

PROGETTO

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO
"LAGNANO"
CON POTENZA PARI A 41,28 MWp
NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)**

TITOLO

**RELAZIONE PEDOAGRONOMICA - IPOTESI DI FATTIBILITA' TECNICA
DELLE COLTURE**

PROGETTISTA



PHEEDRA S.r.l.
via Lago di Nemi n.90
74121 - Taranto
Tel.: 099.7722302
Fax: 099.9870285
PEC: info@pec.pheedra.it
e-mail: info@pheedra.it
web: www.pheedra.it

Commissa 21_25_PV_LGN
Direttore Tecnico: Dott. Ing. Angelo Micolucci

ORDINE INGEGNERI PROVINCIA TARANTO	
Dott. Ing. MICOLUCCI Angelo n° 1851	Sezione A Settore: Civile Ambientale Industriale Informazione

Consulenza Specialistica: Dr. Forestale Luigi Lupo



PROPONENTE

INERGIA SOLARE S.r.l.

Sede legale e Amministrativa:
Piazza Manifattura n.1
38068 Rovereto (TN)
Tel.: 0464/620010 Fax: 0464/620011
PEC: direzione.inergiasolare@legalmail.it

VISTI

--

PROGETTAZIONE

Scala	Formato Stampa	Cod.Elaborato	Rev.	Nome File	Foglio
-	A4	FV-LAG-AMB-REL-42_2	a	FV-LAG-AMB-REL-42_2_a - Relazione Pedoagronomica - ipotesi di fattibilità tecnica delle colture.pdf	1

Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
a	Gennaio 2023	Prima Emissione	L. Lupo	A. Corradetti	R. Cairoli

INDICE

PREMESSA

1. DESCRIZIONE DELLE AREE DEL PROGETTO

- 1.1. Localizzazione delle aree
- 1.2. Caratteristiche dei terreni agrari
- 1.3. Colture dell'area

2. IL PROGETTO

- 2.1. Ingombri e caratteristiche dell'impianto in progetto

3. ASPETTI CONNESSI ALLA COLTIVAZIONE DELLE AREE

- 3.1. Gestione del suolo
- 3.2. Ombreggiamento
- 3.3. Meccanizzazione e spazi di manovra
- 3.4. Presenza di cavidotti interrati

4. LE COLTIVAZIONI DELLE AREE DELL'IMPIANTO

- 4.1. Scelta delle colture
- 4.2. Gestione delle coltivazioni

5. CONTI ECONOMICI

- 5.1. Frumento duro
- 5.2. Pomodoro da industria
- 5.3. Favino da sovescio

6. CONCLUSIONI

Bibliografia

PREMESSA

Lo scrivente Dr. Luigi Raffaele Lupo, con studio in Foggia alla via M. Pagano n. 47, iscritto all'Ordine dei Dottori Agronomi e Forestali della Provincia di Foggia al n° 386, ha redatto il presente studio al fine di:

- indicare le colture idonee ad essere coltivate nelle aree libere tra le strutture dell'impianto fotovoltaico;
- definire le attività agricole da attuarsi durante la fase di esercizio dell'impianto fotovoltaico;
- definire la fattibilità economica (conto economico).

Relativamente all'agrivoltaico si riporta quanto scritto del Prof. Massimo Monteleone, dell'Università di Foggia, in una recente pubblicazione (2020): *“Rispetto ai tradizionali impianti fotovoltaici, installati su suolo ad uso agricolo e poi adibito in modo esclusivo a tale nuovo utilizzo energetico, la soluzione “agrovoltaica” consente di svolgere in modo simultaneo sia l'ordinaria attività di coltivazione delle specie agrarie (selezionate in modo opportuno per caratteri fisiologici e morfologici), sia la generazione elettrica mediante l'impiego di pannelli fotovoltaici (FV).....L'agricoltura fotovoltaica (ossia il cosiddetto “agrovoltaico”) può rappresentare una soluzione praticabile per allentare il conflitto, oggi ritenuto assai grave, conseguente alla realizzazione di impianti fotovoltaici in aree agricole. Tale conflitto nasce dal presupposto, del tutto condivisibile, di valorizzare il suolo agrario ai fini della produzione agro-alimentare che esso può fornire, evitando di snaturarne destinazione e vocazione. Tale importante destinazione agricola non verrebbe contraddetta, e tanto meno revocata, nel caso in cui la produzione energetica da fonte rinnovabile si aggiungesse alla prima, quella alimentare, integrandosi ad essa e consentendo di fornire risultati produttivi ancora migliori”.*

1. DESCRIZIONE DELLE AREE DEL PROGETTO

1.1. LOCALIZZAZIONE DELL'AREA

L'impianto fotovoltaico propriamente detto è ubicato a Ovest del centro abitato di Stornarella (FG), in prossimità della SP86 e della SP88. Le aree su cui sorgerà l'impianto hanno una estensione complessiva di circa 57,51 ha.



La giacitura del sito di costruzione delle opere e dell'areale intorno risulta pianeggiante; la sua altezza sul livello del mare si attesta mediamente tra i 180 e i 206 metri s.l.m. circa.

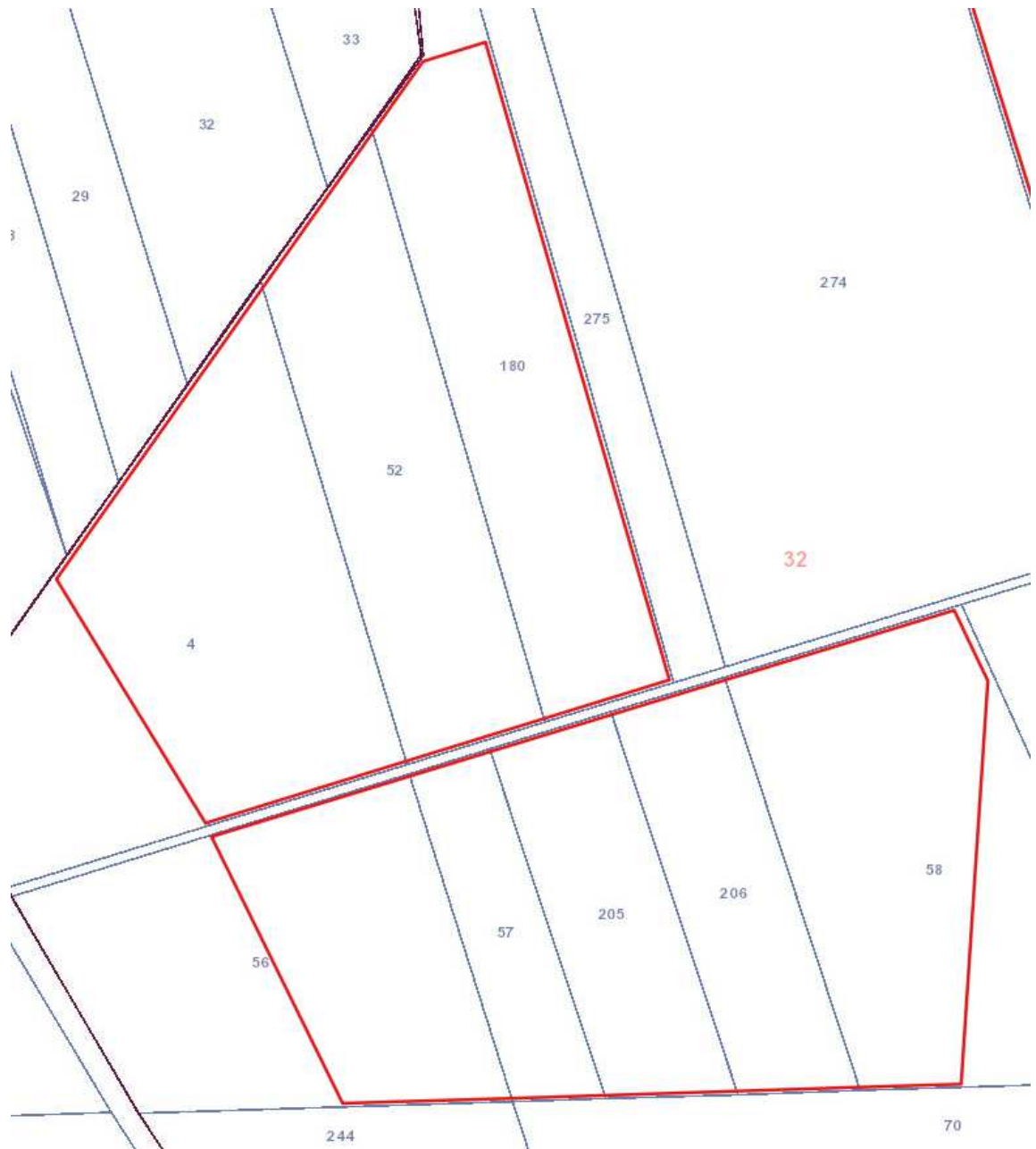
Le particelle sulle quali è prevista la realizzazione dell'impianto, riportate nel Catasto Terreni in sono così identificate

