



MAGGIO 2026

GREEN FROGS PARMA SRL **IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVANZATO** **“PARMA”**

COMUNI DI MONTECHIARUGOLO E
TRAVERSETOLO (PR)

PROVVEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO
REGIONALE - art. da 15 a 21 della L.R. 4/2018

ELABORATO D00

NOTA DI APPROFONDIMENTO

Progettista

Corrado Pluchino / Ord. Ing. Milano A27174

Coordinamento

Andrea Mastio

Codice elaborato

3162_6252_PA_PAUR_INT3_D00_Rev0_Nota di
approfondimento.docx

Montecharna



Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
3162_6252_PA_PAUR_INT3_D00_Rev0 _Nota di approfondimento.docx	05/2026	Prima emissione	<i>G.d.L.</i>	<i>A.Mastio</i>	<i>C.Pluchino</i>

Visto
Il Direttore
Tecnico
Alberto
Angeloni

Gruppo di lavoro per l'elaborato

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Corrado Pluchino	Responsabile Tecnico Operativo	Ord. Ing. Milano A27174
Andrea Mastio	Ingegnere Ambientale	
Andrea Delussu	Ingegnere Elettrico	
Michele Dessì	Ingegnere Elettrico	Ordine Ing. Prov. CA n. 9040 – Sez. A
Matthew Piscedda	Esperto in discipline elettriche	
Damiano Collu	Ingegnere Ambientale	
Matteo Cuda	Naturalista	
Francisco Dimaculangan	Architetto	
Fabio Lassini	Ingegnere Idraulico	Ordine Ing. Milano A29719
Enzo Baldi	Ingegnere Idraulico	
Fortunato Bruzzaniti	Ingegnere Ambientale	Ordine Ing. Reggio Calabria A3823
Stefano Adami	Ingegnere Ambientale	
Stefano Corrà	Ingegnere civile strutturista	



Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Francesca Scrofani	Ingegnere civile strutturista	
Matteo Zagarola	Archeologo	Matteo Zagarola
Daniele Gerosa	Geologo	
Federico Miscali	Tecnico Competente in Acustica	Ord. Ing. Prov. CA n. 5061 - ENTECA n. 4017
Elia Santoro	Agronomo	Agronomo albo n.883 dottori agronomi e forestali provincia di Torino
Leonardo Cuscito	Perito Agrario Laureato	Periti Agrari della Provincia di Bari, n° 1371
Emanuela G. Forni	PHD	PHD - Scienze e Tecnologie Agrarie

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com





INDICE	
1. PREMESSA	5
2. CHIARIMENTI POST CONFERENZA DI SERVIZI	6
2.1 RIFERIMENTO AL TESTO UNICO FER.....	6
2.2 TEMA AGRONOMICO	6
2.3 ULTERIORI ANALISI SISMICHE E GEOGNOSTICHE	6
2.4 APPROFONDIMENTO IMPATTO ACUSTICO	7
2.5 IMPATTO MICROCLIMATICO ED ISOLA DI CALORE	8
2.5.1 Isola di calore negli impianti agrivoltaici.....	9
2.5.2 Conclusioni	13
2.6 INTERVISIBILITÀ E IMPATTO VISIVO IMPIANTO	14
2.6.1 Conclusioni	19
2.7 MITIGAZIONE PREVISTA.....	19



1. PREMESSA

In data 03/02/2025, il progetto relativo all'impianto agrivoltaico avanzato denominato "Parma", di potenza nominale pari a 15,81 MW presentato dalla Green Frogs Parma s.r.l. e da realizzarsi presso i comuni di Traversetolo e Montechiarugolo (PR), è stato depositato sul portale "Area valutazione impatto ambientale e autorizzazioni" della regione Emilia-Romagna per essere sottoposto al Provvedimento Autorizzatorio Unico Regionale (PAUR) disciplinato agli articoli da 15 a 21 della L.R. 4/2018 che recepiscono l'art. 27 del d.lgs. 152/06.

In data 17/02/2025 è stata fatta comunicazione a tutte le amministrazioni o enti potenzialmente interessati dell'avvenuta pubblicazione sul sito web dell'Autorità competente Regione Emilia-Romagna della documentazione per la verifica dell'adeguatezza e completezza della stessa istanza trasmessa.

In data 17/03/2025 è pervenuta la richiesta di integrazioni nell'ambito della fase di completezza iniziale per cui è stata fornita una prima nota di risposta.

In data 05/05/2025 ARPAE invia un'ulteriore richiesta di integrazioni, da parte di alcuni enti coinvolti nel procedimento, nell'ambito della fase di completezza iniziale a cui la società proponente ha risposto con una seconda nota di risposta.

Con protocollo num. 91494/2025 del 16/05/2025 l'Unità Demanio Idrico – Parma ha comunicato alla proponente di aver avviato il procedimento riguardante la richiesta di concessione per l'occupazione di aree demaniali di pertinenza del Cavo Gambalone Vivo e del Rio della Costa di Mamiano.

