



Soggetto promotore: **Gruppo Marseglia**

Soggetto proponente: **Masserie Salentine S.r.l. Società Agricola** (componente agricola)

Soggetto proponente: **Energetica Salentina S.r.l.** (componente fotovoltaica)

## IMPIANTO AGRIVOLTAICO

SITO NEI COMUNI DI NARDÒ, SALICE SALENTINO E VEGLIE  
IN PROVINCIA DI LECCE

### Valutazione di Impatto Ambientale

(artt. 23-24-25 del D.Lgs. 152/2006)

### Commissione Tecnica PNRR-PNIEC

(art. 17 del D.L. 77/2021, convertito in L. 108/2021)

Idea progettuale e coordinamento generale: **AG Advisory S.r.l.**

Paesaggio e supervisione generale: **CRETA S.r.l.**

Programma di ricerca "Paesaggi del Futuro", Responsabili scientifici: **Prof. Arch. Paolo Mellano, Prof.ssa Arch. Elena Vigliocco** (Politecnico di Torino)

Programma di ricerca "Ottimizzazione dell'agrivoltaico con oliveti a siepe: analisi numerico matematica", Responsabili scientifici: **PhD Cristiano Tamborrino** (Università degli Studi di Bari), **PhD Elisa Gatto** (Biologa ambientale)

Postproduzione: **Galante – Menichini Architetti per AG Advisory S.r.l.**

Supporto grafico: **Heriscape Progetti S.r.l. STP per AG Advisory S.r.l.**

#### Progettisti:

Progetto agricolo: **Prof. Massimo Monteleone** (Università degli Studi di Foggia)  
**Dott. Agr. Barnaba Marinosci**

Progetto impianto fotovoltaico: **Ing. Andrea D'Ovidio**

Progetto strutture: **Ing. Giovanni Errico**

Progetto opere di connessione: **Ing. Andrea D'Ovidio**

#### Contributi specialistici:

Acustica: **Ing. Massimo Rah**

Agronomia: **Dott. Agr. Barnaba Marinosci**

Approvvigionamento idrico: **Geol. Massimilian Brandi**

Archeologia: **Dott.ssa Caterina Polito**

Clima e PMA: **Dott.ssa Elisa Gatto**

Fauna: **Dott. Giacomo Marzano**

Geologia: **Geol. Pietro Pepe**

Idraulica: **Ing. Luigi Fanelli**

Rilievi: **Studio Tafuro**

Risparmio idrico: **Netafim Italia S.r.l.**

Vegetazione e microclima: **Dott. Leonardo Beccaris**

Cartella  
VIA\_2/

Identificatore:  
**0\_PAGRVLT05\_B**

Programma di Ricerca: **Ottimizzazione  
dell'agrivoltaico con oliveti a siepe -  
Analisi modellistica microclimatica**

Descrizione Ottimizzazione dell'agrivoltaico con oliveti a siepe: Analisi modellistica microclimatica

Nome del file:  
0\_PAGRVLT05\_B.pdf

Tipologia  
Relazione

Scala  
-

**Autori elaborato:** Dott. Ssa Elisa Gatto

Rev.	Data	Descrizione
00	18/03/24	Prima emissione
01		
02		

**Spazio riservato agli Enti:**



# OTTIMIZZAZIONE DELL'AGRIVOLTAICO CON OLIVETI A SIEPE: ANALISI MODELLISTICA MICROCLIMATICA

## "BORGO MONTERUGA"

*Progetto di un impianto agrivoltaico da realizzarsi nei comuni di Nardò, Salice Salentino e Veglie in provincia di Lecce*

### CONTENUTI:

La seguente analisi è finalizzata all'**ottimizzazione del progetto agrivoltaico "Borgo Monteruga"** e, nello specifico, alla **massimizzazione della sinergia produzione agricola - produzione energetica**.

Mediante l'impiego di un **avanzato modello microclimatico** basato sulla fluidodinamica computazionale, **è stata determinata la configurazione ideale per il sistema agrivoltaico di tale progetto**. Questo approccio ha permesso di **esaminare vari aspetti dimensionali e spaziali dei moduli fotovoltaici, come l'altezza, l'ampiezza e la distanza interasse, e di valutare il loro impatto sui parametri microclimatici, oltre che sulle condizioni termiche e idrogeologiche dell'ambiente**.

I risultati indicano che **posizionando i pannelli ad un'altezza media >2.10m e con una distanza interasse di 12m** si ottengono **condizioni microclimatiche favorevoli, una maggiore radiazione diretta e quasi 1.5h di sole in più nelle aree interfila**, promuovendo una fotosintesi più efficace e un **migliore sviluppo dell'oliveto a siepe**.

A cura di:

**Dott.ssa Elisa Gatto, PhD**

Questa configurazione non solo riduce l'intensità dell'ombreggiamento nell'area interessata dall'oliveto a siepe ma favorisce anche l'**ottimizzazione dell'uso delle risorse idriche e la produttività delle colture**, bilanciando in modo ottimale le esigenze della produzione energetica con quelle agricole e sostenendo uno sviluppo **agrivoltaico sostenibile**.