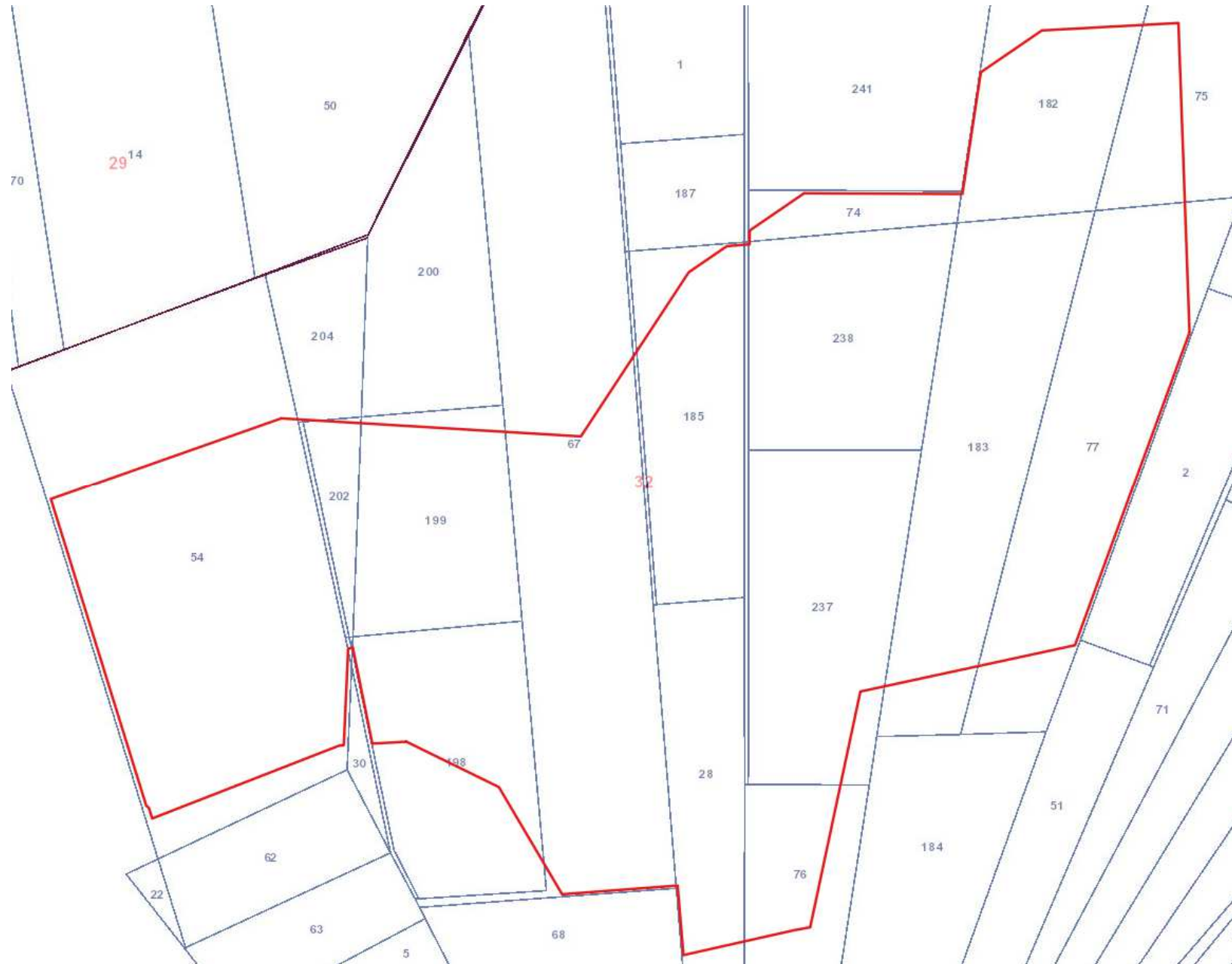
Comune	Foglio	Particella	Superficie ha
Ascoli Satriano	32	4	4,90
Ascoli Satriano	32	28	1,59
Ascoli Satriano	32	54	4,81
Ascoli Satriano	32	52	4,00
Ascoli Satriano	32	55	0,003
Ascoli Satriano	32	56	2,90
Ascoli Satriano	32	57	1,51
Ascoli Satriano	32	58	4,19
Ascoli Satriano	32	67	3,75
Ascoli Satriano	32	74	2,90
Ascoli Satriano	32	75	0,68
Ascoli Satriano	32	76	0,72
Ascoli Satriano	32	77	2,90
Ascoli Satriano	32	180	4,50
Ascoli Satriano	32	182	1,56
Ascoli Satriano	32	183	3,10
Ascoli Satriano	32	185	1,89
Ascoli Satriano	32	186	0,06
Ascoli Satriano	32	198	1,44
Ascoli Satriano	32	199	1,89
Ascoli Satriano	32	201	0,001
Ascoli Satriano	32	202	0,40
Ascoli Satriano	32	203	0,05
Ascoli Satriano	32	204	0,002
Ascoli Satriano	32	205	2,42
Ascoli Satriano	32	206	2,48
Ascoli Satriano	32	237	2,80
Ascoli Satriano	32	238	2,46
Ascoli Satriano	32	239	0,12
			57,516



Inquadramento dell'area dell'impianto in progetto su foto aerea Google Earth

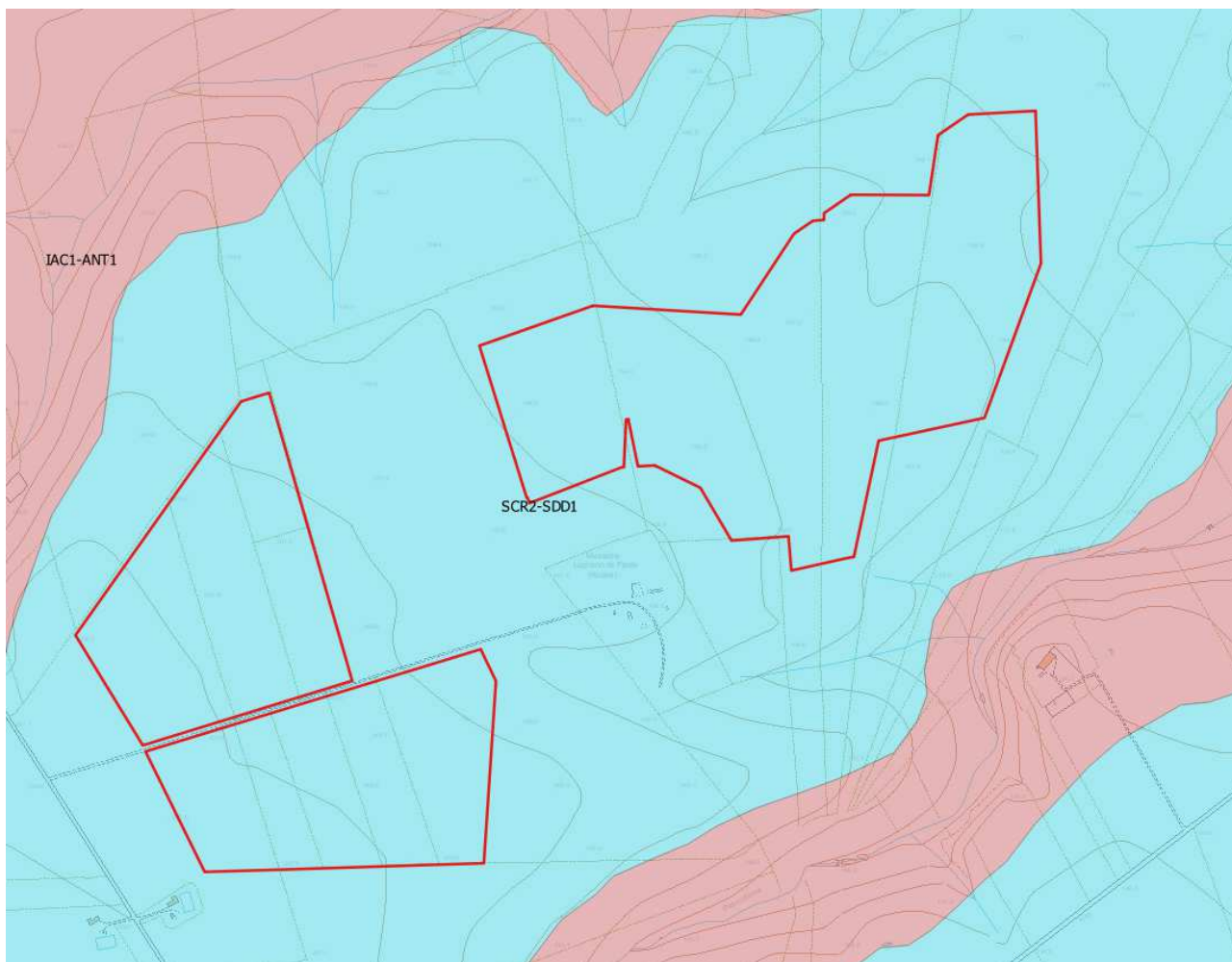
Aree dell'impianto su mappa catastale





1.2 CARATTERISTICHE DEI TERRENI AGRARI

Secondo la Carta dei Suoli della Regione Puglia (Progetto ACLA2) il suolo dell'area di progetto rientra nell'unità tipologica San Carlo (SCR). Si tratta di suoli evoluti, da profondi a moderatamente profondi. Sono moderatamente o non calcarei negli orizzonti superficiali, la tessitura è media o moderatamente fine; il drenaggio è buono. Presentano un orizzonte argillico e un accumulo di carbonati di calcio in profondità, talora cementato. Pietrosità superficiale assente o scarsa.



Aree dell'impianto in progetto inquadrare sulla Carta Unità Pedologiche Regione Puglia (Progetto ACLA2)

SUOLI SAN CARLO

Unità tipologica di suolo:SAN CARLO (SCR)

Caratteri identificativi: sono suoli evoluti, da profondi a moderatamente profondi. Sono moderatamente o non calcarei negli orizzonti superficiali, la tessitura è media o moderatamente fine; il drenaggio è buono. Presentano un orizzonte argillico e un accumulo di carbonati di calcio in profondità, talora cementato. Pietrosità superficiale assente o scarsa.

Substrato geolitologico:Conglomerati poligenici del Tavoliere (Pleistocene)

Distribuzione geografica:si trovano nel sottosistema di paesaggio del Tavoliere Sud orientale, principalmente nell'unità (U.C. 37) e secondariamente 36, localizzati nelle aree ribassate.

Classificazione Soil Taxonomy (1998):Calcic Haploxeralf, fine, mixed, thermic (fase 1); Petrocalcic Palexeralf, fine, mixed, thermic (variante)

Classificazione WRB (1998):Luvic Calcisol (fase 1); Endopetri-Luvic Calcisol (fase 2)

Pedon Tipico:P0071 (ACLA2)

- Ap** da 0 cm a 35 cm; colore matrice 7,5YR 4/2; franco sabbioso molto piccolo; struttura poliedrica subangolare media, moderatamente sviluppata, friabile; molto calcareo; pori comuni molto fini; radici molte fini; limite inferiore abrupto ondulato;
- A** da 35 cm a 55 cm; colore 7,5YR 2,5/2; franco sabbioso argilloso molto piccolo; struttura poliedrica subangolare fine, fortemente sviluppata, friabile; calcareo; pori comuni fini; radici molte molto fini; limite inferiore chiaro ondulato;
- Btk** da 55 cm a 80 cm; colore matrice 10YR 5/6; screziature principali 7,5YR 7/8, comuni, molto piccole ; franco sabbioso argilloso; struttura poliedrica subangolare media, fortemente sviluppata, friabile; molto calcareo; pori scarsi molto fini; radici molte molto fini; molte concrezioni soffici di carbonato di calcio principali, molto piccole; comuni concrezioni di carbonato di calcio piccole; argillans poche; skeletans poche; limite inferiore chiaro lineare;
- Bk** da 80 cm a 95 cm; colore matrice 10YR 5/8; franco sabbioso argilloso; struttura poliedrica subangolare media, moderatamente sviluppata, resistente; molto calcareo; pori scarsi molto fini; molte concrezioni soffici di carbonato di calcio principali, molto piccole; comuni concrezioni di carbonato di calcio medie; limite inferiore chiaro lineare;
- C** da 95 cm a 140 cm; colore matrice 2,5 Y 6/6; sabbioso; incoerente; molto calcareo; comuni concrezioni soffici di carbonato di calcio principali, molto piccole; comuni concrezioni di carbonato di calcio molto piccole; limite inferiore chiaro lineare;

Disponibilità di ossigeno:buona

Orizzonti genetici della UTS:A-Bt-Bk-(Ckm); può essere presente l'orizzonte petrocalcico a profondità superiori a 100 cm

Carattere di variabilità degli orizzonti genetici:

- gli orizzonti **Ap** hanno uno spessore che varia da 40 a 50 cm; colore con hue 10YR o 7,5YR, value 3 e chroma 2-3; effervescenza nulla o debole; tessitura FA o FSA; scheletro assente o scarso;
- gli orizzonti **Bt** si trovano ad una profondità che varia da 40 a 100 cm; colore con hue 10YR o 7,5YR, value 3-4 e chroma 3-6; effervescenza nulla o molto debole; tessitura FLA, FA, FSA; talvolta poche concentrazioni ferromanganesifere e di CaCO₃; scheletro assente;
- Gli orizzonti **Bk** si trovano ad una profondità superiore a 80 cm; colore con hue 10YR o 7,5YR, value 5-7 e chroma 4-8; effervescenza violenta; tessitura FSA, FA, FS o SF; molte concrezioni di CaCO₃; scheletro assente

1.3 LE COLTURE DELL'AREA

Tra le coltivazioni erbacee rivestono grande interesse a livello locale alcune colture agrarie a ciclo annuale come il frumento duro, il pomodoro da industria e altre colture ortive a ciclo autunno-invernale (prevalentemente Brassicacee). La filiera cerealicola rappresenta un pilastro produttivo rilevante per l'agricoltura locale, sia per il contributo alla composizione del reddito agricolo, sia per l'importante ruolo che riveste nelle tradizioni alimentari. La maggior parte della superficie agricola locale è investita annualmente a seminativi come nel resto del Tavoliere. Si tratta prevalentemente di Frumento duro e in misura minore da avena, orzo, frumento tenero ecc. Nel periodo estivo buona parte di queste superfici è interessata dalla coltivazione di colture da rinnovo come il pomodoro da industria, coltura agraria che caratterizza fortemente il territorio del Tavoliere. Per la maggior parte delle aziende agricole la coltura del frumento duro assume un ruolo insostituibile nelle rotazioni aziendali, in quanto l'elevata rusticità e la capacità di adattarsi alle condizioni agronomiche diverse, la rendono adatto a questo ambiente; la facile conduzione richiesta, associata a una tecnica colturale completamente meccanizzata, ne favorisce la sua coltivazione.