In data 25/07/2025 si è tenuta la relativa Conferenza di Servizi (CdS) istruttoria e, successivamente, in data 31/07/2025, gli Enti coinvolti, insieme al proponente, hanno effettuato un sopralluogo nell'area di impianto. A seguito, gli Enti /Organi partecipanti hanno trasmesso, ciascuno per quanto di competenza, le proprie richieste d'integrazione e osservazioni ai sensi del comma 5, art. 27-bis del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

In data 03/03/26 si è provveduto a predisporre e trasmettere la documentazione integrativa richiesta, i cui termini di presentazione sono stati prorogati di 150 gg, su richiesta della proponente, con nota prot. 173664 del 01/10/25.

In data 14/04/2026 si è pertanto tenuta la prima seduta della Conferenza di Servizi decisoria indetta e convocata con nota prot. PG/2026/49543 del 17/03/2026 a cui è seguita da parte del proponente un primo documento di chiarimento e approfondimento.

In data 07/05/2026 si è tenuta la seconda seduta della Conferenza di Servizi decisoria.

Questo documento costituisce un secondo documento di approfondimento, che la società proponente ha ritenuto opportuno predisporre per spiegare vari temi che si sono affrontati durante la seconda CdS e per cui i vari enti coinvolti hanno chiesto chiarimenti.



2. CHIARIMENTI POST CONFERENZA DI SERVIZI

Di seguito si riportano gli approfondimenti predisposti, con l'obiettivo di fornire un quadro più chiaro e puntuale.

2.1 RIFERIMENTO AL TESTO UNICO FER

Si rimanda al documento "3162_6252_PA_PAUR_INT3_D02_Rev0_Dichiarazione art.15 TU FER", trasmesso dalla Società proponente e relativo all'esercizio della facoltà prevista dall'art. 15, comma 2, del D.lgs. 190/2024 (Testo Unico FER), mediante la quale il proponente opta formalmente per l'applicazione delle disposizioni del T.U. FER al procedimento autorizzativo in corso, pur essendo stato lo stesso avviato antecedentemente alla sua entrata in vigore.

Il proponente evidenzia in particolare l'applicabilità della previsione di cui all'art. 11-bis, comma 2, del T.U. FER, relativa agli impianti agrivoltaici realizzati mediante moduli collocati in posizione adeguatamente elevata da terra, disposizione che consente l'installazione degli impianti agrivoltaici avanzati garantendo la continuità dell'attività agricola e il mantenimento di almeno l'80% della produzione lorda vendibile.

2.2 TEMA AGRONOMICO

Si conferma che le caratteristiche dimensionali e operative dei mezzi agricoli previsti per la conduzione delle attività colturali risultano già dettagliatamente analizzate all'interno dell'elaborato progettuale "3162_6252_PA_PAUR_R18b_Rev0_Schede Tecniche mezzi agricoli". In tale elaborato sono riportate le tipologie di mezzi agricoli utilizzabili, le relative dimensioni di ingombro e le verifiche geometriche effettuate ai fini della corretta transitabilità e operatività all'interno dell'impianto agrivoltaico, con riferimento ai corridoi di manovra, alle distanze tra le strutture e al pitch di progetto. Le verifiche effettuate confermano la piena compatibilità tra la configurazione dell'impianto e lo svolgimento delle attività agricole previste, senza necessità di modifiche alle caratteristiche progettuali già presentate.

Si rimanda all'elaborato 3162_6252_PA_PAUR_INT3_D01_Rev0_Asseverazione PLV per l'asseverazione ai sensi dell'art.11-bis, comma 2 del D.lgs. 190/2024 (TU FER), come modificato/integrato dal D.L. 21 Novembre 2025, m.175 – Art.2. Nell'asseverazione si conferma che l'impianto agrivoltaico avanzato proposto risulta idoneo a conservare almeno l'80% della Produzione Lorda Vendibile (PLV) delle superfici interessate.

2.3 ULTERIORI ANALISI SISMICHE E GEOGNOSTICHE

Sono state eseguite ulteriori indagini geognostiche e geotecniche all'interno dell'area di impianto, mediante l'esecuzione di nuove prove in punti aggiuntivi rispetto a quelli già considerati nella documentazione geologica e geotecnica già presentata.

Le attività svolte sono state finalizzate alla verifica e all'approfondimento dei parametri geotecnici e delle caratteristiche stratigrafiche dei terreni interessati dalle opere di progetto, **che hanno portato alla conferma delle ipotesi progettuali già assunte.**

Gli esiti delle ulteriori indagini, unitamente alla descrizione delle metodologie di prova adottate, all'ubicazione dei punti di indagine e alla caratterizzazione geotecnica dei terreni, sono riportati nell'elaborato specialistico "3162_6252_PA_PAUR_INT3_R05.1_Rev0_Relazione geotecnica approfondimento", a cui si rimanda per ulteriori approfondimenti.



2.4 APPROFONDIMENTO IMPATTO ACUSTICO

È stata predisposta un approfondimento della valutazione previsionale di impatto acustico, comprensiva degli ulteriori analisi richieste in merito al fabbricato ubicato all'interno dell'area di impianto (R4).

Si rimanda all'elaborato "3162_6252_PA_PAUR_INT3_R14_Rev2_VPIAc" per ulteriori approfondimenti.

