

# Provincia di ENNA - Comune di ENNA



DATA	REV	OGGETTO REVISIONE:
<b>Committente:</b>		<b>Sviluppo e Progettazione:</b>
		
X-ELIO ENNA 2 S.R.L. Corso Vittorio Emanuele II,349 00186 Roma P.IVA: 17129771006 <a href="http://www.x-elio.com">www.x-elio.com</a>		GEOSTUDIOGROUP STP S.r.l. Via Dott. Lino Blundo n.3 97100 Ragusa (RG) P.IVA:01635940883 <a href="http://www.geostudiogroup.net">www.geostudiogroup.net</a>
<b>OPERA:</b>		<b>TITOLO:</b> Misure di mitigazione
<b>Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato "ENNA 2" della potenza di 42 MW in A.C. e 50 MWp in D.C. con sistema di accumulo integrato da 21 MW e di tutte le opere connesse ed infrastrutture da realizzarsi nel Comune di Enna (EN).</b>		<b>L'agronomo:</b> <b>Dott. Michele Aquila</b> 
<b>UBICAZIONE IMPIANTO</b>		<b>Progettista P.P.V.:</b> <b>Ing. Salvatore Camillieri</b>
<b>Contrada Salsello Enna (EN)</b>		
<b>DATA:</b>	<b>SCALA</b>	
08/08/2023	-	

## **SOMMARIO**

<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>CRITERI GENERALI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>BEST-PRACTICES ITALIANE DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>4</b>
<b>AREA D'IMPIANTO E MISURE DI MITIGAZIONE .....</b>	<b>5</b>
<i>Fascia di rispetto / mitigazione .....</i>	<i>6</i>
<i>Attività di Riallocaimento Soggetti Arborei .....</i>	<i>12</i>
<i>Alternativa allo schema precedente.....</i>	<i>13</i>
<i>Libertà di spostamento della fauna selvatica .....</i>	<i>16</i>
<b>IL SISTEMA 'AGRIVOLTAICO': OTTIMIZZAZIONE DELL'USO DEL SUOLO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA.....</b>	<b>17</b>
<b>UTILIZZO DELLE SUPERFICI .....</b>	<b>19</b>
<b>COMPATIBILITÀ STORICO-PAESAGGISTICA .....</b>	<b>20</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>21</b>

## PREMESSA

Con la presente trattazione si intende esaminare e qualificare gli interventi di mitigazione predisposti per il progetto di impianto fotovoltaico denominato "Enna 2", da realizzarsi in Contrada Salsello del Comune di Enna (EN).

Le misure valutate e di seguito riportate, prendono spunto sia da documenti di indirizzo e normativi emanati a livello nazionale, regionale e comunale in materia di mitigazione di impianti tecnologici e similari, sia dalle considerazioni storico-paesaggistiche e botanico-agronomiche relative alle specie vegetali tipiche della macchia mediterranea, ed in particolar modo del territorio di riferimento, ossia la Sicilia centrale. Sono anche tenute in considerazione le caratteristiche dell'area di intervento relativamente alle essenze arboree ed erbacee caratterizzanti l'areale.

## CRITERI GENERALI DI RIFERIMENTO

Gli interventi predisposti seguono quanto enunciato in materia di tutela delle zone agricole dal P.E.A.R.S., Piano Energetico Ambientale della Regione Siciliana, dal quale si estrae: "[...] *La realizzazione in zona agricola di impianti di energia rinnovabile fotovoltaica e termodinamica è consentita a condizione che al loro confine venga realizzata una fascia arborea, di protezione e separazione, della larghezza di almeno mt. 10, costituita da vegetazione autoctona e/o storicizzata, o comunque, motivatamente determinata in modo da non compromettere la funzionalità degli impianti*", al fine di ottenere le autorizzazioni necessarie alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico citato in Premessa.

A seguire si riportano i principali aspetti tenuti in considerazione durante lo sviluppo sia del progetto sia del presente lavoro:

- *Adeguate conoscenza degli elementi caratterizzanti il paesaggio*: la conoscenza delle caratteristiche dei luoghi interessati dall'intervento ha permesso una appropriata interpretazione del paesaggio e delle relative variazioni conseguenti alla realizzazione dell'impianto;
- *Interdisciplinarietà*: specifiche competenze di ingegneria, geologia e agronomia sono state impiegate nello sviluppo del progetto, ottenendo una visione interdisciplinare e una accurata interpretazione del contesto;
- *Utilizzo sostenibile delle risorse disponibili*: le risorse energetiche convenzionali, i materiali, il territorio, il paesaggio, la biodiversità vegetale ed animale e il suolo sono risorse non rinnovabili, delle quali si è fatto, nel tempo, un uso indiscriminato. Pertanto, nell'ottica di una politica di tutela, che promuova uno sviluppo sostenibile, è necessario contenerne il più possibile il consumo eccessivo e non giustificato promuovendo, ad esempio, le operazioni di recupero di manufatti (qualora esistenti); lo sfruttamento a pieno delle potenzialità delle risorse rinnovabili, quali il sole ed il vento; la gestione sostenibile del suolo per contrastare i processi di erosione e desertificazione; la tutela della biodiversità della flora spontanea, della fauna selvatica e dei microrganismi del suolo;
- *Rispetto delle caratteristiche orografiche e morfologiche*: in quest'ottica, l'impianto fotovoltaico proposto è progettato per integrarsi in maniera armonica con l'orografia e la morfologia del territorio, rispettando le

caratteristiche dei luoghi e non prevedendo alterazioni invasive a carico degli stessi quali, ad esempio, eccessivi movimenti di terra o modifiche del naturale andamento del terreno;

- *Compatibilità ecologica*: il progetto non comprometterà in maniera irreversibile l'ambiente e/o l'equilibrio degli ecosistemi; durante la fase progettuale è stata posta particolare attenzione alla salvaguardia delle caratteristiche di naturalità esistenti e alla conservazione della biodiversità e della fertilità del suolo;
- *Compatibilità visuale*: l'opera risulterà caratterizzata da un'incidenza contenuta rispetto alle visuali apprezzabili dalle principali percorrenze e rispetto ai punti di osservazione più significativi. Le misure di mitigazione previste, in particolare, cercheranno di preservare una percezione visiva naturale, valorizzando gli attuali connotati del paesaggio;
- *Integrazione nel contesto*: considerato che ogni intervento sul territorio può produrre una certa discontinuità con le immediate vicinanze, sono stati previsti opportuni interventi di mitigazione mediante l'utilizzo di vegetazione autoctona/caratteristica, al fine di integrare l'opera con il contesto. È stato inoltre evitato il ricorso ad eccessive geometricità e sono state ricercate soluzioni cromaticamente compatibili.

## **BEST-PRACTICES ITALIANE DI RIFERIMENTO**

Diverse regioni italiane, in particolar modo quelle che da anni hanno introdotto e armonizzato le valutazioni ambientali e paesaggistiche all'interno della loro pianificazione comunale e provinciale, hanno redatto prontuari e linee guida per l'inserimento degli impianti tecnologici, di tipo fotovoltaico, sia a terra sia su tetti e similari. Meno frequente invece è stata la proposta di alcuni Ordini professionali che hanno elaborato soluzioni tecniche per ridurre gli impatti e predisporre adeguate misure di mitigazione.

