



Regione Basilicata
Provincia di Potenza
Comune di Montemilone



Impianto FV "Montemilone"

Potenza DC di impianto 19,992 MWp – potenza AC di immissione in RTN 16,958 MWp
Integrato con l'Agricoltura
con annesso sistema di accumulo di energia a batterie
Potenza 10,00 MW

Titolo:

RELAZIONE AGRONOMICA E FLORISTICA
inerente la valenza **agrivoltaica** del progetto

Numero documento:

Commissa	Fase	Tipo doc.	Prog. doc.	Rev.
2 2 3 6 0 3	D	R	0 5 0 0	0 0

Committente:



SINERGIA GP21

SINERGIA GP21 S.R.L.
CENTRO DIREZIONALE, IS. G1, SCC, INT 58
80143 NAPOLI
PEC: sinergia_gp21@pec.it
Rappresentante, Sviluppatore e Coordinatore: **ing. Filippo Mercorio**



PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione:



PROGETTO ENERGIA S.R.L.

Via Serra 6 83031 Ariano Irpino (AV)
Tel. +39 0825 891313
www.progettoenergia.biz - info@progettoenergia.biz

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATI
INTEGRATED ENGINEERING SERVICES



Dottore Forestale
Tito Angelini

Tito Angelini



Sul presente documento sussiste il DIRITTO di PROPRIETA'. Qualsiasi utilizzo non preventivamente autorizzato sarà perseguito ai sensi della normativa vigente

REVISIONI	N.	Data	Descrizione revisione	Redatto	Controllato	Approvato
		00	30.03.2023	EMISSIONE per autorizzazione		

SOMMARIO

1. PREMESSE E GENERALITÀ

2. INDIVIDUAZIONE DEI LUOGHI, GEO-PEDOLOGICO, CLIMATICO E VEGETAZIONALE.

3. IL POSSIBILE UTILIZZO AGRICOLO DI UN CAMPO FOTOVOLTAICO : L'AGRIVOLTAICO.

3.1 COLTIVAZIONE ERBACEA

3.1.3 Ciclo colturale della patata

3.1.3 Ciclo colturale del fagiolo

3.1.3 Ciclo colturale dell'orzo

4. COMPATIBILITÀ E COESISTENZA TRA IMPIANTO FOTOVOLTAICO E ATTIVITÀ DI COLTIVAZIONE.

5. ESTENSIONE DEL TERRENO COLTIVABILE.

6. CONCLUSIONI.

1. PREMESSE R GENERALITÀ .

Lo scrivente dottore forestale Tito Angelini da Piedimonte Matese (CE), iscritto all'Albo dei Dottori Agronomi e dei Dottori Forestali della Provincia di Caserta con il n° 134 di sigillo, è stato incaricato di redigere la presente relazione agronomica, a supporto specialistico del progetto di realizzazione di un impianto agrioltaico in agro del Comune di Montemilone (Pz).

Proponente del progetto è la Società SINERGIA GP21 s.r.l., con sede in Napoli, che ha anche commissionato la presente relazione.

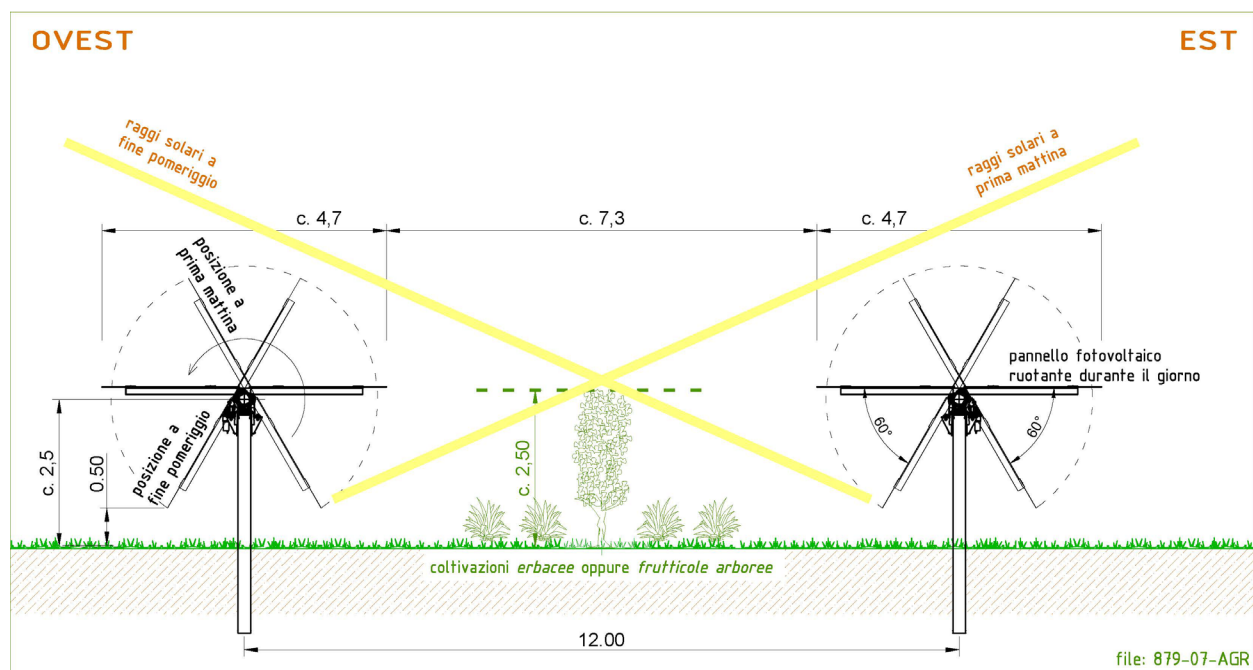
L'agrioltaico è un sistema di produzione energetica sostenibile che permette la generazione di energia pulita continuando a coltivare i terreni, nelle porzioni lasciate libere tra le file dei moduli fotovoltaici.

Atteso che l'impianto fotovoltaico sarà realizzato con pannelli su strutture non fisse, ma incernierati e rotanti cosiddette "tracker", per poter "inseguire" il sole quotidianamente, restano disponibili, per gli usi agricoli, delle strisce di terreno interposte ai pannelli, di larghezza completamente libera di circa 7,3 m.

Tali strisce di terreno, ben si prestano ad ospitare colture agrarie; ciò al duplice scopo di:

- incrementare il reddito, seppure in maniera non preponderante, derivante dalla gestione del campo;
- rendere meno impattante, dal punto di vista agricolo, la realizzazione dell'impianto di produzione energetica.

Il grafico seguente mostra lo schema costruttivo dell'impianto, con gli effetti di ombreggiamento a carico della coltivazione.



Va subito evidenziato che in questo schema AGRIVOLTAICO, la componente agricola è complementare alla presenza delle strutture/pannelli, per cui la coltivazione agricola sviluppabile potrà essere compatibile con il buon funzionamento dell'impianto fotovoltaico (non si potranno utilizzare, infatti, specie arboree che si sviluppino più alte di circa $2,3 \div 2,5$ m, né che ingombrino troppo in larghezza).

Ciò nondimeno, il mantenimento in attività del terreno dal punto di vista agricolo, con la presenza di un reddito aggiunto, evita l'abbandono dello stesso e contemporaneamente evita anche rischi di suo impoverimento per eventuale uso di diserbanti che potrebbero utilizzarsi per tenere il campo pulito in assenza di coltivazioni controllate.