Si possono avere successioni colturali quadriennali, generalmente tre anni consecutivi di cereali (frumento-frumento-frumento oppure frumento-frumento-orzo o avena) e un anno di una coltura miglioratrice (leguminosa) o da rinnovo (bietola o pomodoro), o successioni triennali, un anno in genere con una coltura da rinnovo, bietola da zucchero o pomodoro da industria, e due anni consecutivi di cereali (frumento-frumento, frumento-orzo o frumento-avena).

Dalle varietà impiegate di frumento duro si ottengono rese in granella, in condizioni normali, di 30-40 q/ha. Per l'orzo, le rese in granella risultano, in condizioni normali, di 28-30 q/ha, così pure per l'avena.

Il pomodoro da industria si conferma l'unica coltura da rinnovo di notevole interesse economico nei comprensori irrigui del Foggiano, per i notevoli risultati conseguiti. In generale dalle varietà impiegate si ottengono produzioni elevate di 800-1.000 q/ha con volumi di adacquamento intorno a 3.500-5.000 m³/ha.

Il carciofo ha avuto una notevole espansione in questi anni. Generalmente la durata del carciofeto è di 3-4 anni secondo il seguente schema: 1° anno: frumento (carciofo impianto estivo), 2°-3°-4° anno: carciofo. Le distanze tra le piante sono variabili generalmente si va da 80x80 cm a 120x120 cm. I volumi di adacquamento sono dell'ordine di 3-4.000 m³/ha. Le varietà coltivate è soprattutto il *Violetto di Toscana*; la produzione è di circa 60.000 capolini ad ettaro.

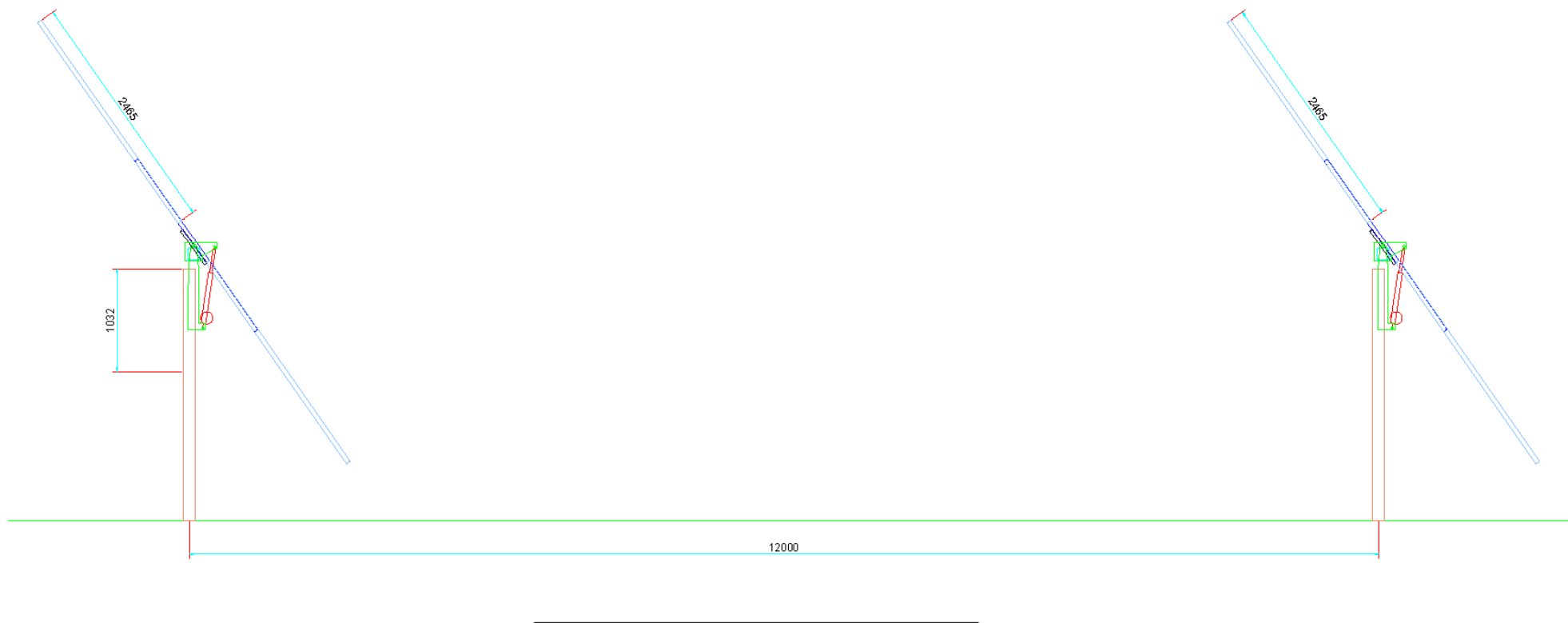
2. IL PROGETTO

2.1 INGOMBRI E CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI DA INSTALLARE

Secondo le informazioni fornite, l'impianto in progetto, del tipo ad inseguimento monoassiale, prevede l'installazione di strutture di supporto dei moduli fotovoltaici (tracker), disposte in direzione Nord-Sud su file parallele ed opportunamente spaziate tra loro (interasse di 12 m), per ridurre gli effetti degli ombreggiamenti. I moduli ruotano sull'asse da Est a Ovest, seguendo l'andamento giornaliero del sole. L'angolo massimo di rotazione dei moduli di progetto è di $\pm 55^\circ$. L'altezza dell'asse di rotazione dal suolo è pari a 2,50 m.

Lo spazio libero minimo tra una fila e l'altra di moduli, quando questi sono disposti parallelamente al suolo (ovvero nelle ore centrali della giornata), risulta essere pari a 7,00 m.

Lo spazio disponibile tra le strutture fa in modo che tutte le tipologie di macchine trattatrici ed operatrici in commercio possano passare tra le strutture.



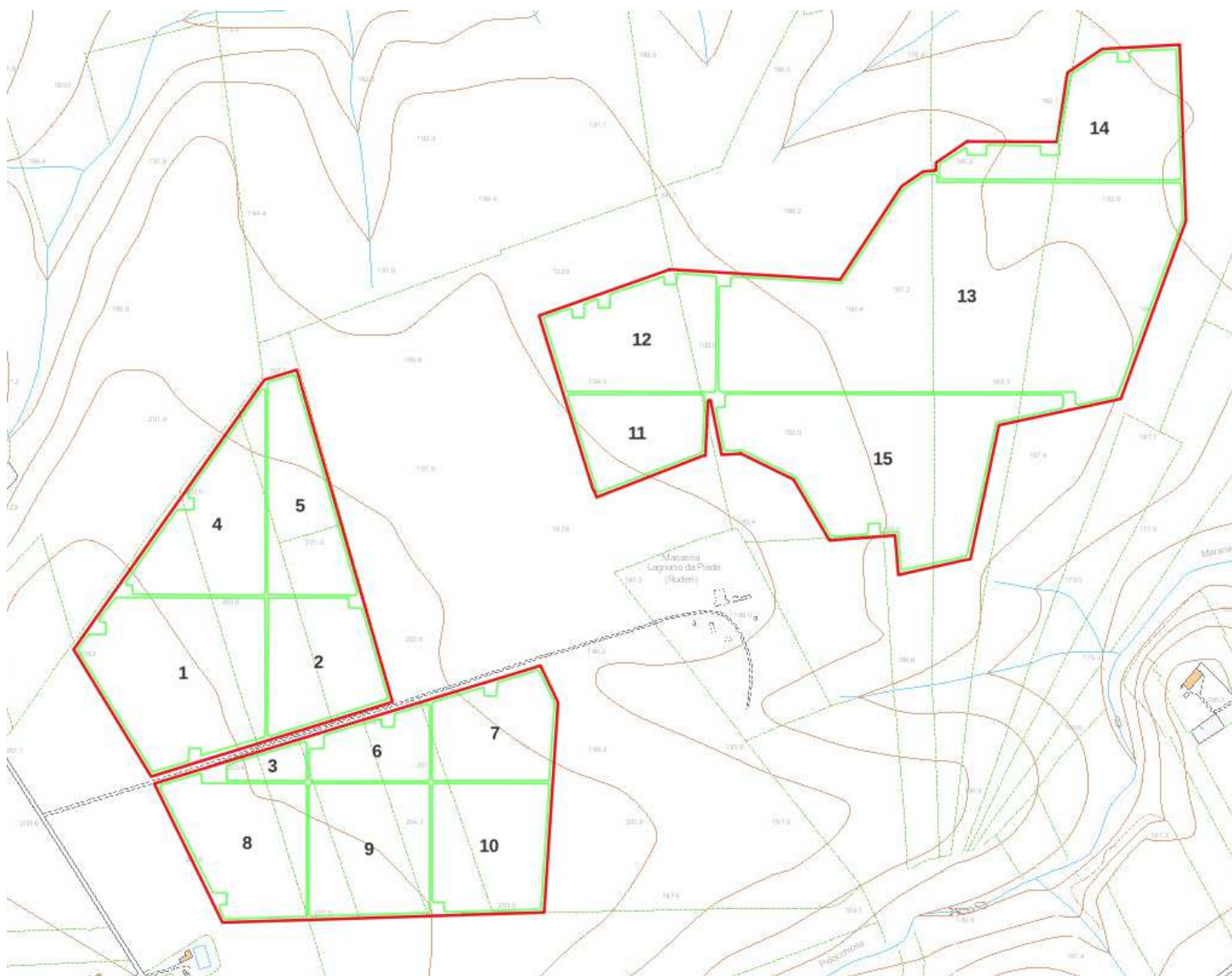
2.2 AREE COLTIVABILI

I tracker monoassiali oscillanti sono, da progetto, installati su pali ad altezza 2,5 m e nel loro movimento oscillatorio minimizzano l'area di terreno non utilizzabile per le colture a circa 1,0 m a destra e sinistra del palo. Tale fascia di terreno non è utilizzabile per la coltivazione a causa dell'ombreggiamento e della difficoltà di meccanizzazione ma è comunque utilizzabile per ospitare comunità vegetanti erbacee di origine spontanea. La fascia coltivabile risulta essere quella tra le file di tracker, larga circa 10,00 m. Pertanto la superficie coltivabile nelle aree occupate dai pannelli risulta essere pari a circa l'83 % di quella totale.