# Sommario

1.	Introduzione .....	2
2.	La nascita della proposta agrivoltaica .....	3
3.	I parametri per l'ottimizzazione dei sistemi agrivoltaici .....	4
4.	Metodologia .....	5
4.1.	Modellazione microclimatica .....	5
4.2.	Il modello computazionale ENVI-met.....	5
4.3.	Set up modellistico .....	6
4.4.	Variabili microclimatiche investigate .....	10
5.	Risultati .....	20
5.1.	Temperatura dell'aria .....	20
5.2.	Ore di sole .....	24
5.3.	Temperatura del suolo .....	27
5.4.	Altre variabili microclimatiche .....	29
6.	Discussione.....	31
7.	Conclusioni .....	32

## 1. Introduzione

La presente analisi è finalizzata **all'ottimizzazione del progetto agrivoltaico** denominato **"Masserie Salentine"** della potenza di picco di 291,33MWp (con moduli fotovoltaici bifacciali da 600W) e potenza nominale di 249MWac, ed uno storage da 50MW, da realizzarsi nei comuni di Nardò, Salice Salentino e Veglie in provincia di Lecce ed opere di connessione costituite da un cavidotto a 380kV interrato su strada pubblica, che collega l'impianto alla sottostazione sita nel comune di Erchie in provincia di Brindisi.

La definizione della **configurazione ottimale del sistema agrivoltaico**, che include la determinazione delle specifiche dimensionali e spaziali dei moduli fotovoltaici (quali altezza, ampiezza e distanza interasse), si fonda sull'**impiego del modello microclimatico prognostico tridimensionale ad alta risoluzione ENVI-met** (Bruse & Fler, 1998). Questo modello, che rappresenta uno standard all'avanguardia nell'ambito della modellazione fluidodinamica, applica le leggi fondamentali della fluidodinamica e della termodinamica per risolvere le equazioni di Navier-Stokes, consentendo di **simulare con precisione le interazioni complesse tra vegetazione, suolo, superfici artificiali e atmosfera**.

ENVI-met è stato selezionato per la sua comprovata affidabilità e precisione, come attestato da oltre 50 pubblicazioni scientifiche (Tsoka et al., 2018; Liu et al., 2021), che ne hanno validato l'efficacia nell'integrare e simulare i processi atmosferici, termici e idrologici in contesti vari, inclusi quelli agricoli. Grazie a questo modello, è possibile ottenere simulazioni microclimatiche dettagliate e affidabili, che consentono di valutare l'impatto delle diverse configurazioni del sistema agrivoltaico sull'ambiente circostante, garantendo così che le modifiche apportate ottimizzino l'interazione tra le componenti del sistema.

L'essenza del concetto di agrivoltaico, come delineato nell'articolo 1, lettera d), delle Linee Guida Ministeriali trascende i parametri fisici quali l'altezza dei moduli da terra o la distanza interasse. Piuttosto, è definita dall'efficace interazione e dalla funzionalità dell'integrazione tra produzione energetica e pratiche agricole. Testualmente, si definisce infatti agrivoltaico l'*"impianto fotovoltaico che adotta soluzioni volte a preservare la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale sul sito di installazione"*. Questa visione orienta lo studio del progetto "Masserie Salentine" verso **l'identificazione e la valorizzazione di configurazioni di sistema che ottimizzano tale sinergia**.

L'obiettivo primario è quindi di promuovere un modello di sviluppo in cui **l'integrazione dell'energia fotovoltaica nell'ambito agricolo non solo è realizzabile ma diventa anche un elemento**

di valorizzazione reciproca, garantendo così la sostenibilità ambientale e incrementando l'efficienza produttiva del binomio energia-agricoltura.

I risultati scientifici di tale analisi saranno presentati alla conferenza internazionale **AgriVoltaics World Conference 2024 (oral presentation)** e sottomessi su una rivista scientifica internazionale peer-reviewed.

## 2. La nascita della proposta agrivoltaica

Il consumo globale di cibo ha registrato una rapida crescita, raggiungendo un notevole picco di 2,5 miliardi di tonnellate metriche nel 2021<sup>1</sup>. Questo aumento ha generato una crescente richiesta di terreni agricoli per soddisfare le necessità produttive alimentari. Parallelamente, l'aumento della popolazione mondiale ha portato a un significativo incremento del consumo energetico. Nonostante la tecnologia fotovoltaica (PV) offra una risposta vantaggiosa a questa domanda energetica, presenta anche sfide legate al conflitto d'uso del suolo con l'agricoltura, e richiede un equilibrio tra la produzione di cibo e la generazione di energia. In questo contesto, i **sistemi agrivoltaici (APV) emergono come una soluzione promettente grazie alla loro capacità di utilizzare in modo dualistico il suolo, consentendo sia la produzione di colture alimentari che la produzione energetica.**

La duplice produzione cibo-energia non è l'unico vantaggio degli APV, che contribuiscono anche alla riduzione del fabbisogno idrico per l'irrigazione<sup>2</sup> e al mantenimento dell'umidità del suolo durante l'estate. A seconda del livello di ombreggiamento, il risparmio idrico può raggiungere il 29%<sup>3,4</sup> e la temperatura sotto il pannello è moderata<sup>5</sup>.

Le **definizioni di agrivoltaico** presentano ambiguità e variano notevolmente in base alle specificità regionali, riflettendo l'adattamento degli standard ai settori agricoli e alle priorità di ciascun paese. Questo ha portato a diversi criteri di qualificazione per identificare ciò che effettivamente rientra nel concetto di agrivoltaico. Ad esempio, la prima legislazione in Europa è apparsa nel 2021, in **Germania**, sotto il nome di **DIN SPEC 91434** e ha introdotto una distinzione tra sistemi elevati e sistemi inter-fila, affermando che i rendimenti delle colture in ambienti

---

<sup>1</sup> <https://www.statista.com/forecasts/1298375/volume-food-consumption-worldwide>

<sup>2</sup> Gorjian S, Bousi E, Özdemir OE, Trommsdorff M, Kumar NM, Anand A, et al. Progress and challenges of crop production and electricity generation in agrivoltaic systems using semi-transparent photovoltaic technology. *Renew Sustain Energy Rev* 2022;158:112126.