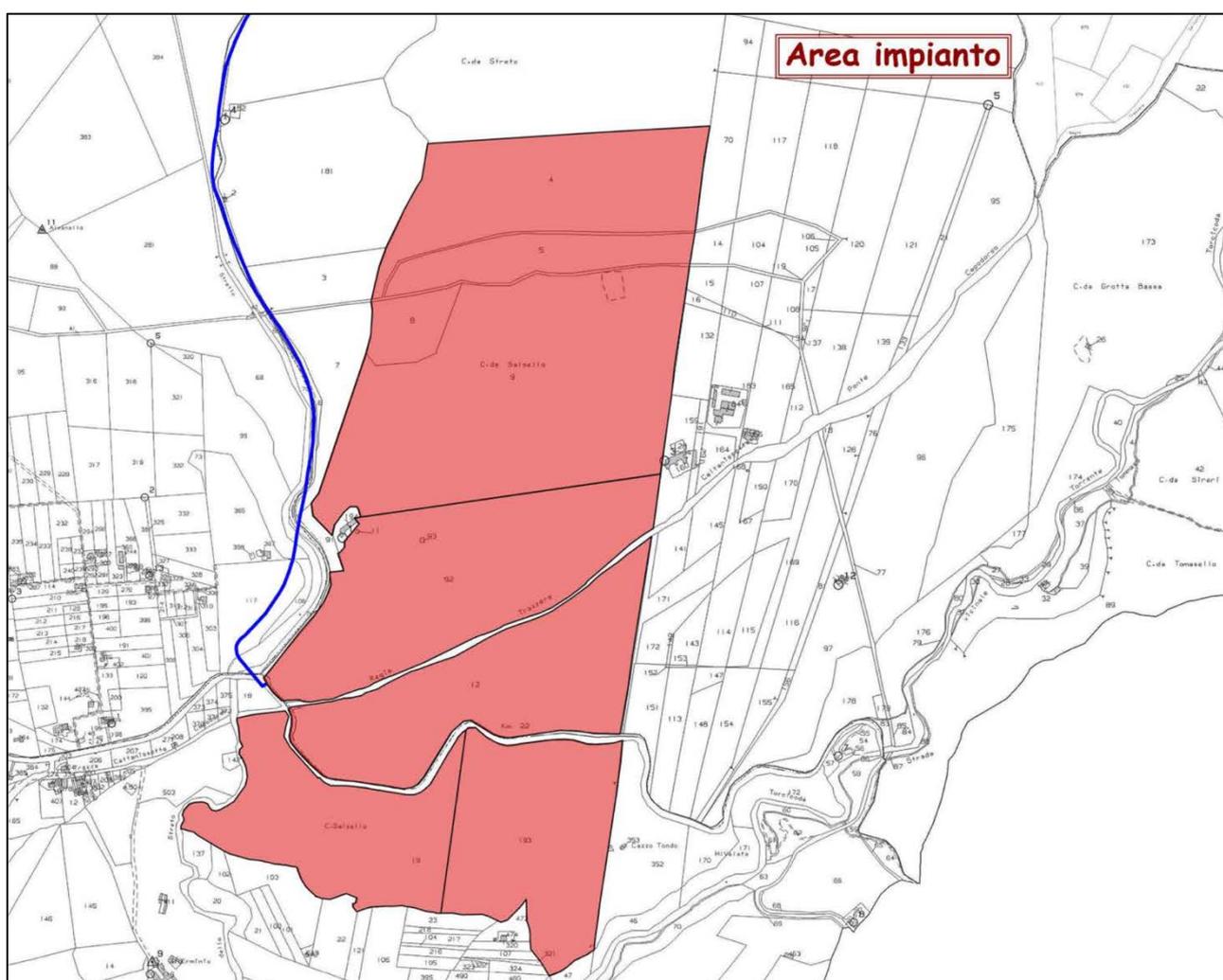
Questa sensibilità ambientale è stata anche enfatizzata dal crescente interesse per le energie rinnovabili sviluppatosi in Italia a partire dal Decreto Legislativo 387/2003 "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità" fino ad arrivare al successivo Decreto Legislativo 28/2011 che ha, di fatto, recepito la direttiva europea di riferimento - 2009/28/CE - integrando il precedente sistema normativo con l'ambizioso obiettivo di semplificare gli iter procedurali di autorizzazione degli impianti fotovoltaici.

Sensibilità e contingenza hanno fatto sì che si realizzassero tra il 2003 ed il 2010, ottimi documenti di indirizzo, ai quali ha fatto seguito il Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico - di concerto con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e di quello dei Beni e delle Attività Culturali - del 10 Settembre 2010 "Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili" (previste dall'articolo 12 del D.lgs. n. 387/2003) il quale alla parte IV, paragrafi 16 e 17, elenca la casistica delle aree idonee e non idonee alla realizzazione degli impianti in oggetto. Rispetto però al documento ministeriale, le *practices* coniate da Province e Comuni hanno la grande qualità di riportare, anche con schemi e allegati, le soluzioni pragmatiche adottabili per mitigare gli impatti ambientali e paesaggistici. Un vero e proprio repertorio di casi e soluzioni in grado di orientare la scelta dei progettisti e dei proponenti nella redazione del progetto.

## AREA D'IMPIANTO E MISURE DI MITIGAZIONE

L'impianto denominato "Enna 2" nella sua genesi ha, di fatto, capitalizzato quanto riportato nei documenti nazionali e regionali, nonché nelle buone pratiche di livello locale. Riguardo l'aspetto progettuale si intende adottare, quali modelli di riferimento, le migliori soluzioni a oggi intraprese nel nostro Paese, per garantire un ottimale standard nelle misure di mitigazione, in ottemperanza a quanto richiesto dalle Autorità garanti. A partire dal rispetto delle vigenti norme regionali in materia di energie rinnovabili e dal Piano Energetico Regionale, le misure di mitigazione previste per l'area intorno all'impianto vengono valorizzate in modo da garantire una tutela integrale del paesaggio circostante. In particolar modo, il proponente, di concerto con i progettisti e il consulente dell'ambito specifico, intende proporre la soluzione di schermatura di seguito esposta.

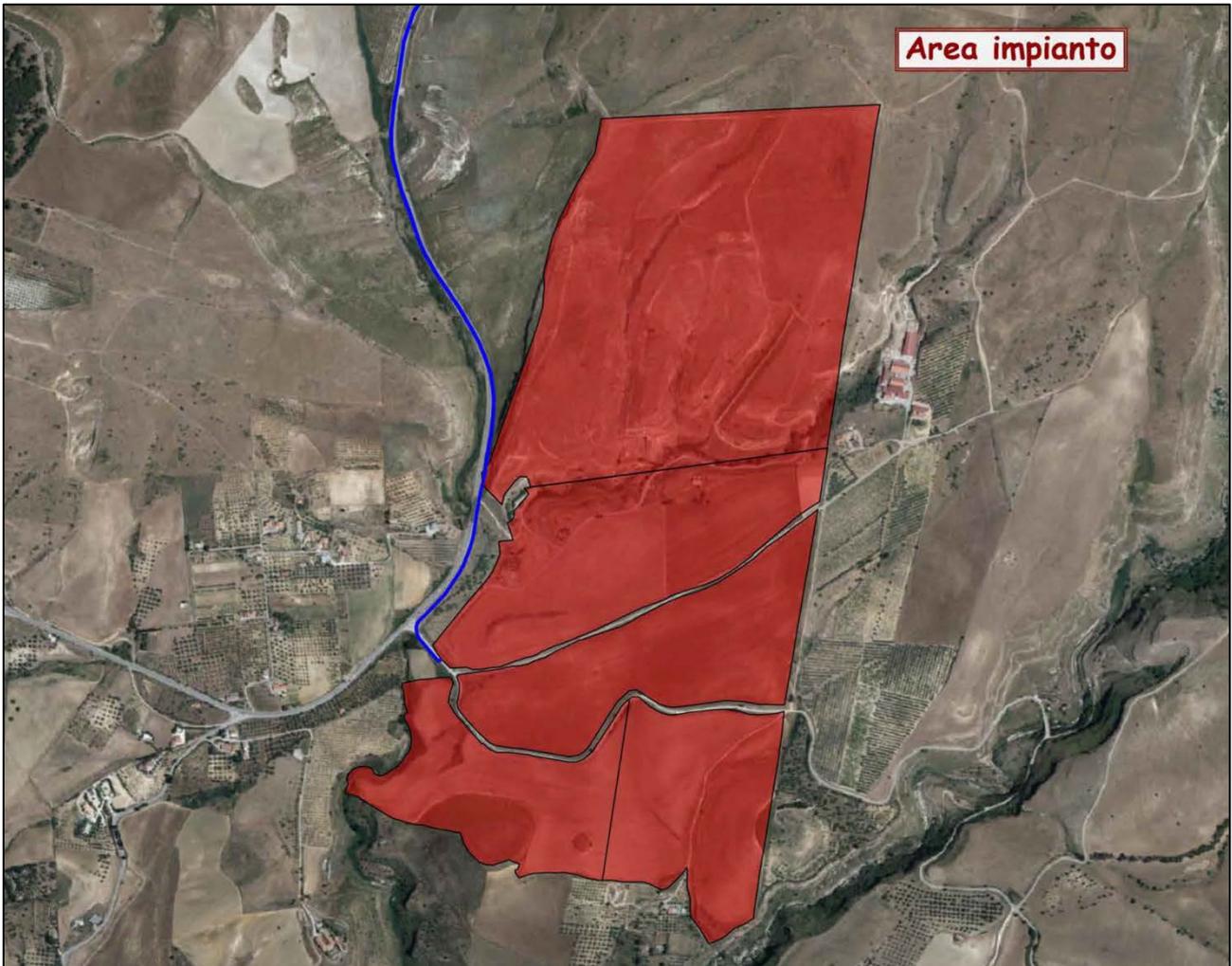
L'area oggetto di studio ricade nell'Agro di Enna (EN) e interessa l'appezzamento di terreno identificato nella figura a seguire:



**Figura 1 - Inquadramento Area di impianto su catastale**

Catastralmente l'area ricade all'interno del foglio di mappa n° 194 del NCT del Comune di Enna (EN), particelle 4, 5, 8, 9, 12, 92 e all'interno del foglio di mappa n° 195, particelle 19, 193 del NCT dello stesso Comune, risulta estesa circa 118,5 ettari e presenta un perimetro esterno di circa 9878,93 metri.

Al suo interno sono presenti 35 esemplari arborei / arbustivi così distinti: n° 1 esemplare di mandorlo, n° 7 esemplari di ulivo, n° 27 esemplari di pero mandorlino / "perastro", oltre ad altre essenze dettagliatamente riportate nella relazione specialistica denominata "Studio botanico faunistico".