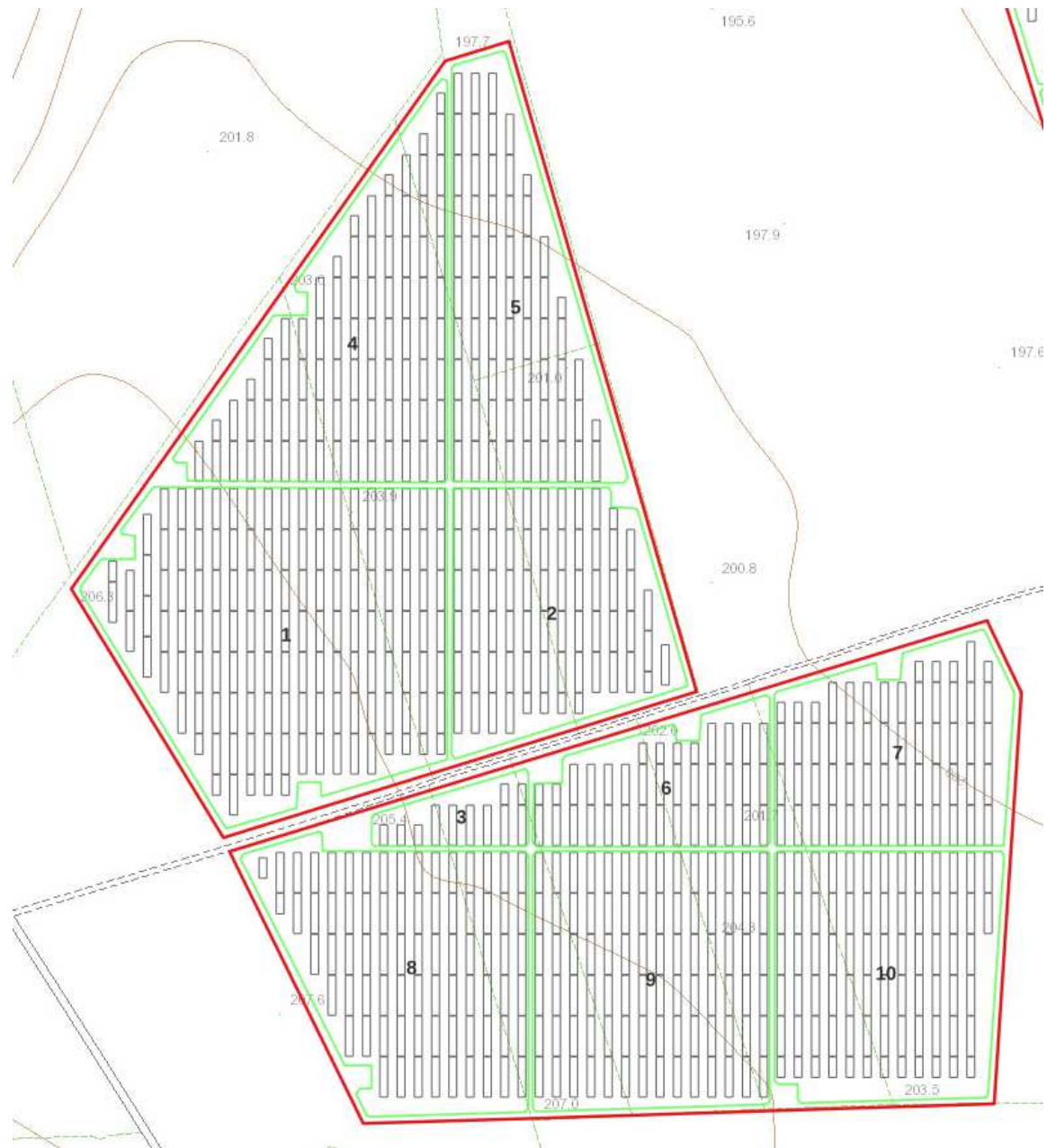
L'area dell'impianto in progetto, considerando la viabilità e le cabine, è stata suddivisa in 15 appezzamenti nei quali svolgere attività agricole, e risultano coltivabili, come precedentemente specificato, all'83%. In totale risultano coltivabili 41,60 ha, invece, 8,52 ha saranno interessati da vegetazione erbacea spontanea.

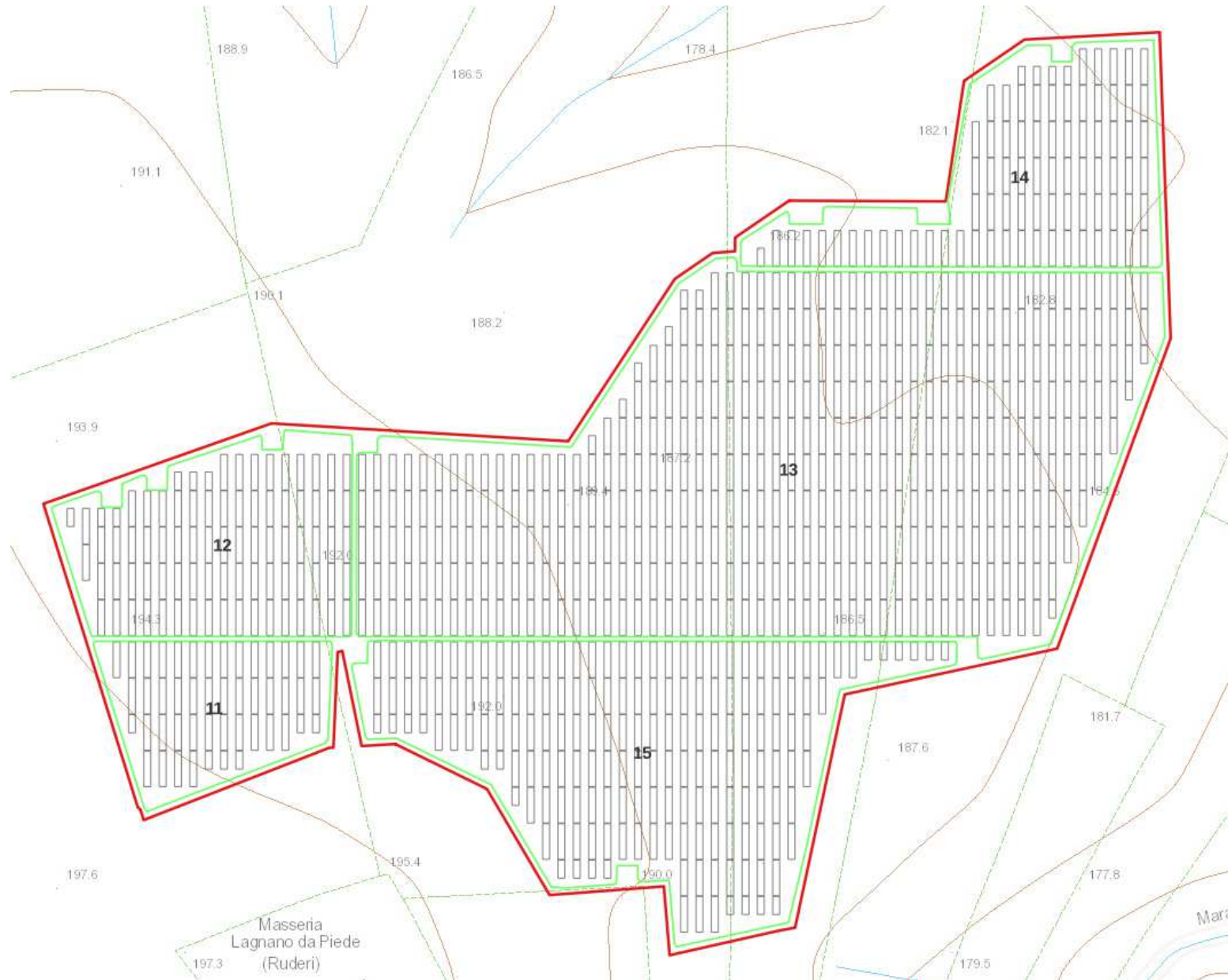
Di seguito si riportano le tabelle e i grafici delle superfici delle aree coltivabili distinte per appezzamenti.

Appezzamento n.	superficie al netto della viabilità e delle cabine ha	superficie coltivabile (83%) ha	superficie con sviluppo di vegetazione erbacea spontanea (17%) ha
1	4,61	3,82	0,78
2	2,38	1,98	0,40
3	0,41	0,34	0,07
4	2,85	2,36	0,48
5	2,39	1,98	0,41
6	1,28	1,06	0,22
7	2,08	1,73	0,35
8	2,88	2,39	0,49
9	2,94	2,44	0,50
10	2,65	2,20	0,45
11	1,81	1,50	0,31
12	3,03	2,51	0,51
13	14,26	11,83	2,42
14	3,28	2,73	0,56
15	3,28	2,73	0,56
Tot.	50,12	41,60	8,52



Appezamenti coltivabili (in verde)





3. ASPETTI CONNESSI ALLA COLTIVAZIONE DELLE AREE

Sono da valutare le possibili coltivazioni che possono essere meglio condotte, sulla base delle caratteristiche pedologiche, delle condizioni bioclimatiche che si vengono a determinare all'interno dell'impianto fotovoltaico, nonché, stante gli spazi limitati, della meccanizzazione delle varie fasi della conduzione, anche in considerazione del fatto che è necessario organizzare gli spazi di coltivazione in maniera tale da poter essere compatibili con le attività di gestione dell'impianto fotovoltaico.