<sup>3</sup> Dinesh H, Pearce JM. The potential of agrivoltaic systems. *Renew Sustain Energy Rev* 2016;54:299–308

<sup>4</sup> Marrou H, Dufour L, Wery J. How does a shelter of solar panels influence water flows in a soil–crop system? *Eur J Agron* 2013;50:38–51.

<sup>5</sup> Uchanski M, Hickey T, Bousset J, Barth KL. Characterization of agrivoltaic crop environment conditions using opaque and thin-film semi-transparent modules. *Energies* 2023;16:3012



agrivoltaici raggiungano almeno il 66% di quelli standard. Diversamente, in **Francia**, il gruppo di certificazione indipendente francese AFNOR ha stabilito che i progetti agrivoltaici devono garantire almeno l'80% dei rendimenti di riferimento per ottenere la certificazione di "Classe A". L'**Italia**, nel 2022, ha definito che le aree dedicate all'agricoltura all'interno dei sistemi agrivoltaici debbano coprire almeno il 70% dell'intera area dell'impianto solare. E ci si aspetta che altre nazioni introducano i propri standard agrivoltaici, generando ulteriori differenze nei criteri di qualificazione internazionali.

Nella nostra visione, un'installazione agrivoltaica si considera "di successo" quando il committente si dedica con impegno a lungo termine sia alla produzione agricola che alla generazione di energia, garantendo che queste attività non solo coesistano armoniosamente senza interruzioni o danneggiamenti reciproci, ma anche che si potenzino reciprocamente. Questo approccio include un forte impegno verso l'innovazione tecnologica e la ricerca scientifica, con l'obiettivo di migliorare continuamente il sistema implementato. Il successo di tali progetti agrivoltaici è ulteriormente definito dalla capacità di produrre dati consistenti che supportino ricerche pubblicate su riviste scientifiche *peer-reviewed*, arricchendo così la base di conoscenza per sviluppi futuri nel campo.

### 3. I parametri per l'ottimizzazione dei sistemi agrivoltaici

Le configurazioni dei sistemi APV si diversificano per densità, altezza e inclinazione dei pannelli solari, al fine di regolare la copertura luminosa sulle colture. La definizione di questi parametri è fondamentale per massimizzare sia i rendimenti agricoli sia la generazione di energia, facilitando la selezione delle colture ottimali per l'ombra dei pannelli e stabilendo la disposizione più efficace dei pannelli fotovoltaici per incrementare l'efficienza energetica.

Nei sistemi APV la luce incidente è condivisa tra i pannelli PV e le piante. Di conseguenza, la luce disponibile intercettata dalle piante per la fotosintesi può essere ridotta. Il processo di fotosintesi vegetale è influenzato non solo dalle condizioni ambientali ma anche da fattori genetici. Pertanto, è essenziale **selezionare specie vegetali che possano adattarsi a livelli inferiori di luce incidente**. Un importante fattore genetico, utilizzabile per questa selezione, è la via di assimilazione del carbonio, che classifica le specie vegetali in C3, C4 e CAM<sup>6</sup>. **Le specie C3 raggiungono la loro massima capacità di fotosintesi con livelli bassi di luce solare, dimostrando**

---

<sup>6</sup> Hartzell S, Bartlett MS, Porporato A. Unified representation of the C3, C4, and CAM photosynthetic pathways with the Photo3 model. *Ecol Model* 2018;384:173–87.

così una maggiore tolleranza all'ombreggiamento<sup>7</sup>. Selezionando specie C3, l'impatto negativo dell'ombreggiamento causato dai pannelli PV può essere mitigato, assicurando che le piante possano comunque condurre una fotosintesi efficiente nei sistemi APV.

Gli ulivi sono specie C3<sup>8</sup> e, per questo motivo, rappresentano una scelta promettente per i sistemi APV. La loro capacità di tollerare l'ombra<sup>9</sup> li rende adattabili alle ridotte condizioni di luce che possono verificarsi sotto i moduli PV.

## 4. Metodologia

### 4.1. Modellazione microclimatica

La valutazione microclimatica riveste un ruolo di fondamentale importanza in quanto fornisce informazioni essenziali sull'ambiente termico, idrico e atmosferico nell'area di studio. Queste informazioni sono cruciali per comprendere gli impatti delle diverse configurazioni agrivoltaiche sulla crescita delle piante, sull'efficienza nell'utilizzo dell'acqua e sulla resa delle colture.

### 4.2. Il modello computazionale ENVI-met

Per supportare la selezione della sezione agrivoltaica ottimale in termini di produttività agricola, è stata condotta un'analisi microclimatica dettagliata in **diversi scenari agrivoltaici caratterizzati da diverse distanze interasse, diverse altezze e ampiezze dei moduli fotovoltaici** (vedi sez. 4.3). Tale valutazione si accompagna all'analisi numerico matematica, descritta nell'elaborato specifico "*Ottimizzazione dell'agrivoltaico con oliveti a siepe: analisi numerico matematica*", che ha permesso di analizzare diverse configurazioni spaziali sulla base della geometria delle colture e sulla conoscenza dell'irraggiamento solare.