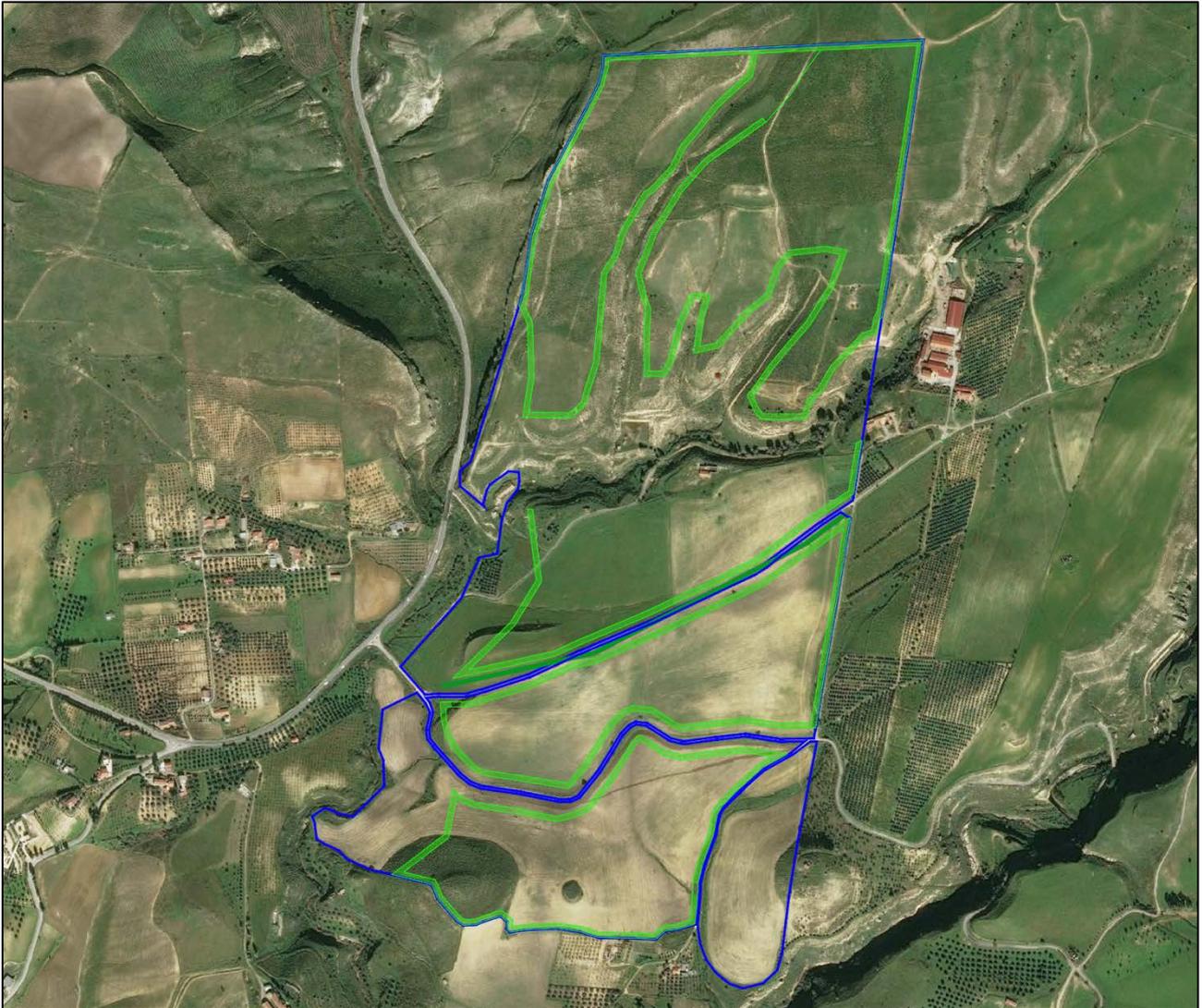


**Figura 2** - Identificazione dell'area impianto su ortofoto

### ***Fascia di rispetto / mitigazione***

L'ipotesi progettuale prevede la realizzazione di una **fascia verde perimetrale della larghezza di 10,0 m** in corrispondenza ogni settore dell'impianto, che sarà destinata alla piantumazione di essenze arboreo/arbustive endemiche o naturalizzate, secondo gli schemi indicati in seguito. Tale fascia verrà adibita esclusivamente a detto intervento di mitigazione ambientale del sito di progetto: al suo interno infatti andranno trapiantati alcuni esemplari che, al momento, risultano collocati nelle particelle destinate all'installazione dei pannelli fotovoltaici e verranno messe a dimora nuove essenze arboreo/arbustive.

Trattasi quindi di un intervento che andrà a mitigare visivamente l'impatto determinato dai moduli fotovoltaici, schermandoli completamente e, contestualmente, a migliorare la biodiversità dell'area con conseguenziali benefici ambientali per il territorio in esame.



**Figura 3** - Collocazione delle fasce di mitigazione (in verde) su ortofoto

La valutazione delle specie arboree da utilizzare è stata dettata dalla volontà di conciliare l'azione di mitigazione/riqualificazione paesaggistica con la valorizzazione della tradizionale vocazione agricola dell'area di inserimento dell'impianto.

Per la fascia di mitigazione di suddetta area è stata valutata, oltre alla preservazione di tutti gli esemplari arborei naturalmente collocati nel perimetro, anche una loro integrazione, attraverso la messa a dimora di alberi di nuovo impianto: a tal riguardo, la specie ritenuta più idonea al rimboscimento, in considerazione dei dettami delle best practices in materia, nonché della assoluta compatibilità con le caratteristiche pedoclimatiche del contesto, è l'olivo: essenza storicamente caratterizzante il territorio siciliano.

I nuovi esemplari previsti, verranno trapiantati a quinconce, con sesto di impianto 5,0 m x 5,0 m, disposti a intervalli regolari secondo un reticolo a maglie triangolari. Adoperando opportune e regolari cure colturali, la distanza prevista tra gli alberi può risultare sufficiente ad evitare eccessive interferenze radicali e della chioma, nonché idonea a consentire lo svolgimento di alcune lavorazioni con piccoli mezzi meccanici agevolmente e in sicurezza.

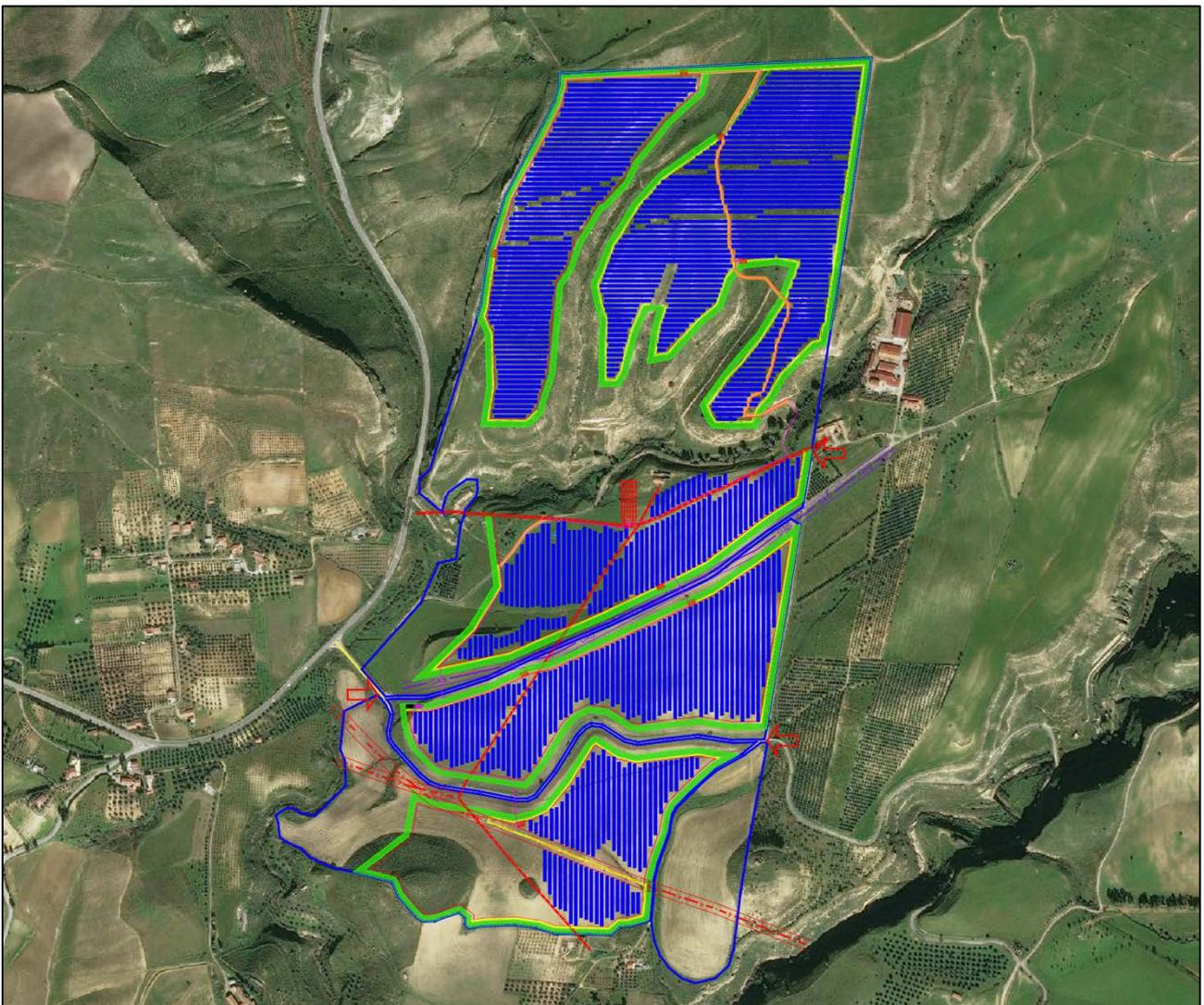
L'area di mitigazione prevista, estesa complessivamente circa 98.712 mq (superficie risultante dall'estensione dei perimetri dei diversi settori dell'impianto -circa 9871,2 metri- per la larghezza prevista delle fasce arboree -10,0 metri-),

è in grado di ospitare 1940 esemplari arborei nella sua parte più interna (al netto dei 35 esemplari oggetto di movimentazione citati precedentemente), e ulteriori 1975 in quella più esterna.

