

COMUNE
San Severo



PROVINCIA
Foggia



REGIONE
Puglia



Ubicazione

Comune di San Severo, S. Antonino da Capo
Provincia di Foggia

Oggetto

**PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DI TIPO AVANZATO
CON POTENZA NOMINALE PARI 45,56 MWp e 44,16 MW ac
DENOMINATO "SAN SEVERO 1"**

Autorizzazione Unica Art.12, D.Lgs 387/2003 - V.I.A Ministeriale artt.23 e 25 D.Lgs 152/2006

Elaborato

RELAZIONE PEDOAGRONOMICA

Progettazione



Via Nazario Sauro 126 - 85100 - Potenza

email: info@gvcingegneria.it
website: www.gvcingegneria.it
P.E.C: gvcsrl@gigopec.it
P. IVA 01737760767

Direttore Tecnico:
ing. MICHELE RESTAINO

GVC
INGEGNERIA

TEAM DI PROGETTO

ing. GIORGIO MARIA RESTAINO
ing. CARLO RESTAINO
ing. MICHELE RESTAINO
ing. ATTILIO ZOLFANELLI
arch. SERENA MASI
arch. EMANUELA CIUFFI
ing. FRANCESCO VOTTA
dott. GIOVANNI RICCIARDI
ing. DONATO MAURO

Geologia

Geol. ANTONIO DI BIASE
Montescaglioso, 75024
P.zza Padre Prosperino Galgoli, 9
P.IVA 00706320777



Studi agronomici

dott. Agr. PAOLO CASTELLI
Palermo, 90144
Via Croce Rossa, 25
P.IVA 0546509826



Indagini in sito

Geological & Geophysical Investigation Service

Geol. Galileo Potenza
Potenza, 85100
Via dei Gerani, 59
P.IVA 01677920764



Studi archeologici

dott. ssa MARTA POLLIO
Caopri, 80073 INA1

DOTT. SSA MARTA POLLIO
- Archeologa Specializzata -
VIA MARINA PICCOLA, 87
80073 CAPRI (NA)
P.I. 09581841270 - C.F. P1118790H668696A

Committente

SOLAR DG S.r.l.
via Cavour, 23C
Bolzano, 39100
C.F. e P. iva 03216720213
solarogsr@legalmail.it

Progetto

PROGETTO DEFINITIVO

Codice elaborato

G19701A01PD

Scala elaborato

NESSUNA

Revisione	Redatto da:	Data	Verificato da:	Data	Note
00	PC	04/23	GMR	04/23	

AGR-06

Questo disegno é di nostra proprietà riservata a termine di legge e ne é vietata la riproduzione anche parziale senza nostra autorizzazione scritta

PROGETTO AGRONOMICO

RELAZIONE PEDOAGRONOMICA

Impianto agrivoltaico

Regione Puglia, comune di San Severo

PROGETTO DEFINITIVO

Progetto per la realizzazione di un impianto di produzione di energia da fonte rinnovabile di tipo agrivoltaico avanzato di potenza nominale pari a 45,562 MWp in d.c. e 44,160 MWp in a.c.

CODICE PROGETTO: G19701A01



1.	PREMESSA	3
2.	INTRODUZIONE	4
3.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	5
4.	IL PAESAGGIO PUGLIESE	7
5.	ANALISI STATO DI FATTO	8
6.	CLIMATOLOGIA	13
6.1.	Precipitazioni	14
6.2.	Temperature	15
6.3.	Indici bioclimatici	15
6.4.	Zone fitoclimatiche di Pavari	16
7.	LA DESERTIFICAZIONE	18
8.	INQUADRAMENTO PEDOLOGICO	20
9.	LA CAPACITÀ D'USO DEL SUOLO	22
10.	L'AGRIVOLTAICO: PRESENTE E FUTURO	28
11.	LA RADIAZIONE SOLARE	31
11.1.	Bilancio radiativo	31
12.	PIANO COLTURALE – IL FICODINDIETO	39
13.	DAL FICODINDIA AL BIOGAS	47
14.	MITIGAZIONE PERIMETRALE	50
15.	ANALISI RICADUTE OCCUPAZIONALI	60
16.	VERIFICA DEI REQUISITI AGRIVOLTAICO	62
17.	VALUTAZIONI FINALI	67

1. PREMESSA

Il progetto riguarda la realizzazione di un **impianto di tipo agrivoltaico** di potenza nominale pari a **45,562 MWp in d.c. e 44,160 MWp in c.a.**, da installarsi in provincia di Foggia, nel **comune di San Severo**. La connessione ricade in parte nel comune di San Severo ed in parte (nuova S.E. della RTN 150/36kV di TERNA) nel comune di Apricena; sarà realizzata mediante un cavidotto di connessione a 36 kV. Per il proseguo dell'iter autorizzativo del progetto, 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, ha redatto 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, oltre agli aspetti pedologici e agronomici, le tematiche inerenti:

- Identificazione delle colture agricole idonee ad essere coltivate all'interno delle aree recintate dell'impianto fotovoltaico, 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;
- 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 TERRITORIALE

L'area in cui è prevista la realizzazione dell'impianto agrovoltaico è ubicata interamente nel Comune di San Severo, in provincia di Foggia. Le aree sono ottimamente servite dalla viabilità legata alla SS16 e alla A14 Adriatica, che si diramano poi in varie strade provinciali. Tra tutte la SP36 e SP32 permettono di raggiungere agevolmente i lotti di terreno di progetto. L'impianto non insiste all'interno di nessuna area protetta, tantomeno in aree SIC o ZPS. Dal punto di vista dell'identificazione dei terreni legati al presente impianto si rimanda al piano particellare che fa parte degli elaborati del progetto definitivo.



Figura 1 - Inquadramento geografico e territoriale



Figura 2 - Inquadramento su ortofoto

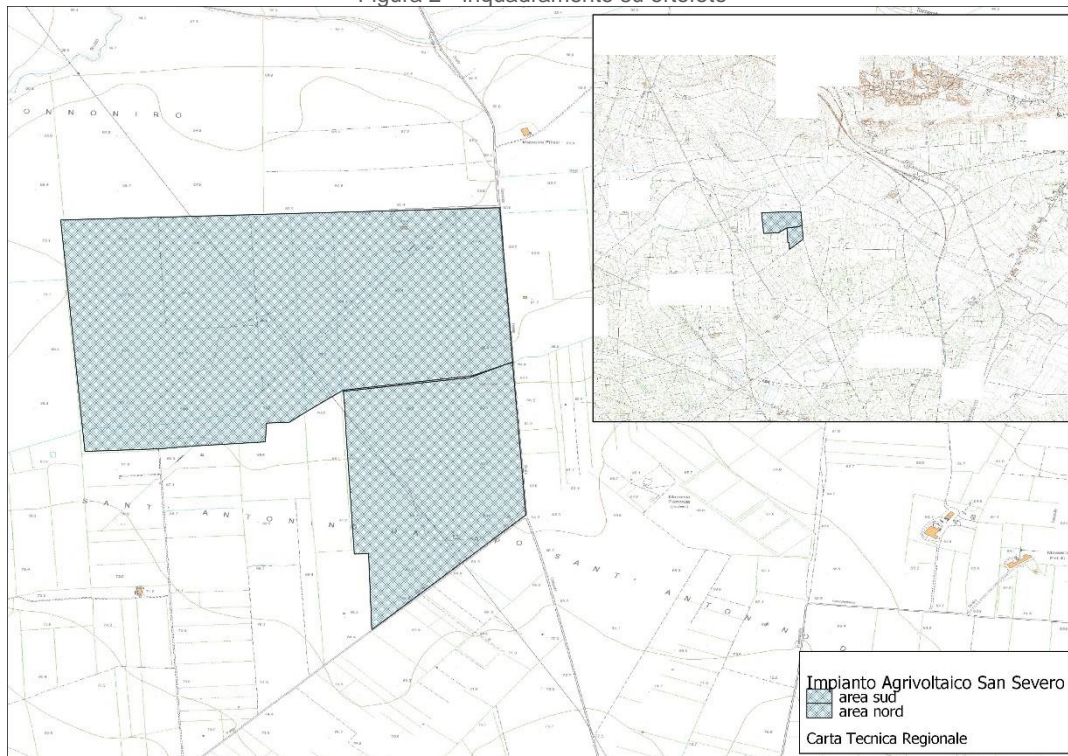


Figura 3 - Inquadramento su CTR

4. IL PAESAGGIO PUGLIESE

Sviluppandosi in lunghezza per ben 400 km. il territorio pugliese presenta caratteristiche assai differenti che lo rendono tra i più affascinanti in Italia in quanto a bellezza del paesaggio e tra i più interessanti da un punto di vista storico e naturalistico. Alle piane incolte battute dal vento seguono le infinite geometrie degli olivi, oltre a fertili distese di terreni coltivati recuperati a fatica da generazioni di contadini. Lungo le coste il paesaggio muta ulteriormente alternando lunghi arenili di sabbia finissima ad alte pareti rocciose intervallate da insenature e piccole calette, lungo le quali si aprono numerose grotte e anfratti dovuti alla particolare natura carsica del sottosuolo pugliese. L'incessante azione dell'acqua sul calcare, principale componente del terreno, ha dato vita sin dalla preistoria a profonde incisioni nel banco roccioso divenute col tempo gravine, serre e letti fossili di antichi fiumi, oggi habitat perfetto per migliaia di specie vegetali endemiche. Profonde voragini, dette appunto "vore", smaltiscono ancora oggi le acque piovane favorendo, anche qui, particolarissimi tipi di fioritura. È un territorio che alterna infatti la vegetazione caratteristica della macchia mediterranea presente in particolare nel Salento ai boschi di vario genere e natura presenti nella zona del Gargano con il lussureggiante esempio della foresta Umbra. A questi si alternano le acque, anch'esse di forma e natura assai differente. Ai canali e ai bacini frutto delle bonifiche eseguite dall'uomo resistono i delicatissimi sistemi lacustri di Lesina e Varano nel Gargano, dei laghi Alimini nel territorio di Otranto e l'oasi naturalistica delle Cesine sempre in provincia di Lecce. La pedologia del suolo presenta le classiche terre rosse derivate dalla dissoluzione delle rocce calcaree, delle quali rappresentano i residui insolubili composti da ossidi e idrossidi di ferro e di alluminio. Sono terreni che per la loro ricchezza di potassio e la relativa povertà di sostanza organica costituiscono un privilegiato substrato per la coltivazione di varietà di uve per vini bianchi di pregio. I terreni, argillosi, argillosi-limosi, hanno elevata presenza di scheletro che raggiunge circa il 60% dei costituenti totali. Questi suoli presentano orizzonti superficiali di colore scuro per effetto dell'arricchimento in sostanza organica; questa caratteristica è indice di proprietà favorevoli, quali un buon livello di fertilità agraria e di attività biologica. L'altitudine dei terreni coltivati a vite è compresa tra i 200 e i 700 m s.l.m. con pendenza variabile e l'esposizione generale è orientata verso est e sud-est. Il clima della regione rientra nell'area di influenza in parte del clima temperato e freddo, e in parte di quello mediterraneo; l'andamento delle temperature è caratterizzato da forti escursioni, con estati calde e inverni rigidi. Il clima è del tipo caldo arido, con andamento pluviometrico molto variabile e precipitazioni che, a seconda delle annate, vanno dagli 800 mm ai 400 mm di acqua, concentrate per circa il 70% nel periodo autunno-invernale. Considerato l'andamento riferito al periodo vegetativo della vite, che è compreso da aprile a settembre, si riscontrano valori di precipitazione molto modesti aggiratesi sui 300 mm di pioggia. Non sono rare estati senza alcuna precipitazione. L'andamento medio pluriennale termico è caratterizzato da elevate temperature che raramente superano i 30 C° e scendono sotto 0 c°. Durante il periodo estivo le temperature minime difficilmente scendono sotto i 18° C.

5. ANALISI STATO DI FATTO

Da un punto di vista paesaggistico, l'area in studio si inserisce all'interno dell'unità paesaggistica denominata "Tavoliere" (Ambito 3 del PPTR). L'ambito del Tavoliere è caratterizzato dalla dominanza di vaste superfici pianeggianti coltivate prevalentemente a seminativo che si spingono fino alle propaggini collinari dei Monti Dauni. La coltura prevalente per superficie investita è rappresentata dai cereali. Seguono per valore di produzione i vigneti e le orticole localizzati principalmente nel basso tavoliere fra Cerignola e San Severo. La produttività agricola è di tipo estensiva nell'alto tavoliere coltivato a cereali, mentre diventa di classe alta o addirittura intensiva per le orticole e soprattutto per la vite, del basso Tavoliere (INea 2). La vegetazione in pieno campo presente nei siti di impianto risulta costituita ampie distese di colture estensive ad indirizzo cerealicolo con presenza elevata di uno 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 all'esterno delle aree in esame: si riscontrano, in particolare, specie arboree di interesse agrario quali l'olivo (*Olea europea*). Lo strato erbaceo naturale e spontaneo si caratterizza per la presenza di graminaceae, compositae, cruciferae, ecc.. La copertura di un tempo è totalmente scomparsa e visivamente il paesaggio agrario in certe zone ricorda un'area a seminativo ormai del tutto abbandonata. Su questi terreni si sono verificati, e si verificano anche oggi, degli avvicendamenti fitosociologici e sinfitosociologici, e conseguentemente, delle successioni vegetazionali che sulla base del livello di evoluzione, strettamente correlato al tempo di abbandono, al livello di disturbo antropico (come incendi, disboscamenti e ripristino delle coltivazioni, ecc..) oggi sono ricoperti da associazioni vegetazionali identificabili, nel loro complesso, come campi incolti, praterie nude, cespugliate e arbustate, gariga, macchia mediterranea, ecc..

Le aree di impianto, sia esse in zona recintata o esterna, coprono una superficie di oltre 65 ettari circa con un tipo di agricoltura tradizionale da pieno campo ad indirizzo estensivo cerealicolo. Si fa presente che tali superfici non risultano legate ad alcun accordo e non risultano attive pratiche comunitarie per l'acquisizione di contributi quali, in via esemplificativa, biologico, OCM, ecc... e gli attuali proprietari, prima di cedere i loro terreni, non hanno in atto alcuna procedura di coinvolgimento delle aree in pratiche di conferimento ad organismi responsabili di produzioni di qualità. Per quanto sopra asserito la rete ecologica insistente ed esistente nell'area studio 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 attraverso pratiche di incendio controllato per il controllo delle malerbe infestanti), 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 agrivoltaico saranno finalizzati, quindi, alla minimizzazione delle interferenze ambientali e paesaggistiche delle opere in progetto. Nel caso specifico, considerata la tipologia dell'opera si provvederà alla realizzazione di una macchia arbustiva perimetrale, a ridosso della recinzione, e di piante arboree nella zona a nord, al fine di schermare l'impatto visivo. Il progetto non comporta alcuna compromissione significativa della flora esistente e nessuna frammentazione della continuità in essere. Di seguito un report fotografico dei sopralluoghi effettuati.