Per valutazione modellistica è stato impiegato il modello microclimatico prognostico tridimensionale ad alta risoluzione ENVI-met<sup>10</sup>, un modello basato sulle leggi fondamentali della fluidodinamica e della termodinamica che risolve nell'elaborazione dei dati le equazioni di Navier-Stokes ([www.envimet.com](http://www.envimet.com)). Il modello è progettato per indagare sui processi che avvengono alla microscala con una risoluzione orizzontale che va da 0.5 a 10 m e, con un innovativo approccio

---

<sup>7</sup> Yin X, Struik PC. C 3 and C 4 photosynthesis models: an overview from the perspective of crop modelling. *NJAS Wageningen J Life Sci* 2009;57:27–38.

<sup>8</sup> Bongji G, Soldatini GF, Hubick KT. Mechanism of photosynthesis in olive tree (*Olea europaea* L.). *Photosynthetica* 1987;21:572–8.

<sup>9</sup> Ladux FJ, Trentacoste ER, Searles PS, Rousseaux MC. Light quality environment and photomorphological responses of young olive trees. *Horticulturae* 2021;7:369. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7100369>.

<sup>10</sup> Bruse M., Fleer H. (1998) Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. *Environment Modelling & Software* 13:373–384

olistico, è in grado di integrare i processi atmosferici, termici e idrologici per simulare l'interazione complessa tra vegetazione, suolo e atmosfera.

ENVI-met è ampiamente riconosciuto e validato nella comunità scientifica con oltre 50 studi pubblicati che ne attestano l'affidabilità e l'accuratezza<sup>11</sup>. Questi studi hanno dimostrato la capacità di ENVI-met di riprodurre fedelmente le condizioni microclimatiche reali in diversi contesti, inclusi ambienti urbani e agricoli.

#### 4.3. Set up modellistico

Il modello ENVI-met ha permesso di simulare **14 differenti configurazioni agrivoltaiche**. Le **variabili indagate** includono: altezza moduli, distanza interasse, ampiezza moduli (Figura 1).

---

<sup>11</sup> Tsoka, S., Tsikaloudaki, A., Theodosiou, T., 2018. Analyzing the ENVI-met microclimate model's performance and assessing cool materials and urban vegetation applications – A review. *Sustainable Cities and Society*, 43, 55-76, ISSN 2210-6707.



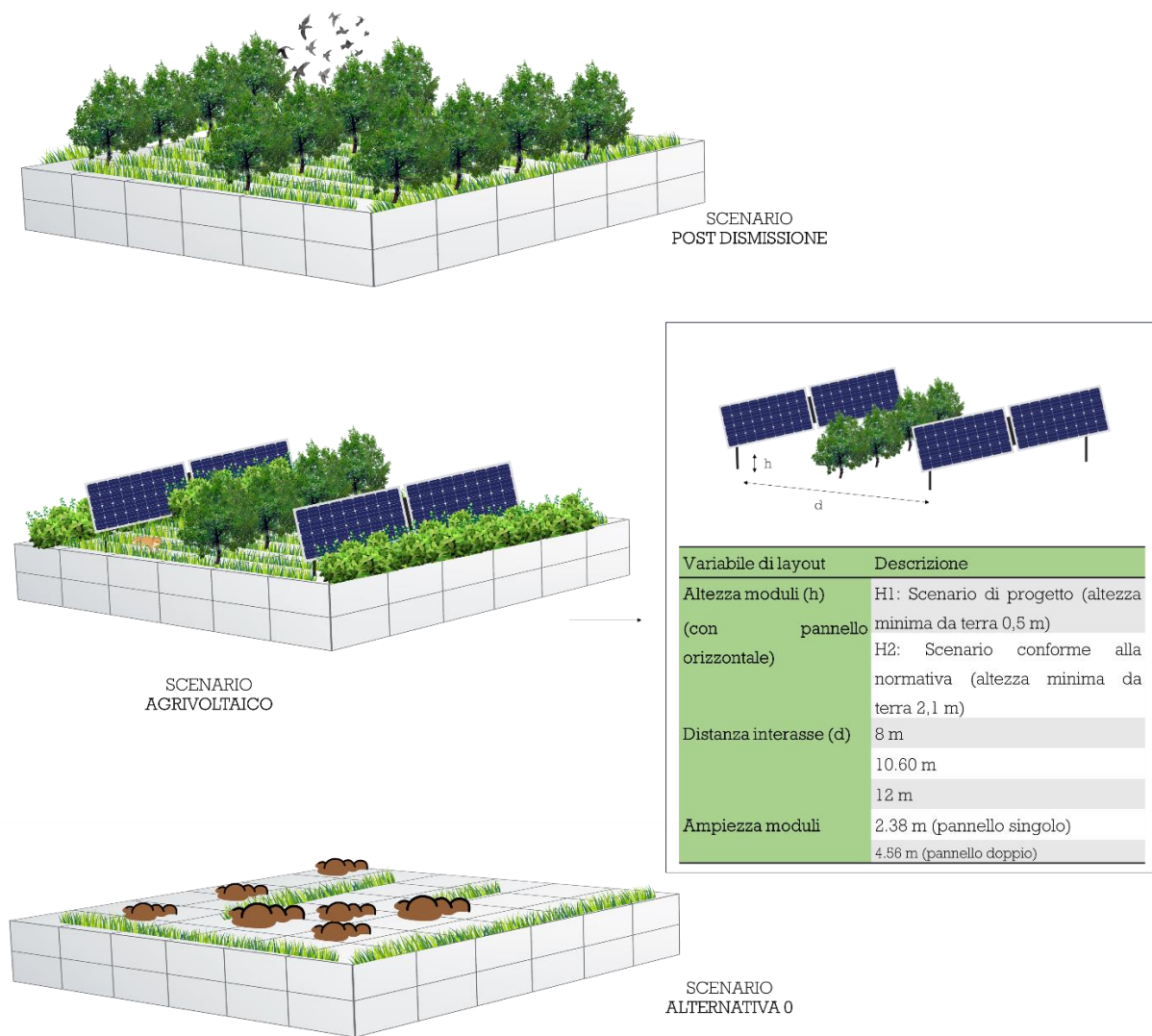


Figura 1: Scenari simulati

È stata inclusa una **simulazione dello stato di fatto (Scenario Alternativa 0)**, che rappresenta lo stato attuale senza l'implementazione dell'agrivoltaico, al fine di valutare l'effetto dell'introduzione di questa soluzione rispetto alla situazione preesistente.