Il sito interessato dalla realizzazione dell'impianto fotovoltaico integrato con la permanenza della coltivazione dei terreni nelle porzioni lasciate libere tra le file dei moduli fotovoltaici, così da ottenere l'impianto AGRIVOLTAICO di cui trattasi è situato nel Comune di Montemilone (Pz) e fa parte della azienda agricola della signora Zecchina Carla, con cui la società Sinergia GP21 Srl ha in essere (quale cessionaria della sua controllante Sinergia EGP1 Srl) un contratto preliminare per la cessione del diritto di superficie dell'intero appezzamento di terreno, per una superficie di circa 45,2 ettari.

Catastalmente l'appezzamento di terreno tutto ricadente nel foglio 26 è formato dalle particelle 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 89 di superficie complessiva circa 84,34 ettari, di cui su una parte di 45,2 ettari è previsto l'intervento di progetto.

Per accordi tra la suddetta proprietaria e la società Sinergia GP21 Srl, che è la proponente dell'impianto fotovoltaico, viene lasciato alla proprietaria stessa la facoltà di condurre o far condurre, durante l'intero ciclo di vita dell'impianto fotovoltaico (previsto per non meno di 30 anni), la attività agricola all'interno del parco fotovoltaico, facendo così coesistere la *primaria* attività di produzione di energia elettrica da fonte solare e la *secondaria* attività agricola nello spazio lasciato libero dalle strutture tracker, fermo restando il rispetto, da parte dei conduttori della attività agricola di regole comportamentali, secondo precisi disciplinari, che dovranno essere rispettate per non interferire con la funzionalità e produttività dei pannelli fotovoltaici.

Detti disciplinari riguarderanno, tra l'altro, i tempi e gli orari di lavorazione e la tipologia dei macchinari e attrezzature compatibili con la presenza dell'impianto fotovoltaico, tali da prevenire ed evitare pericoli di danneggiamenti allo stesso.

Le coltivazioni dovranno essere compatibili con l'impianto fotovoltaico, oltre che rispettose delle tradizioni agricole del luogo, benché queste dovranno essere collaterali e non prevalenti rispetto alla attività primaria di produzione di energia elettrica.

In tale ottica sono state valutate, insieme alla proprietaria, le possibili coltivazioni sia erbacee che arboree sviluppabili e compatibili con la presenza dell'impianto, e quindi di accettabili dalla società Sinergia GP21 Srl, detentrica della titolarità, una volta autorizzato, dell'impianto fotovoltaico.

La presente relazione agronomica, quindi, tende anche a fornire un contributo all'approfondimento delle colture sviluppabili nel caso di specie, tenendo conto, già in questa fase, delle possibili compatibilità delle attività agricole "non invasive" rispetto alla presenza dell'impianto fotovoltaico, e che, naturalmente, non siano esse stesse negativamente condizionate nel loro ciclo di sviluppo (*germinazione, fioritura, maturazione dei frutti*) dalla presenza dei pannelli fotovoltaici.

2. INDIVIDUAZIONE DEI LUOGHI, INQUADRAMENTO CLIMATICO E VEGETAZIONALE

Come già detto, il terreno interessato dall'installazione dell'impianto agrolvoltaico è ubicato in agro del Comune di Montemilone (Pz), alla località "Perillo".



Cartograficamente il sito ricade nella tavola "435160 - Montemilone, Venosa" della C.T.R. Basilicata in scala 1:10.000.

Il territorio è caratterizzato da fattori geologici ed idrogeologici che hanno fatto assumere allo stesso una forma sub-pianeggiante; nell'area di interesse progettuale le quote variano intorno al valore medio di 340 m slm.

Il clima viene notevolmente influenzato dalla configurazione orografica e morfologica della zona. Il territorio si può classificare come appartenente alla zona peninsulare-interna, con una temperatura media annua che si aggira intorno ai 13°C.

Alle temperature basse o bassissime invernali, fanno riscontro, d'estate, temperature elevate che possono raggiungere i 40°C. L'andamento della temperatura si presenta alquanto regolare, verificandosi progressivi aumenti da marzo ad agosto, mentre i limiti estremi inferiori sono raggiunti nel periodo dicembre-febbraio.

Gli inverni, lunghi e piuttosto rigidi, sono caratterizzati anche da nevicate, a volte abbondanti; l'estate, invece, è breve e asciutta e le stagioni intermedie (primavera-autunno) mancano quasi del tutto.

Le piogge, concentrate nei mesi che vanno da ottobre a marzo, sono scarse nel periodo primaverile-estivo, tanto che spesso, in uno o due mesi dell'anno, cade dalla terza parte alla metà delle piogge di tutto l'anno; esse si presentano, in tali circostanze, sotto forma di acquazzoni, con intensità che può raggiungere i 50-60 mm. di pioggia.

La media annua dei giorni piovosi oscilla intorno a 100 e l'altezza pluviometrica va dai 600 mm, nella zona valliva e piana, ai 1.000 mm alle quote più elevate.

Pertanto, la piovosità, in complesso scarsa, è aggravata dalla concentrazione nel periodo autunno-inverno. In tale periodo si riscontrano inoltre dei massimi di piovosità: uno nei mesi di ottobre-novembre e l'altro nel mese di gennaio; di contro le minime piovosità si verificano nei mesi di giugno e agosto.

Le basse temperature sono accompagnate spesso dal vento, che può assumere caratteri impetuosi, specie nel periodo primaverile, raggiungendo la velocità di 60 chilometri l'ora.

La nebbia è presente con maggior frequenza in inverno; la grandine è la più temuta meteora, per il forte danno che arreca alle colture, il cui periodo di caduta è generalmente tra la metà di giugno e fine luglio.

Grande importanza ha pure la nebulosità, che nel periodo inverno-primavera, determina una lussureggiante vegetazione, mentre è minima o nulla nel periodo estivo-autunnale.

3. L'UTILIZZO AGRICOLO DI UN CAMPO FOTOVOLTAICO : L'AGRIVOLTAICO.

Anche se la produzione agricola è da considerarsi complementare, come indicato in premessa, la coesistenza sullo stesso terreno di colture agricole e pannelli fotovoltaici può creare una virtuosa sinergia da cui sia la produzione elettrica sia quella agricola traggono reciproco beneficio.

La produzione agricola può essere orientata verso coltivazioni erbacee oppure arboree, secondo scelte che potranno essere fatte dal conduttore del fondo dal punto di vista agricolo.

Nel seguito si forniscono indicazioni generali sulla metodologia e caratteristiche del tipo di coltivazioni, nell'ottica di evidenziare la possibilità di coesistenza della attività agricola con la presenza delle strutture e dei pannelli fotovoltaici, che non ne impediscono né la vegetazione né la conduzione.

Una prima distinzione va fatta innanzitutto tra :

- coltivazioni **ERBACEE**, che presentano il vantaggio di raggiungere già entro il primo anno la produzione, ma con lo svantaggio di avere più difficoltà a conciliare i metodi di semina e raccolta automatici con la presenza e l'inerenza delle strutture dei pannelli fotovoltaici;
- coltivazioni **FRUTTICOLE ARBOREE**, che presentano lo svantaggio di aver bisogno di almeno 3-4 anni, se non di più, per cominciare a produrre frutti, ma con il vantaggio, d'altra parte, di avere meno problematiche di metodologie di gestione e raccolta che, essendo meno meccanizzate e più manuali rispetto a quelle delle erbacee, presentano meno potenziali difficoltà di interferenza per la presenza delle strutture dei pannelli fotovoltaici.