2.5 IMPATTO MICROCLIMATICO ED ISOLA DI CALORE

Il fenomeno dell'isola di calore (Heat Island) consiste nell'instaurarsi di condizioni microclimatiche caratterizzate da temperature dell'aria e delle superfici superiori rispetto alle aree circostanti. Tale fenomeno si manifesta principalmente in contesti urbanizzati, dove l'elevata presenza di superfici artificiali impermeabili, la ridotta copertura vegetazionale e la presenza di sorgenti antropiche di calore determinano alterazioni del bilancio energetico superficiale.

Nel caso delle aree urbane si parla più propriamente di Urban Heat Island (UHI), fenomeno per cui le temperature registrate nei centri edificati risultano superiori rispetto alle aree rurali o periurbane limitrofe, soprattutto durante i periodi estivi e nelle ore notturne. In condizioni particolarmente favorevoli, l'incremento termico associato alle UHI può raggiungere differenze dell'ordine di 4–5 °C rispetto alle aree circostanti meno urbanizzate.

La formazione delle isole di calore urbane è riconducibile a diversi fattori concomitanti, tra cui:

- la riduzione dell'albedo superficiale;
- l'elevata capacità termica dei materiali artificiali;
- la limitata presenza di vegetazione e dei fenomeni di evapotraspirazione;
- la riduzione della ventilazione locale;
- l'emissione diretta di calore da attività antropiche.

In analogia al fenomeno dell'UHI, negli ultimi anni la letteratura scientifica e le linee guida tecniche hanno introdotto il concetto di Photovoltaic Heat Island (PVHI), ovvero **Isola di Calore da Fotovoltaico**, riferito alle modificazioni microclimatiche potenzialmente associate alla presenza di impianti fotovoltaici di grande estensione.

Gli impianti fotovoltaici possono infatti determinare una modifica del bilancio energetico superficiale locale, in quanto la presenza dei moduli può alterare i processi di assorbimento, riflessione e riemissione dell'energia solare incidente. In particolare, la sostituzione di superfici naturali con superfici captanti caratterizzate da minore albedo può comportare una variazione dei flussi di energia tra suolo e atmosfera.

In condizioni naturali, parte dell'energia solare incidente viene dissipata attraverso processi di evapotraspirazione legati alla presenza di vegetazione e umidità del suolo, contribuendo a limitare l'incremento della temperatura dell'aria prossima al suolo. In assenza di adeguate misure mitigative, l'inserimento di superfici fotovoltaiche può determinare una riduzione dei flussi di calore latente e un corrispondente aumento dei flussi di calore sensibile, con possibili incrementi localizzati della temperatura dell'aria dovuti ai fenomeni di irraggiamento e convezione.

Tra i principali effetti microclimatici potenzialmente associati agli impianti fotovoltaici si possono annoverare:

- incremento localizzato della temperatura dell'aria;
- variazioni dell'umidità relativa e dei processi di evapotraspirazione;
- modifica del regime radiativo al suolo in prossimità dei moduli;
- alterazioni micro-scalari della ventilazione locale.

Tra tali effetti, l'alterazione del campo termico rappresenta generalmente l'aspetto ritenuto maggiormente significativo ai fini delle valutazioni microclimatiche e costituisce il principale elemento di analisi nell'ambito degli studi relativi al fenomeno PVHI.

In Figura 2.1, estratta dalle Linee Guida ARPAV è possibile osservare una schematizzazione della modifica dei bilanci energetici prima e dopo l'inserimento di un impianto fotovoltaico in un ambiente naturale.