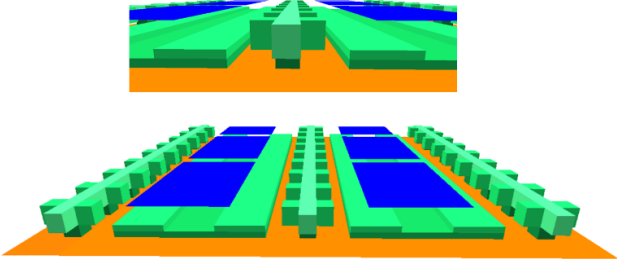
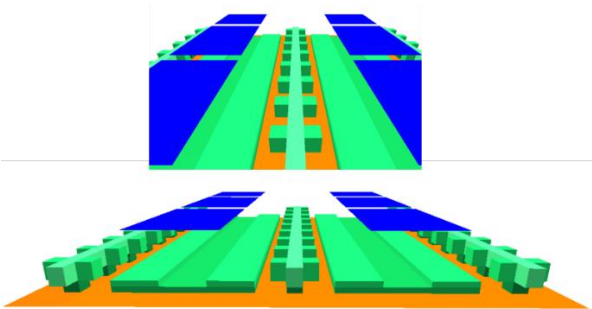
Gli scenari analizzati sono i seguenti:

- **Alternativa 0:** Questa rappresenta lo stato attuale senza l'aggiunta dell'agrivoltaico.
- **8m – singolo – H1:** Olivi coltivati a siepe con moduli fotovoltaici singoli con distanza interasse di 8 metri.
- **10.60 – singolo – H1:** Olivi coltivati a siepe con moduli fotovoltaici singoli con distanza interasse di 10.60 metri.

- **12m – singolo – H1:** Olivi coltivati a siepe con moduli fotovoltaici singoli con distanza interasse di 12 metri.
- **8m – doppio – H1:** Olivi coltivati a siepe con moduli fotovoltaici doppi con distanza interasse di 8 metri.
- **10.60 – doppio – H1:** Olivi coltivati a siepe con moduli fotovoltaici doppi con distanza interasse di 10.60 metri.
- **12m – doppio – H1:** Olivi coltivati a siepe con moduli fotovoltaici doppi con distanza interasse di 12 metri.
- **8m – singolo – H2:** Olivi coltivati a siepe con moduli fotovoltaici singoli con distanza interasse di 8 metri.
- **10.60 – singolo – H2:** Olivi coltivati a siepe con moduli fotovoltaici singoli con distanza interasse di 10.60 metri.
- **12m – singolo – H2:** Olivi coltivati a siepe con moduli fotovoltaici singoli con distanza interasse di 12 metri.
- **8m – doppio – H2:** Olivi coltivati a siepe con moduli fotovoltaici doppi con distanza interasse di 8 metri.
- **10.60 – doppio – H2:** Olivi coltivati a siepe con moduli fotovoltaici doppi con distanza interasse di 10.60 metri.
- **12m – doppio – H2:** Olivi coltivati a siepe con moduli fotovoltaici doppi con distanza interasse di 12 metri.
- **Scenario post dismissione:** situazione che segue la rimozione dell'impianto, con azioni di recupero ambientale e impianto di nuova vegetazione nelle aree precedentemente occupate dai pannelli.

Il set-up modellistico è riportato in Tabella 1. Le simulazioni svolte hanno avuto una durata di 16 h in totale. L'area simulata in 3D (dominio computazionale) ha una dimensione di 100 m (orizzontale) x 100 m (verticale), x 40 m (altezza). Il dominio computazionale è stato suddiviso con una griglia di risoluzione 1 m x 1 m x 1 m con eccezione delle prime 5 celle (vicine al suolo) aventi una risoluzione verticale di 0.4 m. Per migliorare l'accuratezza e stabilità del modello sono state aggiunte 15 *nesting grids* al contorno. La media della temperatura atmosferica e dell'umidità relativa del mese di Giugno 2022 è stata settata come input meteorologico per guidare la simulazione ed è stata considerata la direzione e la velocità del vento prevalente analizzando i dati meteorologici estratti con ERA5 (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, Integrated Forecast System, ECMWF*).