La scelta dell'una o dell'altra resta nelle valutazioni del conduttore della parte agricola del campo agrivoltaico, che, naturalmente, potrebbe anche intercambiarle a sua discrezione durante il ciclo di vita, previsto trentennale, del campo fotovoltaico.

Nella fattispecie del presente progetto, a Montemilone (Pz) in località Perillo, non si prevede di poter impiantare coltivazioni frutticole arboree in quanto il sito non è servito da sistemi di irrigazione e, quindi, non idoneo per tale tipo di coltivazioni a carattere intensivo.

3.1 COLTIVAZIONE ERBACEA

Qualora si dovesse optare per la coltivazione erbacea, sarà fondamentale rispettare il principio della **"rotazione culturale"**, ossia la successione di colture diverse tra di loro sullo stesso appezzamento, che prevede il ritorno dopo un certo numero di anni della coltura iniziale.

Tale alternanza ha l'obiettivo di riequilibrare le proprietà biologiche, chimiche e fisiche del suolo coltivato, che tendono a perdersi con la coltivazione prolungata della stessa specie vegetale.

Le colture, secondo il loro effetto sul terreno di coltivazione, possono suddividersi in tre gruppi principali:

- colture **preparatrici (o "da rinnovo")**: richiedono cure colturali particolari, quali ottima preparazione del terreno ed equilibrate concimazioni organiche, che a fine ciclo incidono positivamente sulla struttura del terreno (es. mais, barbabietola da zucchero, patata, pomodoro, tabacco, girasole, fava, fagiolo, pisello, lupino ecc.);
- colture **miglioratrici**: aumentano la fertilità del terreno, influenzando sulla struttura fisica, chimica e biologica (es. graminacee pratensi) oppure lo arricchiscono d'azoto (es. leguminose da granella e da foraggio);
- colture **sfruttanti (o "depauperanti")**: sfruttano gli elementi nutritivi presenti nel terreno e lo impoveriscono (ad es. frumento, avena, orzo, segale, riso, mais, sorgo e generalmente tutti i cereali da granella).

Praticare una rotazione colturale è estremamente importante e vantaggioso, per motivi sia di carattere tecnico agronomico sia di carattere economico.

Tra i caratteri agronomici, possono evidenziarsi:

- miglioramento della struttura del suolo e della sua funzionalità;
- incremento dei microrganismi del terreno;
- arricchimento in termini di elementi nutritivi;
- controllo delle avversità biologiche;
- gestione delle erbe infestanti;

Tra i vantaggi economici:

- riduzione del rischio economico sulle colture dovuto a crolli di produzione o di prezzo di un determinato prodotto;
- distribuzione in maniera più regolare dell'impiego delle macchine e della manodopera nel tempo;

Lo schema classico di avvicendamento/rotazione colturale prevede la seguente successione delle colture:

Coltura da Rinnovo ---> Coltura Miglioratrice ---> Coltura Depauperante

Tenuto conto del ciclo colturale delle diverse specie vegetali, delle rispettive esigenze lavorative - in termini di dimensioni delle macchine e degli attrezzi - anche in rapporto alla necessità della indispensabile periodica manutenzione dei pannelli fotovoltaici, oltre che delle condizioni pedoclimatiche stagionali, si ritiene di poter proporre le seguenti tipologie di coltivazione erbacee da effettuare negli spazi compresi tra le file dei pannelli :

- coltura da rinnovo: patata;
- coltura miglioratrice: legumi da granella (fagiolo);
- coltura depauperante: cereali da granella (orzo).

Nel seguito vengono fornite alcune indicazioni sulla tecnica colturale delle specie vegetali sopra evidenziate, da cui si può desumere la possibilità della loro coesistenza con la presenza dell'impianto fotovoltaico.

In particolare, ciò è possibile presupponendo di utilizzare per le lavorazioni agricole dei macchinari di piccole dimensioni, non invasivi, che possono agevolmente muoversi nelle strisce di terreno larghe 4,0÷4,4 m senza danneggiare le strutture e/o i pannelli fotovoltaici.

3.1.1 CICLO COLTURALE DELLA PATATA

Caratteristiche del tubero

La patata, di norma, viene riprodotta per via vegetativa, cioè per mezzo di tuberi-seme (patate da semina). Il tubero possiede delle gemme, dette anche "occhi", disposte con andamento a spirale, da queste gemme ha origine la nuova pianta.

Caratteristiche del terreno e lavorazioni necessarie

Il terreno ideale per la coltivazione della patata è fertile e sciolto, privo di grossi sassi o zolle eccessivamente dure, permettendo pertanto ai tuberi d'ingrandirsi velocemente e raggiungere buone dimensioni.

Il ph del terreno dev'essere compreso tra 5,5 e 7,5.

Il terreno destinato alla patata dev'essere lavorato in profondità (40÷50 cm) in estate, effettuando così anche l'interramento della sostanza organica che, preferibilmente, deve essere sparsa sul terreno prima della fine dell'inverno precedente la semina.

All'aratura si fa seguire una adeguata erpicatura allo scopo di perfezionare il letto di semina. Con gli ultimi interventi preparatori, la superficie del terreno deve essere perfettamente livellata (per la

successiva semina meccanizzata) o assolcata (per la semina a mano).

Tali lavorazioni serviranno, inoltre, al terreno per assumere caratteristiche essenziali di permeabilità. I ristagni idrici sono infatti molto temuti dalla patata che, con eccessi d'umidità nel terreno, potrebbe andare incontro a marciumi dei tuberi.

Concimazione

La patata ha esigenze assai alte di fosforo, molto alte di potassio. Il potassio facilita la sintesi degli zuccheri nelle foglie e la traslocazione di questi nei tuberi. Una buona alimentazione in potassio migliora la qualità dei tuberi, ad esempio abbassando gli zuccheri riduttori. Il fosforo è un fattore di precocità e favorisce lo sviluppo radicale. Le concimazioni di fosforo e potassio che più comunemente si praticano alla patata sono le seguenti:

- fosforo (P_2O_5) 70÷100 kg ha come perfosfato 18÷20 o perfosfato triplo;
- potassio (K_2O) 200÷300 kg ha meglio come solfato potassico.

I concimi fosfo-potassici devono essere interrati se non con l'aratura, almeno con uno dei lavori complementari invernali.

L'azoto è l'elemento più importante in quanto determina l'ampiezza dell'apparato fogliare e la sua efficienza fotosintetica, fattori sui quali si basa l'accumulo di amido nei tuberi. Tuttavia l'azoto in eccesso promuove un eccessivo sviluppo fogliare a scapito dei tuberi, ne ritarda la maturazione e ne diminuisce il contenuto di sostanza secca.

La somministrazione dell'azoto deve avvenire frazionata, in parte prima dell'interramento del "seme" (50%), in parte con localizzazione alla semina, ed in copertura, poco dopo la completa emergenza delle piante. La forma di azoto che meglio si adatta è quella ammoniacale.

Epoca di semina

La semina delle patate (anche se il termine "semina" è improprio, atteso che non vengono interrati semi, ma altre parti della pianta: i tuberi, ossia fusti modificati che crescono sotto terra), nelle zone a clima mite avviene a partire dalla fine del mese di febbraio.