La superficie disponibile, pertanto, risulta in grado di soddisfare le necessità di reimpianto sopra descritte con ampio margine di rimboschimento.

Come accennato, alcuni esemplari arborei, attualmente collocati nel cuore dell'area di impianto, necessiteranno di specifica movimentazione, che verrà eseguita secondo i parametri meglio descritti a seguire, nel capitolo dedicato.

Essi verranno ricollocati tutti nella stessa area di espianto (andando a divenire parte integrante delle fasce di mitigazione previste), concorrendo, quindi, al mantenimento dell'attuale habitat e minimizzando le modifiche a carico dell'area.



**Figura 4** - Layout dell'impianto completo su ortofoto con identificazione delle fasce di mitigazione (in verde)



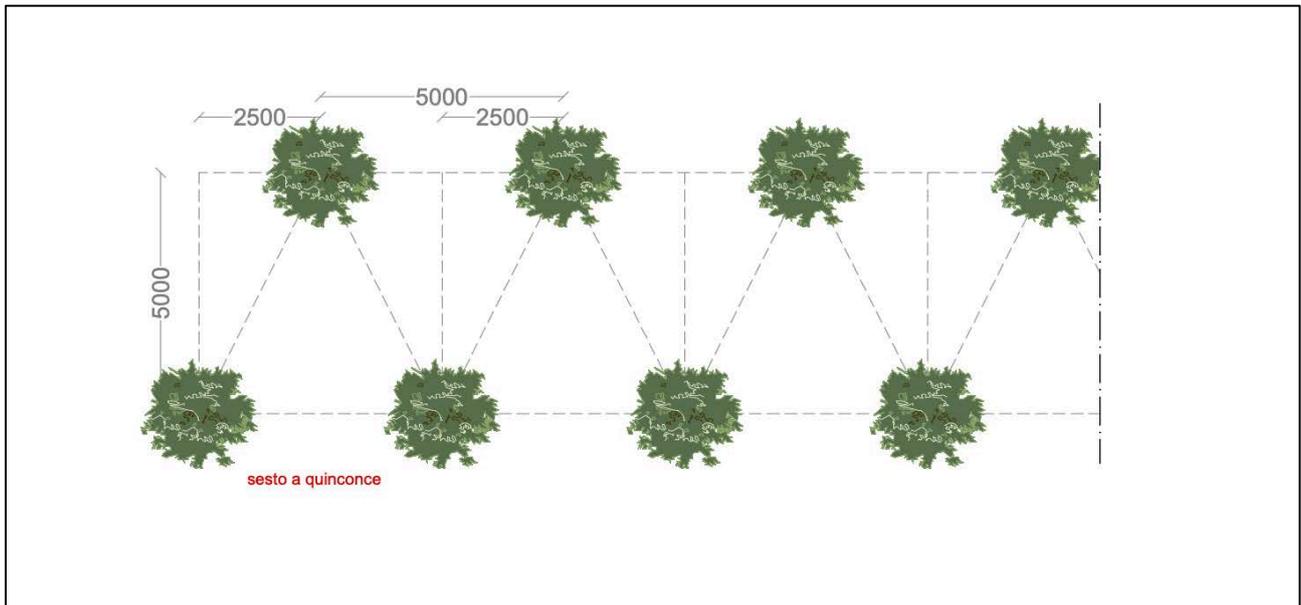
**Figura 5** - Simulazione schematica con foto-inserimento dell'impianto completo e delle fasce di mitigazione (vista da Nord)

Oltre a rappresentare un sicuro beneficio per la biodiversità dell'area, la fascia di mitigazione svolgerà il fondamentale compito di schermatura, limitando l'impatto visivo dell'impianto dalla strada e dagli appezzamenti limitrofi e garantendo, quindi, un inserimento ottimale dell'impianto fotovoltaico nel contesto paesaggistico locale.



**Figura 6** - Simulazione schematica con foto-inserimento dell'impianto completo e fasce di mitigazione (vista da Est)

La piantumazione delle fasce di mitigazione seguirà, compatibilmente al rispetto naturale dei confini e degli accessi al fondo, il seguente schema:



**Figura 7 - Struttura schematica delle fasce di mitigazione**

L'ipotesi progettuale prevede quindi una fascia arborea mono-specie sviluppata su due file, composta da piante di ulivo di nuova introduzione, storicamente caratterizzanti Regione Sicilia e particolarmente adatte alle caratteristiche pedoclimatiche del contesto.

Al fine di contribuire al mantenimento della biodiversità, sia della flora spontanea che della fauna selvatica, ma anche dei microrganismi del suolo, per la coltivazione della fascia di mitigazione saranno adottate pratiche colturali conservative e rigenerative della fertilità del suolo (a titolo esemplificativo e non esaustivo: l'utilizzo di *cover crops*, le tecniche di minima lavorazione del terreno *-minimum tillage-*). Per aumentare il livello di biodiversità sarà valutato, inoltre, lungo i perimetri delle fasce di mitigazione, l'impianto di specie arbustive officinali con elevata capacità mellifera col fine di contribuire alla salvaguardia degli insetti pronubi. Per il controllo delle fitopatie si farà ricorso a tecniche di lotta biologica e all'utilizzo di prodotti di origine vegetale o minerale mentre per la concimazione del suolo si farà ricorso a fertilizzanti organici.



**Figura 8** – Simulazione schematica con foto-inserimento dell'impianto completo e fasce di mitigazione (vista dalla Regia Trazzera)



**Figura 9** - Simulazione dell'ipotesi progettuale: foto-inserimento di recinzione e cortina vegetale completa (Vista dalla Regia Trazzera)

**Riassumendo**: la proposta progettuale principale prevede che nelle fasce di mitigazione, al fine di minimizzare l'impatto visivo e rispondere ai requisiti di mitigazione richiesti dalla tipologia di progetto, verranno impiantati n° 3915 nuovi alberi di ulivo che saranno coltivati attraverso pratiche agronomiche sostenibili e rigenerative della fertilità del suolo e del livello di biodiversità. La piantumazione di nuove entità arboree terrà conto dei confini rispetto alle proprietà limitrofe. Sono inoltre stati valutati preventivamente anche gli eventuali condizionamenti procurati dall'ombreggiamento delle alberature.

I 35 esemplari così distinti: n° 1 esemplare di mandorlo, n° 7 esemplari di ulivo, n° 27 esemplari di pero mandorlino / "perastro", oggi collocati nel cuore delle aree di impianto, saranno oggetto di movimentazione (espianto e trapianto) e andranno a costituire parte integrante delle fasce di mitigazione. Per le operazioni di espianto e trapianto degli esemplari si avrà cura di selezionare ditte specializzate con comprovata esperienza nella movimentazione di grosse alberature, la

cui *mission* principale sarà la salvaguardia del patrimonio arboreo sia in senso produttivo, ma anche in senso affettivo, paesaggistico e storico.

### ***Attività di Riallocazione Soggetti Arborei***

In via preparatoria, su ciascun soggetto arboreo da riallocare, sarà effettuata una potatura strettamente funzionale allo spostamento e al successivo attecchimento e, ove si renderà necessario, l'intervento sarà integrato da una accurata legatura della chioma. Seguirà una fasciatura del tronco con tela, questo per evitare possibili ferite del tronco durante la fase di spostamento. L'espianto e il trapianto verranno effettuati in un'unica operazione con idoneo mezzo (trapiantatrice meccanica) correttamente dimensionata in riferimento alle piante da trapiantare. Gli esemplari arborei saranno prelevati con la formazione di una zolla compatta che comprenda la maggior parte possibile dell'apparato radicale e immediatamente trasferiti nelle nuove sedi di impianto, dove in precedenza sarà predisposta una buca per il nuovo impianto. La trapiantatrice meccanica garantirà la compattezza della zolla così da generare il minimo trauma possibile alle radici anche in fase di trasporto. Sarà cura della committenza procedere al ripristino della superficie del terreno precedentemente interessato dalla presenza delle specie arboree. L'operazione sarà agevolata dal fatto che la ricollocazione avverrà sulla stessa area, dunque con spostamenti molto contenuti per gli esemplari arborei, e non prevedrà spostamenti su strada pubblica. Spazi e dimensioni degli appezzamenti consentono la movimentazione in sicurezza di mezzi, alberi e personale.