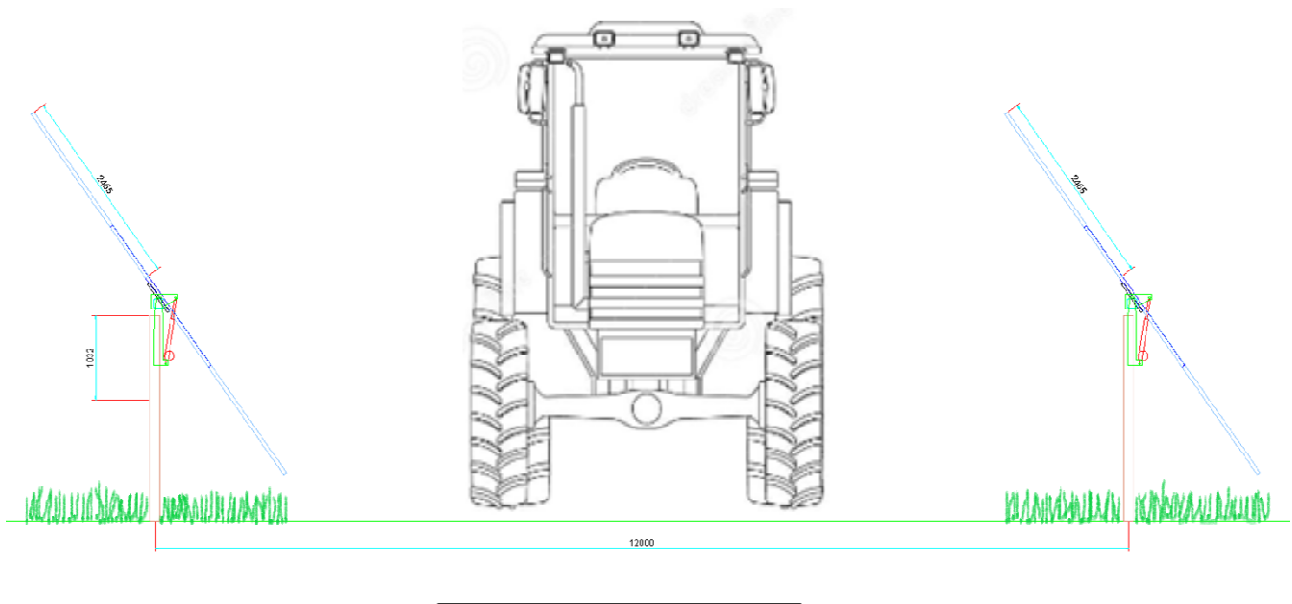
3.1 Gestione del suolo

Trattandosi di terreni attualmente coltivati, non vi sarà la necessità di compiere trasformazioni idraulico-agrarie. Relativamente all'impianto agrivoltaico in esame, considerate le dimensioni dell'interfila tra le strutture, tutte le lavorazioni del suolo, quali aratura, erpicatura o rullatura, potranno essere compiute tramite macchine operatrici presenti in commercio, senza particolari problemi, poichè ne esistono di tutte le larghezze e per tutte le potenze meccaniche. Stante gli attuali orientamenti (tecniche di lavorazione a basso impatto), è consigliabile che le lavorazioni periodiche del suolo si effettuino a profondità non superiori a 30 cm. Infatti, la meccanizzazione agricola si è adattata ai nuovi concetti dell'agricoltura sostenibile proponendo tecnologie che, nel rispetto delle produzioni ottenibili, hanno un impatto limitato sull'ambiente.

In quest'ottica rientrano le tecniche a basso impatto ambientale che interessano tutte le fasi del ciclo produttivo dal controllo del compattamento e del passaggio delle macchine agricole sugli appezzamenti, alla gestione dei residui colturali, alle procedure d'applicazione dei fertilizzanti e dei diserbanti.

Nel caso delle lavorazioni del terreno, la scelta di macchine e attrezzature agricole deve consentire di creare un substrato ottimale per le colture e nel contempo di realizzare condizioni che inibiscono i fenomeni erosivi ed inquinanti, oltre a permettere un razionale utilizzo delle risorse idriche naturali (apporti di falda, precipitazioni). Si parla quindi di *lavorazioni conservative* dei suoli. In questi ultimi anni sono state eseguite numerose sperimentazioni e specifici test di campo che hanno permesso di definire i cantieri di macchine agricole per le lavorazioni a basso impatto ambientale. In particolare si è cercato di verificare e approfondire tecnologie in grado di:

- gestire il terreno senza inversione degli strati;
- ottimizzare la fase della preparazione del letto di semina cercando di ridurre l'intensità e la profondità;
- ridurre il compattamento per ottenere una porosità stabile nel tempo;
- ridurre i fenomeni di lisciviazione in falda, in particolare per quanto riguarda i nitrati;
- contenere l'erosione superficiale.



A ridosso delle strutture di sostegno risulta invece necessario mantenere costantemente bassa la vegetazione erbacea mediante lo sfalcio e trinciatura, che può essere effettuato avvalendosi della ruota tagliaerba interfilare.



Esempio di sfalcio della vegetazione erbacea al di sotto dei pannelli



Esempio di fresatrice interceppo per le lavorazioni in corrispondenza dei sostegni (Foto: Officine meccaniche CUCCHI MACCHINE AGRICOLE)

3.2 OMBREGGIAMENTO

L'esposizione diretta ai raggi del sole è fondamentale per la buona riuscita di qualsiasi produzione agricola. L'impianto in progetto, ad inseguimento mono-assiale, di fatto mantiene l'orientamento dei moduli in posizione perpendicolare a quella dei raggi solari, proiettando delle ombre sull'interfila che saranno tanto più ampie quanto più basso sarà il sole all'orizzonte.

In base al layout dell'impianto la porzione centrale dell'interfila, nei mesi da maggio ad agosto, presenta il maggior numero di ore di piena esposizione al sole. Invece, nel periodo autunno-invernale, considerando la minor altezza del sole sull'orizzonte e il ridotto periodo di illuminazione, le ore luce risulteranno minori. A ciò si deve aggiungere anche una ridotta quantità di radiazione diretta per via della maggiore nuvolosità media che si manifesta nel periodo invernale. Pertanto, è opportuno condurre prevalentemente colture che svolgano il ciclo riproduttivo e la maturazione nel periodo primaverile/estivo.

Le colture meno penalizzate dalla presenza del fotovoltaico sono quelle microterme e sciafile. Il frumento può fornire rese simili o leggermente inferiori (-20% circa; Dupraz et al., 2011) a quelle ottenibili in pieno sole, subendo un ritardo dell'epoca di maturazione (Marrou et al., 2013b).

Con una percentuale di riduzione della radiazione del 50%, comparabile a quella che si realizzerà nell'impianto agrivoltaico in oggetto, sono state rilevate produttività uguali o addirittura superiori al pieno sole in specie graminacee foraggere microterme, ed una moderata riduzione, dell'ordine del 20-30%, in specie macroterme foraggere sia graminacee (es. mais, sorgo, panico, setaria, etc.) che leguminose (es. trifoglio bianco, trifoglio violetto, erba medica, etc.), e in lattuga (Lin et al., 1998; Mercier et al., 2020).

Questi risultati sono in linea con gli studi italiani (Amaducci et al., 2018) che hanno simulato in un analogo impianto agrivoltaico a Piacenza, sulla base dei dati climatici storici degli ultimi 40 anni, rese di granella di frumento analoghe o superiori al pieno sole. Tali risultati vanno ascritti alle migliori condizioni microclimatiche nel periodo di maturazione del frumento, tra cui una maggiore umidità del terreno, una minore evapotraspirazione e l'effetto frangivento che riduce

l'allettamento della coltura. Va ritenuto interessante anche il parziale effetto antigrandine dovuto alla copertura fotovoltaica.

Risultati produttivi interessanti in condizioni di ombreggiamento elevato sono stati ottenuti in pomodoro, che sembrerebbe non risentire di riduzione della radiazione anche del 60% (Callejón-Ferre et al., 2009).

Diverse ricerche sono state sviluppate a livello internazionale (Kenergia; Federal Ass.ne for New Energy Economics Il bne, Berlino-GE, 2019; BRE -2014- Agricultural Good Practice Guidance for Solar Farms. Ed J Scurlock). In tali ricerche appare sufficientemente dimostrato che nei campi degli impianti agrovoltaici le piante siano più protette dagli aumenti di temperature diurne e, ugualmente dalle forti e repentine riduzioni delle temperature notturne.

Un altro fattore determinante riguarda la domanda di acqua. Un maggior ombreggiamento dovuto alla presenza discreta di pannelli solari, non appare essere un fattore determinante della crescita e nello sviluppo della gran parte delle coltivazioni esaminate ma, al contrario, in alcuni casi studiati presso l'Università americana dell'Oregon, riduce la domanda di acqua necessaria alle coltivazioni: in alcune, e sempre più numerose località, la diminuzione della domanda di acqua irrigua per effetto della semi-copertura fotovoltaica, può ridurre i rischi sulla produzione dovuti ai cambiamenti climatici. Da non trascurare gli effetti dell'aumento dell'umidità relativa dell'aria nelle zone sottostanti i moduli che, da un lato produce effetti favorevoli sulla crescita delle piante, riducendo l'evapotraspirazione, in modo che nei periodi più caldi dell'anno le precipitazioni avranno una maggiore efficacia, e dall'altro riduce la temperatura media dei moduli con evidenti vantaggi nella conversione in energia elettrica.

3.3 Meccanizzazione e spazi di manovra

Date le dimensioni e le caratteristiche degli appezzamenti, non si può di fatto prescindere da una totale o quasi totale meccanizzazione delle operazioni agricole, che permette una maggiore rapidità ed efficacia degli interventi ed a costi minori. Come già esposto l'interasse tra una struttura e l'altra di moduli è pari a 12 m, e lo spazio libero tra una schiera e l'altra di moduli fotovoltaici varia da un minimo di 7,00 m (quando i moduli sono disposti in posizione parallela al suolo, – tilt pari a 0° - ovvero nelle ore centrali della giornata) ad un massimo di m 10,00 (quando i moduli hanno un tilt pari a 55°, ovvero nelle primissime ore della giornata o al tramonto). L'ampiezza dell'interfila consente pertanto un facile passaggio delle macchine trattatrici specializzate, cioè espressamente progettato per lavorare in vigneto o frutteto, con larghezza massima di 1,7 m. Qualche problematica potrebbe essere associata alle macchine operatrici (trainate o portate), che hanno delle dimensioni maggiori, comunque esistono in commercio macchine di dimensioni idonee ad operare negli spazi liberi tra le interfile. Per quanto riguarda gli spazi di manovra a fine corsa (le c.d. capezzagne), questi risultano essere sempre pari a 5,00 m tra la fine delle interfile e la recinzione perimetrale del terreno. In tale spazio risulta agevole la manovre di un trattore specializzato, dotato di un ridotto raggio di sterzata.



Mietitrebbia di piccole dimensioni (Modello KUBOTA PRO988Q)

I trattori specializzati

Caratteristiche funzionali

Ridotto raggio di sterzata

FACILITA' di IMPIEGO in ARBORICOLTURA e nella MECCANIZZAZIONE delle AREE DECLIVI

Baricentro basso; ridotta altezza

Asse anteriore snodato

Ripartizione pesi

40% 60%

3.4 PRESENZA DI CAVIDOTTI INTERRATI

La presenza dei cavidotti interrati nelle aree dell'impianto fotovoltaico non rappresenta una problematica per l'effettuazione delle lavorazioni periodiche del terreno durante la fase di esercizio dell'impianto. Infatti, le lavorazioni non raggiungeranno mai profondità superiori a 30 cm, mentre i cavi interrati saranno posati ad una profondità variabile da 100 a 120 cm.

4. LA COLTIVAZIONE DELLE AREE DELL'IMPIANTO

4.1 SCELTA DELLE COLTURE

Le “Linee Guida in materia di impianti agrivoltaici” (MITE, 2022) suggeriscono che “*Ove sia già presente una coltivazione a livello aziendale, andrebbe rispettato il mantenimento dell’indirizzo produttivo*”, pertanto, considerando le condizioni pedo-climatiche del luogo, la disponibilità idrica (l’area è servita dalla rete idrica del Consorzio di Bonifica di Capitanata, rientrando nel Comprensorio sinistra Ofanto), le modificazioni ambientali causate dai pannelli, gli spazi utilizzabili per la coltivazione (interfile tra i tracker), unitamente alle coltivazioni attualmente praticate, si è valutata la coltivazione di cereali (frumento duro) pomodoro da industria e leguminose da sovescio, utilizzando il sistema delle rotazioni, che apporta importanti vantaggi agronomici, quali, l’aumento della fertilità del suolo, con il miglioramento sul bilancio umico, la riduzione delle allelopatie, dell’instaurarsi di focolai di patogeni coltura-specifici e dell’insediarsi di specie erbacee infestanti tipiche di una determinata coltura.