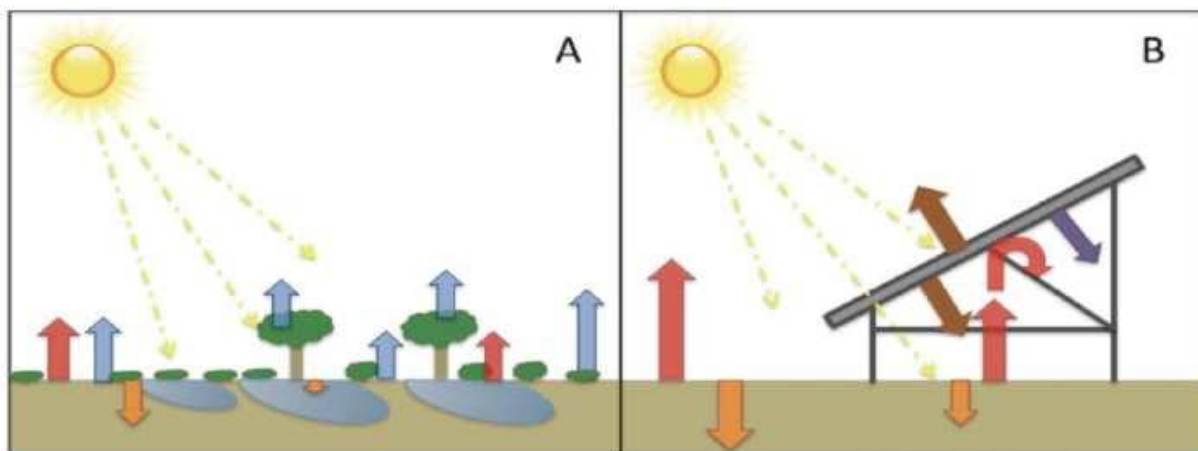


Figura 2.1: estratto LG ARPAV - Bilancio di calore alla superficie. Ipotizzando tassi uguali di energia in ingresso dal sole e schematizzando il caso più semplice di inserimento di un impianto fotovoltaico (B) in un ambiente naturale (A), senza alcun intervento di mitigazione, la dinamica del flusso di energia dell'area cambierà come mostrato in figura. La vegetazione riduce la cattura e lo stoccaggio del calore nei suoli (freccie arancioni), l'acqua infiltrata e la vegetazione rilasciano flussi di calore latente dissipanti per evapotraspirazione (freccie blu). Tali flussi di calore latente possono risultare drasticamente ridotti in installazioni fotovoltaiche senza opportune opere di mitigazione, portando a maggiori flussi di calore sensibile riscaldanti per radiazione e convezione (freccie rosse). Sono mostrate anche l'energia re-irradiata dai pannelli fotovoltaici (freccia marrone) e l'energia trasferita all'elettricità (freccia viola) [Barron, 2016].

L'entità degli effetti microclimatici associati agli impianti fotovoltaici dipende tuttavia da molteplici fattori progettuali, ambientali e territoriali, tra cui:

- estensione e configurazione dell'impianto;
- altezza e disposizione dei moduli;
- caratteristiche del suolo;
- presenza di copertura vegetale;
- continuità delle superfici permeabili;
- condizioni meteorologiche locali;
- distanza dai recettori sensibili.

Nel caso degli impianti agrivoltaici avanzati, la permanenza dell'attività agricola, il mantenimento della copertura vegetale e l'assenza di impermeabilizzazione diffusa delle superfici contribuiscono significativamente alla conservazione dei naturali processi di evapotraspirazione e dissipazione termica, **riducendo gli effetti riconducibili al fenomeno dell'isola di calore rispetto ad altre configurazioni impiantistiche tradizionali.**

2.5.1 Isola di calore negli impianti agrivoltaici

Negli impianti tradizionali, i moduli fotovoltaici consentono il passaggio di una quota della radiazione solare verso il terreno determinando un maggiore assorbimento di calore da parte del suolo. Questa condizione può favorire un incremento del flusso di calore sensibile e un parziale accumulo di calore al di sotto dei pannelli.



Questo fenomeno è stato analizzato sperimentalmente da Barron e Gafford in *“The Photovoltaic Heat Island Effect: Larger solar power plants increase local temperatures”* (Barron-Gafford, G. A. et al., 2016).

La ricerca ha previsto il monitoraggio continuo della temperatura dell'aria per oltre un anno in tre differenti contesti: un ecosistema desertico naturale, un'area urbanizzata e un impianto fotovoltaico tradizionale con moduli installati a terra su strutture fisse. L'indagine ha consentito di confrontare sia l'effetto dell'isola di calore fotovoltaica, determinato dalla differenza di temperatura tra il parco fotovoltaico e l'area naturale esterna, sia l'effetto “isola di calore urbana”, ottenuto dal confronto tra l'area antropizzata e il contesto desertico.

I risultati hanno evidenziato che le differenze termiche variavano in funzione delle condizioni stagionali e dell'orario giornaliero; tuttavia, il sito fotovoltaico mostrava generalmente temperature dell'aria uguali o superiori rispetto agli altri contesti analizzati.

L'effetto isola di calore fotovoltaica può far aumentare la temperatura del campo fino a circa 4°C rispetto all'ambiente naturale, soprattutto nelle ore serali, raddoppiando l'intensità dell'isola di calore urbana, che si aggira intorno ai 2°C.

Questo fenomeno è dovuto al fatto che le superfici esposte al suolo assorbono più radiazione solare a onde corte durante il giorno. Il riscaldamento è più evidente **sotto i pannelli**, probabilmente a causa dell'accumulo e della ritenzione del calore sensibile che viene riemesso durante la notte. Inoltre, la scarsa traspirazione della vegetazione contribuisce a ridurre la dissipazione del calore, facendo sì che una maggiore quantità di energia venga rilasciata di notte sotto forma di radiazione a onde lunghe.

È necessario però evidenziare che l'intensità e l'estensione del fenomeno dell'isola di calore fotovoltaica non sono ancora completamente definite, così come non sono del tutto chiari i parametri progettuali e costruttivi che ne influenzano l'entità.

Un contributo significativo in tal senso è stato fornito dallo studio *Analysis of the Potential for a Heat Island Effect in Large Solar Farms* (V. Fthenakis and Y. YU, 2013, 39th Photovoltaic Specialists Conference) realizzato dal Dipartimento della Terra ed Ingegneria Ambientale della Columbia University (New York, NY) e del Photovoltaic Environmental Reserch Center (Upton, NY).