Figura 4 – report fotografico aree di impianto



Figura 5 - report fotografico aree di impianto



Figura 6 - report fotografico aree di impianto



Figura 7 - report fotografico aree di impianto

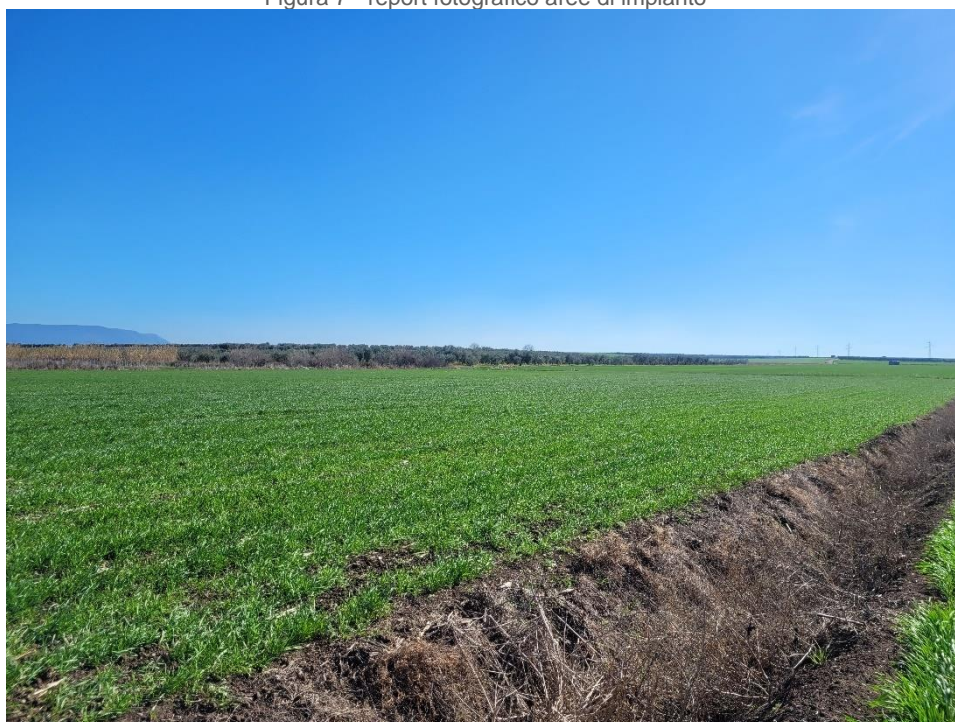


Figura 8 - report fotografico aree di impianto



Figura 9 - report fotografico aree di impianto

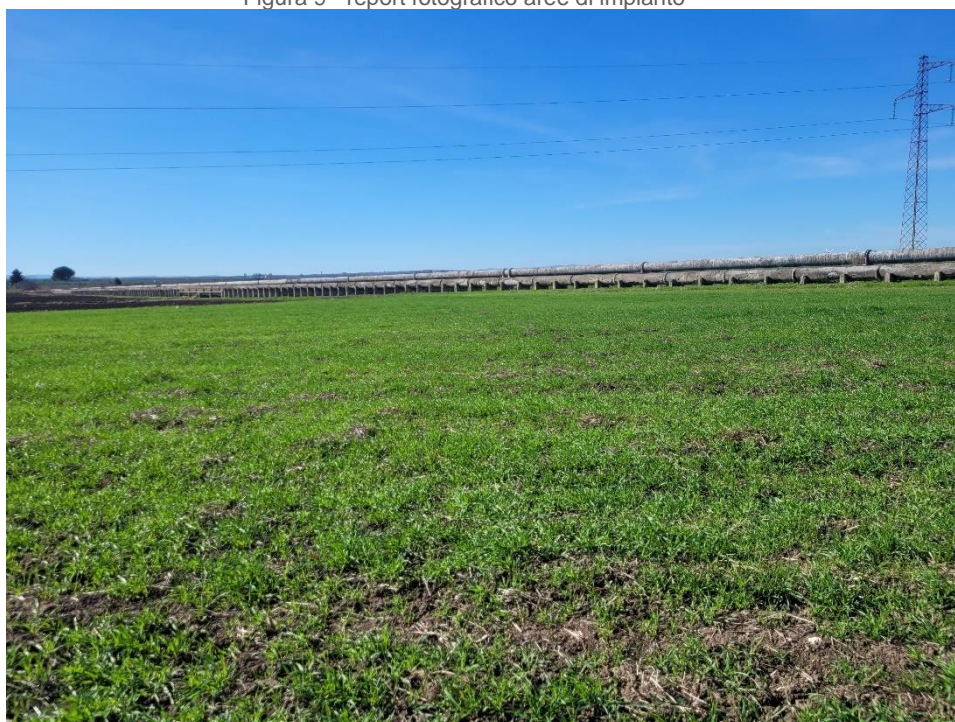


Figura 10 - report fotografico aree di impianto

6. CLIMATOLOGIA

Il clima della Puglia è tipicamente mediterraneo con inverni miti ed estati calde e generalmente lunghe e secche. Lungo le coste, adriatica e ionica, il clima presenta un carattere marittimo, con escursioni termiche stagionali meno spiccate; mentre nell'entroterra, ovvero nel Tavoliere e nel promontorio del Gargano, il clima presenta, invece, caratteristiche climatiche più continentali, con maggiori variazioni delle temperature stagionali. Sull'intero territorio regionale le precipitazioni piovose sono piuttosto scarse, concentrate nei mesi invernali e caratterizzate da un regime estremamente variabile. Le precipitazioni annuali (medie calcolate sul periodo 1951-1992) oscillano intorno ai 650 mm annui con due picchi concentrati a novembre e marzo. Le temperature medie annue oscillano intorno ai 15°C, e possono raggiungere massimi giornalieri di 40°C in luglio e minimi sotto lo zero nelle aree del Gargano e dell'Appennino Dauno. In particolare, la Piana Costiera Brindisina costituisce un corpo pianeggiante in cui il clima, da un punto di vista generalizzato, è quello tipico temperato mediterraneo, con alcune varianti dovute principalmente alle influenze dei venti (a seconda che siano particolarmente freddi o particolarmente caldi) che contribuiscono ad esaltare o a deprimere alcuni caratteri peculiari creando così una situazione, come risulterà dall'analisi, molto peculiare. Si può parlare di clima temperato caldo con prolungamento della stagione estiva e inverno mite. Le temperature medie invernali sono superiori agli 8°C mentre quelle minime scendono solo raramente al di sotto di 5°C. È il caratteristico clima della pianura costiera con temperatura media di 16 gradi, e nei mesi più caldi, tra i 24,5 e i 25°C. L'escursione media annua oscilla tra i 16,0 e i 16,5°C. Il mese più soleggiato, in senso assoluto, è luglio (11,2 ore) mentre il minimo annuo si riscontra a dicembre (3,7 ore).

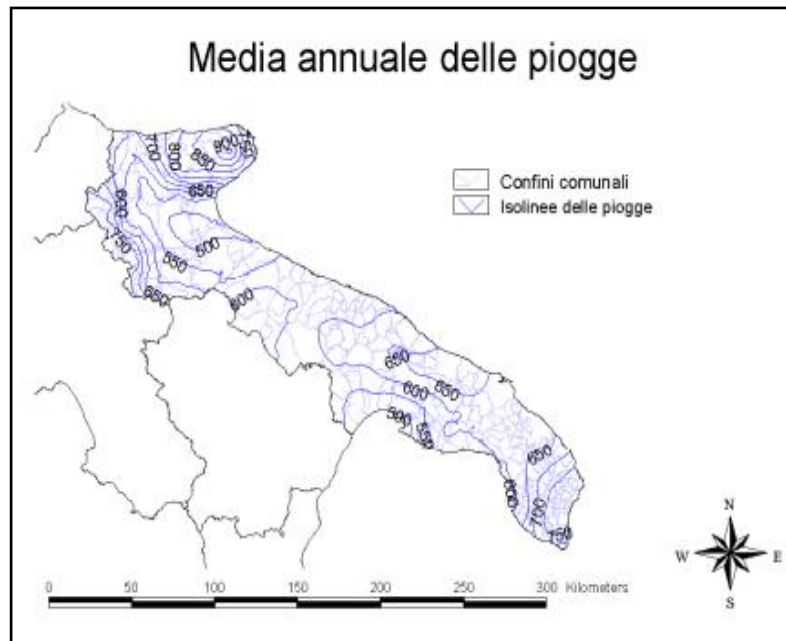


Figura 11 - Medie precipitazioni annuali: fonte "Atlante italiano del clima e dei cambiamenti climatici"

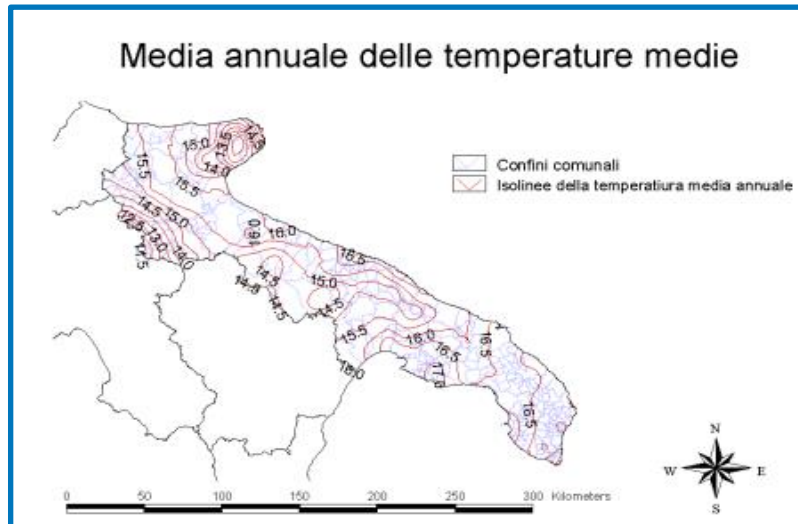


Figura 12 - Medie temperature annuali: fonte "Atlante italiano del clima e dei cambiamenti climatici"

6.1. Precipitazioni

Le precipitazioni nella regione Puglia variano da meno di 400 a più di 1000 mm annui, ma l'essenziale della regione studiata è compresa tra le isoiete di 500 e 800 mm. La zona più ricca d'acqua – e di molto – è la parte alta del Gargano (più di 1000 mm); l'Appennino di Capitanata ne riceve più di 800 mm d'acqua, il massiccio del Vulture poco meno; le zone più elevate delle Murge (nord ovest e sud est) oltrepassano i 700 mm; ma il sud della penisola salentina, dove la posizione compensa la scarsa altitudine, riceve più di 800 mm. Nell'area di progetto i valori si attestano tra i 700 e i 900 mm di pioggia annua.

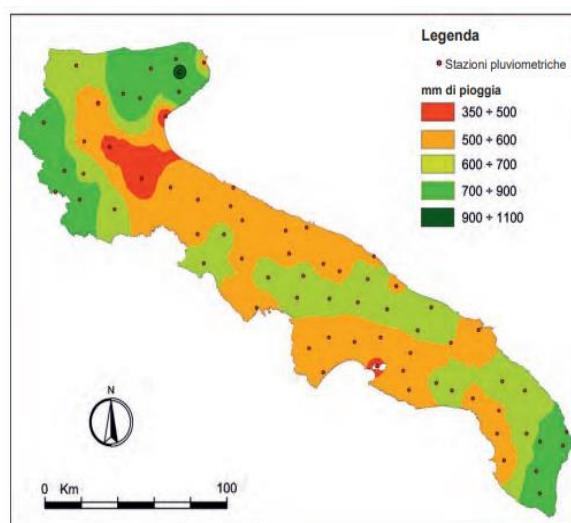


Figura 13 - Carta delle precipitazioni della Puglia rispetto alle aree di progetto

6.2. Temperature

La temperatura media annua della stazione termo-pluviometrica di Brindisi Casale (Br) è di 17,5°C. Il mese più freddo risulta essere gennaio che riporta come media mensile 6,6°C. I mesi di luglio ed agosto sono invece i più caldi con una media di 29,5°C. Dall'analisi delle temperature medie stagionali si evidenzia come all'inizio della stagione autunnale la temperatura si mantenga ancora piuttosto elevata; nel mese di settembre, infatti, la temperatura media è pari a 22,3°C e dunque solo di pochi gradi inferiore al mese più caldo dell'anno. Le temperature medie annue relative alle zone di progetto in agro di Troia (FG) risultano comprese tra 13,8 e 14,9 °C (fasce verdi)

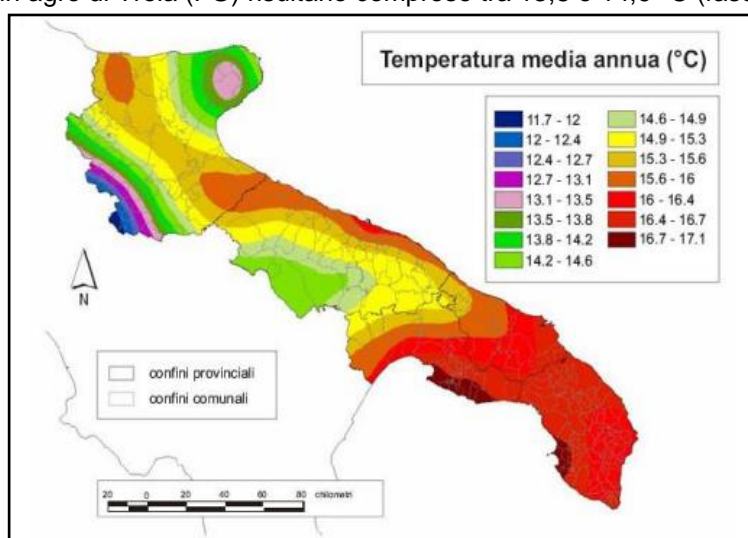


Figura 14 - Carta delle temperature medie della Puglia rispetto alle aree di progetto

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 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 pluviopiatto di Lang.

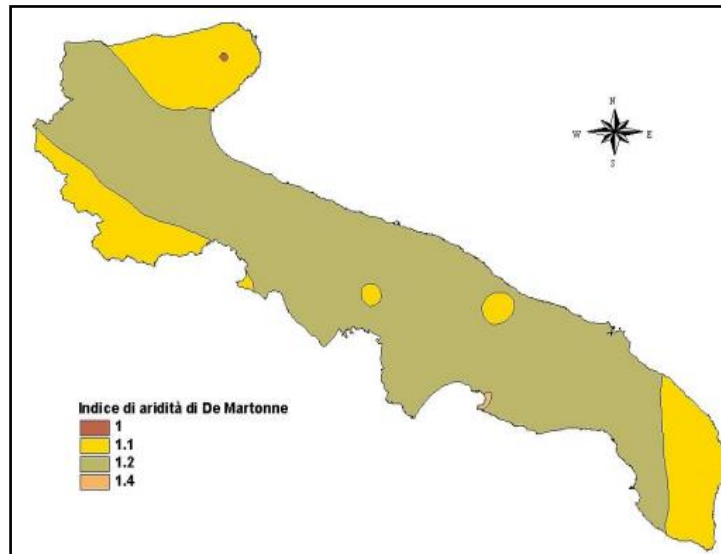


Figura 15 - Carta bioclimatica della Puglia – De Martonne

La carta ottenuta considerando l'indice di De Martonne mostra una scarsa differenziazione spaziale dei valori (si riconosce infatti un'ampia zona con valore 1.2, estesa su quasi tutto il territorio pugliese) e questo fatto porta, in fase di calcolo della qualità del clima, ad un risultato troppo generico ed approssimativo. È stata così effettuata una seconda prova di regionalizzazione del dato climatico di aridità, spazializzando il valore dell'indice di Bagnouls-Gausson delle stazioni meteorologiche della Puglia. Secondo tale indice le aree di progetto rientrano nella fascia che va da 1,27 a 1,36.

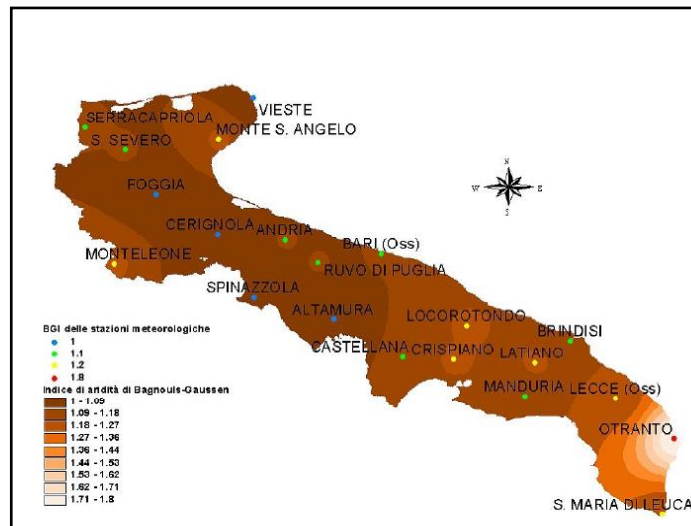


Figura 16 - Carta bioclimatica della Puglia – BGI

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 classificazione 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).

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

(PIUSSI P., 1994)

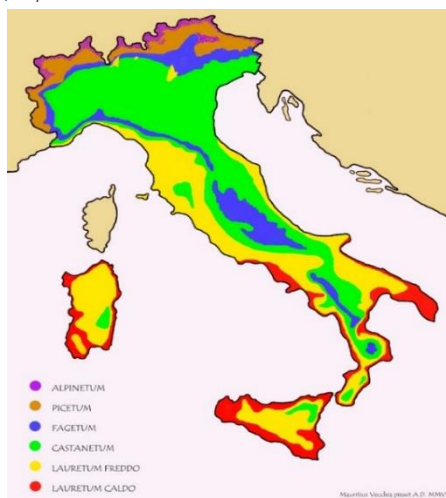


Figura 17 – Zone fitoclimatiche di Pavari

Il Lauretum caldo si identifica nelle zone che vanno dalla fascia dal livello del mare fino a circa 300 metri di altitudine; sostanzialmente si rinviene 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.

7. LA DESERTIFICAZIONE

La Puglia, 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". La desertificazione è un processo complesso che 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 contribuiscono in maniera determinante alla riduzione della biodiversità e della produttività biologica globale. Dalla cartografia consultata (Piano di Azione Locale per la lotta alla siccità e alla desertificazione della Regione Puglia – Enea 2008), le aree ad elevata sensibilità (45,6%) sono distribuite in tutto il territorio pugliese. 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 presenta una sensibilità moderata (47,7%) o bassa (6,3%). In tali aree l'equilibrio tra i diversi fattori naturali e/o le attività umane risulta particolarmente delicato. Le aree non affette (lo 0,4%) ricadono esclusivamente nella provincia di Foggia. Le superfici di progetto, secondo lo studio menzionato, rientrano nella fascia che comprende i valori tra 1,64 e 1,76 (fascia definita Critica).

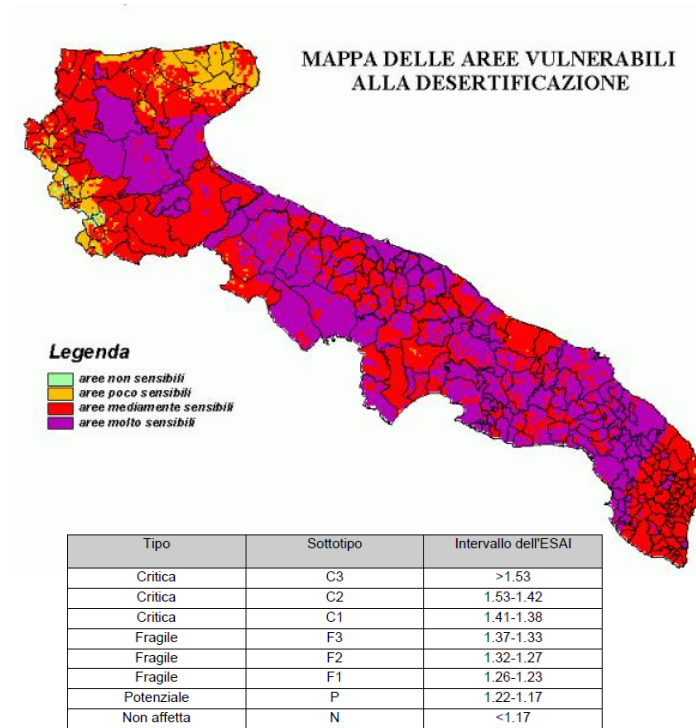
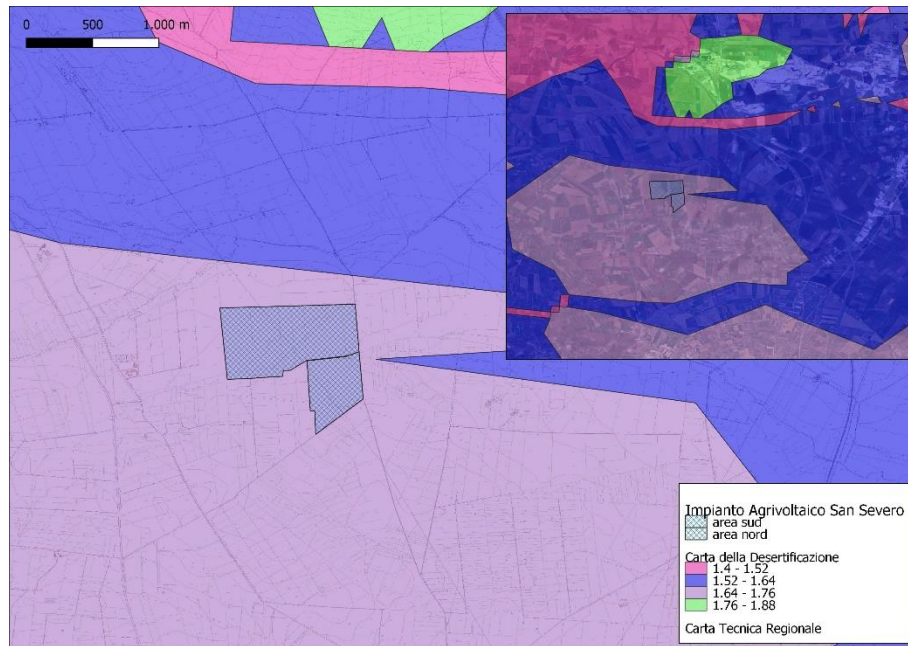


Figura 18 – carta delle aree vulnerabili alla desertificazione in Puglia rispetto alle aree di progetto

8. INQUADRAMENTO PEDOLOGICO

Le aree di progetto, con riferimento al PPTR della Regione Puglia, rientra all'interno dell'ambito 3 – "Tavoliere". L'ambito del Tavoliere è caratterizzato dalla dominanza di vaste superfici pianeggianti coltivate prevalentemente a seminativo che si spingono fino alle propaggini collinari dei Monti Dauni. La delimitazione dell'ambito si è attestata sui confini naturali rappresentati dal costone garganico, dalla catena montuosa appenninica, dalla linea di costa e dalla valle dell'Ofanto. Questi confini morfologici rappresentano la linea di demarcazione tra il paesaggio del Tavoliere e quello degli ambiti limitrofi (Monti Dauni, Gargano e Ofanto) sia da un punto di vista geolitologico, sia di uso del suolo (tra il seminativo prevalente della piana e il mosaico bosco/pascolo dei Monti Dauni, o i pascoli del Gargano, o i vigneti della Valle dell'Ofanto), sia della struttura insediativa (tra il sistema di centri della pentapoli e il sistema lineare della Valle dell'Ofanto, o quello a ventaglio dei Monti Dauni).