Naturalmente non tutte le specie sono ugualmente trapiantabili: ogni specie diversa andrà trattata con diverse attenzioni, sotto l'osservazione diretta di un dottore agronomo abilitato con comprovata esperienza in questa tipologia di operazioni. Inoltre, per ogni singolo esemplare arboreo da movimentare, prima del trapianto sarà effettuato uno studio di trapiantabilità, ovvero si procederà con un'analisi preliminare che, oltre a visionare lo stato generale, ad es. dimensioni del tronco, dimensione e impostazione della chioma, danni al tronco, presenza di radici affioranti, terrà conto del suo stato fitopatologico. È essenziale che le piante siano sane e presentino un buon vigore vegetativo, devono essere esenti da attacchi parassitari in corso o appena pregressi, prive di danni da urto, abrasioni, ferite, scortecciamenti lungo il tronco. Il fogliame deve presentarsi privo di lacerazioni, macchie o alterazioni del colore naturale. A tale scopo sarà predisposta una *checklist* con tutte le voci e i parametri da tenere sotto controllo.

Dopo il trapianto, le piante movimentate hanno bisogno di cure colturali per poter riprendere il proprio naturale ciclo di accrescimento (bagnature, controllo delle infestanti, operazioni fitosanitarie, potature di rifinitura, concimazioni). Si stimano circa 2 anni di cure colturali post trapianto e a seconda dell'andamento climatico stagionale non si esclude la realizzazione di un impianto di micro-irrigazione a goccia dedicato. A tal scopo sarà redatta una scheda che raccoglie le informazioni necessarie per le cure colturali post trapianto. Sarà onere della committenza sostituire le piante eventualmente non attecchite con esemplari della stessa specie e di analoga età.

In riferimento alla trapiantabilità delle specie da movimentare, si precisa che le piante, anche quelle più mature, attecchiscono meglio se vengono asportate con il loro pane di terra, che favorisce anche la successiva messa a dimora. Nel caso di specie caratterizzate da apparato radicale molto sviluppato e di esemplari adulti, lo sradicamento meccanico garantisce minor danno se preceduto da uno scasso del terreno nell'area circostante al fusto, attività che verrà messa in essere per garantire l'efficacia del trattamento di espianto.

Con riferimento al diametro del tronco, esso rappresenta un parametro molto importante nella valutazione della trapiantabilità, in quanto dimensioni ridotte del tronco possono essere indice di scarsa resistenza a sollecitazioni elastiche e provocare, di conseguenza, rotture parziali e/o totali del fusto. Di tale aspetto si terrà debitamente conto in fase di espianto degli esemplari arborei, prendendo tutte le precauzioni del caso.

Le operazioni di espianto e reimpianto verranno eseguite durante il riposo vegetativo delle colture.

### ***Alternativa allo schema precedente***

A seguire, viene riportata una soluzione alternativa a quella precedentemente descritta, che prevede l'introduzione di specie arboree e arbustive in gran parte legate alla tradizione territoriale. Oltre agli ulivi, essenze arboree storicamente caratterizzanti l'areale in esame, diverse altre specie possono, a pieno titolo, definirsi "specie storicizzate". A seguire vengono elencate alcune essenze, domestiche e selvatiche, ritenute idonee agli interventi di ripristino e mitigazione ambientale:

**Ulivo – *Olea europaea*:** albero di antichissime origini, parte integrante del paesaggio siciliano e di tutto il Bacino del Mediterraneo, fornisce i frutti, le olive, da mensa e da spremitura secondo le diverse varietà. Le fronde ricavate dalle potature possono essere utilizzate per forni a legna e per cottura di cibi, rami e tronchi per l'accensione dei forni, stufe e caminetti; il legno è pregiato ed è utilizzato per fabbricare utensili agricoli e sculture lignee e altri oggetti di uso quotidiano. L'ulivo si presta molto bene alla riqualificazione del paesaggio in tutti quei contesti in cui è richiesto il mantenimento delle specie autoctone; un ampio apparato radicale fornisce una funzione meccanica di consolidamento superficiale dei versanti inclinati. La densa chioma protegge il suolo dal forte irraggiamento del sole in estate, mantenendo lo strato vegetale erbaceo protetto e ombreggiato;

**Mandorlo – *Prunus amygdalus*:** originario dell'Asia centro occidentale, introdotto in Europa dai Fenici proprio attraverso il territorio siciliano, il mandorlo si diffuse rapidamente nell'intero Bacino Mediterraneo. Oggigiorno viene coltivato per il frutto secco, ricco di proprietà nutraceutiche, consumato direttamente o lavorato. Albero esteticamente gradevole, a portamento eretto, fiorisce tra gennaio e marzo in modo appariscente. La raccolta delle mandorle ricade tra l'estate e l'autunno. Essenza interessante da introdurre nelle alberature e nelle opere di mitigazione ambientale paesaggistica poiché caratteristica del paesaggio siciliano, con risultati positivi per la conservazione dei suoli. Nel periodo invernale perde le foglie, garantendo il soleggiamento dei suoli sottostanti e favorendo la ripresa vegetativa dello strato erbaceo;

**Giuggiolo – *Zizyphus vulgaris*:** è in grado di adattarsi a vari tipi di terreno, resiste a situazioni di forte aridità grazie a un apparato radicale molto sviluppato in profondità; predilige suoli leggeri, non umidi, neutri o sub-alcasini. Predilige posizioni soleggiate, o anche semi-ombreggiate e non teme il freddo. Le foglie sono caduche e di piccole dimensioni, di colore verde brillante, con margine seghettato. La crescita della pianta è molto lenta. Si tratta di alberi rustici, che trovano posto anche in luoghi con condizioni climatiche estreme, con clima molto asciutto e caldo;

**Sorbo – *Sorbus domestica*:** il sorbo appartiene alla famiglia delle Rosacee ed è un albero molto longevo, preferisce climi temperati, ha una buona resistenza alle basse temperature invernali e alle estati calde. È una specie adattabile, infatti si insedia bene su suoli argillosi e calcarei, pur prediligendo terreni freschi, profondi, ben drenati e con una buona dotazione

di sostanza organica. Il sorbo domestico trova le migliori condizioni di sviluppo nel bacino del Mediterraneo; in Italia lo si trova ovunque, perlopiù nelle aree marginali. I frutti sono commestibili e sono a forma di piccole pere, sono riuniti in gruppi, sono di colore giallo-rossastro, e diventano bruni quando raggiungono la maturazione;

**Corbezzolo – *Arbutus unedo*:** originario del bacino del Mediterraneo, può riscontrarsi anche nella costa atlantica fino all'Irlanda. Alberello sempreverde alto 5-6 m (a volte fino a 10 m), con portamento spesso arbustivo. Il tronco presenta una scorza sottile, finemente e regolarmente desquamata in lunghe e strette placche verticali di colore bruno-rossastro. Le foglie persistenti, alterne, coriacee, con breve picciolo, hanno una lamina obovato-ellittica. I fiori sono posti in racemi ramificati di colore bianco crema o rosato, provvisti di corolla lanceolata con 5 denti brevi. Fiorisce da ottobre a dicembre e fruttifica nell'autunno seguente. Questi arbusti sono abbastanza facili da coltivare, soprattutto perché nella nostra penisola vivono anche allo stato selvatico;

**Asparago nero o di bosco - *Asparagus acutifolius*:** specie comune nelle regioni centro-meridionali, è un cespuglio tipico delle zone aride e calde, componente ombrofila delle siepi, nelle leccete, nei boschi di latifoglie, su substrato di diversa composizione ad altitudini da 0 a 1300 m s.l.m. Dotato di un apparato radicale in grado di consolidare il suolo anche in profondità, producendo dei turioni commestibili e ricercati. Le parti aeree sono legnose e spinose;

**Lentisco – *Pistacia lentiscus*:** specie vegetale arboreo-arbustiva mediterranea, storicamente parte integrante della macchia mediterranea. È possibile ritrovarlo anche nell'entroterra, sempre a quote collinari. Il lentisco è una pianta molto resistente, utile nei rimboschimenti con criteri naturalistici, sempreverde, importante dal punto di vista ecologico. Ombreggia il suolo proteggendolo dalle radiazioni solari e dalle forti precipitazioni, evitando fenomeni erosivi e dilavamenti del suolo organico. Le siepi e le boscaglie di Lentisco ospitano un ingente corteggio faunistico soprattutto di Vertebrati, di piccole e medie dimensioni; i frutti (drupe) sono molto ricercati da diversi Uccelli; dal punto di vista ecologico, le siepi e le boscaglie di Lentisco insieme ad altre specie vegetali, compongono fasce di vegetazione importanti come rifugio, sosta migratoria e corridoio per spostamenti a lunga e breve distanza di diversi animali;

**Leccio – *Quercus ilex*:** albero sempreverde molto longevo e con ampia chioma ramificata capace di ombreggiare superfici grandi e quindi capace di assicurare una ottimale protezione del suolo all'irraggiamento del sole. Il Leccio forma boschi monospecifici oppure consorzi forestali misti con altre specie arboree dell'area mediterranea, componente principale degli strati di vegetazione lungo coste e colline dell'entroterra siciliano, della Sardegna e di molte regioni del meridione d'Italia. Possiede un legno molto duro e poco utilizzabile per lavori decorativi o per strumenti in legno, in ogni caso è invece un ottimo combustibile per stufe, caminetti e forni a legna. È molto decorativo, adatto per alberature urbane e rurali, capace di formare anche buone barriere protettive contro il vento, molto resistente anche agli agenti inquinanti dell'atmosfera (smog, particelle sospese). Il Leccio assicura un ottimo ombreggiamento del suolo: è un elemento da non sottovalutare per il recupero paesaggistico di zone degradate in ambito mediterraneo, fornisce ottimi risultati per il recupero di aree degradate, per il ripristino paesaggistico e ambientale anche in difficili situazioni ecologiche ed edafiche, grazie al suo apparato radicale fittonante che si adatta a pendii rocciosi e aridi.