I ricercatori hanno raccolto dati sul campo per 18 mesi (attraverso misurazioni dettagliate dei parametri quali temperatura, velocità e direzione del vento, irraggiamento solare, umidità relativa e piovosità) in una sezione di 1MW in un parco solare con moduli fissi montati a terra (ad 1,3 m di altezza, con la parte inferiore sollevata di 0,5 m da terra) in Nord America e utilizzato simulazioni di fluidodinamica computazionale (CFD), confrontandoli con i dati registrati relativi al vento e alla temperatura all'interno del parco, con lo scopo di individuare i potenziali impatti dei grandi parchi solari sul microclima locale. Le stazioni utilizzate erano collocate sia all'interno che all'esterno del campo, quest'ultime sono state utilizzate sia per registrare le condizioni ambientali sia per individuare entro quale distanza dal perimetro del parco si esaurissero gli effetti della massa termica dell'impianto fotovoltaico.

I risultati ottenuti sul microclima indicano che si possono registrare incrementi locali della temperatura dell'aria nelle zone interne al campo, con valori medi annuali fino a circa +1,9 °C a 2,5 m dal suolo. Tuttavia, **tale incremento risulta confinato all'area immediatamente interessata dall'impianto e tende a dissiparsi rapidamente con la quota e la distanza.**

In particolare, la dissipazione dell'energia termica nell'atmosfera avviene già a una' altezza relativa e a brevi distanze dal perimetro dell'impianto le condizioni termiche risultano sostanzialmente assimilabili a quelle dell'ambiente circostante, con scostamenti inferiori a 0,3 °C. Anche la presenza della viabilità interna contribuisce ai processi di dispersione e raffreddamento locale, già a basse quote, come a 1,5 m dal suolo.



Il sistema tende inoltre a ristabilire condizioni termiche omogenee: durante la notte l'intero campo fotovoltaico si raffredda completamente, riducendo la possibilità di accumulo di calore residuo e limitando la formazione di effetti persistenti di isola di calore.

Le differenze termiche tra la superficie dei moduli e l'aria ambiente presentano una notevole variabilità stagionale, con temperature dei moduli generalmente superiori a quelle dell'aria durante il giorno e inferiori durante le ore notturne. Tale comportamento contribuisce a una compensazione termica complessiva del sistema: è dunque improbabile che si verifichi un effetto isola di calore.

Poiché i risultati analizzati non hanno individuato un aumento significativo della temperatura ambientale, i cambiamenti microclimatici avversi di un potenziale impianto fotovoltaico sono da considerarsi trascurabili.

Tuttavia, è opportuno evidenziare che gran parte degli studi che hanno riscontrato effetti riconducibili al fenomeno di Photovoltaic Heat Island (PVHI) sono stati condotti su impianti fotovoltaici tradizionali con moduli installati a bassa altezza dal suolo, configurazioni fisse, limitata ventilazione sotto pannello e presenza ridotta o assente di copertura vegetale continua.

Nel caso in esame, il progetto presenta invece le caratteristiche tipiche dell'**agrivoltaico avanzato** che, secondo la letteratura scientifica più recente, risultano in grado di mitigare significativamente gli effetti microclimatici associati ai campi fotovoltaici tradizionali.

L'impianto in progetto prevede infatti:

- strutture significativamente rialzate rispetto ai tradizionali impianti fotovoltaici a terra, con altezza minima dei moduli pari a circa 2,1 m dal piano campagna e altezza in posizione neutra pari a circa 3,1 m;
- ampia distanza tra le file di moduli (pitch pari a circa 5,5 m), tale da garantire il passaggio dei mezzi agricoli e favorire la ventilazione naturale;
- presenza diffusa e continuativa di copertura vegetale e colture agrarie al di sotto e tra le file dei moduli;
- mantenimento della permeabilità dei suoli e dei processi di evapotraspirazione;
- presenza di viabilità interna permeabile e fasce vegetazionali mitigative lungo il perimetro dell'impianto;
- assenza di moduli fissi, con ombreggiamento dinamico e distribuito nel corso della giornata.;
- utilizzo di moduli con superficie antiriflesso.

Tali caratteristiche risultano particolarmente rilevanti dal punto di vista microclimatico in quanto consentono di limitare l'accumulo di calore sensibile al suolo e favoriscono i processi di dissipazione termica mediante ventilazione convettiva ed evapotraspirazione della vegetazione.

Diversi studi recenti evidenziano infatti come gli impianti agrivoltaici possano determinare effetti microclimatici sensibilmente differenti rispetto ai tradizionali campi fotovoltaici a terra.

Particolarmente significativi risultano i risultati delle attività di ricerca sviluppate da INRAE (Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement) nell'ambito dei progetti sperimentali SOLAR ("Solutions d'Optimisation et Leviers pour un Agrivoltaïsme Résilient") e LATOU, condotti in collaborazione con BayWa r.e. e VALOREM su impianti agrivoltaici localizzati in differenti contesti pedoclimatici francesi.

Le attività sperimentali sviluppate nell'ambito dei progetti SOLAR e LATOU hanno previsto il monitoraggio continuo dei principali parametri meteorologici mediante l'installazione di sensori in differenti porzioni degli impianti agrivoltaici, comprendenti sia aree di controllo non

ombreggiate esterne agli impianti sia zone poste sotto i pannelli, nelle aree tra le file dei pannelli e nelle porzioni semi-ombreggiate. I dati rilevati sono stati successivamente messi in relazione con le analisi agronomiche e con le misurazioni relative alla produzione di biomassa e alle caratteristiche qualitative del foraggio.