Si ritiene, pertanto, di adottare un sistema policolturale, con le seguenti specie da coltivare siano:

- frumento duro (*Triticum durum*);
- pomodoro (*Lycopersicon esculentum*);
- favino (*Vicia fabae minor*) e sulla (*Hedysarum coronarium*).

La specializzazione dei sistemi agricoli, spesso caratterizzati da rotazioni brevi o monocolture con ricorso eccessivo a mezzi meccanici, chimici ed energetici, comporta importanti conseguenze sulla sostenibilità delle filiere agroalimentari, aumentando il rischio economico degli agricoltori nel lungo periodo. In questo contesto, la comunità tecnico-scientifica concorda largamente sull’impatto positivo delle pratiche a basso input e della diversificazione colturale, attraverso rotazioni, colture intercalari, consociazioni.

L’adozione di queste strategie da parte degli agricoltori e dell’agroindustria è ancora disomogenea, mancando informazioni sulle nuove esigenze di meccanizzazione e di riorganizzazione del lavoro e sui benefici agroambientali effettivamente raggiungibili in relazione all’incertezza del mercato. Spesso anche le politiche hanno fallito e le strategie attuative di applicazione in campo non hanno dato buoni risultati, a causa di soluzioni tecniche non convenienti o rendimenti fuori mercato.

Per favorire l’adozione da parte degli agricoltori della diversificazione colturale, la Comunità europea ha finanziato il progetto internazionale Horizon2020 *Diverfarming* che mira a sviluppare e applicare nuove strategie sostenibili per la gestione dell’azienda agricola e dell’agribusiness. Il team di ricercatori, agricoltori, tecnici, agronomi, addetti alla logistica e decisori hanno continuato a operare con grande impegno e dedizione anche durante l’emergenza Covid-19.

Per l’Italia partecipano il CREA, l’Università della Tuscia e due tra le più importanti realtà produttive agroalimentari italiane: Barilla e Consorzio Casalasco del pomodoro. *Diverfarming* si è focalizzato su alcuni sistemi colturali intensivi italiani caratterizzati da monosuccessioni di cereali e da rotazioni brevi frumento/pomodoro da industria, entrambi fortemente rappresentativi di aziende specializzate fornitrici di materie prime per l’agroindustria. Sono stati impostati tre casi di studio in Pianura Padana e uno nel Tavoliere delle Puglie, per confrontare le strategie di diversificazione con le pratiche colturali tradizionali.

Nell'azienda sperimentale del CREA di Foggia è stata invece impostata una sperimentazione volta a valutare: l'inserimento di favino come coltura da sovescio nella rotazione frumento-pomodoro e la riduzione del 20% dell'apporto irriguo nel pomodoro.

Le sperimentazioni agronomiche hanno testato strategie gestionali in grado di ridurre l'impatto dei sistemi colturali sull'agroecosistema e mantenere adeguati livelli di redditività per gli agricoltori. Gli effetti delle innovazioni applicate saranno valutati sull'intero sistema colturale alla fine del triennio di rotazione, in termini di resa e qualità delle produzioni, fertilità chimica e biologica del suolo, sequestro del carbonio, emissioni di gas serra ed efficienza d'uso delle risorse. I dati già acquisiti relativamente alla produttività di pomodoro, grano duro e pisello in rotazione e alla qualità di pomodoro e grano duro, che verranno consolidati a conclusione del progetto, sembrano confortare le ipotesi progettuali.

Generalmente, frumento e pomodoro nei sistemi diversificati hanno mostrato rese comparabili o più elevate, rispetto alle rese ottenute nei sistemi condotti in modo ordinario. In entrambi gli areali, i risultati produttivi sono stati influenzati dalle condizioni meteorologiche non sempre favorevoli.

Nel Tavoliere delle Puglie, le emissioni di gas serra riferite all'intero ciclo produttivo in azienda, sono state stimate con il Life Cycle Assessment. Il pomodoro coltivato in rotazione con frumento e favino ha mostrato una riduzione delle emissioni del 15%, nel regime d'irrigazione ridotto (Terra e Vita, 2022).

Frumento duro

Il **frumento duro** è coltivato su larga scala nella regione con picchi di elevata qualità legati soprattutto alla produzione di grano duro per pastificazione.

Ha ciclo colturale annuale di tipo autunno-vernino (semina autunnale e raccolta estiva) con elevate densità di semina e produzioni che oscillano dai 40-50 quintali ad ettaro. Viene generalmente posto in rotazione con colture miglioratrici del terreno in quanto sono forti consumatrici di fertilità.

La coltivazione del frumento, pur occupando il terreno per un lungo periodo di tempo nell'arco dell'annata agraria (8-9 mesi) richiede limitati interventi agronomici in campo (semina, concimazione e raccolta) che si prestano ad un elevato grado di meccanizzazione. Nella coltivazione si prediligono varietà a taglia bassa e con elevato grado di accostamento (elevata capacità di emissione di fusti secondari per una efficace colonizzazione delle aree più prossime ai pannelli). Per la raccolta occorre orientarsi su mietitrebbie di ridotte dimensioni.

Per quanto riguarda la gestione dei residui colturali, si suggerisce l'uso di mietitrebbiatrici dotate di trincia-spargipaglia che distribuiscono uniformemente i residui pagliosi. In alternativa, disperdere l'andana di paglia e procedere con una trinciapaglia subito dopo la raccolta.



Pomodoro da industria

Nel sistema produttivo del pomodoro da industria, Foggia e la sua intera provincia rivestono un ruolo centrale, soprattutto per ciò che riguarda i numeri e la qualità espressi dalle aziende agricole che investono in quello che, un tempo, era definito “oro rosso”.

I numeri indicano livelli di eccellenza su un'estensione complessiva media in provincia di Foggia di 15.000 ettari e una produzione di pomodoro da industria che si aggira intorno ai 14.250.000 quintali (1,4 milioni di tonnellate). La Puglia detiene la quasi totalità della produzione del pomodoro all'interno di una filiera del Sud Italia, sulla base di uno studio commissionato all'Università di Foggia, con 15.527.500 quintali di pomodoro da industria su una superficie di 17.170 ettari prodotti in Puglia, mentre in Campania 2.490.080 quintali su una superficie di 3.976 ettari.

In provincia di Foggia, zona di massima produzione in Italia, la situazione è diversificata rispetto alle rese: si va dagli 800 ai 1200 quintali raccolti per ogni ettaro. I pomodori pugliesi hanno specificità qualitative che li rendono unici per proprietà nutritive e richiesta sul mercato, di qui la necessità di garantire agli agricoltori una redditività all'altezza del loro impegno e del loro prodotto.



Favino da sovescio

4.2 GESTIONE DELLE COLTIVAZIONI

Di seguito si elencano le principali operazioni di impianto e gestione delle coltivazioni proposte.

Frumento duro

La coltivazione avviene in asciutto. Ipotizzando il sistema di coltivazione biologica, le operazioni colturali da effettuare risultano essere:

- lavorazioni del terreno: aratura con polivomere; frangizollatura;
- concimazione di fondo con concime organico;
- semina;
- strigliatura;
- mietitrebbiatura;
- trinciatura dei residui colturali.

Leguminose da sovescio

La coltivazione avviene in asciutto. Ipotizzando il sistema di coltivazione biologica, le operazioni colturali da effettuare risultano essere:

- lavorazioni del terreno: aratura con polivomere; frangizollatura;
- concimazione di fondo con concime organico;
- semina;
- sovescio con interrimento dei residui colturali.

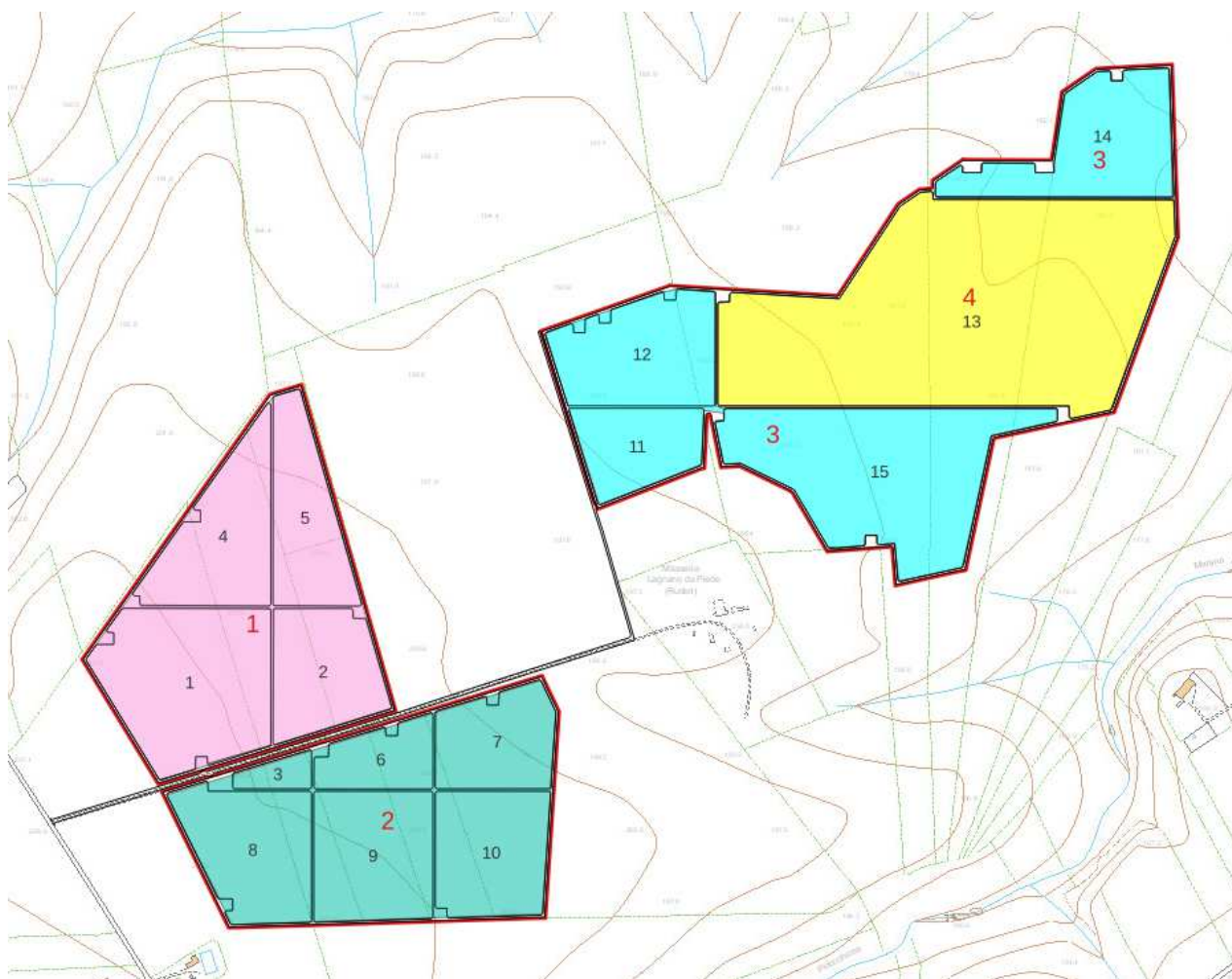
Pomodoro da industria

Le operazioni colturali da effettuare risultano essere:

- lavorazioni del terreno: aratura; frangizollatura; erpicatura;
- eventuale pacciamatura, mediante la messa in opera, prima dell'impianto, di un telo in plastica biodegradabile, avente lo scopo di conservare l'umidità del terreno, ridurre lo sviluppo di infestanti e favorire la creazione di un equilibrio termico a vantaggio della pianta;

- messa a dimora delle piantine;
- cure colturali durante le fasi di attecchimento ed accrescimento;
- eventuali trattamenti fitosanitari;
- raccolta;
- interrimento dei residui colturali, massimo a 15 cm di profondità.
- Irrigazioni. Per quanto riguarda l'irrigazione, il volume idrico stagionale dei pomodori da industria deve contenersi tra i 4.000 ed i 5.000 mc/ha, in funzione dell'andamento climatico. Per ottenere le massime produzioni è necessario irrigare a goccia, utilizzando la fertirrigazione, con turni brevi (da 2-4 giorni). Il pomodoro risente dello stress idrico durante qualunque periodo del suo ciclo. Con l'irrigazione a goccia, per una produzione ottimale, mediamente si suggerisce di effettuare i seguenti interventi irrigui:
 - aprile - un intervento alla semina o al trapianto (250 mc/ha);
 - maggio- 600 mc/ha equamente ripartiti;
 - giugno - 1500 mc/ha equamente ripartiti;
 - luglio - 1500 mc/ha equamente ripartiti;
 - agosto - max 1000 mc/ha entro la seconda metà d'agosto ed in funzione delle esigenze di raccolta.