L'ipotesi progettuale alternativa contribuirebbe alla realizzazione di un vero e proprio filtro ecologico in cui ripristinare i paesaggi culturali che un tempo caratterizzavano la Sicilia. Specie di pregio e frutti ormai desueti, con limitata diffusione culturale, potrebbero trovare nuova linfa e nuovo vigore. L'intervento è pensato in modo complessivo, guardando alle

interazioni tra contemporaneità -l'inserimento di un impianto di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili- e tradizione -il filtro di specie desuete della frutticoltura- come nuova possibilità di valorizzazione territoriale.

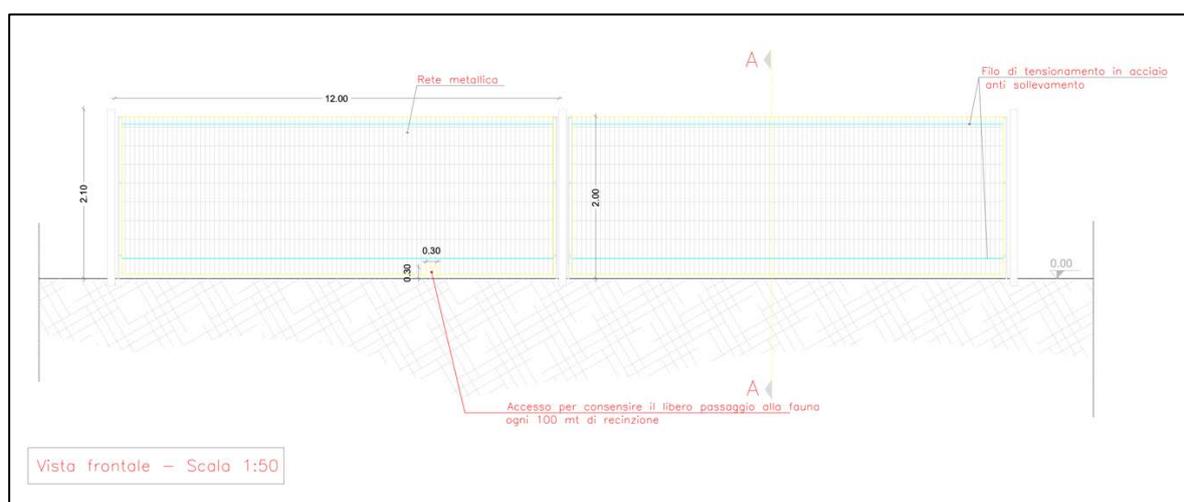
Schematicamente: protetti, ad esempio, da una cortina di ulivi, sulla fila più esterna della fascia di protezione e separazione, gli arbusti delle specie frutticole storicizzate, potrebbero ripristinare quel paesaggio della tradizione oggi perduto, contribuendo in tal modo al miglioramento della biodiversità complessiva.

In ogni caso si specifica che la valutazione delle specie arboree proposte nello schema 1 -monocoltura di ulivo- è stata dettata dalla volontà di conciliare l'azione di mitigazione/riqualificazione paesaggistica con la valorizzazione della vocazione agricola dell'area di inserimento dell'impianto. La scelta della monocoltura di ulivi, inoltre, si inserisce all'interno di un articolato progetto agrivoltaico esposto, nella sua interezza, nell'elaborato dedicato cui si rimanda.

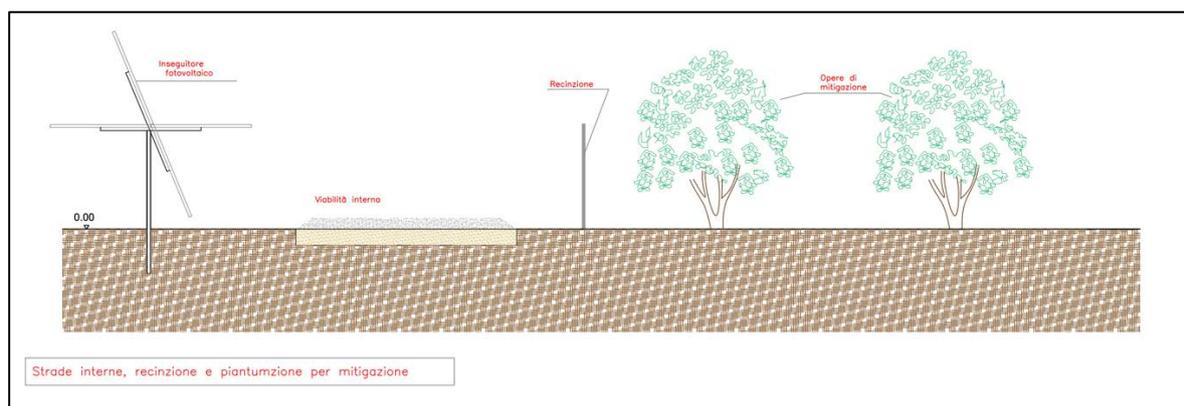
### *Libertà di spostamento della fauna selvatica*

Particolare attenzione è stata posta al mantenimento della continuità tra l'area di progetto e le campagne limitrofe; tenendo conto della parziale frammentazione degli habitat che caratterizza l'area in esame, nonché delle risultanze emerse dallo studio botanico-faunistico, si è deciso predisporre apposite accortezze progettuali in grado di preservare la fruibilità del passaggio e la migrazione della fauna (soprattutto piccoli mammiferi, uccelli, insetti e altri invertebrati) e della flora (sotto forma di semi e frutti, essenzialmente trasportati dal vento e dagli animali).

Lungo la recinzione esterna sono stati pertanto previsti, ogni 100 m, degli spazi liberi verso terra, di altezza pari a 30,0 cm e larghezza pari a 30,0 cm: queste aperture rappresenteranno dei corridoi in grado di soddisfare le esigenze di spostamento delle diverse specie (e, conseguentemente, le loro esigenze di cibo, riposo, riproduzione, protezione, colonizzazione etc.), contribuendo così al mantenimento della biodiversità dell'area.



**Figura 10 - Particolare delle aperture nelle recinzioni**



**Figura 11 - Profilo schematico dell'impianto / Sezione**

## IL SISTEMA 'AGRIVOLTAICO': OTTIMIZZAZIONE DELL'USO DEL SUOLO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA

La domanda mondiale di energia è in espansione a causa di un aumento globale della popolazione e del consumo di energia da parte dell'industria. Allo stesso tempo, la minaccia del riscaldamento globale sta modificando le strategie di produzione di energia; l'Unione Europea ha decretato che entro il 2020 il 20% dell'energia deve provenire da fonti rinnovabili (Direttiva sulle energie rinnovabili, 2009/28/CE), che dovrebbe diventare almeno il 27% entro il 2030 (CE COM (2016) 767 final/2).

Nonostante la sua intima connessione con lo sviluppo sostenibile <sup>[1]</sup>, la produzione di energia rinnovabile non è immune dalle critiche, soprattutto quando interferisce con l'uso effettivo del suolo, come dimostrato dal dibattito *fuel vs food* <sup>[2]</sup>.

Tra le energie rinnovabili, il solare fotovoltaico (PV) è la tecnologia di generazione di energia che mostra il maggiore tasso di crescita <sup>[3]</sup>. Molti studi hanno affrontato i potenziali impatti degli impianti fotovoltaici, in particolare per quanto riguarda il conflitto che gli impianti fotovoltaici su larga scala possono generare sui terreni agricoli <sup>[4-7]</sup> mentre Calvert e Mabee <sup>[8]</sup> hanno sviluppato una metodologia per confrontare il potenziale di produzione e l'efficienza dell'uso del suolo delle soluzioni fotovoltaiche e bioenergetiche.

Sebbene l'energia fotovoltaica abbia un basso fabbisogno di terra rispetto ad altre opzioni di energia rinnovabile <sup>[9]</sup>, la sua integrazione nel paesaggio dovrebbe essere concepita per ridurre al minimo i cambiamenti negativi nell'uso del suolo e favorire l'accettazione da parte della comunità <sup>[10]</sup>. La combinazione della produzione di energia fotovoltaica e delle attività agricole ha molte potenziali declinazioni <sup>[11]</sup>.