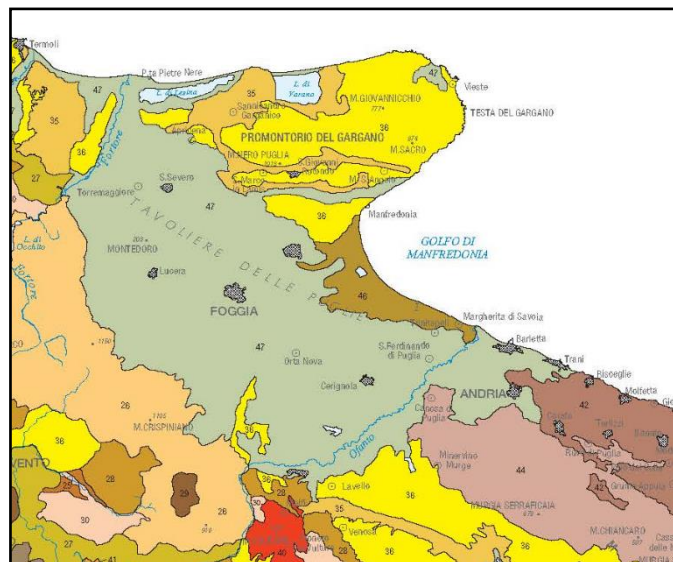


Figura 19 – carta dei suoli d'Italia rispetto alle aree di progetto

Il comprensorio di San Severo, in provincia di Foggia, in termini pedologici, rientra nelle classi:

- SCP1: Superfici pianeggianti o lievemente ondulate caratterizzate da depositi alluvionali (Pleistocene-Olocene), unità cartografica 37;
- IAC1: Superfici a morfologia ondulata, solcate da un reticolo idrografico a medio-bassa densità, caratterizzate da depositi marini sabbiosi prevalentemente consolidati da carbonati (Pleistocene), unità cartografica 34;
- PAR1: Superfici pianeggianti o lievemente ondulate caratterizzate da depositi alluvionali (Pleistocene-Olocene), unità cartografica 69.

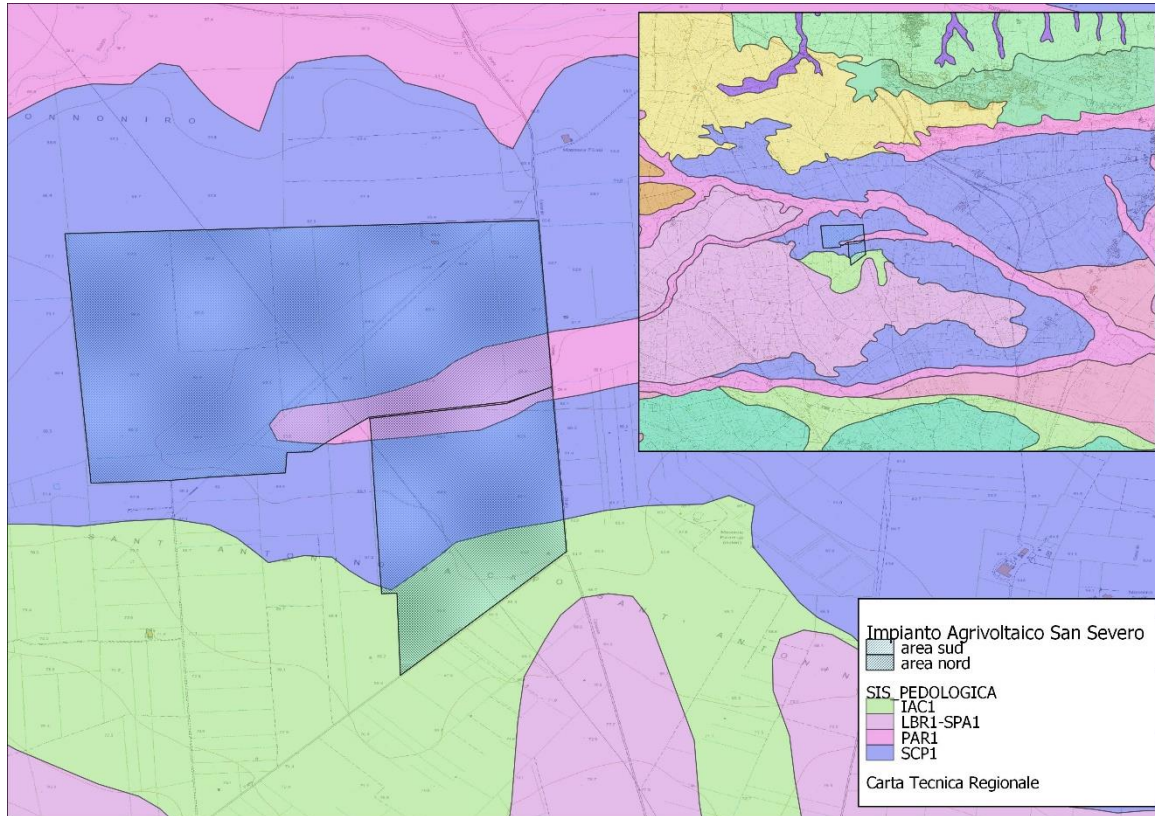


Figura 20 – carta pedologica della Puglia con riferimento al layout di progetto

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
Dati satellitari	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
Coerenza del tempo	1986-1998	2000 +/- 1 anno	2006 +/- 1 anno	2011-2012	2017-2018
Precisione geometrica, dati satellitari	≤ 50 m	≤ 25 m	≤ 25 m	≤ 25 m	≤ 10 m (Sentinel-2)
Unità/larghezza di mappatura minima	25 ha / 100m	25 ha / 100m	25 ha / 100m	25 ha / 100m	25 ha / 100 m
Precisione geometrica, CLC	100 m	meglio di 100 m	meglio di 100 m	meglio di 100 m	meglio di 100 m
Accuratezza tematica, CLC	≥'85% (probabilmente non raggiunto)	≥'85% (raggiunto) [13]	≥'85%	≥'85% (probabilmente raggiunto)	≥'85%
Mappatura delle modifiche (CHA)	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
Precisione tematica, CHA	-	non controllato	≥'85% (raggiunto)	≥'85%	≥'85%
Tempo di produzione	10 anni	4 anni	3 anni	2 anni	1,5 anni
documentazione	metadati incompleti	metadati standard	metadati standard	metadati standard	metadati standard
Accesso ai dati (CLC, CHA)	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
Numero di paesi interessati	26 (27 con attuazione tardiva)	30 (35 con attuazione tardiva)	38	39	39

Figura 21 – 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 della classe CLC 242 – Sistemi colturali e particellari complessi.

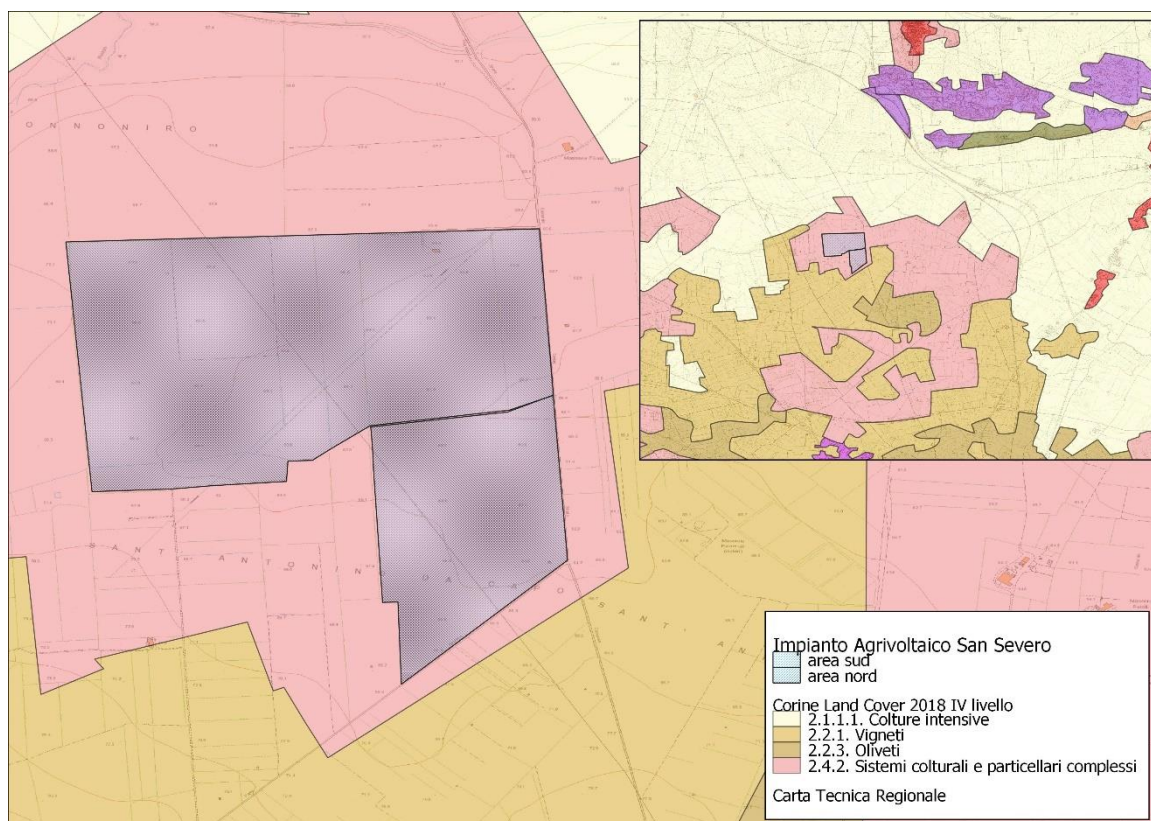


Figura 22 – individuazione delle aree di progetto secondo il programma CLC 2018 IV Livello (ISPRA)

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. 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.). 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

Figura 23 – 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.

	Classi di capacità d'uso	Aumento dell'intensità d'uso del territorio								
		Pascolo			Coltivazione					
		Ambiente naturale	Forestazione	Limite	Moderato	Intensivo	Limite	Moderato	Intensivo	Molto intensivo
Aumento delle limitazioni e dei rischi Diminuzione dell'adattamento e della libertà di scelta negli usi	I	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	II	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	III	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	IV	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	V	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	VI	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	VII	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	VIII	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Le aree campite mostrano gli usi adatti a ciascuna classe

Figura 24 – Attività silvo-pastorali ammesse per ciascuna classe di capacità d'uso (Brady, 1974 in [Cremaschi e Ridolfi, 1991])

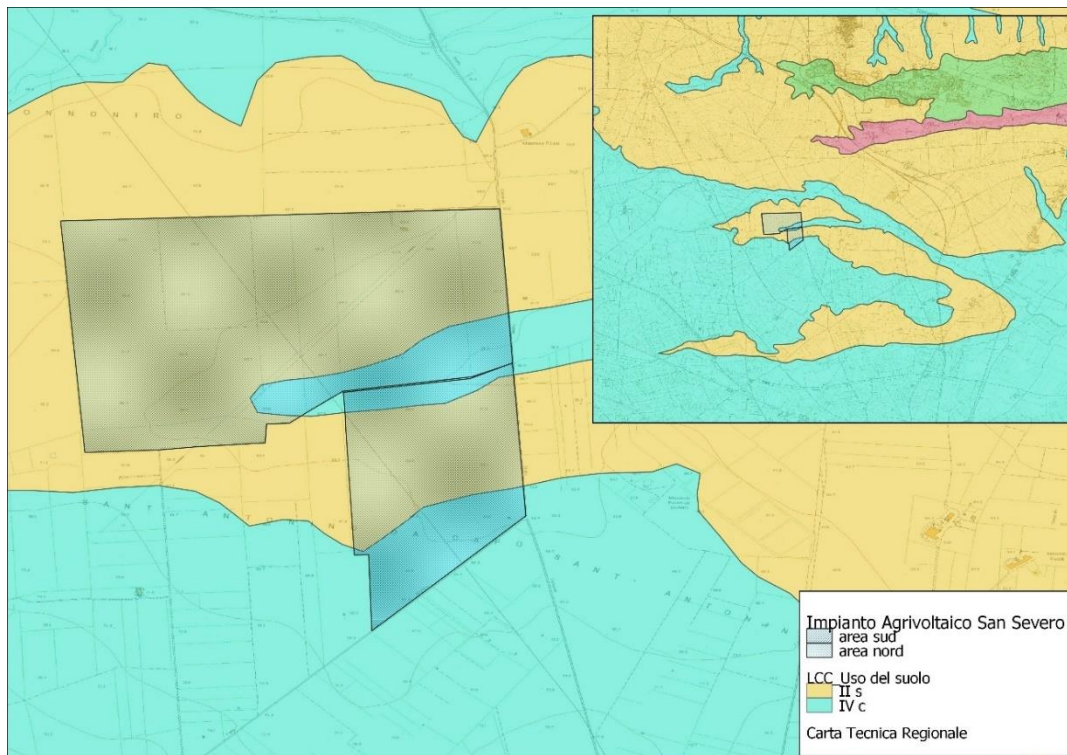


Figura 25 – LCC in funzione delle aree di progetto

Le aree di progetto interessano principalmente suoli di classe II s (la maggior parte) e IV c: i suoli di classe II s sono 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 (la “s” indica limitazioni dovute al suolo come profondità utile per le radici, tessitura, scheletro, pietrosità superficiale, rocciosità, fertilità chimica dell’orizzonte superficiale, salinità, e drenaggio interno eccessivo. I suoli di classe IV sono terreni 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 (la “c” indica limitazioni dovute al clima - interferenza climatica).

10. L'AGRIVOLTAICO: PRESENTE E FUTURO

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 "agrivoltaica" 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'agrivoltaico 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 CO₂ 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. LA RADIAZIONE SOLARE

Il sole produce onde elettromagnetiche di lunghezza d'onda compresa tra 0,3 e 30,0 μm . 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 μm (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.

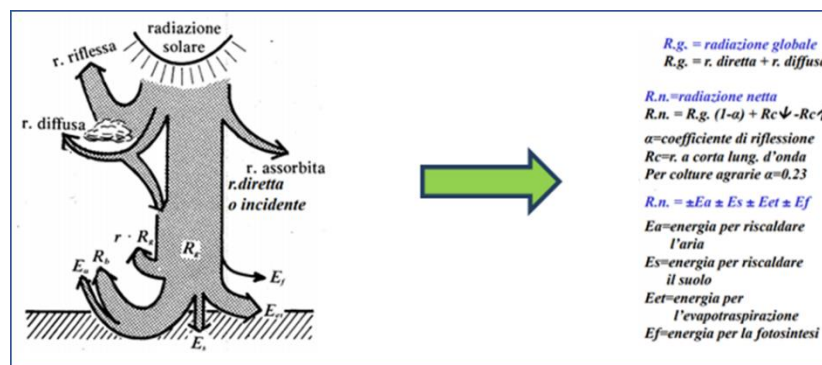


Figura 26 – il bilancio radiativo

BILANCIO RADIATIVO

• La radiazione netta (R_n) che costituisce l'effettivo apporto energetico al suolo, è dato da:

$$R_n = R_g(1 - \alpha) + R_a - R_s$$

R_g = radiazione globale; R_a = radiazione che giunge dall'atmosfera; R_s = radiazione emessa dal suolo (vegetazione, terreno nudo e acqua); α = albedo.

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).

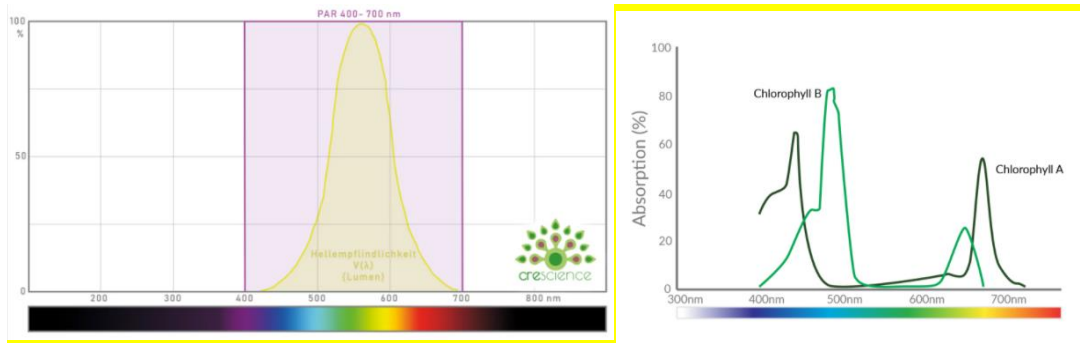


Figura 27 – la fotosintesi e la correlazione con la lunghezza d'onda

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 CO₂ differenti. Le piante possono tendenzialmente essere suddivise in eliofile (alti valori di fotosaturazione, migliore efficienza fotosintetica ad irradianze più elevate, minore suscettibilità a danni fotosidattivi 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.