Preparazione dei tuberi e semina

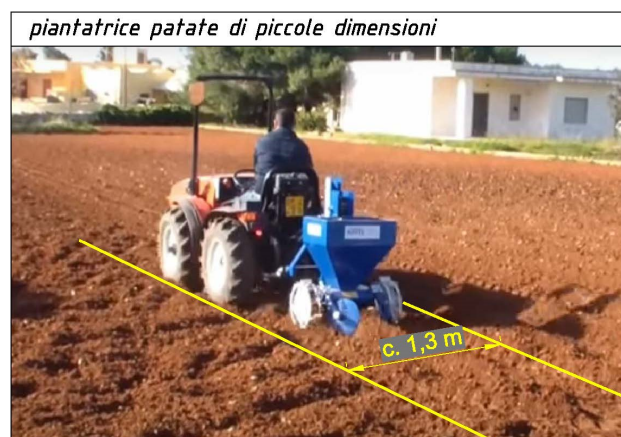
Prima di interrare le patate-seme è necessario stimolarle per indurle a germogliare, mettendo le cassette contenenti i tuberi alla luce e una volta germogliati, controllare che ogni tubero sia sano e rigoglioso.

Al momento della messa a dimora, i getti dovranno essere lunghi circa 1 cm, robusti e vigorosi, in maniera da non provocarne la rottura nel momento in cui verranno ricoperti con la terra.

Se il tubero da interrare è più grande della misura di un uovo, si può dividere in più parti, avendo l'accortezza di lasciare almeno due gemme per pezzo.

Il quantitativo di tuberi normalmente impiegato per la semina è di 20÷30 quintali ad ettaro.

La semina sarà effettuata a mano oppure con piantatrici automatiche; in tal caso le dimensioni possono essere molto contenute, e tali da muoversi agevolmente nella striscia di 4,0÷4,4 m lasciata a completa disposizione della parte agricola.



Sesto di impianto

L'interramento della patata si effettua predisponendo dei solchi sui quali la patata viene adagiata, avendo cura di posizionarla con i germogli rivolti verso l'alto.

La distanza sulla fila (ossia tra ogni singola patata della fila) è di 25-30 centimetri, la distanza tra le file è di 60-70 centimetri.

Dopo la posa dei tuberi-seme il solco viene chiuso, ricoprendo le patate, che devono restare ad una profondità di circa cm 8-10.

CURE COLTURALI

Sarchiatura

Nei terreni soggetti a incrostamento, in relazione all'andamento climatico, è utile una sarchiatura non appena le file siano ben visibili sul terreno. L'operazione è efficace anche come completamento alla lotta chimica contro le infestanti.

Questa operazione consiste nello smuovere e lavorare lo strato superficiale del terreno fino a circa 3÷4 cm di profondità per ossigenare la terra sotto la superficie. Il rimescolamento dello strato superficiale serve anche a rimuovere ed eliminare eventuali elementi estranei presenti, in particolare vecchie radici e piante infestanti e favorire la respirazione delle radici delle piante.

Rincalzatura

La rincalzatura consiste nell'addossare terra dell'interfila alla fila di piante di patata, in modo da favorire l'emissione di rizomi e di radici dalla parte interrata degli steli. Si fa in uno o due passaggi nelle 2÷3 settimane successive alla semina con i germogli allo stadio di 2÷3 foglie formando una "porca"¹ di 20 cm di altezza sul piano di campagna: questo assicura condizioni ottimali di sviluppo alle radici, ai rizomi e ai tuberi-figli.

La rincalzatura favorisce il radicamento, la tuberizzazione e la nutrizione, evita l'inverdimento dei tuberi e protegge questi, sia pur parzialmente, dall'infezione delle spore di peronospora cadute sul terreno.

Irrigazione

La patata ha esigenze idriche abbastanza elevate durante un periodo dell'anno in cui le precipitazioni sono ridotte. Il suo apparato radicale poco profondo, a debole capacità di penetrazione e di suzione, la rendono sensibile allo stress idrico.

Negli ambienti centro-meridionali l'irrigazione è indispensabile; il periodo critico per l'acqua va da 20 giorni prima a 20 giorni dopo l'inizio della fioritura, allorché la patata sviluppa la fase più delicata del suo ciclo che è quella dell'ingrossamento dei tuberi.

In questo periodo non dovranno mancare mai condizioni di buona umidità nel terreno.

I sistemi di irrigazione maggiormente indicati sono l'infiltrazione da solchi e l'aspersione.

RACCOLTA

La raccolta delle patate novelle è anticipata, per motivi di mercato, ad uno stadio in cui il periderma (la "buccia") non è ancora suberificato e si distacca facilmente esercitando con le dita una pressione tangenziale sul tubero.

La raccolta sarà meccanizzata, effettuata utilizzando semplici macchine escavatrici, le quali lasciano in file sul campo i tuberi, che vengono successivamente prelevati, oppure macchine escavatrici raccogliatrici.

Sarà opportuno che la raccolta avvenga con terreno asciutto, non soltanto perché l'operazione è più

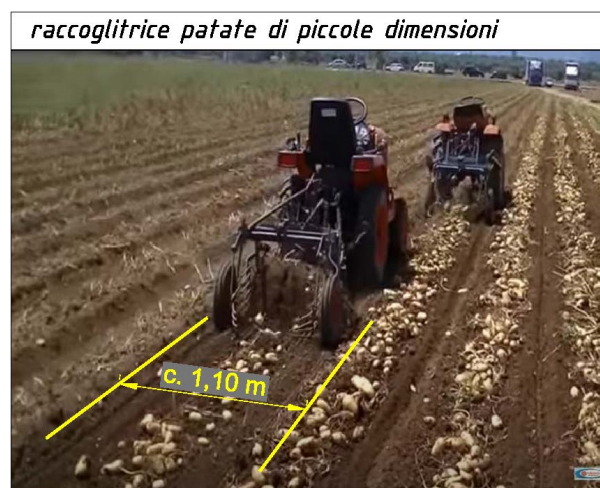
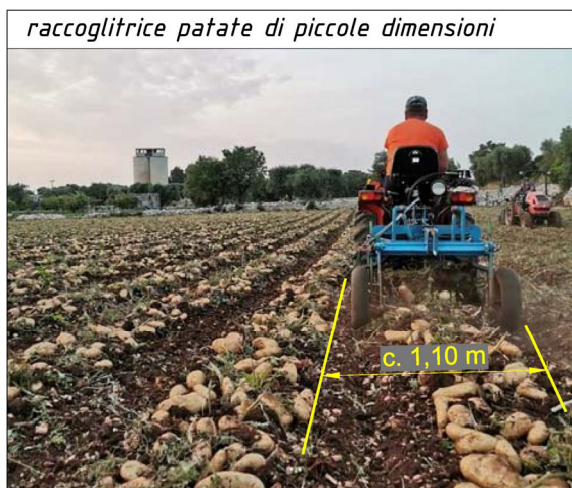
¹ Striscia di terreno di varia ampiezza, sopraelevata sul livello del suolo e compresa tra due solchi, che ha lo scopo di smaltire celermente l'acqua di precipitazione.

agevole, ma anche per raccogliere i tuberi asciutti e puliti.

Le rese unitarie possono variare notevolmente in relazione all'ambiente e alle condizioni di coltura.