La superficie coltivabile sarà suddivisa in 15 appezzamenti, raggruppati in 4 lotti.



Appezzamenti e di lotti di coltivazione

LOTTO n.	Appezamento n.	superficie mq	superficie ha	superficie coltivabile (83%) ha	superficie con sviluppo di vegetazione erbacea spontanea (17%) ha
1	1	46.075,00	4,61	3,82	0,78
	2	23.818,00	2,38	1,98	0,40
	4	28.481,00	2,85	2,36	0,48
	5	23.889,00	2,39	1,98	0,41
			12,23	10,15	2,08

2	3	4.140,00	0,41	0,34	0,07
	6	12.769,00	1,28	1,06	0,22
	7	20.794,00	2,08	1,73	0,35
	8	28.785,00	2,88	2,39	0,49
	9	29.405,00	2,94	2,44	0,50
	10	26.467,00	2,65	2,20	0,45
			12,24	10,16	2,08

3	11	18.088,00	1,81	1,50	0,31
	12	30.276,00	3,03	2,51	0,51
	15	32.837,00	3,28	2,73	0,56
	14	32.837,00	3,28	2,73	0,56
			11,40	9,47	1,94

4	13	142.565,00	14,26	11,83	2,42
			14,26	11,83	2,42

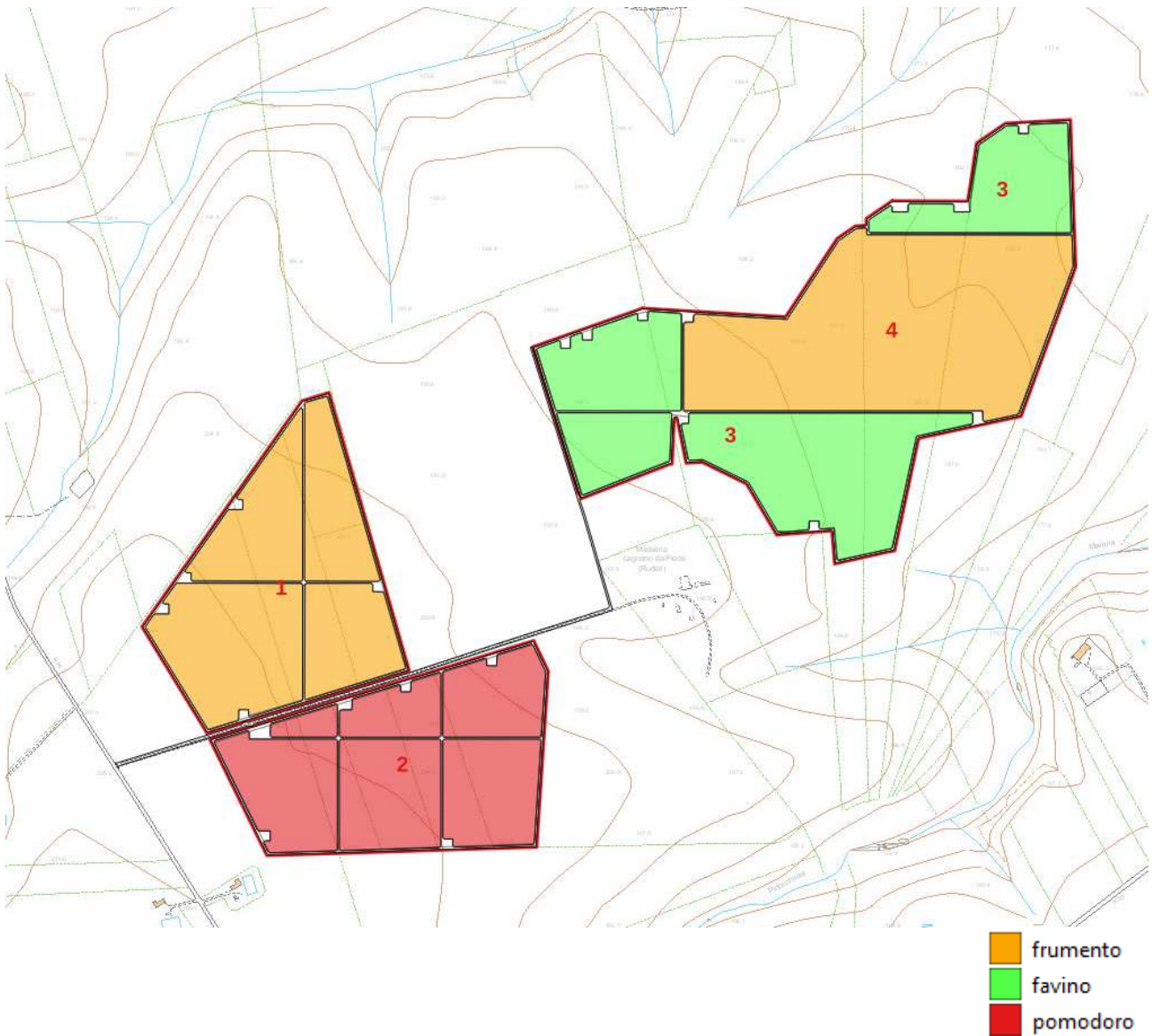
Tot.	501.226,00	50,12	41,60	8,52
-------------	-------------------	--------------	--------------	-------------

Ripartizione della superficie per lotti e appezzamenti di coltivazione

in ciascun lotto si propone di adottare una rotazione triennale: frumento duro – favino - pomodoro da industria.

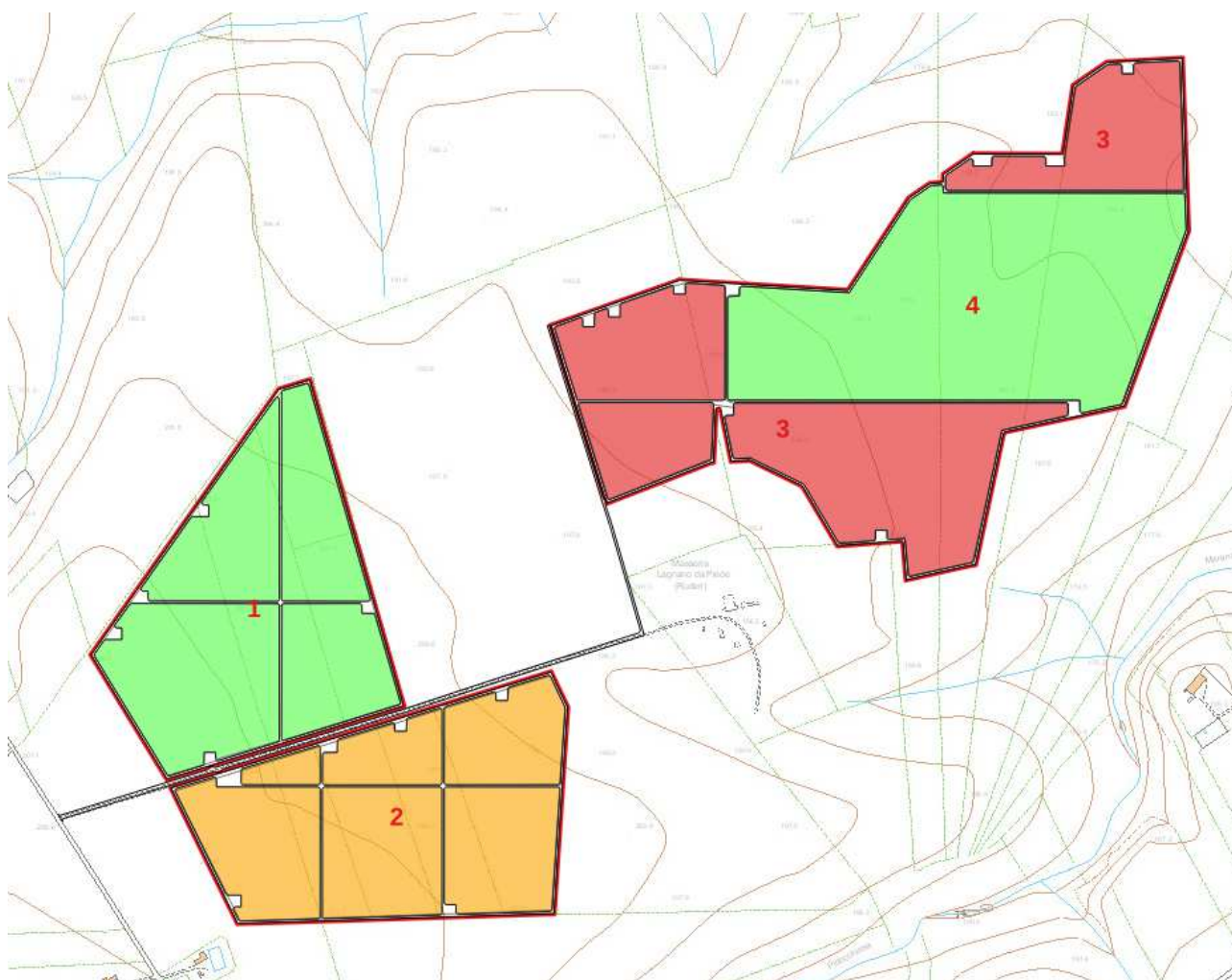
	ciclo colturale lotto 1 ha 10,15	ciclo colturale lotto 2 ha 10,16	ciclo colturale lotto 3 ha 9,47	ciclo colturale lotto 4 ha 11,83
1° anno	frumento duro	pomodoro	favino	frumento duro
2° anno	favino	frumento duro	pomodoro	favino
3° anno	pomodoro	favino	frumento duro	pomodoro