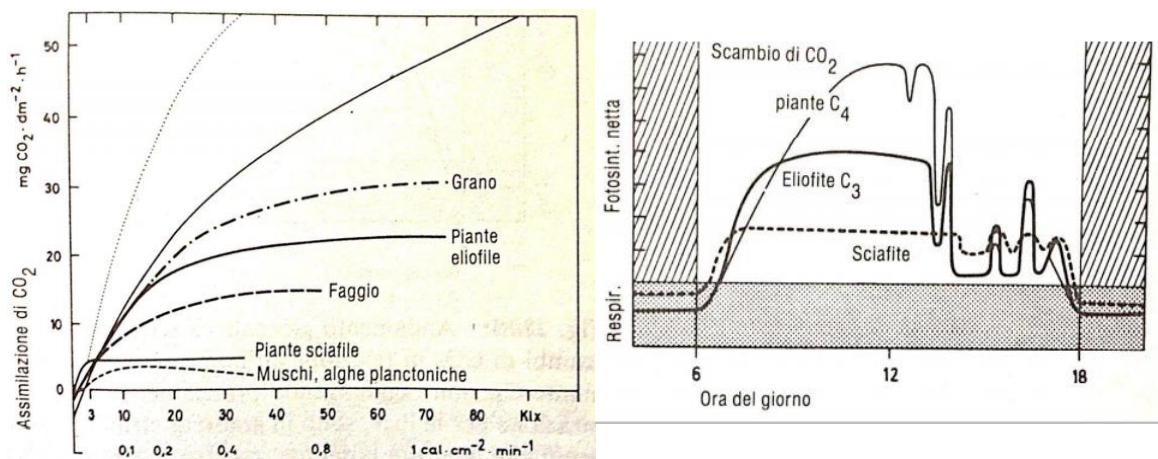


Figura 28 – piante sciafile, eliofite e a ciclo C4

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 riduzione della 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.

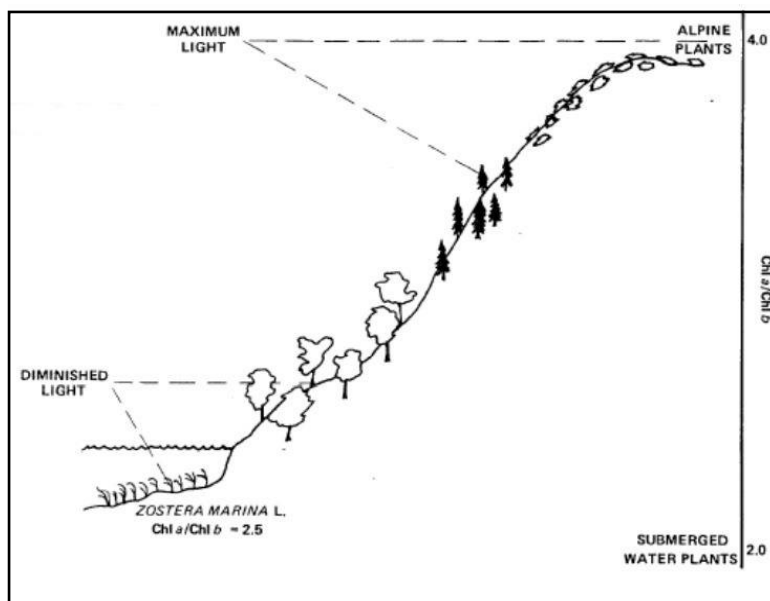


Figura 29 – gli effetti della luce in funzione dell'altimetria

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
Brevi-diurne	
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>)
Neutrodiurne	
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>)
Longidiurne	
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

Figura 30 –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 CO₂. 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 CO₂ 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 CO₂ non aumenta. La CO₂ 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.

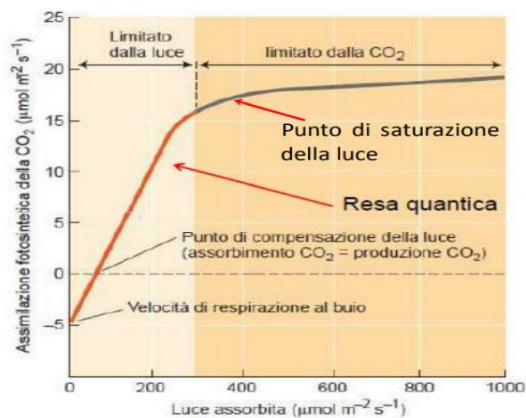


Figura 311 – Assimilazione fotosintetica in funzione della quantità di luce assorbita

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.

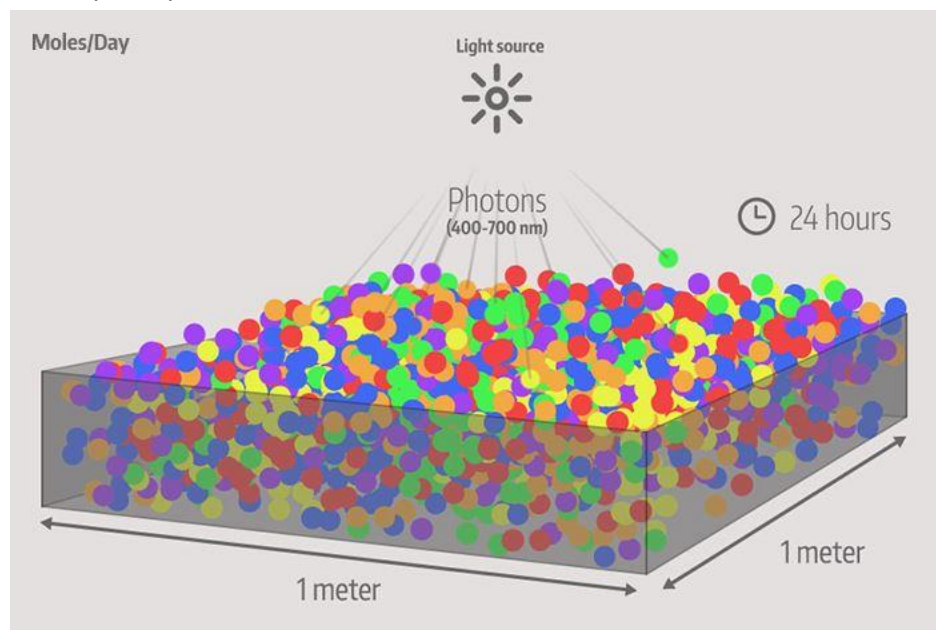


Figura 32 – quantità di moli di luce solare in un giorno su 1 mq di superficie

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 $\mu mol/ m^2 s$ (Watt per metro quadro o moli per metro quadro secondo). Per convertire da W/m^2 a $\mu mol/ m^2 s$ si moltiplica per 4.6.

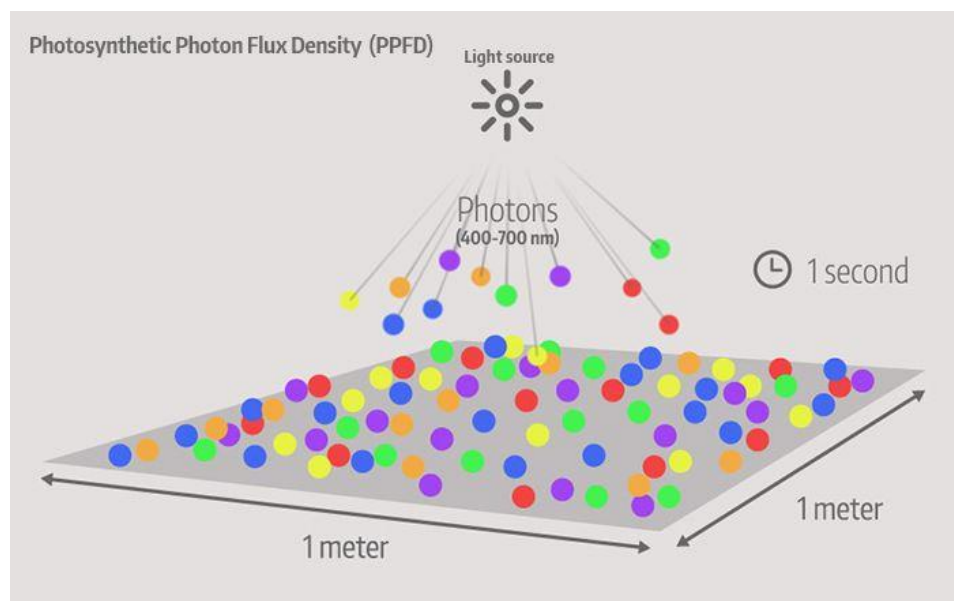


Figura 33 – Densità di flusso fotonico fotosintetico (PPFD) per unità di superficie

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

PLANT Common Name (Genus species Auth.)	Nut. ²	pH ³	Propagation			Vegetative			Flower Initiation/Dev.			Fruit/Seed Dev.			Comments
			Light ⁴	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L1/Dark	Light ⁴	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L1/Dark	Light ⁴	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L1/Dark	Light ⁴	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L1/Dark	
Pharbitis <i>Pharbitis Nil</i> (L.) Roth	L	N	L	16	25 / 25	M	16	25 / 25	M	8	30 / 30				
Pigweed <i>Amaranthus</i> spp.	M	N	M	>16	25 / 20	M	>16	25 / 20	M	8	25 / 20				
Poinsettia <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. ex Klotzsch	H	N	L	>14	25 / 20	M	>14	25 / 20	M	10	25 / 18				5-cm cuttings with 2500 ppm IBA.
Potato, Sweet <i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.	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</i> L.	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</i> L.	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</i> Thunb.	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</i> Lam.	M	N	M	12-20	23 / 18	M	12-20	20 / 15	M	16	23 / 18				
Salvia <i>Salvia splendens</i> Sellow ex Schulthes	L	N	M	24	23 / 23	M	12	25 / 20	M	12	25 / 20				
Scrophularia <i>Scrophularia marilandica</i> L.	L	N	L	8	20 / 13	M	8	20 / 20	M	16	20 / 20				

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

³ pH
N = Normal 5.5 - 6.5
L = Low 4.5 - 5.5

⁴ 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. ²	pH ³	Propagation			Vegetative			Flower Initiation/Dev.			Fruit/Seed Dev.			Comments
			Light ⁴	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L1/Dark	Light ⁴	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L1/Dark	Light ⁴	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L1/Dark	Light ⁴	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L1/Dark	
Geranium <i>Pelargonium</i> spp.	M	N	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20				
Gerbera (Transvaal Daisy) <i>Gerbera jamesonii</i> Eolus ex Hook. f.	H	N	L	>12	25 / 20	M	>12	25 / 18	M	>12	25 / 18				Seeds should not dry out.
Gloxinia <i>Sinningia speciosa</i> (Lodd.) Hiern	M	N	L	>12	20 / 20	M	>12	25 / 20	M	>12	25 / 20				Seeds uncovered on top of media.
Grape <i>Vitis</i> spp.	M	N	H	12-20	25 / 20	H	12-20	25 / 20	H	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	Break bud dormancy; 750 to 3000 hrs at 4 C.
Henbane <i>Hyoscyamus niger</i> L.	L	N	M	8	25 / 25	M	8	23 / 23	M	16	23 / 20				
Hydrangea <i>Hydrangea macrophylla</i> (Thunb.) Ser.	M	L,N	M	>14	23 / 23	M	>14	25 / 18	M	<14	25 / 15				5-cm cuttings with 2500 ppm IBA. Blue; pH<6.5. Pink: pH<6.5. 5 C for 5 wks required for flower development after initiation.
Kalanchoe <i>Kalanchoe blossfeldiana</i> Poeblin.	H	N	M	>14	23 / 23	M	>14	23 / 20	M	10	23 / 120				Seed or 5-7 cm cuttings.
Lamb'squarters <i>Chenopodium album</i> L.	M	N	M	>14	25 / 20	M	>14	25 / 20	M	<12	25 / 20	M	<12	25 / 20	
Lettuce <i>Lactuca sativa</i> L.	M	N	L-M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	Tip burn at high light, and high RH. 17 mol m ⁻² day ⁻¹ of PPF suggested.
Liatris (Gayfeather) <i>Liatris</i> spp.	H	N	L	>12	23 / 23	M	>12 Forcing	25 / 15	M	>12	25 / 15				Seed or division of corms. 2 C for 5 wks before forcing period.

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

³ pH
N = Normal 5.5 - 6.5
L = Low 4.5 - 5.5

⁴ 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.)	Nutr. ¹	pH ²	Propagation			Vegetative			Flower Initiation/Dev.			Fruit/Seed Dev.			Comments
			Light ³	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light ³	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light ³	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light ³	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	
Marigold <i>Tagetes erecta</i> L.	M	N	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20				
Oats <i>Avena sativa</i> L.	M	N	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	M	16-24	25 / 20	M	12-20		
Olive <i>Olea europaea</i> L.	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</i> L.	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</i> (L.) Batsch	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</i> L.	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</i> L.	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 annum</i> (L.) var. annum	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</i> (L.) Britt	L	N	M	16	25 / 25	M	16	20 / 20	M	8	20 / 20	M	8	20 / 20	
Potunia <i>Potunia x hybrida</i> Vilm.	M	N	M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	M	16-20	25 / 20				

¹ Nutrition
L = Low (50 ppm N)
M = Medium (100 ppm N)
H = High (200 ppm N)

² pH
N = Normal 5.5 - 6.5
L = Low 4.5 - 5.5

³ Light: Photosynthetic Photon Flux (PPF)
D = Dark No light
V = Very Low 50 - 150 μmol m⁻² s⁻¹
L = Low 160 - 250 μmol m⁻² s⁻¹
M = Medium 250 - 450 μmol m⁻² s⁻¹
H = High 450 - 700 μmol m⁻² s⁻¹

PLANT Common Name (Genus species Auth.)	Nutr. ¹	pH ²	Propagation			Vegetative			Flower Initiation/Dev.			Fruit/Seed Dev.			Comments
			Light ³	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light ³	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light ³	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	Light ³	Photo-period Hrs / Day	Temp. (°C) L / Dark	
Bean <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	M	N	M	12-20	22 / 22	M	12-20	22 / 22	M	12-20	22 / 18	M	12-20	25 / 20	Low night temperature for pollination and fruit set.
Blueberry, Highbush <i>Vaccinium corymbosum</i> L.	M	L				H	14	25 / 20	H	12-20	20 / 15	H	12-20	20 / 13	Break bud dormancy: 800 to 2500 hrs at 7.5 C. Initiate flower buds: < 12 hr photo period in fall for 50 days.
Blueberry, Rabbit-eyes <i>Vaccinium ashei</i> Reade	L	L	H	12-20	25 / 20	H	14	25 / 20	H	12-20	25 / 20	H	12-20	25 / 20	Break bud dormancy: 300 to 800 hrs at 7 C. Flower bud initiation: < 12 hr photo period for 50 days in late fall.
Bramble <i>Rubus</i> spp.	L	N				M	12-20	25 / 20	M	12-20	25 / 20	M	12	25 / 20	Break bud dormancy: 750 to 2000 hrs at 4 C.
Cabbage Brassica oleraceae var. capitata L.	M	N	M	12-20	25 / 25	M	12-14	20 / 15	H	12-14	8 / 8	M	12-26	20 / 15	
Cactus, Thanksgiving <i>Schlumbergera truncata</i> (Haw.) Moran	M	N	M	>14	23 / 23	M	>14	25 / 18	M	<12	20 / 18				Commonly termed Christmas cactus. Single stem section cuttings.
Calceolaria (Pocketbook Plant) <i>Calceolaria hercynica</i> Voss	M	N	L	12	20 / 20	M	>18	20 / 15	M	<8 >18	20 / 15 20 / 15				Two pre-anthesis stages: 6 wks short day and cool; 4-5 wks long day.
Carnation <i>Dianthus caryophyllus</i> L.	H	N	L	>12	20 / 15	M	<12	20 / 15	M	>12	18 / 13				4 wks long day initiates buds.
Cherry <i>Prunus</i> spp.	M	N				H	12-20	25 / 20	H	12-20	25 / 20	H	12-20	25 / 20	Break bud dormancy: 750 to 2000 hrs at 4 C.
Chrysanthemum <i>Deinanthema grandiflorum</i> (Ramat.) Kham	H	N	L	16	23 / 23	M	16	25 / 18	M	10	25 / 15				5 cm cuttings with 2500 ppm IBA.

¹ Nutrition
L = Low (50 ppm N)
M = Medium (100 ppm N)
H = High (200 ppm N)

² pH
N = Normal 5.5 - 6.5
L = Low 4.5 - 5.5

³ Light: Photosynthetic Photon Flux (PPF)
D = Dark No light
V = Very Low 50 - 150 μmol m⁻² s⁻¹
L = Low 160 - 250 μmol m⁻² s⁻¹
M = Medium 250 - 450 μmol m⁻² s⁻¹
H = High 450 - 700 μmol m⁻² s⁻¹

12. PIANO COLTURALE – IL FICODINDIETO

In relazione al presente progetto agrivoltaico si prospetta, di seguito, il piano definitivo delle attività agricole all'interno delle aree di impianto. Il piano agronomico prevedrà all'interno, avendo optato per moduli sollevati da terra con altezza minima di 2,10 m, coltivabile l'intera area. Gli appezzamenti, pertanto, prevedranno colture di Fico d'India che andranno a costituire dei veri e propri filari di coltivazione (colture permanenti).

In fase esecutiva, nell'andare a considerare e a monitorare i parametri ambientali e, in particolare quelli legati alla fertilità del suolo si potrà ampliare e/o modificare il piano agronomico proposto inserendo anche colture miglioratrici per mantenere, per esempio, il più possibile l'inerbimento sotto i moduli. Di seguito si riporta la descrizione, le caratteristiche botaniche e di coltivazione del Fico d'India, esempio di agricoltura ed economia circolare.