Nel caso in esame, si stima una resa in tuberi di 250÷300 q/ha.

Tali operazioni vengono normalmente svolte sia a mano che con macchinari automatici, che in ogni caso sono sempre di modeste dimensioni, così da non avere problemi di interferenze per la presenza delle strutture dei pannelli fotovoltaici.



Avversità. Come per ogni coltura, andranno gestite possibili avversità climatiche e/o da parassiti che potrebbero danneggiare il buon andamento della coltivazione.

3.1.2 CICLO CULTURALE DEL FAGIOLO

Preparazione del terreno.

La preparazione del terreno nel caso di semina primaverile in coltura viene fatta secondo l'itinerario tecnico tradizionale: lavorazione principale a media profondità in estate e ripassature in autunno e/o inverno per affinare il terreno.

La sistemazione idraulica dei campi va curata perché il fagiolo stenta molto a nascere e a crescere su terreni freddi e umidi. La preparazione del letto di semina deve essere particolarmente accurata facendo in modo che il terreno sia molto ben amminutato e non soggetto a formare crosta.

Nel caso di coltura intercalare è conveniente guadagnare tempo, senza preparare il terreno, con buoni risultati ottenibili con la lavorazione minima o, addirittura, con la non lavorazione.

Semina

La semina del fagiolo si può fare su un lungo arco di tempo: da aprile alla fine di luglio- primi di agosto.

Le semine primaverili vanno bene per tutte le varietà e per tutti i tipi di coltura, mentre le semine ritardate presentano vincoli tanto più stretti quanto più avanzata è la data di semina. Per granella secca le ultime semine possibili con le varietà più precoci sono quelle di metà giugno.

Nella grande coltura, dove la meccanizzazione della raccolta s'impone sia nei casi di coltura per granella sia per fagiolini, le varietà sono nane e si seminano a file.

Le quantità di seme variano molto secondo la densità desiderata, la dimensione dei semi e lo stato di preparazione del letto di semina: in genere si va da 100 a 200 Kg di seme per ettaro.

La profondità di semina ottimale è di 40÷60 mm in terreni a grana media, fino a 60÷80 mm in terreni sciolti. Il seme deve essere sempre conciato.

La concimazione del fagiolo deve basarsi sul fosforo e se scarseggia sul potassio.



La semina sarà effettuata a mano oppure con piantatrici automatiche; in tal caso le dimensioni possono essere molto contenute, e tali da muoversi agevolmente nella striscia di 4,0÷4,4 m lasciata a completa disposizione della parte agricola.

CURE COLTURALI

Una rullatura dopo la semina è in genere molto utile.

Il controllo delle infestanti è indispensabile o con la sarchiatura o con il diserbo. In semina primaverile e in ambienti a clima piovoso e/o con terreni freschi, varietà di fagiolo molto precoci possono maturare la granella senza irrigazione, ma nella generalità dei casi, di varietà a ciclo lungo o di semine ritardate, l'irrigazione è indispensabile.

RACCOLTA.

Nella piccola coltura i fagiolini e i baccelli freschi si raccolgono a mano scalarmene, mentre le piante di fagiolo da granella secca si estirpano a mano quando i baccelli hanno cominciato a disseccarsi, si lasciano completare l'essiccazione in campo per essere poi sgranate.

Nella grande coltura tutti i tipi di raccolta possono essere meccanizzati purché le piante siano nane e a maturazione contemporanea. I fagiolini si raccolgono con apposite macchine raccogliatrici (pettinatrici); i fagioli da seme fresco si raccolgono con macchine pettinatrici-sgranatrici semoventi; i fagioli secchi si raccolgono con le normali mietitrebbiatrici.

È considerata buona una produzione di fagioli secchi di 2-2,5 t/ha. Nel caso di fagioli freschi, produzioni buone sono di 12 t/ha da baccelli da sgranare o di 5-6 t/ha di cornetti secondo la varietà e il grado di sviluppo del baccelli.

I semi in magazzino sono molto soggetti agli attacchi del tonchio, per cui il controllo è indispensabile.



La raccolta sarà effettuata a mano oppure con piantatrici automatiche; in tal caso le dimensioni possono essere molto contenute, e tali da muoversi agevolmente nella striscia di 4,0÷4,4 m lasciata a completa disposizione della parte agricola.

Avversità. Come per ogni coltura, andranno gestite possibili avversità climatiche e/o da parassiti che potrebbero danneggiare il buon andamento della coltivazione.

3.1.3 CICLO CULTURALE DELL'ORZO

Preparazione del terreno

I lavori preparatori hanno lo scopo di preparare un appropriato letto di semina e di creare migliori condizioni di abitabilità per la coltura.

Analogamente a quanto per il frumento, tradizionalmente le lavorazioni preparatorie per l'orzo sono le seguenti:

- trinciatura dei residui della coltura precedente;
- aratura, con rovesciamento completo della fetta, a $0,35\div 0,45$ m di profondità;
- affinamento superficiale con successivi passaggi di estirpatore o di erpici divario tipo; non è necessario uno sminuzzamento molto spinto: una leggera zollosità non pregiudica la germinazione e riduce i rischi di formazione di crosta nei terreni limosi in caso di piogge battenti dopo la semina.

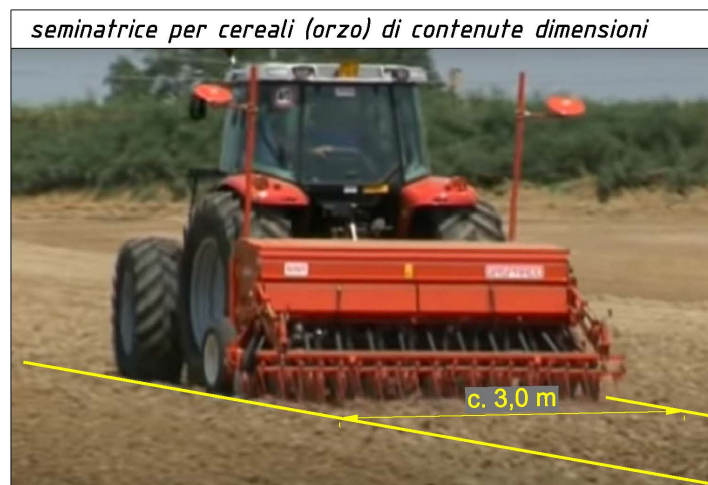
Il tempo disponibile per eseguire la sequenza di lavorazioni necessarie per la semina dell'orzo in ottobre-novembre, varia con la successione colturale, ossia con la data alla quale è raccolta la coltura precedente. Come regola generale prima si ara, meglio è.

Semina

In Italia meridionale la semina autunnale è la norma, scartando le varietà più sensibili al freddo; come intervento di ripiego, a carattere di assoluta eccezionalità, si può ricorrere a quella marzuola.

La semina si fa con la stessa tecnica del frumento.

La concia della semente con anticrittogamici è ancor più importante che nel frumento, per il pericolo aggiuntivo di elmintosporiosi. La carbossina è l'anticrittogamico migliore.



La semina sarà effettuata con piantatrici automatiche; in tal caso le dimensioni potranno essere poco più larghe di un trattore medio, e quindi con larghezza di circa 3,0 m, tali da muoversi con buona tolleranza nella striscia di $4,0\div 4,4$ m lasciata a completa disposizione della parte agricola.