Tabella 1: Set up modellistico

	DOMINIO COMPUTAZIONALE 3D	METEOROLOGIA settata nel modello
SCENARIO ATTUALE		<p>Giorno simulato: 1 Giugno 2022</p>
SCENARIO DI PROGETTO		<p>Media Temperatura dell'aria: 24 °C</p> <p>Valore massimo Temperatura dell'aria: 34 °C</p> <p>Media Umidità relativa: 57 %</p> <p>Valore massimo Umidità relativa: 81 %</p>
SCENARIO CONFORME AL DM		<p>Velocità del vento: 4 m/s</p> <p>Direzione del vento: 315°</p>

La metodologia e il processo investigativo del seguente studio modellistico sono stati validati scientificamente in pubblicazioni su riviste scientifiche internazionali con *peer-review*<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> Gatto E., Buccolieri R., Aarrevaara E., Ippolito F., Emmanuel R., Perronace L., Santiago J.L. (2020) Impact of urban vegetation on outdoor thermal comfort: comparison between a Mediterranean city (Lecce, Italy) and a Northern European city (Lathi, Finland). *Forests* 11:228.  
Gatto E., Buccolieri R., Perronace L., Santiago J., (2021a) The Challenge in the Management of Historic Trees in Urban Environments during Climate Change: The Case of Corso Trieste (Rome, Italy). *Atmosphere* 12:500.

#### 4.4. Variabili microclimatiche investigate

La Tabella 2 descrive le principali variabili microclimatiche calcolate nel modello ENVI-met che saranno analizzate e confrontate tra gli scenari per valutare l'impatto delle diverse configurazioni agrivoltaiche sull'ambiente termico, idrico e atmosferico.

Tabella 2: Variabili microclimatiche investigate

Variabili microclimatiche	Abbreviazione	Unità di misura	Descrizione
Ore di luce	-	h	<p><u>Definizione:</u></p> <p>Il numero di ore durante le quali il terreno o una specifica area di interesse sono esposti alla luce solare diretta o indiretta in una giornata.</p> <p><u>Metodo:</u></p> <p>Le "ore di luce" sono influenzate da molti fattori, tra cui l'orario del giorno, la latitudine, la stagione, la topografia, la presenza di ostacoli come edifici o alberi e l'efficienza del modello di calcolo della radiazione solare.</p> <p>ENVI-met tiene conto delle variazioni dell'irraggiamento solare durante la giornata, tenendo conto del movimento del sole, degli ostacoli presenti nell'ambiente e delle</p>

---

Gatto E., Ippolito F., Rispoli, G., Carlo O. S., Santiago J.L., Aarrevaara E., Emmanuel R., Buccolieri R., (2021b) Analysis of Urban Greening Scenarios for Improving Outdoor Thermal Comfort in Neighbourhoods of Lecce (Southern Italy). *Climate* 9:116.

		<p>interazioni tra di essi. Questo permette di calcolare in modo accurato le ore di luce disponibili per un'area specifica durante un periodo di tempo selezionato.</p> <p><u>Interpretazione:</u></p> <p>Le informazioni sulle ore di luce sono utilizzate per valutare la quantità di radiazione solare disponibile nell'area con <i>oliveto a siepe</i> e nell'area al di sotto del <i>pannello</i>.</p> <p><u>Dato utilizzato:</u></p> <p>Ore di sole nel <i>contour</i> “<i>oliveto a siepe</i>” (fascia interessata dall'oliveto) e nel <i>contour</i> “<i>pannello</i>” (area al di sotto del pannello) per Giugno, il mese estivo in cui si prevede maggiore stress termico.</p>
<p>Umidità relativa del suolo</p>	<p><math>RH_{soil}</math></p>	<p><u>Definizione:</u></p> <p>Quantità di acqua presente nel terreno in relazione alla sua capacità massima di saturazione.</p> <p><u>Metodo:</u></p> <p>In ENVI-met tale variabile è influenzata da diversi fattori, tra cui le condizioni meteorologiche, la piovosità, l'evaporazione, il drenaggio e le caratteristiche del suolo stesso. Il software tiene conto di questi fattori per calcolare la</p>

			<p>distribuzione dell'umidità del suolo all'interno dell'area di interesse.</p> <p><u>Interpretazione:</u></p> <p>Tale variabile può variare da valori bassi, indicativi di terreni asciutti, a valori elevati, indicativi di terreni saturi o molto umidi. Questa informazione può essere utile per valutare la disponibilità di acqua per le piante nell'area con <i>oliveto a siepe</i> e nell'area al di sotto del <i>pannello</i>.</p> <p><u>Dato utilizzato:</u></p> <p>Media della <math>RH_{soil}</math> nel <i>contour</i> "oliveto" (fascia interessata dall'oliveto a siepe) e nel <i>contour</i> "pannello" (area al di sotto del pannello) nel giorno modellato dalle ore 10:00 alle 18:00.</p>
Temperatura dell'aria	Tair	°C	<p><u>Definizione:</u></p> <p>Quantità di calore presente nell'aria.</p> <p><u>Metodo:</u></p> <p>In ENVI-met, la temperatura dell'aria è influenzata da diversi fattori, tra cui l'irraggiamento solare, la copertura nuvolosa, la velocità del vento, l'umidità relativa e le caratteristiche termiche degli oggetti presenti nell'ambiente.</p>



			<p>Il software calcola la distribuzione spaziale e temporale della temperatura dell'aria all'interno dell'area di interesse, tenendo conto dei fenomeni di scambio termico tra l'atmosfera, il suolo e gli oggetti presenti. Inoltre, il modello tiene conto degli effetti di ombreggiamento e di raffreddamento evaporativo per fornire stime realistiche della temperatura dell'aria.</p> <p><u>Interpretazione:</u></p> <p>Tale variabile serve a comprendere la distribuzione spaziale delle temperature e di analizzare i pattern di variazione. Questa informazione può essere utilizzata per identificare zone di accumulo di calore, valutare la necessità di strategie di mitigazione termica.</p> <p><u>Dato utilizzato:</u></p> <p>Media della <math>T_{air}</math> nel <i>contour</i> "oliveto a siepe" (fascia interessata dall'oliveto) e nel <i>contour</i> "pannello" (area al di sotto del pannello) nel giorno modellato alle ore 12:00.</p>
Radiazione diretta	RD	$W/m^2$	<p><u>Definizione:</u></p> <p>Componente della radiazione solare che raggiunge direttamente la</p>