Descrizione

Il ficodindia, *Opuntia ficus-indica* L. (Mill.), è specie originaria degli altipiani messicani, giunta nel bacino del mediterraneo all'inizio del XVI sec. La sua morfologia, il particolare tipo di metabolismo che utilizza e la facile attitudine alla propagazione ne hanno favorito la diffusione in molte delle regioni a clima arido e semiarido, di ogni continente europeo. La specie appartiene alla famiglia delle Cactaceae, contenente circa 122 generi e più di 1600 specie diverse (Nobel, 1988). Il genere *Opuntia*, con più di 160 specie al suo interno, è il più numeroso della famiglia delle Opuntioideae. La specie viene coltivata prevalentemente per la produzione di biomassa ad uso foraggero e per la produzione di frutti. In diverse regioni del mondo, tra le quali molti paesi dell'America centro-meridionale, Texas, Sud Africa e Asia occidentale, i cladodi vengono, infatti, commercialmente utilizzati come foraggio per il bestiame (Mondragon-Jacobo and Pèrez-Gonzales, 2001). I paesi che producono maggiori quantità di frutti sono il Messico, la Tunisia, l'Algeria, il Marocco, il Cile, l'Argentina, la California e l'Italia con la Sicilia prima regione produttrice (Inglese et al., 2002).

Con i frutti vengono, inoltre, preparati e commercializzati liquori, conserve e succhi. In Messico soprattutto, ma anche in altri paesi, i giovani **cladodi** (chiamati nopalitos) vengono raccolti e consumati come verdura. Sempre in Messico, così come in altri paesi del Sud America la specie è utilizzata per l'allevamento del *Dactylopius coccus*, una cocciniglia che parassitizza i cladodi, da cui si ricava un pregiato colorante naturale, il carminio (Nobel, 2002). Altri utilizzi possibili sono rappresentati da alcuni prodotti per la cosmetica e per l'industria del benessere (creme, saponi, olii, rossetti) (Saenz, 2006). In Sicilia il ficodindia viene coltivato (in coltura specializzata) esclusivamente per la produzione di frutti su una superficie complessiva di circa 4000 ettari, con una resa unitaria media di 15 t ha⁻¹ (Inglese et al., 2010).

Cenni sulla morfologia e sull'anatomia della specie

Il ficodindia è una pianta perenne, arborescente e succulenta, con metabolismo CAM. La struttura epigea è costituita da cladodi, ovvero da steli fotosintetici dello spessore di 0,5 - 3,0 cm a maturità,

e di forma ellissoidale. Le vere foglie hanno una forma conica e sono lunghe appena qualche millimetro, appaiono sui cladodi giovani e sono effimere. Alla base delle foglie si trovano le areole; sono provviste di un tessuto meristemico che si può differenziare, secondo i casi, in spine e glochidi, oppure in radici avventizie, giovani cladodi o fiori. L'epidermide riveste i tessuti interni dei cladodi ed è formata da un solo strato di cellule e ricoperta da una cuticola cerosa spessa da 5 a 30 μm che limita fortemente la traspirazione. La frequenza stomatica ha valori bassi (circa 20 - 30 stomi mm^{-2}) (Conde, 1975; Pimenta-Barrios et al., 1992), se paragonata a quella di specie da frutto con metabolismo C3 quali *Prunus* spp., con un numero medio di 300 - 500 stomi mm^{-2} (Ilgin e Caglar, 2009), *Malus domestica* con 200 - 600 stomi mm^{-2} (Slack, 1974), oppure *Olea europea*, in cui il numero di stomi per mm^2 è compreso tra 200 e 700 (Gucci, 2006).

Sotto l'epidermide si trova il clorenchima, il tessuto fotosintetico; di colore verde intenso, in funzione dell'età del cladodio, può essere spesso 1 - 5 mm e contenere da 15 a 40 strati di cellule fotosintetiche (Nobel, 1988). I vacuoli delle cellule clorenchimatiche possono occupare più del 90% dell'intero volume cellulare per accumulare gli acidi formati durante la notte. Il clorenchima circonda un parenchima acquifero formato da cellule elastiche di grandi dimensioni. Il parenchima funge da tessuto nel quale l'acqua e i sali minerali vengono immagazzinati. I cladodi di età superiore ai 4 - 5 anni, presentano un elevato contenuto di lignina che si accumula gradualmente anno dopo anno, fino a formare un vero e proprio tronco. I fiori, generalmente ermafroditi, sono a ovario infero e uniloculare. Il pistillo è sormontato da uno stigma multiplo. Gli stami sono molto numerosi. I sepali sono poco vistosi mentre i petali sono ben visibili e di colore giallo. Il frutto è una bacca carnosa polispermica di 100 - 200 grammi di peso, contenente 100 - 400 semi. Contiene belanine, che ne determinano il colore della polpa, e ha un notevole valore nutrizionale essendo ricco di minerali, soprattutto calcio, potassio e fosforo. La pianta presenta un apparato radicale molto superficiale; Cannon (1911) notò che la maggior parte delle radici delle Cactaceae si trovano 3-15 cm sotto la superficie del suolo; un aspetto molto interessante del sistema radicale delle cactacee è rappresentata dalla capacità di *formare rapidamente radici in seguito a piogge o irrigazioni dopo lunghi periodi di siccità*. Questo fenomeno fu studiato da Kaush (1965) il quale notò che nelle 24 ore successive alla bagnatura del terreno asciutto si aveva la formazione di radici avventizie.



Figura 34 – esempio di ficodindieto

Effetti salutistici

Il ficodindia è un frutto ricco di proprietà terapeutiche e medicinali, tanto da essere battezzato in diversi Paesi del mondo come "il frutto della salute". L'alto contenuto in fibre sali minerali, vitamine, (soprattutto vitamine C e A) calcio e ferro, ne fanno un frutto dalle eccellenti caratteristiche organolettiche, indicato per la cura di diverse disfunzioni dell'organismo umano. Contiene poche calorie e viene consigliato nelle diete alimentari come integratore nella dieta mediterranea. Al frutto del ficodindia, da tempo, sono attribuite diverse azioni terapeutiche, tra queste un'azione depurativa facilitando la diuresi e l'espulsione dei calcoli renali. Il ficodindia mostra, poi, un effetto benefico negli individui con alto tasso di colesterolo nel sangue e nei diabetici agendo sulla glicemia. Le azioni terapeutiche del frutto del ficodindia ne incoraggiano un maggior consumo meritando a pieno titolo un adeguato inserimento in una dieta varia ed equilibrata. A differenza di altre produzioni che richiedono un uso di prodotti fitosanitari, il ficodindia è un frutto "naturalmente" biologico. Il ficodindia è presente nella medicina popolare di molti Paesi e soprattutto in quella messicana dove già dal periodo azteco era considerato un affidabile rimedio contro molte malattie (Pimienta, 1990). Con riferimento all'efficacia dei preparati che lo contengono, la medicina ufficiale ha provato la presenza di alcuni principi attivi. Le mucillagini dei cladodi hanno azione emolliente, decongestionante e idratante e ciò spiega il loro impiego nel trattamento di ferite superficiali, ulcere, infiammazioni e nella dermocosmesi.

Tecniche di coltivazione

La preparazione del terreno da impiantare consiste nel livellamento del terreno per evitare ristagni idrici deleteri; ripperaggio e/o scasso superficiale del terreno, concimazione di fondo con concimi organici o fosfo-potassici e la successiva fase di impianto a buche o a solchi sono le principali operazioni da effettuare per la coltivazione del ficodindia. Di seguito si riportano alcune considerazioni circa l'impianto della coltura.

Gli impianti specializzati hanno una densità di piantagione da 200 a 650 piante per ettaro di superficie coltivata. Le forme di allevamento tipiche sono quella a cespuglio, vaso – siepone o altro tipo di forma di allevamento che possa eventualmente consentire di agevolare le operazioni colturali e la raccolta, raccolta che ad oggi avviene esclusivamente manualmente.

I sestri di impianto possono essere variabili e in particolare:

- da metri 5,00 a metri 8,00 tra le file;
- da metri 1,00 a metri 6,00 lungo la fila.

Le tecniche colturali al terreno non devono danneggiare l'apparato radicale dei ficodindietti che è molto superficiale. Possono essere effettuate lavorazioni del terreno come erpicature, fresature e frangizollature superficiali. Il ficodindieto è una pianta caratterizzata da elevata produttività che non presenta cascola fisiologica; infatti, può ospitare anche più di 20 frutti per cladodio. Al fine di rendere ottimale la crescita dei frutti, si procede con l'operazione di scozzolatura che viene effettuata con l'avvento di maggio e, quindi, durante il primo stadio di sviluppo del frutto. Viene svolta manualmente da operatori specializzati con molta cura, evitando il danneggiamento dei frutti o dei cladodi circostanti. Contemporaneamente all'emissione di nuovi frutti la pianta emette anche nuove pale, per cui si esegue anche una potatura verde che consiste nell'abbattere le pale superflue, lasciandone solo una parte che diverranno la base per la fruttificazione dell'annata successiva. La scozzolatura, consistente nel diradamento dei frutti allo scopo di ottenere quelli commercialmente validi (non più di 6 frutti per pala), deve essere eseguita nell'arco di tempo che va dal 10 maggio al 30 giugno a seconda delle condizioni climatiche e della carica dei frutti presenti sulla pianta. La difesa fitosanitaria dei ficodindietti, ove necessario, si effettuerà secondo un calendario di lotta guidata e/o integrata ben stabilito e, sempre e comunque, legato ai principi dell'impiego di prodotti consentiti in agricoltura biologica, prediligendo le norme che regolamentano le buone pratiche agricole.

Le operazioni di raccolta, in relazione all'andamento climatico stagionale, si svolgeranno dal 20 agosto al 30 settembre per i frutti di prima fioritura (agostani) e dal 10 settembre al 31 dicembre per i frutti di seconda fioritura (tardivi o scozzolati). I frutti devono essere raccolti con una sottile porzione del cladodio dove sono inseriti, devono risultare integri e senza lesioni evidenti, possedere le caratteristiche proprie della varietà. La produzione massima risulta stimata in q.li 250 di frutti per ettaro di superficie coltivata. Le operazioni di raccolta vanno iniziate, ad inizio invaiatura dei frutti, dal 20 agosto per i frutti agostani e dal 10 settembre per i frutti tardivi o scozzolati. I frutti raccolti, poi, saranno sottoposti a despinazione e immessi al consumo come frutti despinati.

Analisi costi-benefici Ficodindieto

Le piante in esame verranno posizionate negli spazi tra le file secondo la logica di un sesto di impianto pari a 6 m x 5 m (6 metri tra una fila e l'altra e 5 metri tra una pianta e l'altra lungo la stessa fila), corrispondente a 334 piante/ha. I fichi d'India sono frutti che consentono elevate produzioni, permettendo di ricavare rilevanti quantitativi da commercializzare. I costi di produzione sono contenuti, data la rusticità della pianta e l'esiguo input colturale richiesto, consentendo di

conseguire alti margini di profitto. La produzione di frutti è abbondante e prolungata nel tempo, garantendo quindi una fonte di reddito cospicua e duratura. I fichi d'India hanno un ampio mercato di sbocco, sia freschi che trasformati (succhi, confetture, essiccati), permettendo di collocare facilmente la produzione e di conseguire quotazioni economicamente interessanti. Grazie alle sue qualità organolettiche e nutritive, questo frutto consente di praticare prezzi superiori rispetto ad altre colture, con positive ricadute in termini di profitto. La vendita diretta e i canali corti di commercializzazione permettono di elevare i margini percentuali di guadagno, non dovendo sostenere i costi della distribuzione all'ingrosso e al dettaglio.

I semi del fico d'India possono essere utilizzati per produrre olio, utilizzato in molte industrie, come quella cosmetica e quella farmaceutica (specialmente in India). La produzione di semi del fico d'India può essere una fonte di reddito sostenibile per le comunità locali.

In termini di Green Economy la coltivazione di fichi d'India crea opportunità di impresa e lavoro, anche in zone rurali marginali, contribuendo alla vitalità economica di questi territori. Permette una diversificazione delle fonti di reddito, l'integrazione al reddito di agricoltori e l'imprenditoria giovanile in ambito rurale. La filiera corta e la valorizzazione del prodotto possono favorire il ripopolamento di aree interne, contrastando lo spopolamento e generando ricadute positive sull'intera economia locale. La coltivazione dei fichi d'India, se sviluppata su ampia scala, può contribuire ad incrementare l'economia circolare, la sovranità alimentare e l'indipendenza dalle importazioni, con importanti benefici anche in termini ambientali, oltre che economici. Non ultimo, l'impiego dei clatodi per la produzione di biogas. Di seguito si riporta uno schema con i punti di forza e di debolezza della coltivazione del ficodindia:

Punti di Forza	Punti di Debolezza
Prodotto molto resistente al trasporto	Necessità di coordinamento produttivo commerciale dei produttori
Scarsa concorrenza	Frammentazione Produttiva
Prodotto con grande forza comunicativa (forte evocazione territoriale)	Incapacità di sostenere le forti richieste del prodotto dall'estero
Forti caratteristiche salutistiche del prodotto	Vendite del prodotto in modo tradizionale nonostante la richiesta del prodotto di IV Gamma
Prodotto naturale con facilità di produzione con il metodo Biologico	Prodotto poco conosciuto nei nuovi mercati
Possibilità di creazione di filiera controllata (prodotto DOP)	Processi produttivi molto costosi per la mancanza di aggregazione e coordinamento

Figura 35 – punti di forza e debolezze della filiera del ficodindieto

Impianto di un Ficodindieto in asciutto		
<i>Designazione dei lavori</i>	<i>Sup. stimata/Q.tà</i>	<i>Stima dei costi</i>
Preparazione del terreno con mezzo meccanico idoneo, profondità di lavoro pari a cm. 20-30 e successivi passaggi di affinamento compresa rullatura	60 ettari	210.000,00 €

Concimazione minerale di fondo con fertilizzanti organici e/o fosfo-potassici, da eseguirsi in preimpianto previa analisi fisico-chimica.		
Acquisto di piantine di fruttiferi innestati e successivo ripristino fallanze con costi accessori: - fico d'India (3 o 4 talee per posto): costo 8,00€/cad.		
Scozzolatura: operazione in ficodindieto specializzato con sesto d'impianto di m. 6x5; n. 84 ore di lavoro/ettaro operaio specializzato per 12,00€/ora	60 ettari	60.000 €
Interventi di lotta integrata con prodotti registrati per l'uso, rispettosi per l'ambiente e autorizzati in agricoltura biologica	60 ettari	30.000 €
Raccolta prodotto manuale (tabella fabbisogno per ettaro, deliberazione C.R. n.69 del 30.01.1996 concernente l'applicazione in Puglia del Reg. CEE n.2328/91 – All. n.3 punto 1.1, ultimo capoverso inerente alla "Determinazione del fabbisogno di lavoro occorrente per ordinamento produttivo aziendale e parametri ettaro/coltura").	60 ettari	90.000 €
TOTALE DEI COSTI 1° ANNO		390.000 €

Figura 36 – costi di impianto del ficodindieto

Il reddito lordo derivante dalla sola vendita del frutto è stimabile attorno ai 5.000,00- 7.000,00 €/ettaro con valori di vendita del prodotto fresco oscillanti in funzione dell'andamento del mercato, ma che si attestano su un prezzo minimo di 0,45-0,50 €/kg per una produzione media di 25 kg per pianta; inoltre, sulla base delle considerazioni fatte in merito alla valorizzazione delle pale, si potrebbero ottenere ulteriori interessanti ricavi. Quella dei cladodi rappresenta, dunque, un'integrazione al reddito per gli agricoltori e una utilizzazione della coltivazione del Fico d'India alternativa anche attraverso accordi di filiera.

Il progetto futuro

Esistono oltre 300 specie del genere *Opuntia*, ma il numero esatto rimane ancora incerto per la difficoltà ad identificarle causata dalla facile ibridazione, poliploidismo e riproduzione indistintamente per via sessuale e vegetativa. Si stima che solo in Messico ci siano oltre 104 specie diverse. La specie più coltivata nel mondo è *Opuntia ficus indica*, la quale a sua volta si distingue in diverse sottospecie con tratti fenotipici differenti. Milioni di anni di adattamento alla vita in ambienti aridi estremi, hanno convertito l'*Opuntia* in uno dei "campioni" del metabolismo vegetale. Questa pianta non solo è capace di resistere a periodi prolungati di siccità, ma è anche capace di produrre grandi quantità di biomassa con poca acqua. Sono state riscontrate efficienze dell'ordine di 1 kg di biomassa secca prodotta per ogni 160 l di acqua. Quando l'*Opuntia* viene coltivata con apporto d'acqua e nutrienti, la sua produttività raggiunge 13 tonnellate di sostanza secca per ettaro anno, delle quali 3 corrispondono ai frutti. Assumendo un contenuto di umidità del 8%, questa produzione equivale a 162 ton/ha per anno di sostanza fresca. In genere, produzioni superiori alle 100 ton/ha per anno di biomassa fresca sono frequenti, ed in un caso concreto in cui questa biomassa viene utilizzata per produrre biogas (in Cile) si è riscontrato che con solo le precipitazioni naturali del luogo (300 mm / anno) la pianta è già in grado di produrre 12 ton di materia secca / ha per anno. L'*Opuntia* è una pianta dai mille usi: i suoi cladodi sono utilizzati come foraggio per gli

animali in molti paesi dal clima desertico, le mucillagini contenute nei cladodi hanno proprietà antiinfiammatorie ed emollienti e da alcune ricerche risulterebbero essere un valido mezzo per la potabilizzazione a basso costo in zone dove le acque di pozzo contengono arsenico.

Inoltre, i cladodi hanno una struttura fibrosa a forma di reticolo che gli conferisce la necessaria rigidità per assolvere alla loro funzione di supporto. Le fibre, di cui sono costituiti i cladodi, sono perlopiù di cellulosa, un materiale con svariate applicazioni industriali. I frutti, oltre al cospicuo contenuto di zuccheri e un piacevole sapore, sono fonte di betacarotene mentre i loro semi contengono fino al 30% di olio di qualità comparabile a quella dell'olio di mais. Gli aztechi preparavano una specie di vino, tuttora popolare in alcune remote regioni rurali del Messico, chiamato colonche, la cui gradazione alcolica supera il 10%.