Concimazione

Criteri generali: anche se specie rustica e adattabile, l'orzo si avvantaggia di razionali concimazioni.

Per ogni 100 di granella prodotta e della paglia relativa, il fabbisogno è il seguente:

- Fosforo P_2O_5 - 1,5 kg di cui: 1,1 asportati con la granella - 0,4 residui nella paglia;
- Potassio K_2O - 2,5 kg di cui: 0,5 asportati con la granella - 2 residui;
- Azoto - 2 kg.

Con le varietà a taglia bassa, dosi di concimazione usuali sono di $80\div 100$ kg di azoto per ettaro.

Tecnica

Per gli orzi zootecnici la tecnica di concimazione indicata per il frumento è pienamente rispondente.

Per gli orzi da birra, che si vogliono a basso contenuto di sostanze azotate, la concimazione va fatta con un particolare accorgimento: evitare di fare l'ultima azotatura alla levata, e dare tutto l'azoto all'accestimento. In questo modo si tende ad evitare che la coltura trovi azoto da assorbire durante la fase di granigione, azoto che andrebbe ad arricchire troppo le cariossidi.

Diserbo

I principi del diserbo del frumento si applicano anche all'orzo tenendo però presente che questo è più di quello sensibile a certi prodotti, ad esempio i fitormonici.

RACCOLTA

A parità di condizioni inizia 8÷10 giorni prima del frumento tenero, ciò consente una migliore utilizzazione delle macchine di raccolta nelle aziende che coltivano sia l'uno che l'altro cereale.

La raccolta deve essere molto tempestiva, a causa della fragilità della spiga. L'orzo zootecnico è utilizzato insieme con il mais e altri cereali, per la preparazione di mangimi concentrati per gli animali domestici, sfarinato tal quale o fioccato o decorticato.

L'utilizzazione per malto comporta diversi passaggi di lavorazione che esulano dagli scopi della presente relazione e che, pertanto, vengono tralasciati.

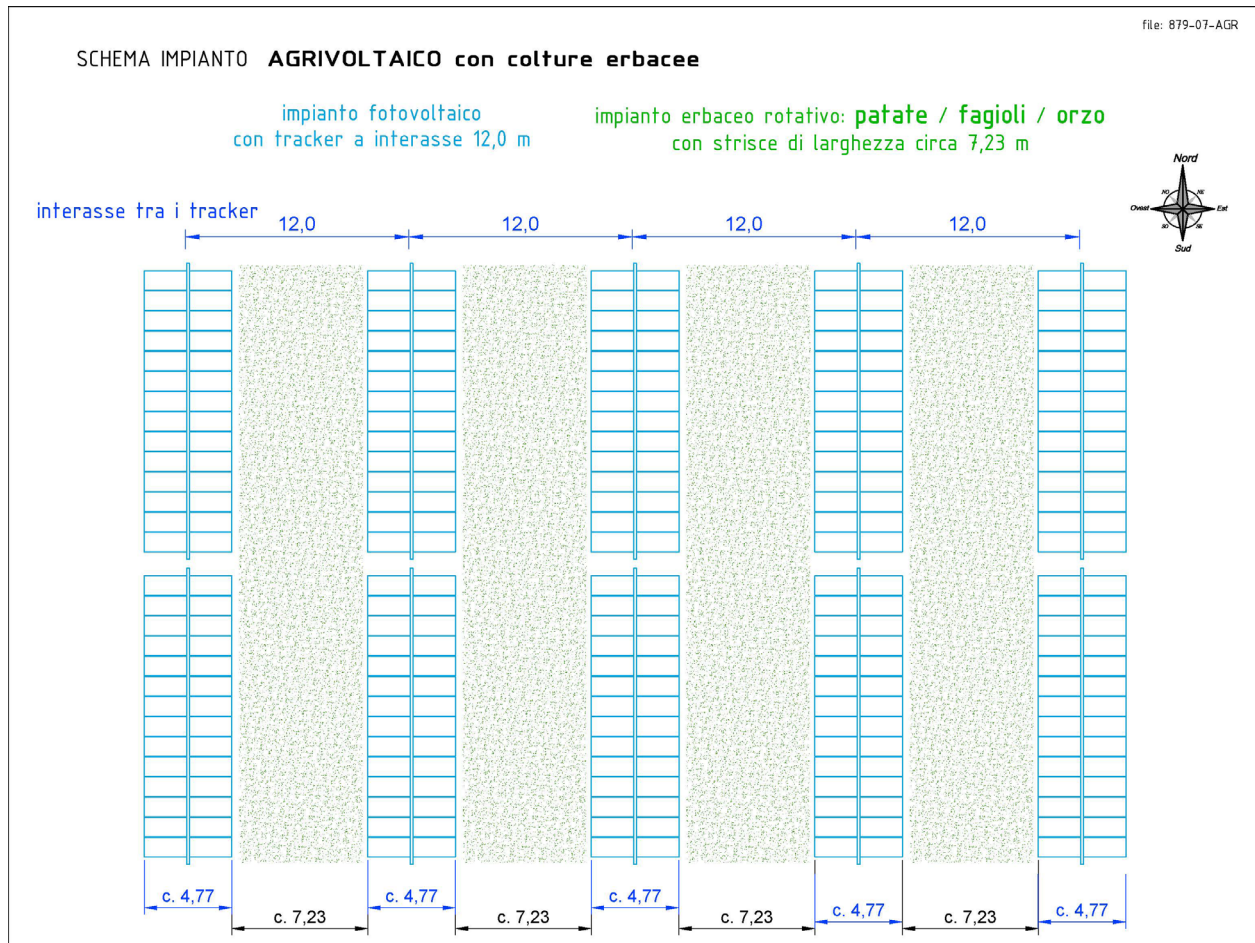


La raccolta potrà essere effettuata con mini-mietitrebbiatrici ; in tal caso le dimensioni potranno essere contenute a circa 1,2 ml, e quindi tali da muoversi senza problemi nella striscia di 4,0÷4,4 m lasciata a completa disposizione della parte agricola.

Avversità. Come per ogni coltura, andranno gestite possibili avversità climatiche e/o da parassiti che potrebbero danneggiare il buon andamento della coltivazione.

4. COMPATIBILITA' E COESISTENZA TRA IMPIANTO FOTOVOLTAICO E ATTIVITA' DI COLTIVAZIONE

Da quanto sin qui illustrato appare più che ragionevole la possibilità di realizzare, senza interferenze negative reciproche, un campo agrivoltaico, con colture erbacee;
dal punto di vista planimetrico si avrebbe la seguente impostazione :



Verificata la possibile congruenza geometrica planimetrica, resta da esaminare la effettiva possibilità di benessere vegetazionale dell'impianto agricolo posizionato tra le file di tracker con pannelli fotovoltaici, le cui sezioni/viste schematiche sono state riportate nelle pagine precedenti, e per i quali impianti agricoli durante le condizioni di vita dell'impianto agri-voltaico, potrebbero verificarsi alcune interferenze tra le diverse operazioni connesse alla coltivazione agricola del fondo e la gestione/operatività dei moduli fotovoltaici, che invece, di fatto, non rappresentano grosse problematiche se valutate senza preconcetti.