			<p>superficie terrestre senza essere diffusa o riflessa da altre superfici. Indica l'intensità della luce solare che arriva al suolo in linea retta dal sole, senza interazioni con l'atmosfera o gli oggetti presenti nell'ambiente.</p> <p><u>Metodo:</u></p> <p>In ENVI-met, la radiazione diretta viene calcolata utilizzando modelli che considerano la posizione del sole, l'angolo di incidenza dei raggi solari sulla superficie terrestre, l'opacità atmosferica e altre variabili. Questo permette di ottenere una stima accurata della quantità di radiazione diretta che colpisce una specifica area di interesse.</p> <p><u>Interpretazione:</u></p> <p>Indica l'irradiazione solare disponibile per la vegetazione e la sua distribuzione spaziale e temporale.</p> <p><u>Dato utilizzato:</u></p> <p>Dato in un punto (fascia interessata dall'oliveto) nel giorno modellato alle ore 12:00 e alle 15:00.</p>
<p>Umidità relativa atmosferica</p>	<p>RH</p>	<p>%</p>	<p><u>Definizione:</u></p> <p>Quantità di umidità presente nell'aria rispetto alla massima quantità di</p>

			<p>umidità che l'aria può contenere a una determinata temperatura.</p> <p><u>Metodo:</u></p> <p>In ENVI-met, la distribuzione spaziale e temporale dell'umidità relativa atmosferica all'interno dell'area di interesse è calcolata tenendo conto di fattori come la temperatura, l'evaporazione, la traspirazione delle piante e i processi di scambio di umidità tra l'atmosfera e la superficie terrestre.</p> <p><u>Interpretazione:</u></p> <p>L'umidità relativa atmosferica può variare da valori bassi, indicando un'aria relativamente secca, a valori elevati, indicando un'aria umida. Questa informazione è importante per comprendere il comfort termico, la formazione di nebbia o nuvole, la condensazione di umidità su superfici fredde, la distribuzione dell'acqua nell'ambiente e l'interazione tra umidità e microclima.</p> <p><u>Dato utilizzato:</u></p> <p>Media della RH in tutta l'area modellata alle ore 15:00.</p>
Temperatura del suolo	Tsoil	°C	<p><u>Definizione:</u></p> <p>Quantità di calore presente nel suolo.</p>

		<p><u>Metodo:</u></p> <p>In ENVI-met, la distribuzione spaziale e temporale della temperatura del suolo all'interno dell'area di interesse tiene conto dei fenomeni di scambio termico tra l'atmosfera, il suolo e gli oggetti presenti. Questo permette di ottenere una stima realistica della temperatura del suolo in base ai fattori ambientali circostanti.</p> <p>La temperatura del suolo può variare durante il corso della giornata e può essere influenzata da fattori come l'irraggiamento solare, l'ombreggiamento, l'evaporazione, l'umidità del suolo e la capacità termica del terreno.</p> <p><u>Interpretazione:</u></p> <p>La temperatura del suolo consente di comprendere la distribuzione spaziale e temporale della temperatura e di analizzare i <i>pattern</i> di variazione.</p> <p><u>Dato utilizzato:</u></p> <p>Media della Tsoil nel <i>contour</i> "oliveto" (fascia interessata dall'oliveto) e nel <i>contour</i> "pannello" (area al di sotto del pannello) nel giorno modellato dalle ore 10:00 alle 18:00.</p>
--	--	---

Anidride carbonica	CO <sub>2</sub>	ppm	<p><u>Definizione:</u></p> <p>Concentrazione di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) nell'aria.</p> <p><u>Metodo:</u></p> <p>In ENVI-met, la concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'aria può influenzare il clima, il comfort termico, il ciclo del carbonio e la crescita delle piante.</p> <p><u>Interpretazione:</u></p> <p>La concentrazione di CO<sub>2</sub> viene misurata in ppm, che rappresenta il numero di molecole di CO<sub>2</sub> presenti per milione di molecole di aria. Ad esempio, una concentrazione di 400 ppm indica che per ogni milione di molecole di aria, 400 di esse sono molecole di CO<sub>2</sub>. È utile per valutare l'inquinamento atmosferico, la qualità dell'aria e le interazioni tra l'ambiente e l'anidride carbonica. Inoltre, può essere utilizzata per studiare l'effetto delle emissioni di CO<sub>2</sub> sull'effetto serra e il cambiamento climatico.</p> <p><u>Dato utilizzato:</u></p> <p>Media di CO<sub>2</sub> nell'area modellata alle ore 15:00.</p>
Velocità del vento	WS	m/s	<p><u>Definizione:</u></p>

		<p>La velocità e la direzione del vento in un determinato punto dello spazio.</p> <p><u>Metodo:</u></p> <p>In ENVI-met, la velocità del vento è influenzata da diversi fattori, tra cui la pressione atmosferica, la differenza di temperatura, la topografia del terreno e gli ostacoli presenti nell'ambiente, come edifici o alberi. Il software calcola la distribuzione spaziale e temporale della velocità del vento all'interno dell'area di interesse, tenendo conto di questi fattori. Questo permette di ottenere una stima realistica delle velocità del vento in diversi punti dell'ambiente simulato.</p> <p><u>Interpretazione:</u></p> <p>La conoscenza della velocità del vento è importante perché influisce sulla dispersione degli inquinanti atmosferici, sulla formazione di zone d'ombra, sulla ventilazione dell'ambiente, sulla distribuzione del calore e sul comfort termico. Inoltre, in un contesto di cambiamenti un'alta velocità del vento dovuta a fenomeni estremi potrebbe compromettere la vegetazione presente e/o creare condizioni di <i>discomfort</i>.</p> <p><u>Dato utilizzato:</u></p>
--	--	---