Figura 37 - Coltivazione di *O. ficus indica* in Sicilia

La coltivazione genera quantità interessanti di residui (frutti prematuri e cladodi in eccesso che vengono asportati per invigorire la pianta) ma nonostante il suo potenziale, finora gli unici impianti di biogas alimentati ad *Opuntia* si trovano fuori dall'Italia, in Cile nella fattispecie. In Italia questo tipo di biomassa rimane ignorata. La degradabilità dei cladodi è abbastanza rapida: nelle prove fatte in laboratorio si raggiunge il 90% del potenziale metanigeno in soli 12 giorni per cui i digestori progettati per funzionare con residui di *Opuntia* potrebbero risultare più compatti, circa la metà di volume rispetto ai digestori di biomasse convenzionali, le quali richiedono da 20 a 30 giorni per la

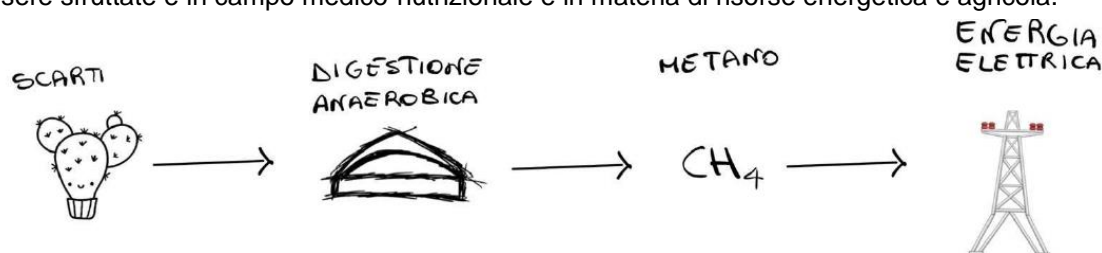
loro degradazione totale. Il contenuto di acqua (90-92%) e la facilità di triturazione consentono di ottenere una specie di “frullato” pompabile senza aggiunta di acqua (cosa impossibile con insilato e biomasse del genere). Il potenziale metanigeno è comparabile a quello di altre biomasse vegetali e si aggira attorno ai 350 Nml/g SV (ml di metano a 0°C e 101 kPa per g di solidi volatili) .

Dati specifici e curiosità

Già negli anni '80 il prof. Jesús Fernández dell'Universidad Politécnica di Madrid, aveva analizzato la possibilità di utilizzare le vaste estensioni aride e semiaride della Spagna per la coltivazione di Opuntia a scopo energetico in un ciclo misto, composto da produzione di bioetanolo dai cladodi (convenientemente pretrattati) estrazione dell'olio dai semi con produzione di biodiesel e fermentazione anaerobica dei residui delle due lavorazioni precedenti. Secondo il suddetto studio, sarebbe possibile ricavare annualmente 3.000 litri di etanolo, 18 litri di biodiesel e 2.200 Nm³ di biometano da ogni ettaro di terreno coltivato con O. ficus indica senza irrigazione. La possibilità di realizzare superfici di questo tipo in Puglia potrebbe generare un indotto tale da consentire, unitamente ad altri superfici coltivate con le stesse piante, la creazione di centrali a biogas da cui produrre biometano.

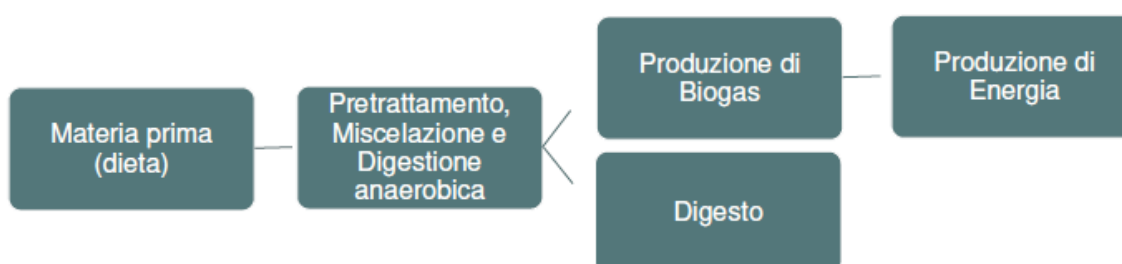
13. DAL FICODINDIA AL BIOGAS

L'idea sviluppata consiste nella creazione di energia elettrica proveniente dalla trasformazione degli scarti del ficodindia, una risorsa presente in grandi quantità in particolari aree del territorio nazionale e di grande prospettiva. Gli scarti di ficodindia possiedono talune proprietà che possono essere sfruttate e in campo medico-nutrizionale e in materia di risorse energetica e agricola.

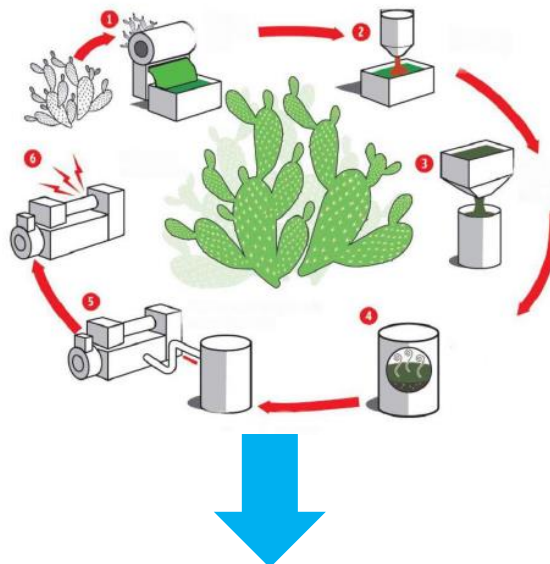


Il frutto è una bacca carnosa (uniloculare). Ha delle caratteristiche multifunzionali ed è un prodotto con grande potenziale per la generazione di ricchezza. Solo negli ultimi anni sono state comprese le sue potenzialità. Il costo è una determinante decisamente importante nella scelta di questo particolare frutto, poiché il costo di produzione e di mantenimento della pianta è molto basso. Per quanto riguarda la coltivazione, richiede poca acqua e fertilizzante, può crescere anche in un clima caratterizzato da temperature basse e la sua coltivazione può rendere terreni abbandonati e desertificati fertili. Ha inoltre una grande capacità di biomassa. Grazie agli alti rendimenti di biomassa dalle coltivazioni di ficodindia e le sue basse richieste di acque nutrienti, viene visto come una fonte importante per quanto concerne la creazione di bioenergie attraverso la sua conversione a biogas mediante il processo di fermentazione anaerobica. Gli scarti provengono sia dalla pianta che dal frutto e in particolare da tutti i processi di produzione. Il primo di questi è la scozzolatura, segue la potatura e infine il diradamento. Sia la prima che l'ultima fase sono tecniche colturali volte al miglioramento qualitativo dei frutti. Gli scarti ammontano approssimativamente a circa 102t annue. Il dato fornito è tratto da dati statistici ISTAT sulla base di una quantità stimata del 10% di scarti per quantità prodotta.

Il frutto matura una componente piuttosto liquida durante l'evolversi delle tre fasi prima descritte: infatti è composto da circa il 98% di H₂O ma ciò che più interessa è la sua elevata capacità metanigena, ovvero quella capacità che determina per kilogrammo di prodotto quanto metano può essere prodotto.



La digestione anaerobica, è un processo di conversione di tipo biochimico in assenza di ossigeno e consiste nella demolizione, ad opera di microrganismi, di sostanze organiche complesse (lipidi, protidi, glucidi) contenute nei vegetali e nei sottoprodotti di origine animale, che produce un gas (biogas) costituito per il 50-60% da metano e per la restante parte soprattutto da CO₂. Il biogas così prodotto viene raccolto, essiccato, compresso ed immagazzinato e può essere utilizzato come combustibile per alimentare caldaie a gas per produrre calore o motori a combustione interna (adattati allo scopo a partire da motori navali a basso numero di giri) e per produrre energia elettrica. Il processo di digestione anaerobica avviene all'interno di reattori chiusi (digestori) al cui interno si creano condizioni di assenza di ossigeno. La trasformazione della sostanza organica è operata da parte di diversi gruppi attraverso le fasi di idrolisi, acidificazione, acetogenesi e infine metano genesi. La parte più interessante del processo di digestione anaerobica riguarda la produzione di CH₄. Nella miscela di gas ottenuta il CH₄ ovvero il metano è la componente economicamente rilevante. Questo metano, tramite la combustione, genera energia elettrica.



- 1 TRASFORMAZIONE DEGLI SCARTI
- 2 RACCOLTA IN UNA CISTERNA
- 3 INTEGRAZIONE DI COMPONENTI AGGIUNTIVI
- 4 DIGESTIONE
- 5 ESTRAZIONE DEL METANO
- 6 TRASFORMAZIONE IN ENERGIA

Per digestato si fa riferimento ai residui che rimangono da tutta la dieta inserita nel digestore nel post processo di digestione anaerobica, composta per lo più da acqua. L'acqua, infatti, viene riutilizzata nei processi di produzione successivi, la parte solida (il digestato) può essere venduta come concime dati i numerosi elementi nutritivi presenti all'interno (dopo essiccamento al 7-8%). Questo sistema, quindi, permette la creazione di economie circolari che valorizzano maggiormente il processo produttivo e, soprattutto, determinano una fonte di ricavi alternativa alla sola energia prodotta, riuscendo così ad incrementare il business.

La concorrenza, in questo settore risulta particolarmente influenzata dalla posizione geografica dell'impianto ma in linea del tutto generale è molto bassa o quasi nulla. Le imprese produttrici di biogas, da fonti di stampa, in Italia sono circa 1300 e nessuna di esse, ad oggi, produce biogas tramite il ficodindia.

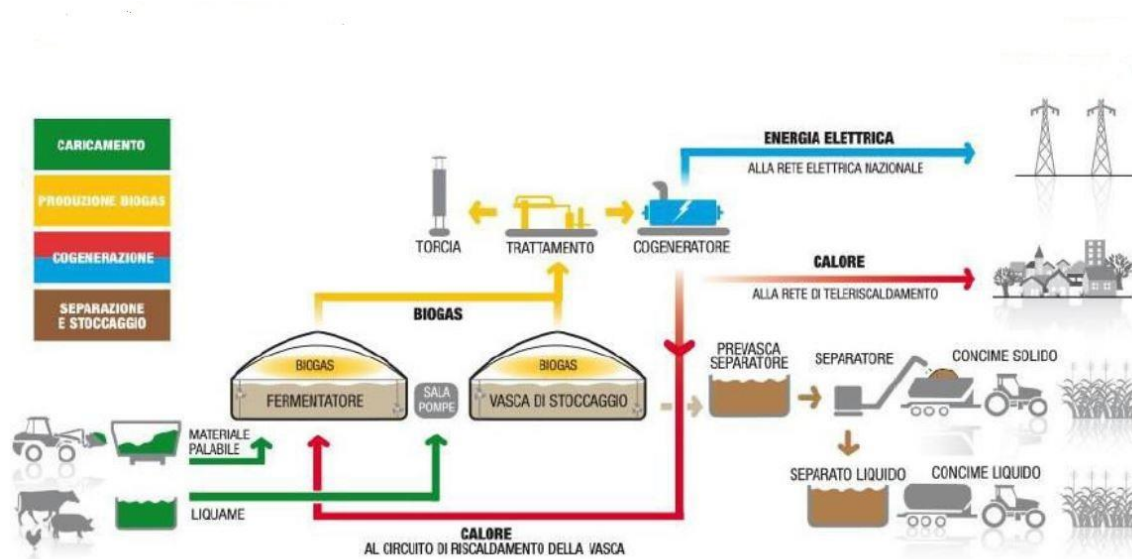


Figura 38 – Modello di un impianto di produzione di biogas

14. MITIGAZIONE PERIMETRALE

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 arbustiva perimetrale. Le opere a verde previste nell’ambito del presente progetto utilizzeranno specie vegetali autoctone in modo da ottenere una più veloce rinaturalizzazione delle aree interessate dai lavori e l’impiego di piante con predisposizione mellifera. Il progetto prevederà la realizzazione di una recinzione che gira attorno al perimetro del parco fotovoltaico: su tale recinzione, a distanza di 50 cm dalla stessa, verrà posizionata una siepe arbustiva per tutta la sua lunghezza.

Per ciò che concerne la mitigazione “arbustiva”, verranno collocate in opera delle piante altamente resistenti alle condizioni pedo-climatiche, con attitudine mellifera, che nell’arco di pochi anni andranno a costituire una barriera vera e propria. Gli arbusti saranno fatti crescere in tutta la fascia di mitigazione, mantenendo l’altezza sempre sotto il limite della recinzione. Gli arbusti percorreranno tutto il perimetro del parco fotovoltaico e costituiranno una vera e propria barriera visiva sempreverde. Le piante, ben formate e rivestite dal colletto all’apice vegetativo, saranno fornite in vaso 20, avranno un’altezza da 0,60 a 0,80 m e verranno distanziate tra loro 2 m, a sesto quinconce.

Gli arbusti che verranno impiegati per la realizzazione della siepe perimetrale saranno la *Phyllirea* spp. e lo *Spartium junceum*, *Arbutus unedo* e *Cornus mas*.

Spartium junceum

Pianta arbustiva, alta 50-200 (400) cm, con fusto eretto o ascendente, cilindrico, fibroso, tenace, cavo, di colore verde, molto ramificato e con numerosi getti nuovi alla base. Le foglie sono semplici, sessili o brevemente picciolate, rade e distanziate sul caule, lineari-lanceolate, lunghe 1-3 cm, con margine intero, glabre, di colore verde scuro, sericee nella pagina inferiore, presto caduche tanto che sono quasi scomparse alla fioritura. I fiori profumati, ermafroditi, papilionacei, raccolti in racemi apicali lassi, portati da un brevi peduncoli obconici, con brattee e bratteole anch’esse caduche, sono di un bel colore giallo vivo, hanno il calice lungo 4 mm, membranoso, persistente, quasi interamente saldato e diviso con un taglio obliquo fino alla base in un solo labbro terminante con 5 piccoli denti. Corolla glabra di 2 – 2,5 cm, costituita da un vessillo eretto, arrotondato con apice mucronato, più lungo delle ali ovate o ellittiche, libere poste ai lati e in basso da due petali liberi ma aderenti (carena) con apice cuspidato-ricurvo. Androceo monadelfo con antere basifisse che si alternano con quelle dorsifisse; ovario supero con un solo stamma, laterale, introrso, lineare-ellittico e stilo glabro, arcuato all’apice Il frutto è un legume falciforme, oblungo, eretto, sericeo, compresso, verde e vellutato poi glabro e nerastro alla maturazione, quando deisce con un torsione ed espelle lontano i suoi 10-18 semi bruni, lucenti e velenosi.

Tipo corologico:

Euri-Medit.-Entità con areale centrato sulle coste mediterranee, ma con prolungamenti verso nord e verso est (area della Vite).

Steno-Medit. - Entità mediterranea in senso stretto (con areale limitato alle coste mediterranee: area dell'Olivo).

Distribuzione in Italia: Comune in tutto il territorio.

Habitat: Luoghi aridi, radure, terreni pesanti preferibilmente di natura calcarea, ma da pianta pioniera, si adatta in ogni tipo di terreno, vegeta dal piano fino a 600 sulle Alpi, ma raggiunge 1.400 sugli Appennini e i 2.000 m sull'Etna.



Figura 39 – *Spartium junceum*

Phyllirea latifolia

Descrizione: Pianta legnosa sempreverde, con portamento di arbusto o raramente di alberello sempreverde con portamento arbustivo; in alcuni casi si presenta con portamento arboreo; altezza 1-5 m (eccezionalmente fino a 15 m); tronco di forma irregolare con corteccia omogenea grigiastrea e rami giovani verdastri; portamento molto ramificato con ramificazioni irregolari e disposte a formare una chioma espansa e globosa; legno privo di odore da fresco. Foglie opposte, color verde scuro, coriacee, con picciolo di 1-5 mm, lamina allargata o ovata, lunga 20-70 mm e larga 10-40 mm; con 6-12 nervature secondarie, robuste, inserite quasi ad angolo retto, ravvicinate, spesso arcuati e forcati all'apice; margine provvisto di 11-13 dentelli per lato; le foglie presentano un forte dimorfismo collegato alla crescita: in condizioni giovanili esse sono ovate e spesso con base tronca o cordata; in seguito si allungano e diventano lanceolate o più spesso ellittiche. Fiori in infiorescenza a racemo di 10 mm di lunghezza inserita all'ascella delle foglie, composta da 5-7 fiori inseriti sull'asse del racemo; calice con 4 sepali a lobi triangolari, corolla composta da 4 petali di colore bianco roseo, giallastro o giallo-verdastro, stamma bifido. Il frutto sono drupe carnose,

subsferiche, lunghe 10 mm e larga 7 mm, arrotondate o appiattite all'apice, inizialmente di colore rosso poi nera a maturità.

Tipo corologico:

Steno-Medit. - Entità mediterranea in senso stretto (con areale limitato alle coste mediterranee: area dell'Olivo).

Habitat: Macchie e leccete lungo le colline aride e le vallate rocciose in ambiente di macchia mediterranea, dal livello del mare fino a 800 metri.