In particolare vi è da considerare ed esaminare:

- l'ombreggiamento che i pannelli produrrebbero alle colture sottostanti,
- la radiazione solare alle colture in presenza dei pannelli;
- la temperatura del campo in presenza dei pannelli;
- la evapotraspirazione in presenza dei pannelli;
- l'ingombro dei pannelli fotovoltaici;
- la possibilità che le lavorazioni del terreno potrebbero danneggiare i cavi elettrici interrati.

L'ombreggiamento

La luce solare è indispensabile sia per la produzione di energia fotovoltaica, sia per il ciclo biologico delle colture agrarie.

L'impianto in progetto, costituito da tracker (*e non da strutture fisse*) che ruotano inseguendo la posizione del sole, mantiene l'orientamento dei moduli in posizione perpendicolare a quella dei raggi solari, proiettando delle ombre che saranno tanto più ampie quanto più basso sarà il sole all'orizzonte.

Pertanto, è opportuno praticare prevalentemente colture che svolgano il ciclo riproduttivo e la maturazione nel periodo primaverile/estivo, così che il sole è più alto sull'orizzonte.

D'altro canto, l'ombreggiamento non arreca soltanto svantaggi alle colture, ma anche vantaggi perché riduce l'evapotraspirazione, diminuendo il rischio di eccessiva perdita d'acqua dei tessuti vegetali; ciò si tradurrà, anche, in una maggiore efficacia delle scarse (data la posizione geografica) precipitazioni del periodo estivo che non apportano molta acqua.

La radiazione solare

La radiazione solare è un fattore essenziale per le piante: garantisce lo svolgimento della fotosintesi clorofilliana, l'accrescimento e la produzione dei prodotti agricoli. Le piante, tuttavia, utilizzano solo una minima parte della radiazione solare, dal 2 al 5%, ed in particolare possono impiegare per la fotosintesi solo la frazione visibile, definita PAR (radiazione fotosinteticamente attiva), compresa tra 400 e 700 nm di lunghezza d'onda, che è pari a circa il 40% della radiazione globale. Le piante, peraltro, riflettono alla superficie delle foglie il 25% della radiazione globale, pari al 10% della radiazione visibile PAR.

Va sottolineato che, in condizioni normali di pieno sole, la radiazione globale che raggiunge la superficie del terreno si compone per metà di radiazione diretta e per metà di radiazione diffusa priva di direzione prevalente. La presenza dei pannelli fotovoltaici riduce la percentuale di radiazione diretta, ovvero quella che raggiunge direttamente il suolo, con intensità variabile in funzione della distanza dal filare fotovoltaico, del momento del giorno e del periodo dell'anno, mentre è prevedibile un aumento della quantità di radiazione diffusa.

In realtà, le riduzioni di radiazione diretta devono considerarsi meno marcate nel periodo primaverile/estivo durante il quale si realizza lo sviluppo delle maggior parte delle piante coltivate, essendone soddisfatte le esigenze termiche, per effetto del maggior angolo di elevazione solare. Inoltre, la tipologia mobile del pannello fotovoltaico adottata in progetto, per effetto della riflessione indotta dai pannelli consente alle piante coltivate di sfruttare la radiazione sia riflessa che diffusa dai pannelli stessi.

La temperatura

In riferimento alla temperatura dell'aria, questa rappresenta la diretta conseguenza della radiazione solare.

Sebbene sia lecito attendersi una riduzione dei valori termici dell'atmosfera in zone ombreggiate rispetto alle zone in pieno sole, anche di 3÷4 °C, l'ombreggiamento determina generalmente uno sfasamento termico, con un ritardo termico al mattino in fase di riscaldamento dell'atmosfera, e un rallentamento del raffreddamento pomeridiano-serale (Panozzo et al., 2019).

Al di sotto dell'impianto fotovoltaico inoltre, è lecito attendersi una maggiore umidità relativa dell'aria al mattino, e minore nel tardo pomeriggio-sera rispetto a zone in pieno sole.

L'ombreggiamento delle colture è una pratica agricola molto utilizzata, ad esempio nelle serre per ridurre le temperature nel periodo estivo tramite reti ombreggianti (*dal 30 al 50% di ombreggiamento*); l'ombreggiamento riduce la percentuale di nicotina nel tabacco e, nelle serre

serve per favorire la colorazione rossa del pomodoro che sarebbe ostacolata da temperature troppo elevate. Ogni specie vegetale necessita di una specifica temperatura minima per accrescersi, il cosiddetto zero di vegetazione. Oltre questa base termica, l'accrescimento accelera all'aumentare della temperatura fino ad una temperatura ottimale, specifica per ciascun stadio di sviluppo, oltre la quale l'accrescimento rallenta fino ad arrestarsi (temperatura massima).

Le elevate temperature estive, oltre la temperatura massima, possono quindi danneggiare l'accrescimento delle piante, condizione che si sta progressivamente accentuando in pieno sole a causa del cambiamento climatico.

Per mitigare questi effetti, numerosi studi scientifici sono oggi concordi nel suggerire l'introduzione nei sistemi agricoli di filari alberati e siepi a distanza regolare, proprio per attenuare l'impatto negativo delle elevate temperature e della carenza idrica estive.

Un effetto analogo potrebbe essere offerto dall'impianto fotovoltaico per le piante nel modello agrivoltaico che comporterebbe la generazione di un microclima stabile e favore per l'accrescimento vegetazionale della coltura

Nel periodo invernale, invece, ci si attende che la presenza del fotovoltaico mantenga la temperatura del suolo leggermente più elevata rispetto al pieno sole poiché le ali fotovoltaiche riflettono le radiazioni infrarosse (raggi caloriferi) emesse dalla terra durante il raffreddamento notturno, e questo permette un sensibile accrescimento delle piante microterme anche nei periodi più freddi dell'anno.

L'evapotraspirazione

L'evapotraspirazione è definita dalla somma delle perdite di acqua per evaporazione dal terreno e di traspirazione fogliare.

Delle due, solo la perdita dalla pianta è utile all'accrescimento delle piante poiché mantiene gli stomi aperti, e quindi consente gli scambi gassosi utili alla fotosintesi (ingresso di anidride carbonica nella foglia).

In condizioni di ombreggiamento è lecito attendersi una riduzione della traspirazione fogliare, e in modo più marcato, una riduzione dell'evaporazione dal terreno, determinando un aumento dell'efficienza d'uso delle riserve idriche del suolo ovvero in una riduzione del fabbisogno idrico richiesto dalla coltura

Ingombro dei pannelli fotovoltaici.

Vi è da considerare, e quindi escludere, la possibilità che i macchinari agricoli impiegati per le lavorazioni potrebbero collidere con i pannelli fotovoltaici.

La tecnica costruttiva impiegata per la messa in opera dei pannelli consente agli stessi la possibilità di ruotare intorno ad un asse, per poter "inseguire" il sole e avere la maggior efficacia produttiva possibile. Ne consegue che l'ingombro che i pannelli operano varia da un massimo che si verifica nelle ore centrali della giornata, quando la struttura si ritrova in posizione orizzontale, ad un minimo che si verifica nelle ore di prima mattina e di tardo pomeriggio, quando la struttura si trova in posizione di massima inclinazione in un verso e nell'altro.

Ciò influenzerà anche il ritmo di esecuzione delle operazioni meccanizzate di coltivazione: è preferibile, ed auspicabile, che il passaggio dei mezzi agricoli avvenga nei momenti in cui l'ingombro dei pannelli è minimo, per evitare, appunto, il rischio di collisioni.