I risultati ottenuti nel corso di circa 18 mesi di monitoraggio hanno evidenziato, in particolare durante il periodo estivo, una generale riduzione della temperatura del suolo nelle aree interessate dalla presenza dei moduli agrivoltaici. Nei siti monitorati da BayWa r.e., le temperature del suolo sotto i pannelli sono risultate inferiori di circa 3–4 °C rispetto alle porzioni di terreno esterne all'ombreggiamento dei pannelli, mentre l'umidità del terreno ha mostrato incrementi fino all'11%. Contestualmente, le analisi agronomiche hanno evidenziato un miglioramento qualitativo del foraggio prodotto sotto i moduli, caratterizzato da maggiore contenuto di azoto e minerali e da una migliore digeribilità durante i mesi più caldi.

Ulteriori risultati particolarmente significativi sono emersi dal progetto LATOU, dove l'ombreggiamento parziale generato dai moduli agrivoltaici ha favorito la formazione di un microclima più stabile e favorevole alla produzione di biomassa. In tale contesto sono state registrate temperature medie del suolo inferiori fino a 4,8 °C nelle aree semi-ombreggiate, accompagnate da un maggiore mantenimento dell'umidità del terreno. Lo studio ha inoltre evidenziato un incremento complessivo della produzione annuale di biomassa pari a circa il 30% nelle aree interessate dall'ombreggiamento dei pannelli. Le strutture agrivoltaiche hanno inoltre contribuito a una moderata riduzione locale della velocità del vento all'interno dell'impianto, favorendo condizioni microclimatiche più stabili e una maggiore conservazione dell'umidità del suolo.

Spostandoci in Italia, uno studio sperimentale condotto dall'Università di Foggia e da M2 Energia S.r.l. ("Yield and Essential Oil Content of Medicinal Plants Grown under a Dynamic Agrivoltaic System", Sustainability, 2023) ha analizzato gli effetti microclimatici e agronomici di un sistema agrivoltaico installato nel Sud Italia.

La sperimentazione è stata realizzata presso un impianto agrivoltaico con moduli fotovoltaici installati su strutture rialzate poste a circa 2,5 m dal suolo e dotate di inseguitori monoassiali in grado di modificare l'inclinazione dei pannelli durante la giornata. Le file dei moduli erano distanziate di circa 8,85 m, consentendo la presenza di ampie superfici permeabili e coltivate al di sotto dell'impianto.

Lo studio ha confrontato tre differenti condizioni sperimentali:

- aree permanentemente ombreggiate sotto i pannelli ("UP" o under panels);
- aree tra le file soggette a ombreggiamento variabile ("BP" o between panels);
- aree agricole in zone agricole esterne all'impianto usate come punti di controllo ("T").

Per l'intera stagione agronomica sono stati monitorati i principali parametri microclimatici, tra cui radiazione solare, temperatura dell'aria, temperatura fogliare e condizioni vegetative e produttive delle colture.

I risultati hanno evidenziato che le aree poste sotto i moduli agrivoltaici presentavano condizioni microclimatiche significativamente più stabili rispetto alle aree in pieno sole. In particolare:

- la temperatura dell'aria nelle aree ombreggiate risultava mediamente inferiore di circa 1,2–1,4 °C;
- le temperature fogliari delle colture risultavano inferiori rispetto alle aree non ombreggiate;
- la riduzione dello stress idrico e della traspirazione eccessiva delle colture;



- la presenza dei pannelli contribuiva a mitigare gli effetti delle elevate temperature estive tipiche dei contesti mediterranei.

I vari studi evidenziano inoltre come la maggiore altezza delle strutture, la presenza continua della vegetazione e l'ombreggiamento parziale e dinamico dovuto ai tracker ad inseguimento solare favoriscano condizioni microclimatiche più favorevoli rispetto ai tradizionali impianti fotovoltaici a terra, limitando i fenomeni di accumulo termico tipici dell'isola di calore fotovoltaica.

2.5.2 Conclusioni

Le possibili modifiche del microclima legate alla presenza di impianti fotovoltaici a terra in aree rurali sono in genere limitate e molto variabili nel tempo e nello spazio. Gli effetti si concentrano soprattutto all'interno dell'area occupata dall'impianto e diminuiscono rapidamente con l'aumentare della distanza e dell'altitudine. Inoltre, queste variazioni non sono costanti, ma seguono dinamiche non lineari nel corso della giornata e delle stagioni. In aggiunta, dal confronto con la letteratura scientifica emerge che gli incrementi termici maggiormente significativi associati al fenomeno di PHVI sono generalmente riferiti a impianti fotovoltaici tradizionali caratterizzati da moduli installati a bassa quota dal suolo, configurazioni fisse, limitata ventilazione e ridotta presenza di copertura vegetale.

Al contrario, i più recenti studi condotti su sistemi agrivoltaici evidenziano come la presenza di vegetazione permanente, il mantenimento dei processi di evapotraspirazione, la maggiore altezza dei moduli e l'aumento della ventilazione sotto pannello possano determinare una significativa mitigazione degli effetti microclimatici, con riduzioni della temperatura del suolo anche dell'ordine di 3–5 °C rispetto alle aree non ombreggiate e condizioni microclimatiche più stabili durante i periodi estivi.