Figura 40 – Phyllirea latifolia

Cornus mas

Il corniolo è un arbusto forestale autoctono, appartenente alla famiglia delle Cornaceae e al genere Cornus. I Cornioli sono arbusti o piccoli alberi, caducifoglie e latifoglie, alti fino a 5-6 metri e altrettanto estesi in larghezza. I rami sono di colore rosso-bruno e brevi, la corteccia è screpolata. Sono piante longeve, possono diventare plurisecolari e hanno una crescita molto lenta. Le foglie sono semplici, opposte, con un picciolo breve (5-10 mm) e peloso, la forma è ovata o arrotondata, integra e un po' ondulata ai margini, acuminata all'apice; sono ricoperte parzialmente da peluria su entrambe le pagine, e presentano un colore verde (più chiaro nella parte inferiore) e una nervatura al centro e 3-4 paia di nervature secondarie. I fiori sono ermafroditi (hanno organi per la riproduzione sia maschili sia femminili), si presentano in forma di ombrelle semplici e brevi, circondate alla base da un involucro di 4 brattee (foglia modificata che protegge il fiore) di colore verdognolo sfumato di rosso, che si sviluppano prima della fogliazione. La corolla è a 4 petali acuti, glabri (privi di pelo), di colore giallo-dorato, odorosi. Fiorisce da dicembre ad aprile. Il frutto del corniolo è una drupa (frutto carnoso) commestibile (perché edule), con la forma di una piccola oliva o ciliegia oblunga; ha un colore rosso-scarlatto, rosso corallo o anche giallo, dal sapore acidulo, contenente un unico seme osseo. Il periodo di fioritura in Italia va da febbraio a marzo, mentre i frutti maturano ad agosto. Il legno è duro e compatto, con alta resistenza, molto usato nei secoli passati. I piccoli frutti rossi vengono lavorati, oltre che per la produzione di succhi di frutta e

confetture, anche per aromatizzare alcuni tipi di alcolici, come, ad esempio, la grappa. Il legno del corniolo è di colore bruno-chiaro nelle parti interne (alburno), mentre nella corteccia è rossastro, con anelli poco distinti. È il più duro presente in Europa, molto resistente, e viene utilizzato, tra l'altro, per la produzione di pipe. Nel passato era usato per la fabbricazione di pezzi di macchine soggetti a forte usura (per es. raggi e denti da ruota) e per lavori di tornio. La sarissa, picca usata dalla falange macedone, era in legno di corniolo. Tutta la pianta ha proprietà tintorie (in giallo). Lo si può trovare lungo le sponde dei torrenti, ai margini dei boschi di latifoglie, negli arbusteti; specie termofila e xerofila, predilige i terreni calcarei. Si trova in piccoli gruppi nelle radure dei boschi di latifoglie, tra gli arbusti e nelle siepi. Dal piano sino a 1500 m s.l.m.



Figura 41 – Cornus mas

Arbutus unedo

È un arbusto sempreverde, molto ramificato, con foglie sclerofilliche (dure, coriacee, sempreverdi) tipico della macchia mediterranea. Spesso, in condizioni climatiche favorevoli, assume portamento arboreo raggiungendo anche 10 metri di altezza. La corteccia ha una colorazione bruno-rossastra e si stacca in sottili scaglie. La disposizione dei rami è sparsa sul fusto. La colorazione nei giovani rami è ocraceo-rossastra. Le foglie persistenti e coriacee, semplici alterne, con il margine dentato, brevemente picciolate, sono lunghe 7-12 cm, color verde scuro e lucide nella parte superiore e verde chiaro inferiormente, a volte riunite in verticilli. Sulle nervature è presente una colorazione rossastra. Si tratta di una pianta con fiori ermafroditi, riuniti in infiorescenze terminali a pannocchia con asse pendulo. I fiori in numero di 15-30, sono bianchi e campanulati, formati da un piccolo calice, larghi 5-10 millimetri. Il frutto è rappresentato da una bacca globosa e carnosa, di colore rosso con superficie granulosa; matura nell'anno successivo, alla fine dell'estate ed in autunno/inverno. Il frutto è edule e saporito: tuttavia - come suggerito anche dal nome latino (unum edo: ne mangio uno solo) - è prudente un consumo in quantità moderate in quanto il corbezzolo contiene una sostanza azotata (alcaloide, leggermente tossico).

per l'organismo, in grandi quantità) che in alcune persone particolarmente sensibili può causare inconvenienti (di solito non gravi). Pianta originaria dell'Europa meridionale e del bacino del Mediterraneo, il suo areale si estende sulle coste atlantiche fino all'Irlanda. Fiorisce in autunno-inverno (settembre-dicembre) e fruttifica da agosto a novembre dell'anno successivo, si presenta quindi contemporaneamente con i fiori ed i frutti. Il corbezzolo è spontaneo quasi lungo tutta la fascia costiera della penisola, e nelle isole maggiori e minori in consociazione con altre specie caratteristiche della macchia mediterranea, in particolare al Leccio. È una pianta che ben si adatta a molti tipi di substrato, con preferenza per i suoli sciolti e sub-acidi. Generalmente lo ritroviamo ad un' altitudine compresa tra 0-500 metri s.l.m, talvolta può spingersi fino ai 1200 metri. Mal sopporta le gelate intense e prolungate. È una pianta con una spiccata capacità di reazione agli incendi, in grado di emettere vigorosi polloni che le consentono di reagire velocemente. Del corbezzolo si utilizzano le foglie, le radici e i frutti. La fronda recisa con i frutti immaturi viene utilizzata per decorazioni ornamentali. Il legno è adatto per la lavorazione al tornio e per essere levigato. In Sardegna è particolarmente conosciuto per la produzione del tipico miele amaro dalle proprietà antisettiche e utilizzato spesso nella cura delle affezioni bronchiali. Inoltre, la sua trasformazione consente l'ottenimento di buonissime marmellate.

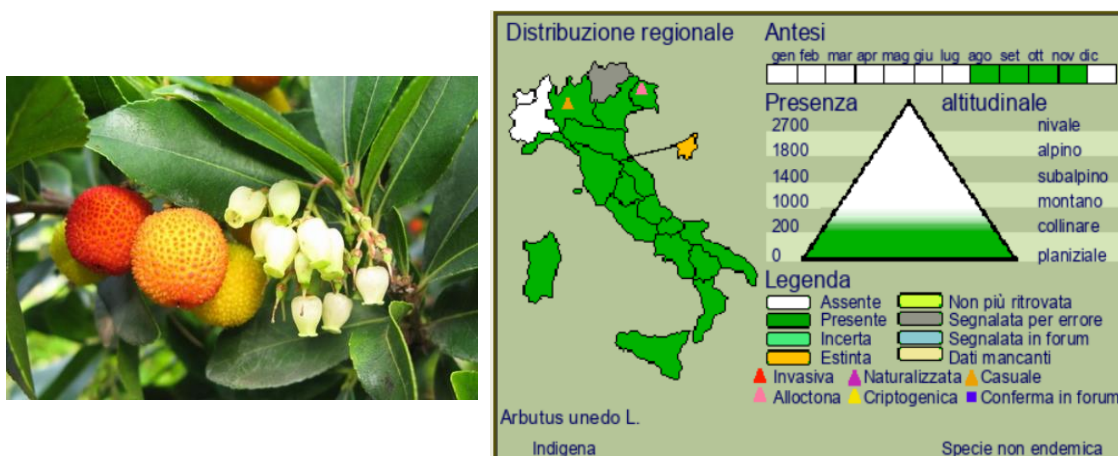


Figura 42 – Arbutus unedo

Operazioni agronomiche

La piantumazione delle essenze arbustive per la realizzazione della mitigazione perimetrale prevedrà una lavorazione superficiale di una fascia di terreno agrario di circa 3 m lungo tutto il perimetro e l'apertura di piccole buche per la collocazione in sito delle piante, con sesto a quinconce. Ogni arbusto, fornito in opera in vaso, 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. 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. 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. 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.

Apicoltura e biomonitoraggio

Al fine di ottimizzare le operazioni di valorizzazione ambientale ed agricola dell'area a completamento di un indirizzo programmatico gestionale che mira alla conservazione e protezione dell'ambiente nonché all'implementazione delle caratterizzazioni legate alla biodiversità, si intende praticare nella fascia di mitigazione arbustiva dell'impianto un progetto di apicoltura con Api Mellifere (ape comune) e relativo bio-monitoraggio ambientale. Si è ritenuto opportuno l'introduzione di un progetto di apicoltura nelle aree di intervento, non solo per sfruttare al meglio lo spazio a disposizione con una altra attività produttiva (produzione di miele e/o di sottoprodotti), ma anche per il ruolo svolto dalle api nell'ecosistema. Le Api Mellifere (ape comune) infatti, favoriscono la biodiversità vegetale e rendono possibili modalità innovative di bio-monitoraggio ambientale, sfruttando le loro caratteristiche fisiologiche e le proprietà del miele. Le api sono le sentinelle dell'ambiente, la loro presenza in svariati contesti rende possibile uno sviluppo globale armonico della qualità della vita. Il progetto consiste nell'installazione di arnie ma le api potranno sfruttare tutto lo spazio disponibile anche in zone interne all'impianto. La presenza di alveari porterà l'intero ecosistema a beneficiare dell'importante ruolo che le api assumono in natura, cioè quello di impollinatori. Ospitare le api nell'area di progetto avrà degli effetti pratici quali:

- l'aumento della biodiversità vegetale e animale;

- la produzione di miele;
- la possibilità di effettuare un bio-monitoraggio.

Le api sono le migliori alleate delle piante e garantiscono ad esse un'alta probabilità di riproduzione. L'aumento della presenza vegetale porta direttamente ad un aumento di altre specie di insetti, volatili e mammiferi che di quelle piante si nutrono. L'aumento della varietà di piante presenti in un determinato luogo, invece sono segno tangibile della qualità ambientale e dell'alta resilienza dell'ecosistema. Da questa perfetta sincronizzazione nasce l'attività di apicoltura e dei prodotti che ne derivano, il più importante dei quali è il miele. Grazie all'ampia disponibilità di piante nettariifere coltivate e di quelle presenti nell'area circostante si produrrà un miele (millefiori) di qualità in grado di rispecchiare interamente la natura del territorio oggetto di studio. Gli alveari saranno ubicati in esterno e saranno installate a cavallo tra febbraio e marzo. Ogni modulo verrà allocato a distanza di sicurezza secondo la disciplina nazionale dell'apicoltura (legge 313/2004). Lo spazio sarà appositamente delimitato e/o segnalato, le aree delle arnie saranno recintate con rete a maglia stretta alta almeno 2 metri. Verrà inoltre esposto il "codice identificativo apiario" per segnalare la presenza di api a tutti i fruitori dell'impianto. Il controllo e la gestione degli alveari, sarà svolto da un operatore specializzato, inoltre alle operazioni di gestione pratica dell'apiario sarà affiancato un sistema di remote monitoring per un campione di alveari. Gli alveari saranno utilizzati al fine di biomonitorare l'ecosistema dell'area oggetto di studio. Verrà seguito un rigido protocollo di campionamento e il risultato finale, oltre ad essere esposto in una relazione scritta annuale, sarà espresso direttamente dal miele prodotto. Il miele estratto, infatti, non sarà caratterizzato esclusivamente dal suo valore nutritivo e dalla ricchezza sensoriale, ma anche dal grado di informazione che riesce ad esprimere per mezzo di analisi di laboratorio dedicate, i cui risultati potranno essere veicolati al consumatore finale, dotando il barattolo di miele di etichetta interattiva capace di informare il consumatore circa la natura del prodotto, la qualità e la sua sicurezza alimentare. Gli obiettivi della ricerca scientifica consisteranno nel misurare il livello di qualità ambientale dell'area di progetto. Si potranno individuare i metalli pesanti, il particolato, le diossine e gli IPA presenti negli alveari ubicati nell'area d'indagine. Altri agenti inquinanti saranno noti solo al conseguimento delle analisi di laboratorio. I risultati della ricerca si riferiranno non sola all'area di progetto ma anche ad un suo ampio intorno. La ricerca prevedrà anche una misurazione del livello di biodiversità vegetale presente nell'area di studio. A questo proposito saranno prese in considerazione le matrici "miele" e "polline" sulle quali sarà possibile ripercorrere i voli di impollinazione effettuati dalle api bottinatrici. Da questo tipo di ricerca saranno prodotti degli indici di biodiversità e delle mappe di distribuzione botanica utili al fine di rappresentare il grado di ecosistema presente nell'area. A margine della ricerca sugli inquinanti, ma non meno importante, sarà condotta una ricerca per determinare il grado di biodiversità vegetale presente nell'area d'indagine. Per determinare la presenza vegetale dell'area impianto fotovoltaico sarà preso in esame il "miele giovane" contenuto all'interno dell'alveare. Ogni campionatura sarà corredata di schede tecniche compilate direttamente dal personale specializzato. Al termine di ogni anno sarà creato un elaborato finale in cui saranno presentati i dati raccolti e interpretati. Gli indicatori biologici sono in grado di rilevare gli effetti negativi che gli inquinanti hanno su di essi. I bioindicatori, inoltre,

forniscono informazioni integrate mettendo in evidenza alterazioni causate da diversi fattori: la risposta di un bioindicatore a una perturbazione deve essere quindi interpretata e valutata in quanto sintetizza l'azione sinergica di tutte le componenti ambientali.

Le api sono un ottimo bioindicatore per diversi motivi:

- Il corpo peloso trattiene le polveri;
- Riproduzione elevata;
- Numerose ispezioni al giorno;
- Campionano il suolo, vegetazione, acqua e aria;
- Moltitudine di indicatori per alveare;
- Organizzazione sociale retta su regole "ripetitive" e "codificate".

L'attività apistica, pertanto, avrà come obiettivo primario quello della tutela della biodiversità, svolgendo una funzione principalmente di ambientale ed ecologica oltre che produttiva.

Dimensionamento dell'apiario

Per calcolare il quantitativo di arnie da posizionare sulla base della superficie agricola disponibile facciamo riferimento al concetto di UBA, concetto che esprime sinteticamente il carico di "bestiame" potenzialmente attribuibile ad una determinata superficie. Le unità bovino adulto (UBA) considerano la quantità e la qualità (contenuto in azoto, fosforo ...) dei reflui in modo da poter facilmente confrontare l'impatto ambientale di differenti allevamenti. Il carico viene valutato come risultato del rapporto UBA/superficie(ha). Il Dm. n. 1420/2015 stabilisce che il pascolamento è soddisfatto quando la densità minima è di 0,2 UBA per ettaro (riferita all'anno di presentazione della domanda). La maggior parte delle Regioni ha introdotto deroghe al Dm. n. 1420/2015, in particolare al carico minimo di bestiame da 0,2 UBA/ettaro, stabilito a livello nazionale. La Circolare Agea n. ACIU.2015.569 del 23 dicembre 2015, integrata dalla Circolare Agea n. ACIU.2016.161 del 18 marzo 2016, riepiloga le deroghe regionali. Ovviamente l'incidenza delle UBA su carichi di bestiame bovino, ovino e caprino, ecc.. risulta indubbiamente legato ad ampie estensioni di territorio. Per le api, invece, l'estensione non è di alcuna importanza se non rapportata alla quantità di cibo a breve distanza che le api possono avere. Nella realtà dei fatti bastano poche decine di mq per arrivare da un carico di arnie sufficiente a coprire diverse decine di ettari. Nel caso specifico, per il dimensionamento del numero di arnie da posizionare, ci si rifà alla tabella sotto riportata, dove è specificato il fattore di conversione per singolo alveare.

Specie di animali	Uba/capo	50 Uba	120 Uba
Bovini 24 mesi	1,0000	50	120
Bovini 6 - 24 mesi	0,6000	83	200
Bovini 6 mesi	0,2857	175	420
Suini da riproduzione	0,8000	62	150
Suineti 3 mesi	0,0914	547	1.313
Suini leggeri da macello 6 mesi	0,4572	109	262
Suini da macello 9 mesi	0,4572	109	262
Polli e fagiani da riproduzione	0,0169	2.959	7.101
Galline ovaiole	0,0106	4.716	11.321
Polli da allevamento e fagiani 6 mesi	0,0040	12.500	30.000
Polli da carne 3 mesi	0,0054	9.259	22.222
Galletti 2 mesi	0,0034	14.706	35.294
Tacchini da riproduzione	0,0274	1.825	4.380
Tacchini da carne leggeri 4 mesi	0,0146	3.425	8.219
Tacchini da carne pesanti 6 mesi	0,0229	2.183	5.240
Anatre e oche da riproduzione	0,0183	2.732	6.557
Anatre, oche e capponi 6 mesi	0,0114	4.386	10.526
Faraone da riproduzione	0,0083	6.024	14.458
Faraone 4 mesi	0,0051	9.804	23.529
Stamne, pernici e coturnici da riproduzione	0,0054	9.259	22.222
Stamne, pernici e coturnici 6 mesi	0,0034	14.706	35.294
Piccioni e quaglie da riproduzione	0,0054	9.259	22.222
Piccioni, quaglie e altri volatili 2 mesi	0,0034	14.706	35.294
Conigli e porcellini d'India da riproduzione	0,0123	4.065	9.756
Conigli e porcellini d'India 3 mesi	0,0077	6.494	15.584
Lepri, visoni, nutrie cincillà	0,0143	3.497	8.392
Volpi	0,0657	761	1.826
Ovini	0,1500	333	800
Caprini	0,1500	333	800
Pesci, crostacei e molluschi da riproduzione (quintali)	0,1829	273	656
Pesci, crostacei e molluschi da consumo (quintali)	0,1143	437	1.050
Cinghiali e cervi	0,1429	350	840
Daini, caprioli e mulloni	0,0714	700	1.681
Equini da riproduzione	0,7429	67	161
Puledri	0,2857	175	420
Alveari (famiglia)	0,1143	437	1.050
Lumache (consumo) (quintali)	0,1143	437	1.050
Struzzi da riproduzione	0,1000	500	1.200
Struzzi da carne	0,0714	700	1.681

Figura 43 - Unità di bestiame adulto - Tabella di conversione in alveari

Considerando che 1 UBA di bovino a 24 mesi corrisponde a 0,1143 UBA per alveare (famiglia), su una estensione di circa 33 ettari (prendiamo in esame tutta la superficie inerbita sotto i moduli e la fascia di mitigazione arbustiva), con un carico minimo di bestiame di 0,2 UBA/ettaro (stabilito a livello nazionale), il calcolo per stabilire il quantitativo di arnie da collocare sarà quello sotto riportato. Su 2,35 ha (fascia di mitigazione perimetrale), con densità minima di 0,2 UBA/ha, avremo bisogno di 0,47 UBA in totale. Pertanto, applicando il fattore di conversione per gli alveari (0,1143 UBA), si provvederà a collocare nei siti di impianto circa 5 arnie.

Obiettivi e costi di impianto fascia di mitigazione

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'installazione di un parco fotovoltaico possa comprometterne un ottimale stato di conservazione. 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.

Di seguito si riporta un prospetto sintetico delle varie lavorazioni e voci di costo per la fornitura e la messa in opera di piante arbustive nella fascia perimetrale di mitigazione.