Mentre l'integrazione dei pannelli fotovoltaici con le infrastrutture agricole, ad esempio nei sistemi di essiccazione <sup>[12]</sup>, nella depurazione delle acque reflue <sup>[13]</sup> o per il sollevamento dell'acqua <sup>[14]</sup>, si è dimostrato tecnicamente fattibile e fornisce molteplici vantaggi <sup>[11]</sup>, l'uso di terreni agricoli per l'installazione di impianti fotovoltaici a terra, in alcuni casi, è stato limitato dai governi e dalle autorità locali per evitare il consumo di suolo, l'impatto sul paesaggio e la concorrenza con la produzione alimentare <sup>[15]</sup>.

Ad oggi, gli impianti fotovoltaici progettati per combinare la produzione di energia fotovoltaica con le colture alimentari nella stessa installazione sono principalmente legati alle applicazioni in serra, come strategia di risparmio energetico <sup>[16]</sup> o per aumentare il reddito dell'agricoltore <sup>[17]</sup>. Le serre fotovoltaiche sono molto diffuse in Europa meridionale <sup>[18]</sup> e hanno visto una rapida espansione in Cina <sup>[19]</sup> grazie alle tariffe incentivanti applicate.

Al contrario, pochi sistemi fotovoltaici sono stati progettati per superare la concorrenza tra energia e cibo combinando la produzione fotovoltaica di energia con le colture in pieno campo, un concetto che è stato proposto per la prima volta da Goetzberger e Zastrow <sup>[20]</sup>.

Il sistema sperimentale, proposto dagli autori nel 1982, combinava pannelli fotovoltaici statici installati a 4 m dal suolo con le colture coltivate nel terreno sotto i pannelli <sup>[21; 22]</sup>, venne definito per la prima volta come 'sistema agrivoltaico'. Tali sistemi sono basati sul concetto che un'ombreggiatura parziale può essere tollerata dalle colture e potrebbe ridurre il consumo di acqua per evapotraspirazione durante il periodo estivo e in condizioni di siccità <sup>[23]</sup>. È stato anche dimostrato che una coltura tollerante l'ombreggiamento, come la lattuga, coltivata sotto i pannelli fotovoltaici, adatta la sua morfologia (ad esempio producendo foglie più larghe) senza riduzione della resa, e che l'energia elettrica complessiva abbinata alla produzione di lattuga in agricoltura ha generato un aumento del 30% rispetto al valore economico di una coltivazione convenzionale.

È stato proposto che i vantaggi dei sistemi agrivoltaici potrebbero essere legati alla loro somiglianza con i sistemi agroforestali <sup>[24]</sup>; i pannelli fotovoltaici potrebbero contribuire alla protezione delle colture dal calore eccessivo e mitigare

la temperatura del suolo <sup>[25]</sup>, il che potrebbe rendere i sistemi agrivoltaici più resistenti ai cambiamenti climatici rispetto alle monocolture <sup>[24]</sup>.

Dinesh e Pearce <sup>[23]</sup> hanno eseguito un'analisi tramite modelli matematici di simulazione della coltivazione della lattuga sotto i pannelli fotovoltaici anche in termini di resa della coltura e del bilancio energetico. Gli autori hanno dimostrato che il valore dell'elettricità generata dal sole abbinato alla produzione di colture tolleranti l'ombreggiamento, ha determinato un aumento di oltre il 30% del valore economico nelle aziende agricole che utilizzano sistemi agrivoltaici.

In un recente articolo, Majudmar e Pasqualetti <sup>[26]</sup> propongono l'implementazione di sistemi agrivoltaici come strategia sostenibile nelle aree periurbane per generare elettricità senza emissioni di carbonio, preservare i terreni agricoli fornendo un'opportunità di contenere la crescita urbana, di aumentare il valore della terra e produrre vantaggi per gli agricoltori. L'implementazione di successo di sistemi agrivoltaici dipendono in ultima analisi dall'accettazione degli agricoltori, che è funzione della loro percezione dei benefici dei sistemi agrivoltaici.

L'aumento del valore della terra <sup>[23]</sup> e la produttività della terra <sup>[21]</sup> sono attributi molto convincenti dei sistemi agrivoltaici e, in questo contesto, società di servizi potrebbero ulteriormente stimolare lo sviluppo di questi sistemi attraverso incentivi per gli agricoltori <sup>[26]</sup>.

La comprensione che la resa della coltivazione non è compromessa seriamente (in alcuni casi può rimanere uguale o aumentare) e che l'efficienza d'uso dell'acqua può essere maggiore <sup>[23]</sup>, fornirebbe un'ulteriore spinta verso la diffusione dei sistemi agrivoltaici in pieno campo. La produzione di energia in aggiunta alle coltivazioni non trasformerebbe radicalmente le imprese degli agricoltori, ma consentirebbe l'integrazione del loro reddito, aumenterebbe il loro autoconsumo di energia e, infine, ridurrebbe la spesa pubblica per le energie rinnovabili <sup>[17]</sup>.

Analisi modellistiche hanno dimostrato che la produzione di un sistema agrivoltaico può essere ottimizzata modificando l'architettura dei pannelli <sup>[23,27]</sup> e che la produttività delle coltivazioni può essere stimolata regolando l'inclinazione del pannello durante il ciclo colturale <sup>[27]</sup>. L'installazione di pannelli che regolano automaticamente la loro inclinazione potrebbe consentire di massimizzare sia la produzione agricola che quella energetica <sup>[27]</sup>. Le prime ricerche sui sistemi agrivoltaici erano limitate a casi studio con pannelli fissi <sup>[22]</sup>, solo recentemente sono state effettuate ricerche sui sistemi con dispositivi fotovoltaici mobili a 1 asse <sup>[27]</sup>.

Nucleo dell'impianto fotovoltaico "Enna 2" è rappresentato proprio dalla progettazione agrivoltaica, finalizzata ad ottimizzare l'utilizzo della risorsa suolo, coniugando la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili all'attività agricola. Per ogni approfondimento e dettaglio, si rimanda il lettore all'elaborato specialistico dedicato.

## UTILIZZO DELLE SUPERFICI

Nella tabella seguente vengono rappresentate le misure delle aree occupate dalle varie porzioni dell'impianto, il cui layout viene riportato graficamente nei documenti tecnici di progetto. Vengono specificati:

- *Potenza complessiva dell'impianto*: potenza nominale prodotta dal progetto di impianto;
- *Area totale*: area occupata dall'impianto compresa la fascia arborea e la recinzione;
- *Area fascia arborea*: area occupata dalla fascia arborea;
- *Potenza producibile annuale*: potenza ottenibile in considerazione della radiazione solare media dell'area di installazione dei tracker, della tipologia e della collocazione di ognuno di essi.

IMPIANTO "ENNA 2"	CONFIGURAZIONE CON TRACKER MONOASSIALE
Potenza complessiva dell'impianto (MWp)	50,076
Area totale (ha)	118.54.00 ca.
Area della fascia arborea 10 mt (ha)	09.87.12 ca.
Potenza Producibile annuale	81,252 GWh ca.

I valori riportati nella tabella evidenziano l'efficienza della scelta di installare, oltre ai tracker fissi, anche tracker mono-assiali, in modo da assicurare una potenza producibile annuale ottimale in considerazione dello strategico posizionamento all'interno dell'area di impianto. Il rapporto tra le superfici destinate alle specie arboree per la mitigazione dell'impianto è equilibrato e in linea con gli standard adottati sul territorio regionale. Le soluzioni tecniche adottate sono descritte approfonditamente sia nelle tavole sia nelle relazioni tecniche a corredo della documentazione di progetto, di cui si dà sinteticamente conto nelle informazioni qui riportate.

Di seguito sono riportati in forma tabellare le superfici e le percentuali di interessamento principali:

Denominazione Area	Estensione	Percentuale su superficie totale
<b>Area Totale</b>	1.185.400,00 mq ca.	100 %
<b>Area Netta Impianto (area pannellata + strade interne)</b>	239.594,40 mq ca.	20,21 %
<b>Area destinata alla mitigazione</b>	424.732,76 mq ca.	35,83 %

## **COMPATIBILITÀ STORICO-PAESAGGISTICA**

Dal punto di vista storico-paesaggistico gli interventi di mitigazione pensati per l'impianto fotovoltaico denominato "Enna 2", si pongono in linea con le considerazioni del Piano di Sviluppo Rurale (PSR) che già nella precedente programmazione, attraverso le attività di ricerca del "Progetto Risorse Genetiche Vegetali" e attraverso le azioni connesse alla misura "Miglioramento dell'ambiente e dello spazio rurale", aveva insistito sull'importanza del recupero di quel patrimonio autoctono che si è andato perdendo a causa delle spinte economiche del mercato e della globalizzazione. A tal riguardo, si sottolinea che tutte le specie scelte per i diversi schemi delle fasce arboree di mitigazione e per la realizzazione di un 'sistema agrivoltaico' hanno tradizione e diffusione antichissime nella Regione Sicilia. Anche nell'attuale periodo di programmazione, il PSR mette in atto un *mix* strategico di misure a favore di ambiente, clima e biodiversità volte a riequilibrare la povertà culturale (e culturale) di molti territori rurali della nostra regione. Una storia verificatasi anche nel territorio all'interno del quale si prevede di realizzare l'impianto, caratterizzato da una marcata pressione antropica, a danno della complessiva biodiversità e a tutto vantaggio della fragilità ambientale.

