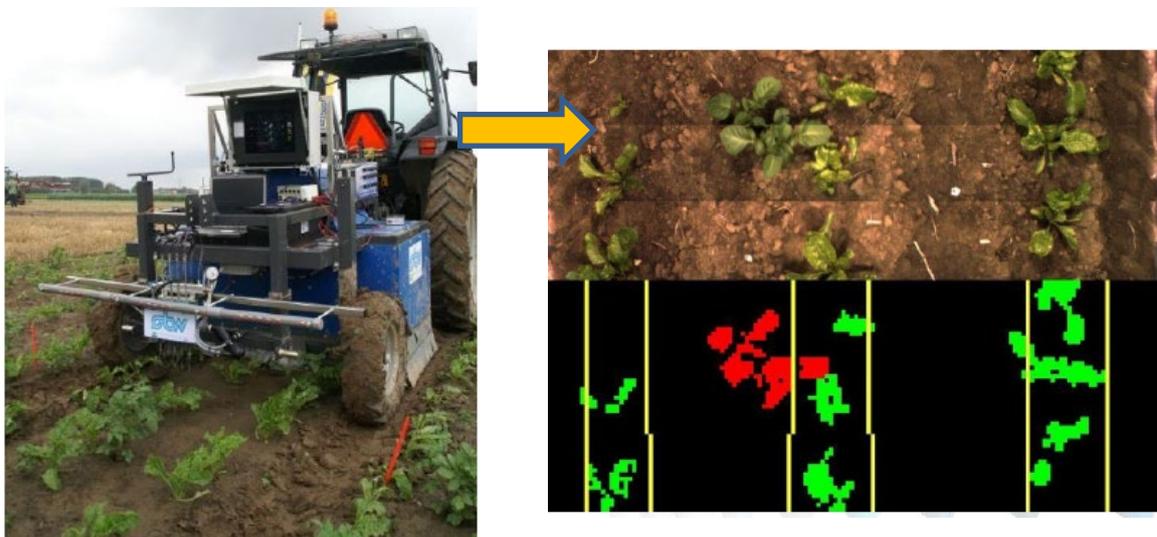
Esempio di trattore autonomo ed intelligente, operativo in campagna. Saranno veri e propri mezzi agricoli comandati a distanza tramite app, interamente gestiti da device dell'azienda o dal palmare dell'imprenditore.



Le necessità delle piante si possono misurare e calcolare con precisione accuratissima, praticamente pianta per pianta. Per il rilevamento si usano principalmente droni e sensori geoelettrici. Dopo il monitoraggio e la mappatura subentrano macchine operatrici basate sulla tecnologia a rateo variabile, che sono in grado di gestire in modo differente varie porzioni dello stesso terreno sulla base di input georiferiti. Ricevendo i dati basati sul remote sensing dal drone, che poi vengono rielaborati da sistemi informativi geografici grazie a metodologie di analisi geostatistica, le "macchine" sono in grado di capire quali trattamenti erogare alle diverse porzioni del terreno, coadiuvando l'intervento umano in maniera relevantissima e mettendo il coltivatore in grado di operare scelte razionali.



La simulazione di un sistema viene definita come l'imitazione reale nel tempo di un processo o del sistema stesso e permette la valutazione dello scenario così costituito per operare nel sistema reale (Sartori et al, 2005). La simulazione consiste nel codificare un modello matematico in un programma da utilizzare nel computer per produrre dati simulati, confrontare dati reali prodotti dal modello matematico con quelli sperimentali e simulare scenari differenti a partire da condizioni note. La mappatura delle produzioni permette poi la rilevazione e la registrazione del flusso di massa o di volume istantaneo di prodotto agricolo abbinato alle specifiche coordinate geografiche di quel punto. Tale monitoraggio è possibile tramite sensori specifici montati nelle macchine operatrici al fine di avere una precisione accurata del dato di posizionamento.



La variabile da tenere in considerazione non è tanto l'estensione quanto piuttosto l'uniformità di lavoro, l'uniformità dei trattamenti in caso di colture con differenti problemi (il che può generare, per esempio, un eccessivo uso di fertilizzanti o di pesticidi). Il controllo di precisione potrà riguardare anche la fase di emergenza della pianta e il riconoscimento di eventuali malerbe infestanti o la crescita della coltura stessa in un posto diverso dalla fila (che inciderebbe in maniera distorta sulla raccolta meccanizzata).

L'impiego dei sensori meteo-climatici consente di ottenere in modo chiaro e semplice i dati di evapotraspirazione (ETP) relativi alle colture e di ottenere quindi il fabbisogno idrico effettivamente necessario (litri per metro quadro, o millimetri di pioggia equivalenti). Le sonde di umidità del suolo adatte senza calibrazione ad ogni tipo di terreno e posizionabili nei vari settori irrigui tramite unità wireless IoT a batteria, forniscono una misura immediata sul contenuto di acqua a livello dell'apparato radicale.



## 25.8 Agricoltura di precisione applicata alla coltivazione dell'Olivicoltura





Il monitoraggio di parametri climatici, fenologici e produttivi può essere effettuato con droni o con kit prossimali basati su tecnologie in cui il sensore remoto (remote sensing) è a diretto contatto con l'oggetto da monitorare: terreno, foglie, frutto, ecc.



Esistono testimonianze di aziende che impiegano nella gestione delle proprie coltivazioni sofisticati kit dotati di sensoristica avanzata, con batterie ad alimentazione solare, che dispongono di sensori ambientali-vegetazionali e meteorologici. I kit si compongono di un sistema di water intelligence che

misura in tempo reale le necessità idriche delle coltivazioni, nonché di un pannello di monitoraggio – web o su mobile app – per verificare in autonomia lo stato idrico delle piante.