	Codice	Descrizione	U.M.	Q.tà	Prezzo		
MITIGAZIONE PERIMETRALE	2505017	Ripulitura totale di terreno infestato da cespugliame, mediante tagli eseguiti con mezzi manuali o, al massimo, con ausilio di decespugliatore meccanico a spalla, compreso l'allontanamento e/o bruciatura del materiale di risulta. In terreno mediamente infestato	ha	2,35	1.150,00	€/ha	2.702,50 €
	2505002	Lavorazione del terreno alla profondità di m 0,3 – 0,5 compreso amminutamento ed ogni altro onere. Superficie effettivamente lavorata. Terreno sciolto – medio impasto	ha	2,35	590,00	€/ha	1.386,50 €
	2505003	Fornitura e spandimento di ammendante organico, letame maturo, prevedendo un quantitativo minimo di 3 kg/mq, da eseguirsi tra l'aratura e la finitura superficiale	ha	2,35	1.170,00	€/ha	2.749,50 €
	2505004	Lavorazione di finitura superficiale del terreno, eseguita con attrezzi a denti, con esclusione di attrezzi rotativi ad asse orizzontale, compreso interrimento ammendante organico predistribuito, fino alla completa preparazione del terreno per la posa a dimora delle piante	ha	2,35	280,00	€/ha	658,00 €
	2505006	Fornitura e piantagione di essenze arboree o arbustive, in vasetto o alveolo, compresa l'apertura di buca 20 x 20 cm; collocamento a dimora delle piante; compresa la ricolmatura e la compressione del terreno; fornitura e posa di tutore (bambù); prima irrigazione (20 l/pianta); compreso oneri per picchettamento e allineamento. Piante autoradiccate di 2 anni, h: 1,30-1,50 m	cad	5000	6,79	cad	33.950,00 €
							41.446,50 €

Figura 44 - Costi impianto fascia di mitigazione perimetrale

15. ANALISI RICADUTE OCCUPAZIONALI

In relazione al progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico in agro di San Severo, in provincia di Foggia, si fa notare che l'utilizzo dei terreni per scopi colturali, secondo le specifiche tecniche della relazione pedoagronomica, 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 in esame. Per la gestione delle opere di natura squisitamente agricola si è fatto riferimento alla deliberazione C.R. n.69 del 30.01.1996 concernente l'applicazione in Puglia del Reg. CEE n.2328/91 – All. n.3 punto 1.1, ultimo capoverso inerente alla “Determinazione del fabbisogno di lavoro occorrente per ordinamento produttivo aziendale e parametri ettaro/coltura”.

COLTURE	PROVINCIA				
	BARI	BRINDISI	FOGGIA	LECCE	TARANTO
ARBORACEE					
Vite:					
- allevata ad alberello	350	350	350	350	350
- allevata a spalliera	420	420	420	420	420
- allevata a tendone - uva da vino	480	480	480	480	480
- allevata a tendone - uva da tavola	700	700	700	700	700
- allevata a tendone coperto - uva da tavola	850	850	850	850	850
Olivio					
Olivio da olio:					
- cesto d'impianto tradizionale	280	280	280	280	280
- cesto d'impianto intensivo	380	380	380	380	380
Olivio da mensa:	520	520	520	520	520
Fruttiferi					
Actinidia	500	500	500	500	500
Agurmi	600	600	600	600	600
Albicocco, susino	420	420	420	420	420
Cherigo	470	470	470	470	470
Mandorlo	220	220	220	220	220
Melo	450	450	450	450	450
Nektarina, pesco e percoso	300	300	300	300	300
ERBACEE					
Cereali	45	35	30	35	45
Mais da granella	95	95	95	95	95
Sorgo	65	65	65	65	65
Legumi secchi	50	50	40	50	50
Barbabietola	160	160	160	160	160
Colza	45	35	30	35	45
Girasole	40	40	40	40	40
Sola	40	40	40	40	40
Tabacco	650	650	650	650	650
Ortaggi irrigui in pieno campo: - ciconia, cipolla, cocomero, melone, finocchio, insalata, zuccina, sedano, carota	420	420	420	420	420
- melanzana, peperone	520	520	520	520	520
- carciofo	600	600	600	600	600
- asparago	800	800	800	800	800
- fragola	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500
- cavolo e cavolfiore, fava fresca, patata, broccolo	300	300	300	300	300
- prezzemolo, spinacio	100	100	100	100	100
- pomodoro mensa	650	650	650	650	650
- pomodoro industria (raccolta meccanica)	400	400	400	400	400
- pomodoro industria (raccolta manuale)	600	600	600	600	600
Ortaggi irrigui in coltura protetta	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Vivai di piante ortive in coltura protetta	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Fiori in pieno campo	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
Fiori recisi in coltura protetta:					
- garofano	17.000	17.000	17.000	17.000	17.000
- rosa	8.500				5.500
- bulbose in genere	3.000				2.700
- gerbera, gypsophila	9.000				6.000
Piante ornamentali in vaso in coltura protetta	20.000				
Verde ornamentale	1.000				1.000

FORAGGERE					
Erba:					
- granoturco e sorgo (mat. Cerosa)	55	55	55	55	55
- medica	70	70	70	70	70
- erbai polifiti ed altri monofiti	60	60	60	60	60
Pascolo	5	5	5	5	5
Prato - pascolo	25	25	25	25	25
Bosco e pascolo arborato	15	15	15	15	15
Terreni a riposo (set-aside, maggese, ecc.)	10	10	10	10	10

Figura 45 - Parametri regionali per il calcolo dell'impiego della manodopera familiare: fabbisogno di lavoro (ore) per ettaro di coltura

Per il calcolo del fabbisogno della forza lavoro necessaria per la gestione di un Ficodindieto consideriamo la categoria "Fruttiferi": utilizzando tale tabella e confrontando tali lavori con la realtà di alcune aziende agricole di indirizzo analogo, stimiamo come forza lavoro circa 180 ore/ha per anno. Le superfici effettivamente coltivate che andranno gestite saranno pari a 62,5. Complessivamente, quindi, per la gestione annuale dell'impianto nella sua totalità occorreranno circa 11250 ore di lavoro. La somma delle giornate di lavoro porta il totale complessivo annuo a circa 1689 giornate lavorative. Considerando la media di 20 giornate lavorative al mese (da CCNL di categoria, orario lavorativo pari a 6 ore e 40 min al giorno), per singolo dipendente, otteniamo a livello annuale circa 220 giornate; pertanto, il numero di unità lavorative presenti sarà pari a 8 ULU.

16. VERIFICA DEI REQUISITI AGRIVOLTAICO

In relazione alle norme relative agli impianti agrivoltaici, regolamentati dalle linee guida del MITE (oggi MASE), e richiamate nelle recenti norme CEI 82.93 e UNI PdR 148/2023, si fa presente che il presente impianto, per la configurazione dei moduli scelta, rientra nella definizione di “agrivoltaico avanzato” in quanto in considerazione dell’altezza dei moduli dal piano di campagna, la superficie che si proietta sotto risulta coltivabile e, pertanto, tutte le aree recintate risulteranno coltivate come se fosse un “pieno campo”.

Tale impianto, quindi, rispecchierà i requisiti sopra richiamati e, in particolare, il Requisito A, B, C e D.

REQUISITO A: l’impianto rientra nella definizione di “agrivoltaico”

Requisito A.1): Superficie minima coltivata deve essere almeno il 70 % della superficie totale di un sistema Agrivoltaico - Sagricola $\geq 0,70$ Stot

Requisito A.2): La percentuale complessiva coperta dai moduli fotovoltaici (LAOR) deve essere inferiore o uguale al 40% (LAOR $\leq 40\%$)

LAOR (Land Area Occupation Ratio): rapporto tra la superficie totale di ingombro dell’impianto agrivoltaico (Spv), e la superficie totale occupata dal sistema agrivoltaico (Stot).

Superficie totale di ingombro dell’impianto agrivoltaico (Spv): somma delle superfici individuate dal profilo esterno di massimo ingombro di tutti i moduli fotovoltaici costituenti l’impianto (superficie attiva compresa la cornice).

REQUISITO B: Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica dell’impianto, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli.

Requisito B.1): Occorre garantire la continuità dell’attività agricola e pastorale sul terreno oggetto dell’intervento. Per verificare questo requisito sarà necessario dotarsi di un sistema di monitoraggio secondo le linee guida del CREA-GSE. Tuttavia, le linee guida iniziano ad individuare due aspetti di attenzione: il valore della produzione agricola in €/ha o €/unità di bestiame adulto e il mantenimento dell’indirizzo produttivo o, eventualmente, il passaggio ad un nuovo indirizzo produttivo di valore economico più elevato.

Requisito B.2): In base alle caratteristiche degli impianti agrivoltaici analizzati, si ritiene che, la produzione elettrica specifica di un impianto agrivoltaico (FVagri in GWh/ha/anno) correttamente progettato, paragonata alla producibilità elettrica specifica di riferimento di un impianto fotovoltaico standard (FVstandard in GWh/ha/anno), non dovrebbe essere inferiore al 60 % di quest’ultima. ($F_{agri} \geq 0,6 \cdot F_{standard}$).

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;

REQUISITI D): i sistemi di monitoraggio

Il sistema agrivoltaico deve essere dotato di un sistema di monitoraggio che consente di verificarne le prestazioni:

Requisito D.1) il risparmio idrico;

Requisito D.2) la continuità dell'attività agricola, ovvero: l'impatto sulle colture, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture o allevamenti e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate.

REQUISITO E: Al fine di valutare gli effetti delle realizzazioni agrivoltaiche, il PNRR prevede altresì il monitoraggio dei seguenti ulteriori parametri:

- E.1) il recupero della fertilità del suolo;
- E.2) il microclima;
- E.3) la resilienza ai cambiamenti climatici.

VERIFICA DEI PARAMETRI

A.1) Superficie minima per l'attività agricola

Stot = 67,6266 ha

70 % Stot = 47,34 ha

• Area destinata alla produzione agricola (area di progetto al netto dell'area occupata dalla viabilità interna e dai locali tecnici):

Sagricola = 62,5 ha (pari al 92,42%)

Sagricola \geq 0,7 · Stotale

[Il parametro risulta verificato]

A.2) Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR)

Spv = 19,68 ha - Stot = 67,6266 ha

Spv / Stot = 29,1 %

LAOR < 40%

[Il parametro risulta verificato]

B.1) la continuità dell'attività agricola e pastorale sul terreno oggetto dell'intervento

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. In particolare, in merito alla verifica del presente requisito, che si riferisce alla continuità dell'attività agricola e pastorale sul terreno oggetto dell'intervento, si specifica quanto segue. Le verifiche degli investimenti colturali ante miglioramento configurano la struttura aziendale come marginale e poco produttiva (considerata anche la trascuratezza nel mantenimento degli elementi arborei). Il tessuto originario ha storicamente fatto riferimento ad un tipo di agricoltura tradizionale vocata sia alla coltivazione estensiva a indirizzo cerealicolo. Una tale gestione colturale ha impoverito il terreno e, conseguentemente, anche la resa media per ettaro. I nuovi investimenti rappresentano un evidente miglioramento della configurazione agroproduttiva, che oltre ad assicurare una redditività certa e potenziale, di fatto, rappresentano un modo per migliorare le

condizioni di campagna e garantire continuità nel settore agricolo con l'inserimento di una coltura dalle tante prospettive, il Fico d'India. In tal senso il cambiamento dell'identità colturale, che da sempre prevedeva una agricoltura che impoveriva il suolo ha di fatto segnato un punto di svolta. Anche considerando i prezzi più bassi raggiungiamo e superiamo i redditi tradizionali (così come specificato nel paragrafo inerente al piano colturale) e, pertanto, il requisito risulta verificato.

[Il parametro risulta verificato]

B.2) Producibilità elettrica minima

$FV_{agri} = 62,425 \text{ GWh/anno} \div 63,18 \text{ ha} = \mathbf{0,988}$ [GWh/ha/anno]

$FV_{standard} = 72,058 \text{ GWh/anno} \div 63,18 \text{ ha} = 1,14$ [GWh/ha/anno] (*produzione standard calcolata con impianto fisso a 31,7°, superficie 63,18 ha, perdite 14°, densità installativa pari a 0,8 MW/ha*)

$\mathbf{0,6 \cdot FV_{standard} = 0,684}$ [GWh/ha/anno]

$FV_{agri} = 0,988 \geq 0,6 \cdot FV_{standard}$

[Il parametro risulta verificato]

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;

L'altezza minima dal suolo raggiunta dai moduli risulta superiore a 2,1 m. In questo caso si parla di impianti FV di TIPO 1), in cui l'altezza minima dei moduli è studiata in maniera tale da consentire la continuità delle attività agricole anche sotto ai moduli fotovoltaici. Si configura una condizione nella quale esiste un doppio uso del suolo e una integrazione massima tra l'impianto agrivoltaico e la coltura, e cioè i moduli fotovoltaici svolgono una funzione sinergica alla coltura, che si può esplicitare nella prestazione di protezione della coltura (da eccessivo soleggiamento, grandine, etc.) compiuta dai moduli fotovoltaici.

[Il parametro risulta verificato]

D.1) Il risparmio idrico

Il piano delle opere verde e della coltivazione agricola in tutte le aree di impianto compresa la fascia di mitigazione, prevedrà l'impiego di colture in asciutto, senza l'ausilio di pratiche di gestione irrigua artificiale.

[Il parametro risulta verificato]

D.2) Monitoraggio della continuità dell'attività agricola

Al fine di soddisfare il requisito per l'impianto è previsto un sistema di monitoraggio che permetta di verificare le prestazioni del sistema agrivoltaico con particolare riferimento alle seguenti condizioni di esercizio. Nella fattispecie, in ogni fase del progetto, dall'ante-operam alla fase di esercizio, sarà previsto un piano di monitoraggio delle singole componenti ambientali, come dettagliato nell'elaborato specifico P.M.A.. Tutto ciò consentirà di verificare l'applicazione del modello agronomico proposto in fase di progettazione definitiva. Il modello rimarrà pressoché lo stesso ma potrà essere implementato e/o migliorato con taluni accorgimenti sulla base delle verifiche legate al monitoraggio ambientale.

È previsto, inoltre, un piano di monitoraggio per le opere a verde nella fascia di mitigazione che non può prescindere da precisi e puntuali interventi di manutenzione. 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 di soccorso;
- difesa fitosanitaria;
- potature di contenimento e di formazione;
- pratiche di fertilizzazione.

Le opere di progetto 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. L'impianto agrivoltaico verrà gestito esattamente come una "moderna" azienda agricola e, pertanto, si attizzerà adottando tecnologie innovative e tracciabilità di prodotto alle colture.

[Il parametro risulta verificato]

REQUISITO E)

In aggiunta a quanto sopra, al fine di valutare gli effetti delle realizzazioni agrivoltaiche, il PNRR prevede altresì il monitoraggio dei seguenti ulteriori parametri:

- E.1) il recupero della fertilità del suolo;
- E.2) il microclima;
- E.3) la resilienza ai cambiamenti climatici.

E.1) in relazione al monitoraggio del recupero della fertilità del suolo, il protocollo che si intende seguire prevede analisi del terreno ogni 3-5 anni per identificare le caratteristiche fondamentali del suolo e la dotazione di elementi nutritivi, quali : scheletro, tessitura, carbonio organico, pH del suolo, calcare totale e calcare attivo, conducibilità elettrica, azoto totale, fosforo assimilabile, capacità di

scambio cationico (CSC), basi di scambio (K scambiabile, Ca scambiabile, Mg scambiabile, Na scambiabile), Rapporto C/N, Rapporto Mg/K.

E.2) in merito al monitoraggio del microclima lo si potrà gestire eventualmente con l'installazione di sensori di umidità e pioggia che permettono di registrare e ottenere numerosi dati relativi alle colture (ad esempio la bagnatura fogliare) e all'ambiente circostante (valori di umidità dell'aria, temperatura, velocità del vento, radiazione solare). I risultati dei monitoraggi verranno appuntati nel relativo quaderno di campagna.

E.3) La produzione di elettricità da moduli fotovoltaici sarà realizzata in condizioni tali da non pregiudicare l'erogazione dei servizi e/o le attività eventualmente impattate in ottica di cambiamenti climatici attuali o futuri. Come stabilito nella circolare del 30 dicembre 2021, n. 32, sarà prevista una valutazione del rischio ambientale e climatico attuale e futuro in relazione a possibili alluvioni, nevicate, innalzamento dei livelli dei mari, piogge intense, ecc. per individuare e implementare le necessarie misure di adattamento in linea con il Framework dell'Unione Europea. Pertanto, nella fase di progettazione esecutiva sarà prodotta una relazione recante l'analisi dei rischi climatici fisici in funzione del luogo di ubicazione, individuando le eventuali soluzioni di adattamento;

[Il parametro risulta verificato]

17. VALUTAZIONI FINALI

La sfida che comporta un connubio tra fotovoltaico e agricoltura è certamente ambiziosa e stimolante. I dati tecnico scientifici ottenuti da prove “in campo” confermano questo “matrimonio” e ne accentuano la vantaggiosità. I dati di confronto delle radiazioni solari sono decisamente confortanti e sono da considerare in funzione di una serie di svariati fattori: all'aperto in pieno i valori PPFD variano a seconda della latitudine, del periodo dell'anno e della copertura nuvolosa per esempio. L'analisi studio condotta ha tenuto conto della gestione delle colture da pieno campo da cui si otterrà un livello occupazionale importante e, conseguentemente, un reddito agricolo interessante, oltre a tutti i benefici che sono stati ampiamente descritti.

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. Le verifiche degli investimenti colturali ante miglioramento configurano la struttura aziendale come marginale e poco produttiva. Il tessuto originario ha storicamente fatto riferimento ad un tipo di agricoltura tradizionale vocata alla monocoltura e, in particolare, alla coltivazione del grano. Non sono presenti, quindi, produzioni di pregio (quali DOC, IGT, DOP o IGP, ecc...). I nuovi investimenti, invece, rappresentano un evidente miglioramento della configurazione agroproduttiva, che oltre ad assicurare una redditività importante, di fatto, rappresentano una continuità del settore agricolo così come previsto dai parametri delle Linee Guida. Alla luce di quanto fino ad ora menzionato si ritiene che le opere descritte si inseriscano perfettamente ed armonicamente nel contesto sia agricolo che paesaggistico attuale, implementandolo e migliorandolo. Le aree di impianto, nel corso degli anni, promuoveranno e sosterranno una convivenza compatibile tra ecosistema naturale e/o agricolo ed ecosistema umano, nella reciproca salvaguardia dei diritti territoriali di mantenimento, evoluzione e sviluppo dell'ecosistema agrario nella sua complessità.

Il Tecnico
Dott. Agr. Paolo Castelli