D'altronde, già di per sé, la buona prassi agricola prevede che le operazioni in campo, particolarmente nelle stagioni calde, vengano effettuate con il fresco, di prima mattina oppure nel tardo pomeriggio.

Presenza dei cavidotti

Nell'area dell'impianto fotovoltaico saranno presenti cavi elettrici interrati, all'interno di opportune canalizzazioni.

Alcune operazioni colturali, in particolare le lavorazioni del terreno in preparazione della semina, potrebbero interessare negativamente detti cavi.

Ciò, tuttavia, nel nostro caso non potrà avvenire, atteso che, le profondità minima di posa del cavidotto, deve essere tale da garantire almeno 80 cm misurato dall'estradosso superiore del cavidotto stesso.

Il rischio è ancora minore, per non dire inesistente, per le operazioni colturali successive (sarchiatura, rincalzatura, raccolta meccanizzata) perché queste interesseranno strati di terreno superficiali e molto meno profondi.

5. ESTENSIONE DEL TERRENO COLTIVABILE

La fascia minima del terreno da poter utilizzare per la coltivazione avrà la larghezza, salvo migliori possibili adattamenti della attività colturale da verificare con i primi anni di conduzione, di non meno di 7,0 ml , in base agli schemi geometrici prima illustrati.

Considerato che l'interasse delle strutture tracker (quelle portanti i pannelli) è previsto essere di 12,0 ml, ne deriva che, di fatto, lo spazio utilizzabile per la coltivazione agricola risulterà essere non meno del 50% ($7,0/12,0= 0,58$) della superficie complessiva interessata dal campo fotovoltaico.

Ciò rappresenta una buona estensione di superficie, tale da rendere sostenibile, anche dal punto di vista economico, la attività di coltivazione, seppur quale attività secondaria rispetto a quella primaria di produzione di energia elettrica.

6. CONCLUSIONI

L'esigenza di produrre energia *green rinnovabile* è oggi quanto mai sentita per ridurre gli effetti negativi dell'inquinamento e del cambiamento climatico legati all'utilizzo di energie fossili.

L'associazione tra impianto fotovoltaico di nuova generazione (*tracker ad inseguimento solare*) e l'attività agricola rappresenta una delle migliori soluzioni innovative dell'impiego del territorio, che trova giustificazione nel maggiore output energetico (LER, Land Equivalent Ratio) complessivamente ottenuto dai due sistemi combinati rispetto alla loro realizzazione individuale.

Attraverso la scelta di una idonea coltura, tollerante al parziale ombreggiamento generato dai pannelli fotovoltaici, è possibile migliorare la produttività agricola unitaria e sfruttare tutta o parte della superficie del suolo sotto ai pannelli solari per scopi agricoli.

In agricoltura è frequente la problematica derivante dalla progressiva riduzione di fertilità a causa della coltivazione agricola intensiva; perciò, la prevista utilizzazione, con l'agrivoltaico, di circa la metà del terreno disponibile potrebbe essere, oltre che una necessità derivante dalla presenza dell'impianto fotovoltaico, anche una involontaria benefica occasione di riequilibrio per il graduale re-innalzamento della fertilità agraria del territorio.

Difatti, nelle zone interessate è frequente rilevare valori di sostanza organica del terreno inferiori a 1,5%, ed in molti casi anche inferiori all'1%, condizione che agronomicamente viene definita come quella di un terreno "povero", poiché inferiore alla soglia ideale del 2%.

A tale riguardo, il terreno è considerato uno dei *sink di carbonio* ^(?) più importanti per la sua fissazione, dopo le foreste e gli oceani, e riveste quindi un ruolo fondamentale nella mitigazione climatica.

D'altra parte, si sta oramai abbastanza diffondendo l'evoluzione dei campi "fotovoltaici" in "agrivoltaici", e ciò perché inizialmente i campi fotovoltaici altro non erano che distese di pannelli solari, più o meno vaste, che di fatto sottraevano terre all'agricoltura o al pascolo.

Negli ultimi anni, invece, la ricerca ha prodotto una nuova forma di combinazione tra fotovoltaico e agricoltura che, invece di generare una competizione tra la produzione energetica e agricola, crea una virtuosa sinergia da cui entrambe traggono beneficio.

Il fotovoltaico avrà un ruolo cruciale nel futuro processo di decarbonizzazione e incremento delle fonti rinnovabili (FER) al 2030. In particolare, secondo il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC), l'Italia dovrà raggiungere il 30% di energia da fonti rinnovabili sui consumi finali lordi, target che per il solo settore elettrico si tradurrebbe in un valore pari ad oltre il 55% di fonti rinnovabili rispetto ai consumi di energia elettrica previsti. Per garantire tale risultato, il Piano prevede un incremento della capacità rinnovabile pari a 40 GW, di cui 30 GW costituita da nuovi impianti fotovoltaici.

Tali target verranno rivisti al rialzo, alla luce degli obiettivi climatici previsti dal recente Green Deal europeo, che mira a fare dell'Europa il primo continente al mondo a impatto climatico zero entro il 2050. Per raggiungere questo traguardo si sono impegnati a ridurre le emissioni di almeno il 55% entro il 2030 (invece dell'attuale 40%) rispetto ai livelli del 1990. Queste novità richiederanno un maggiore impegno nello sviluppo delle energie rinnovabili.

In questo attuale e futuro scenario si innesta, nel suo singolo contesto, il progetto di agrivoltaico sin qui illustrato, dal quale, per tutto quanto evidenziato nei paragrafi che precedono, non si rilevano particolari motivi ostativi per la benefica coesistenza nell'impianto AGRIVOLTAICO delle due

^{2(?)} Per **sink di carbonio** (*carbon sink*) si intende un deposito di [carbonio](#) naturale o artificiale che assorbe l'[anidride carbonica](#) contribuendo a diminuire la quantità di CO₂ nella atmosfera, diminuendo conseguentemente il riscaldamento del pianeta causato dal cosiddetto [effetto serra](#).

componenti - fotovoltaica e agricola - come illustrato nelle pagine precedenti, e quindi la sua valutazione non può che essere positiva dal punto di vista agronomico, fermo restando la consapevolezza di non poter ottenere la massimizzazione della produttività agricola, condizione, questa, conosciuta ed accettata come presupposto di partenza, rivestendo la "agricola" la attività secondaria e non la principale, che resta, nel caso in specie, quella della produzione di energia elettrica da fonte solare rinnovabile mediate pannelli fotovoltaici.

Concludendo, in estrema sintesi, anche se a prima vista non è intuitivo, l'ombra dei pannelli solari permette un uso più efficiente dell'acqua, oltre a proteggere le piante dagli agenti atmosferici estremi e dal sole nelle ore più calde. Recenti studi internazionali indicano che la sinergia tra fotovoltaico e agricoltura crea un microclima (temperatura e umidità) favorevole per la crescita delle piante che può addirittura migliorare le prestazioni di alcune colture.

Nella fattispecie del presente progetto l'esercizio dell'impianto agrivoltaico consentirà di contribuire agli obiettivi stabiliti dalla politica energetica europea e nazionale, mantenendo, seppure in maniera secondaria rispetto all'attività primaria energetica, una produzione agricola di tipo sostenibile destinata all'alimentazione umana durante il ciclo di vita dell'impianto (previsto di 30 anni).

Piedimonte Matese, 30/03/2023

Il tecnico
dott. for. Tito Angelini