## BIBLIOGRAFIA

- Agide Katia, Manuale dei frutti dimenticati, in Atti del Convegno "La salvaguardia delle antiche varietà frutticole e viticole", 2007
- Buttita Ignazio E., Feste dell'alloro in Sicilia, Ed. Fondazione Ignazio Buttitta, Palermo, 2006
- Farina Almo, Ecologia del paesaggio: principi, metodi e applicazioni, Ed. Utet Università, Torino, 2002
- Barbera Giuseppe, Cullotta Sebastiano, La Mantia Tommaso, I paesaggi dell'arboricoltura da frutto tradizionale: complessità sistemica e multifunzionalità in Atti del Terzo Convegno IAED "Identificazione e cambiamenti nel paesaggio contemporaneo", Roma, 2003 a cura di GSE Gestore Servizi Elettrici, a cura di, Blasi Carlo e Paoletta Adriano.
- Il quadro autorizzativo per impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili Ricognizione della normativa nazionale e regionale, 2011.
- Marandola D., Coderoni S., PSR 2014-2020 - Quadro di sintesi delle principali misure per la conservazione della biodiversità e la sostenibilità ambientale all'interno del progetto fa.re.na.it. (Fare Rete per Natura 2000 in Italia), 2015 a cura di OESAAS Osservatorio sull'Economia del Sistema Agro-Alimentare della Sicilia.
- La tutela del paesaggio agrario in Sicilia. Aspetti normativi e valutativi, Ed Publicicula Industria Grafica Editoriale - Palermo, 2007

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI SUL SISTEMA AGRIVOLTAICO

[1] Dincer I. Renewable energy and sustainable development a crucial review. *Renew Sustain Energy Rev* 2000;4:157–75. [http://dx.doi.org/10.1016/S1364-0321\(99\)00011-8](http://dx.doi.org/10.1016/S1364-0321(99)00011-8).

[2] Rajagopal D, Sexton S, Roland-Holst D, Zilberman D. Challenge of biofuel: filling the tank without emptying the stomach? *Environ Res Lett* 2007;2(4):1–9.

[3] REN21. Renewables 2017 global status report, Paris: REN21 Secretariat. ISBN 978- 3-9818107-6-9. < [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/17-8399\\_GSR\\_2017\\_Full\\_Report\\_0621\\_Opt.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/17-8399_GSR_2017_Full_Report_0621_Opt.pdf) > .

[4] Nonhebel S. Renewable energy and food supply: will there be enough land? *Renew Sustain Energy Rev* 2005;9(2):191–201. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2004.02.003>.

[5] Rathmann RG, Szklo A, Schaeffer R. Land use competition for production of food and liquid biofuels: an analysis of the arguments in the current debate. *Renew Energy* 2007;35(1):14–22. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2009.02.025>.

[6] Zanon B, Verones S. Climate change, urban energy and planning practices: Italian experiences of innovation in land management tools. *Land Use Policy* 2013;32:343–55. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.11.009>.

[7] Sacchelli S, Garegnani G, Geri F, Grilli G, Paletto A, Zambelli P, et al. Trade-off between photovoltaic systems installation and agricultural practices on arable lands: an environmental and socio-economic impact analysis for Italy. *Land Use Policy* 2016;56:90–6.

- [8] Calvert K, Mabee W. More solar farms or more bioenergy crops? Mapping and assessing potential land-use conflicts among renewable energy technologies in eastern Ontario, Canada. *Appl Geogr* 2015;56:209–21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.11.028>.
- [9] Fthenakis V, Kim CK. Land use and electricity generation: a life-cycle analysis. *Renew Sustain Energy Rev* 2009;13:1465–74. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2008.09.017>.
- [10] Scognamiglio A. 'Photovoltaic landscapes': design and assessment. A critical review for a new transdisciplinary design vision. *Renew Sustain Energy Rev* 2016;55:629–61. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.072>.
- [11] Xue J. Photovoltaic agriculture - new opportunity for photovoltaic applications in China. *Renew Sustain Energy Rev* 2017;73:1–9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.098>.
- [12] Bennamoun L. Integration of photovoltaic cells in solar drying systems. *Drying Technol* 2013;31(11):1284–96. <http://dx.doi.org/10.1080/07373937.2013.788510>.
- [13] Han C, Liu J, Liang H, Guo X, Li L. An innovative integrated system utilizing solar energy as power for the treatment of decentralized wastewater. *J Environ Sci* 2013;25(2):274–9. [http://dx.doi.org/10.1016/S1001-0742\(12\)60034-5](http://dx.doi.org/10.1016/S1001-0742(12)60034-5).
- [14] Campana PE, Leduc KM, Olsson A, Zhang J, Liu J, Kraxner F, et al. Suitable and optimal locations for implementing photovoltaic water pumping systems for grassland irrigation in China. *Appl Energy* 2017;185:1879–89.
- [15] Mondino EB, Fabrizio E, Chiabrando R. Site selection of large ground-mounted photovoltaic plants: a GIS decision support system and an application to Italy. *Int J Green Energy* 2015;12(5):515–25. <http://dx.doi.org/10.1080/15435075.2013.858047>.
- [16] Cuce E, Harjunowibowo D, Cuce PM. Renewable and sustainable energy saving strategies for greenhouse systems: a comprehensive review. *Renew Sustain Energy Rev* 2016;64:34–59. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.077>.
- [17] Sgroi F, Tudisca S, Di Trapani AM, Testa R, Squatrito R. Efficacy and efficiency of Italian energy policy: the case of PV systems in greenhouse farms. *Energies* 2014;7:3985–4001. <http://dx.doi.org/10.3390/en7063985>.
- [18] Cossu M, Murgia L, Ledda L, Deligios PA, Sirigu A, Chessa F, et al. Solar radiation distribution inside a greenhouse with south-oriented photovoltaic roofs and effects on crop productivity. *Appl Energy* 2014;133:89–100. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.07.070>.
- [19] Li C, Wang H, Miao H, Ye B. The economic and social performance of integrated photovoltaic and agricultural greenhouses systems: case study in China. *Appl Energy* 2017;190:204–12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.12.121>.

- [20] Goetzberger A, Zastrow A. On the coexistence of solar-energy conversion and plant cultivation. *Int J Sol Energy* 1982;1:55–69. <http://dx.doi.org/10.1080/01425918208909875>.
- [21] Dupraz C, Marrou H, Talbot G, Dufour L, Nogier A, Ferard Y. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: towards new agrivoltaic schemes. *Renew Energy* 2011;36(10):2725–32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005>.
- [22] Marrou H, Wery J, Dufour L, Dupraz C. Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels. *Eur J Agron* 2012;44:54–66. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2012.08.003>.
- [23] Dinesh H, Pearce JM. The potential of agrivoltaic systems. *Renew Sustain Energy Rev* 2016;54:299–308.
- [24] Dupraz C, Talbot G, Marrou H, Wery J, Roux S, Liagre F, et al. To mix or not to mix: evidences for the unexpected high productivity of new complex agrivoltaic and agroforestry systems 2011. In: *Proceedings of the 5th world congress of conservation agriculture: resilient food systems for a changing world*. [http://aciagov.au/files/node/13992/to\\_mix\\_or\\_not\\_to\\_mix\\_evidences\\_for\\_the\\_unexpected\\_19701.pdf](http://aciagov.au/files/node/13992/to_mix_or_not_to_mix_evidences_for_the_unexpected_19701.pdf) > .
- [25] Marrou H, Guilioni L, Dufour L, Dupraz C, Wery J. Microclimate under agrivoltaic systems: is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? *Agric For Meteorol* 2013;177:117–32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2013>.
- [26] Majudmar D, Pasqualetti MJ. Dual use of agricultural land: introducing 'agrivoltaics' in Phoenix Metropolitan Statistical Area, USA. *Lands Urban Plan* 2018;170:150–68. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.10.011>.
- [27] Valle B, Simonneau T, Sourd F, Pechier P, Hamard P, Frisson T, et al. Increasing the total productivity of a land by combining mobile photovoltaic panels and food crops. *Appl Energy* 2017;206:1495–507. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.09.113>

## PIANI E REGOLAMENTI CONSULTATI

- Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Mantova (2005), “Allegati D Linee Guida Metodologiche - D5 Criteri di mitigazione e compensazione ambientale”
- Comune di Bologna, Dipartimento per la Qualità, “CRITERI PER L’INSERIMENTO DI IMPIANTI PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI NEL TERRITORIO COMUNALE” (2011)
- Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Milano, “Repertorio B - Repertorio degli interventi di riqualificazione ambientale” (integrato a seguito dell’aggiornamento di piano e della legge regionale 12/05)