Nel caso dell'impianto in progetto, le elevate altezze da terra dei moduli, l'ampio interesse tra le file, la presenza continuativa di colture e superfici permeabili e la configurazione agrivoltaica avanzata consentono pertanto di ritenere che gli eventuali effetti riconducibili al fenomeno di PVHI risultino significativamente mitigati e confinati all'interno dell'area impiantistica, senza determinare alterazioni apprezzabili del microclima in corrispondenza dei recettori esterni.

2.6 INTERVISIBILITÀ E IMPATTO VISIVO IMPIANTO

Nel procedimento autorizzativo è stata richiesta la redazione di una mappa di intervisibilità (viewshed) finalizzata a individuare le aree dalle quali l'impianto risulta **teoricamente** visibile. Si evidenzia che l'analisi di intervisibilità eseguita comprendeva già nel proprio raggio anche il bene paesaggistico "Casa Ravasini e pertinenze".

Per i risultati dell'analisi si rimanda al documento "3162_6252_PA_PAUR_R17_Rev1_RPAE".

Dall'elaborazione prodotta emerge una teorica e solamente ipotetica visibilità dell'intervento su porzioni estese di territorio. Tuttavia, come confermato dalle fotosimulazioni realizzate dai principali punti di vista sensibili, tale risultato deve essere interpretato correttamente, **poiché la mappa di intervisibilità fornisce un'informazione esclusivamente parziale del fenomeno percettivo.**

In primo luogo, la mappa di intervisibilità è uno strumento di analisi geometrica basato prevalentemente sul modello digitale del terreno (DTM) e quindi considera essenzialmente la sola orografia. Essa non è in grado di tenere conto in modo puntuale e dinamico di ulteriori elementi che incidono in maniera determinante sulla reale percezione visiva, quali:

- coperture vegetazionali (boschi, filari alberati, macchia mediterranea, colture arboree);
- edificato e manufatti esistenti;
- elementi infrastrutturali;
- morfologie minute del terreno non sempre restituite dal modello digitale utilizzato.

Ne consegue che la visibilità teorica restituita dalla mappa rappresenta una condizione solamente "potenziale", ossia l'assenza di ostacoli puramente morfologici tra osservatore e impianto, ma non equivale automaticamente a una effettiva percezione visiva nella realtà.

In secondo luogo, la mappa di intervisibilità risponde esclusivamente a una domanda di tipo binario: "l'impianto è visibile oppure no?". Essa non fornisce alcuna informazione sulla qualità della visione, ovvero su aspetti fondamentali quali:

- la porzione effettivamente percepibile dell'impianto;
- la distanza dall'osservatore;
- l'angolo visuale occupato;
- il grado di riconoscibilità dell'opera nel contesto paesaggistico;
- l'incidenza percettiva complessiva rispetto al campo visivo.

Un punto classificato come "visibile" può infatti corrispondere, nella realtà, a una percezione estremamente limitata: una porzione marginale dell'impianto, visibile solo parzialmente, a grande distanza e con un'incidenza visiva modesta rispetto all'orizzonte complessivo. **In termini paesaggistici, la differenza tra "visibile" e "percettivamente rilevante" è sostanziale.**

Le fotosimulazioni elaborate dai punti di osservazione più significativi (centri abitati, viabilità principale, recettori sensibili) consentono invece una valutazione più aderente alla reale esperienza percettiva, poiché restituiscono:

- la scala effettiva dell'intervento nel contesto;
- il rapporto dimensionale con gli elementi circostanti;
- la porzione di campo visivo interessata;
- l'effetto di schermature vegetazionali ed elementi antropici presenti.

Alla luce di tali considerazioni, la mappa di intervisibilità deve essere intesa come uno strumento preliminare e cautelativo, utile a delineare il potenziale bacino di visibilità teorica, ma non

esaustivo ai fini della valutazione dell'impatto paesaggistico. La corretta interpretazione del fenomeno percettivo richiede necessariamente l'integrazione tra analisi GIS e verifica qualitativa attraverso fotosimulazioni e sopralluoghi, unici strumenti in grado di restituire la reale entità e significatività della percezione dell'impianto nel paesaggio.

Si precisa che per il bene "Casa Ravasini e pertinenze", ricompreso all'interno del bacino di visibilità teorica individuato dalla mappa di intervistibilità, è stata già predisposta una specifica verifica percettiva mediante fotosimulazione dedicata (Fotosimulazione n. 13) già presente all'interno della relazione paesaggistica presentata.

Tuttavia, Al fine di approfondire ulteriormente la valutazione e verificare in maniera puntuale l'effettiva percepibilità dell'impianto dai pressi del bene tutelato, sono state inoltre elaborate ulteriori due fotosimulazioni (Fotosimulazioni n. 14 e n. 15).

Di seguito si riporta la mappa con la posizione puntuale delle nuove fotosimulazioni e la visibilità dell'impianto ante e post-operam (stato di fatto e stato di progetto).