Una agricoltura di precisione così concepita risulta applicata a macchinari al fine di diminuire l'uso di fertilizzanti, fitofarmaci e acqua aumentando le rese e diminuendo gli sprechi. L'agricoltura digitale è strettamente correlata e riguarda l'applicazione dell'informatica e della sensoristica sulle macchine operatrici per acquisire e gestire dati e, ancora più importante, analizzare quei dati in modo organico per creare modelli (che potranno essere riprodotti). Macchine agricole, droni, sensori di campo e satelliti connessi tra di loro, costituiscono la nuova frontiera dell'agricoltura, l'agricoltura 4.0.



## **26. Considerazioni relative alle “Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici “(MITE, Giugno 2022)**

In relazione agli aspetti e i requisiti che i sistemi agrivoltaici devono rispettare al fine di rispondere alla finalità generale per cui sono realizzati, in considerazione dell'attuale quadro normativo in materia specifica di incentivi, si riportano di seguito i principali requisiti cui un impianto agrivoltaico deve assolvere per essere definito tale e il relativo schema riepilogativo a dimostrazione del soddisfacimento di tali requisiti.

Si definiscono:

- 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 delle 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 progetto in essere, riguardante la realizzazione di un impianto solare per la produzione di energia elettrica con tecnologia fotovoltaica in agro di Trapani (TP), per quanto espresso nel presente studio agronomico, viene così sintetizzato:

Requisito	Sotto requisito	punto	Caratteristiche principali	Elementi del progetto definitivo
A	A1		Sagricola $\geq 0.7$ Stotale	96,5% ( $\geq 70\%$ )
	A2		LAOR $\leq 40\%$	30,6% ( $\leq 40\%$ )
B	B1	B.1.a	Valore della produzione agricola €/ha	Da 1000 a 2200 €/ha in funzione del tipo di legume
		B.1.b	Mantenimento indirizzo produttivo	
	B2		FVagricola $\geq 0.6$ FVstandard	Si rimanda agli elaborati di progetto
C	Tipo1		La superficie occupata dalle colture e quella del sistema agrivoltaico coincidono, fatti salvi gli elementi costruttivi	NO
	Tipo2		Uso combinato del suolo, con un grado di integrazione tra l'impianto fotovoltaico e la coltura più basso rispetto al Tipo1	Condizione del progetto con inerbimento sotto i tracker

	Tipo3		L'altezza minima dei moduli da terra non incide significativamente sulle possibilità di coltivazione se non per l'ombreggiamento in determinate ore del giorno	NO
D	D1		Monitoraggio in termini di risparmio idrico	SI
	D2		Monitoraggio in merito alla continuità dell'attività agricola (impatto sulle colture, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture o allevamenti e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate)	SI
E	E1		Monitoraggio in termini di recupero della fertilità del suolo	SI
	E2		Monitoraggio in termini di microclima	SI
	E3		Monitoraggio in termini di resilienza ai cambiamenti climatici	SI

## 27. Conclusioni

La sfida che comporta un connubio tra fotovoltaico e agricoltura è certamente ambiziosa e stimolante. I dati tecnico scientifici ottenuti da prove "in campo" su determinate colture, sia esse cerealicole che leguminose, confermano questo "matrimonio" e ne accentuano la vantaggiosità. I dati di confronto delle radiazioni solari se ad una prima analisi possono sembrare poco confortanti in realtà sono da considerare in funzione di una serie di svariati fattori: all'aperto in pieno i valori DLI variano a seconda della latitudine, del periodo dell'anno e della copertura nuvolosa per esempio. C'è da considerare, altresì, che anche all'interno della grande famiglia delle essenze leguminose vi sono alcune piante che pur crescendo bene in pieno sole sono "brevidiurne", fioriscono cioè quando il periodo ininterrotto di buio supera indicativamente le 12 ore giornaliere (è il caso del fagiolo, dell'arachide, della soia, del tabacco, ecc...). Alcune piante possono essere neutrodiurne, la cui fioritura risulta indipendente dal periodo di luce. Alcune piante, tra cui il fagiolo, per esempio, hanno modificato le loro esigenze adattandosi al contesto in cui si trovavano. Tutto ciò per portare in evidenza il fatto che i dati fino ad ora esposti devono trovare riscontro pratico in prove di campo su larga scala con un rilievo puntiforme di dati scientifici supportati da una base progettuale di riferimento.

L'analisi studio condotta ha tenuto conto delle colture da pieno campo, i legumi e oliveto, che potrebbero determinare un reddito agricolo interessante oltre a tutti i benefici che sono stati ampiamente descritti. C'è da considerare, comunque, che in particolare le leguminose si inseriscono in un piano di rotazione culturale che deve, per svariati motivi, tenere conto del fatto che tali piante devono essere avvicendate secondo logiche agronomiche standardizzate. Pertanto, nello stabilire il calendario delle rotazioni tra colture miglioratrici (i legumi) e colture depauperatrici (le graminacee) si dovrà prevedere

Impianto Agro-Fotovoltaico "Piana Borromea" integrato con 10 MW di storage e relative opere di connessione da realizzare nel comune di Trapani in località "Borromea".

*Dott. Agr. Paolo Castelli*

uno schema misto in quanto, per esempio, la coltura del cece non può essere coltivata nello stesso appezzamento che lo ha accolto per almeno due anni (in quanto si ridurrebbe la resa per ettaro e si renderebbe il terreno agrario poco ospitale dal punto di vista agronomico per la coltura successiva). In ragione di ciò e in considerazione del fatto che andranno valutati di volta in volta i piani di semina, in fase di progetto esecutivo si dovrà tenere conto di quanto asserito.

Palermo, 8.7.2022