Ripartizione delle colture e rotazioni



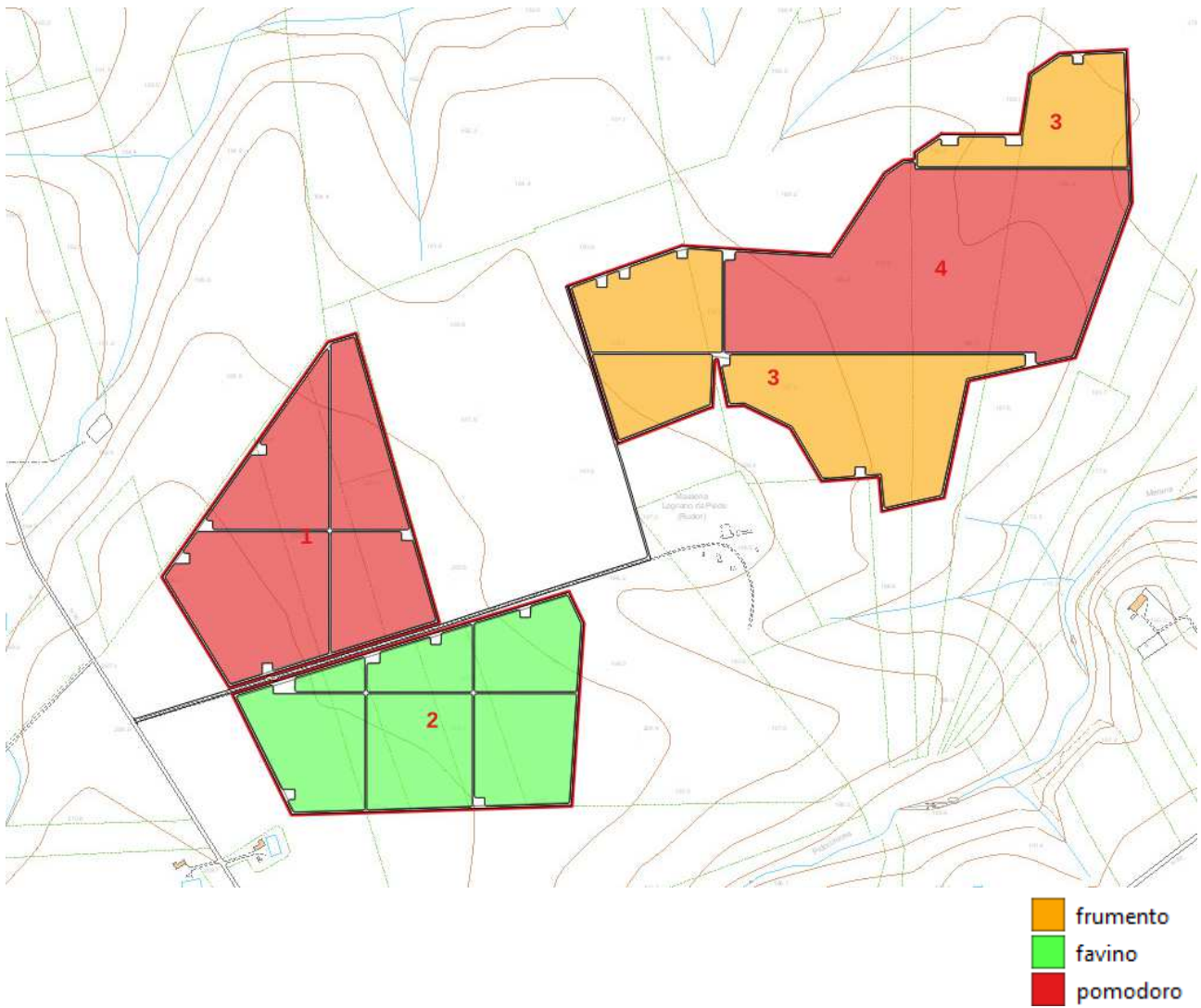
1° anno – Aree di coltivazione distinte per tipologie

<i>Coltura</i>	<i>superficie ha</i>
Frumento duro	21,98
favino	9,47
pomodoro da industria	10,16
Tot.	41,60



2° anno - Aree di coltivazione distinte per tipologie

<i>Coltura</i>	<i>superficie ha</i>
Frumento duro	10,16
favino	21,98
pomodoro da industria	9,47
Tot.	41,60



3° anno - Aree di coltivazione distinte per tipologie

<i>Coltura</i>	<i>superficie ha</i>
Frumento duro	9,47
favino	10,16
pomodoro da industria	21,98
Tot.	41,60

5. CONTI ECONOMICI

Le coltivazioni proposte sono il frumento duro, pomodoro da industria e favino. Vengono di seguito analizzati, per ogni singola coltura, sia i costi di impianto e di gestione che i ricavi, utilizzando valori provenienti da indagini di mercato. L'analisi si riferisce al 1° anno di coltivazione.

FRUMENTO DURO				
IMPIANTO DELLA COLTURA				
Voci di costo per impianto ad ettaro		Prezzo unitario €	Costo/ha €	
Lavorazione Terreno				
Aratura con polivomere	Da indagine di mercato	180,00	180,00	
Frangizzollatura	Da indagine di mercato	130,00	130,00	
Concimazione di Fondo				
Spandimento di concime organico			270,00	
Semina				
Seme (2 q/ha)	Da indagine di mercato	180,00	180,00	
Semina	Da indagine di mercato	70,00	70,00	
Totale costi di Impianto			830,00	
ettari previsti (1° anno)			21,98	
Costo totale impianto (1° anno)			18.243,40 €	
Costi gestione della coltura				
Voci di costo per gestione ad ettaro		Prezzo unitario €	Costo/ha €	
Gestione della coltura				
Distribuzione concime (copertura e diserbo)	Da indagine di mercato	50,00	50,00	
Diserbo	Da indagine di mercato	50,00	50,00	
Azotati	Da indagine di mercato	240,00	240,00	
Mietitrebbiatura	Da indagine di mercato	130,00	130,00	
Totale costi di gestione			470,00	
ettari previsti (1° anno)			21,98	
Costo totale gestione (1° anno)			10.330,60 €	
Totale costi (1° anno)			28.574,00 €	
Produzione e ricavi annui		q/ha	Prezzo medio (€/q)	Ricavo annuo (€/ha)
Granello	35,00	41,00 €	1.435,00 €	
ettari previsti (1° anno)			21,98	
Sostegno PAC (2023) ad ettaro			298,00 €	
Ricavo totale (1° anno)			38.091,34 €	
marginale (1° anno) compreso PAC			9.517,34 €	

Pomodoro da industria

Voci di costo per impianto		Prezzo unitario €	Costo ad ettaro
Aratura e preparazione del terreno	Da indagine di mercato	300,00	300,00 €
Concimazione di fondo	Da indagine di mercato	450,00	420,00 €
Diserbo pre trapianto	Da indagine di mercato	90,00	90,00 €
Fornitura e posa in opera di telo pacciamante biodegradabile	Da indagine di mercato	700,00	700,00 €
Acquisto di 25.000 piantine	Da indagine di mercato	0,04	900,00 €
Trapianto piantine	Da indagine di mercato	320,00	320,00 €
Costo impianto irrigazione a goccia		700,00	700,00 €
Totale costi di impianto (€/ha)			3.430,00

	ettari previsti (1° anno)	10,16
Totale costi di impianto (1° anno)		34.848,80 €

Voci di costo per gestione ad ettaro

Cure colturali	Da indagine di mercato	60,00 €
Trattamenti fitosanitari	Da indagine di mercato	290,00 €
Concimazione di copertura	Da indagine di mercato	360,00 €
Irrigazione	Da indagine di mercato	600,00 €
Raccolta e trasporto	Da indagine di mercato	1.800,00 €
costo di gestione annuale (€/Ha)		3.110,00

	ettari previsti (1° anno)	10,16
Costo gestione totale (1° anno)		31.597,60 €

Totale costi (1° anno)	66.446,40 €
-------------------------------	--------------------

Produzione e ricavi annui	t/ha	Prezzo medio (€/t)	Ricavo (€/ha)
prodotto	100	130,00	13.000
ettari previsti (1° anno)		10,16	
Ricavo (1° anno)			132.080,00 €
Margine (1° anno)			65.633,60 €

Coltivazione di leguminose da sovescio (favino)

Voci di costo	Prezzo unitario €	Costo/ha
Lavorazione Terreno		
Aratura	180,00	180,00 €
Frangizollatura	130,00	130,00 €
Concimazione di Fondo		
Spandimento di concime organico		270,00 €
Semina		
Seme (150 Kg/ha)	60,00	60,00 €
Semina	70,00	70,00 €
Gestione della coltura		
Triciatura	70,00	70,00 €
Erpicazione	70,00	70,00 €
Totale costi ad ettaro		850,00 €

Ettari previsti 1° anno 9,47

Totale costi per sovescio al 1° anno 8.049,50 €

6. CONCLUSIONI

L'installazione dell'impianto in una analisi ex-ante porta assieme agli ovvi vantaggi derivanti dalla produzione di energia rinnovabile, i seguenti vantaggi di natura agronomica:

- un miglioramento del sistema colturale, che comprende la coltivazione oltre che del frumento duro e del pomodoro da industria anche del favino da sovescio, secondo le indicazioni della recente ricerca condotta dal CREA di Foggia;
- il mantenimento della fertilità del terreno grazie al sistema di rotazioni colturali;
- il mantenimento o incremento della redditività;
- il mantenimento o incremento dei livelli di occupazione presenti nell'area.

BIBLIOGRAFIA

AA. VV., 2001. PROGETTO ACLA2. CARATTERIZZAZIONE AGRO ECOLOGICA DELLA REGIONE PUGLIA IN FUNZIONE DELLA POTENZIALITÀ PRODUTTIVA

AMADUCCI S., XINYOU, COLAUZZI M., 2018. Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production. *Applied Energy* 220: 545-561.

CALLEJÓN-FERRE A.J., MANZANO-AGUGLIARO F., DÍAZ-PÉREZ, CARREÑO-ORTEGA A., PÉREZ_ALONSO J., 2009. Effect of shading with aluminised screens on fruit production and quality in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under greenhouse conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research* 7: 41-49.

Donatiello S., Cenvinzo V., Pizzolongo G., Micera L.A., Fagnano M., 2005. CONFRONTO TRA TECNICHE DI FERTILIZZAZIONE IN UNA ROTAZIONE ORTICOLA: 1. EFFETTI SULLA PRODUZIONE DEL POMODORO.

DUPRAZ C., MARROU H., TALBOT G., DUFUR L., NOGIER A., FERARD Y., 2011. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy* 36: 2725-2732.

IPLA – Regione Piemonte, 2017. *Monitoraggio degli effetti del fotovoltaico a terra sulla fertilità del suolo e assistenza tecnica*

MINNESOTA DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES, 2020. Prairie Establishment & Maintenance Technical Guidance for Solar Projects Revised July 2020

MARROU H., DUFUR L., WERY J., 2013b. How does a shelter of solar paners influence water flows in a soil-crop system? *European Journal of Agronomy* 50: 38-51.

MONTELEONE M., 2020. IL SISTEMA “AGROVOLTAICO”: UNA VIRTUOSA INTEGRAZIONE MULTIFUNZIONALE IN AGRICOLTURA POTENZIALITA’ REALIZZATIVE NEL SETTORE ORTOFRUTTICOLO ed applicazione esemplificativa alla coltivazione dell’asparago “*POSITION REPORT*” A CURA DEL GRUPPO DI RICERCA “STAR*AgroEnergy” Università di Foggia.