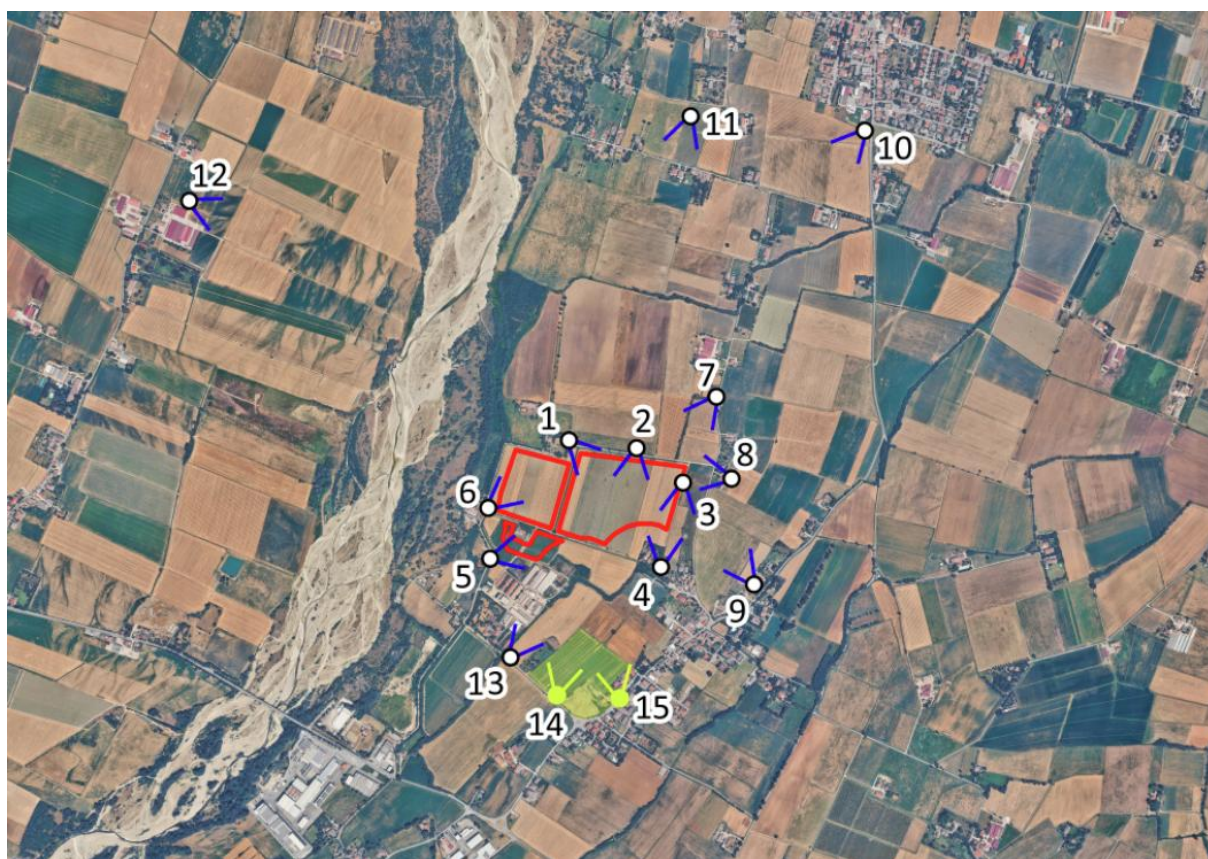


Figura 2.2. Punti di presa fotografica.



Figura 2.3: Fotoinserimento 13 - Stato di fatto



Figura 2.4: Fotoinserimento 13 - Stato di progetto



Figura 2.5: Fotoinserimento 14 - Stato di fatto



Figura 2.6: Fotoinserimento 14 - Stato di progetto



Figura 2.7: Fotoinserimento 15 - Stato di fatto



Figura 2.8: Fotoinserimento 15 - Stato di progetto



2.6.1 Conclusioni

Le simulazioni effettuate evidenziano come l'impianto risulti di fatto non visibile dai pressi di "Casa Ravasini e pertinenze". Tale condizione deriva dalla combinazione di diversi fattori concorrenti, tra cui le condizioni morfologiche locali, la presenza della vegetazione esistente, gli elementi di schermatura già presenti nell'area e le ulteriori mitigazioni vegetazionali previste in progetto.

L'insieme di tali elementi determina infatti una completa schermatura della visibilità verso l'area impiantistica, impedendo la percezione diretta dell'impianto dai punti di osservazione considerati (inclusa Casa Ravasini e le sue pertinenze) e garantendo pertanto il mantenimento delle attuali condizioni percettive del contesto paesaggistico di riferimento.

2.7 MITIGAZIONE PREVISTA

Per maggiori informazioni sulle opere di mitigazione ambientali previste per l'intervento si rimanda all'elaborato precedentemente trasmesso "3162_6252_PA_PAUR_R32_Rev0_Ottimizzazione mitigazione", nel quale sono descritti in dettaglio criteri progettuali, tipologie vegetazionali adottate, finalità delle schermature e modalità di inserimento paesaggistico dell'impianto.

Si trasmette inoltre la tavola "3162_6252_PA_PAUR_INT2_T01_Rev1_Layout di progetto e mitigazione", nella quale viene rappresentato in planimetria il sistema complessivo delle mitigazioni previste, comprensivo sia delle schermature perimetrali sia delle mitigazioni areali interne all'impianto.