			Media di WS nell'area modellata alle ore 15:00.
--	--	--	---

## 5. Risultati

### 5.1. Temperatura dell'aria

Nella Tabella 3 sono riportati i valori medi di temperatura dell'aria ( $T_{air}$ ) alle ore 12 in vari *contour* spaziali di interesse (nella zona sotto il pannello e nella zona interfilare) per i diversi scenari simulati.

Tabella 3: Valori medi di  $T_{air}$  in di *contour* spaziali alle ore 12:00

		Media in tutta l'area	Sotto il pannello		Interfilare	
			h media > 2.10	h min > 2.10	h media > 2.10	h min > 2.10
	Alternativa 0	32.2 °C	-	-	-	-
PANNELLO DOPPIO	Agrivoltaico <b>d: 8m</b>	30.4 °C	30.25 °C	30.31 °C	30.52 °C	30.49 °C
	Agrivoltaico <b>d: 10.6m</b>	30.5 °C	30.25 °C	30.31 °C	30.84 °C	30.79 °C
	Agrivoltaico <b>d: 12m</b>	30.5 °C	30.25 °C	30.31 °C	30.87 °C	30.82 °C
PANNELLO SINGOLO	Agrivoltaico <b>d: 8m</b>	30.8 °C	30.42 °C	30.49 °C	31.2 °C	30.9 °C
	Agrivoltaico <b>d: 10.6m</b>	30.9 °C	30.42 °C	30.49 °C	31.55 °C	31.15 °C
	Agrivoltaico <b>d: 12m</b>	30.9 °C	30.42 °C	30.49 °C	31.6 °C	31.42 °C
	Post dismissione	29.3 °C	-	-	-	-

- **Riduzione della Temperatura rispetto all'Alternativa 0:**

Nell'analisi comparativa con lo scenario Alternativa 0, si osserva una **diminuzione della temperatura media nell'area di 1.8°C** per gli scenari agrivoltaici con configurazione a **pannello doppio** e di **1.4°C** con **pannello singolo**. Questo risultato evidenzia un significativo impatto positivo nella moderazione termica attribuibile all'installazione dei pannelli, con maggiore efficacia nel caso di pannelli doppi. Nel **contesto post-dismissione**, si registra un'ulteriore **diminuzione della temperatura di 2.9°C**, risultato delle operazioni di ripristino ambientale, tra cui l'introduzione di nuova vegetazione e l'incremento della biodiversità vegetale rispetto alle condizioni preesistenti.

- **Confronto tra Pannello Singolo e Doppio:**

Per ogni altezza e distanza simulata, si osserva una temperatura più alta nella configurazione a pannello singolo: nell'area sotto il pannello vi è un aumento di circa **0.20 °C**, mentre nell'area interfilare si raggiunge una differenza di **0.7 °C** nella configurazione con pannello più basso (h media > 2.10m) e di **0.4 °C** circa nella configurazione con pannello più alto (h min > 2.10 m).

- **Effetto della Distanza tra i Pannelli:**

Si osserva lo stesso trend con la configurazione pannello singolo e doppio con le differenze discusse sopra (temperatura più alta con pannello singolo). Si commenta la configurazione a pannello doppio:

**AREA SOTTO IL PANNELLO:** L'osservazione che la distanza tra i pannelli, variando da 8m a 12m, non modifica significativamente la temperatura sotto i pannelli stessi suggerisce che la densità dell'ombreggiamento in questa area è relativamente costante a parità di altezza. Incrementando l'altezza dei pannelli, si nota un lieve rialzo della temperatura di **0.06°C**. Questo aumento, sebbene minimo, indica che pannelli posizionati più in alto riducono leggermente l'intensità dell'ombra diretta sotto di essi, portando a un incremento termico.

**AREA INTERFILARE:** al contrario qui l'altezza inferiore dei pannelli si traduce in un aumento di temperatura di circa **0.30°C**. Questo suggerisce che **pannelli più bassi creano condizioni di ombreggiamento più intense e localizzate, portando a differenze microclimatiche più marcate tra l'area sotto il pannello e quella interfilare.** Con l'aumento della distanza tra i pannelli,

la temperatura nell'area interfilare tende ad aumentare, indicando che l'ombreggiamento diminuisce.

In sintesi, pannelli posizionati a un'altezza inferiore favoriscono una maggiore differenziazione microclimatica tra l'area direttamente sotto il pannello e l'area interfilare, a causa di un ombreggiamento più concentrato e intenso. Alzando l'altezza dei pannelli, si riduce la potenza dell'ombreggiamento diretto ma si estende la sua copertura, risultando in una moderazione termica più uniforme che copre l'area interfilare. Si passa al confronto delle ore di sole per meglio comprendere le ragioni di tali differenze.

Nella Figura 2 sono riportate le medie spaziali nei *contour* di interesse per la configurazione a **pannello doppio** ritenuto di maggiore interesse considerate le differenze microclimatiche osservate e la maggiore produzione energetica. Per tale ragione e per rendere più efficace la presentazione dei risultati, si presenteranno di seguito le evidenze emerse per tale configurazione.

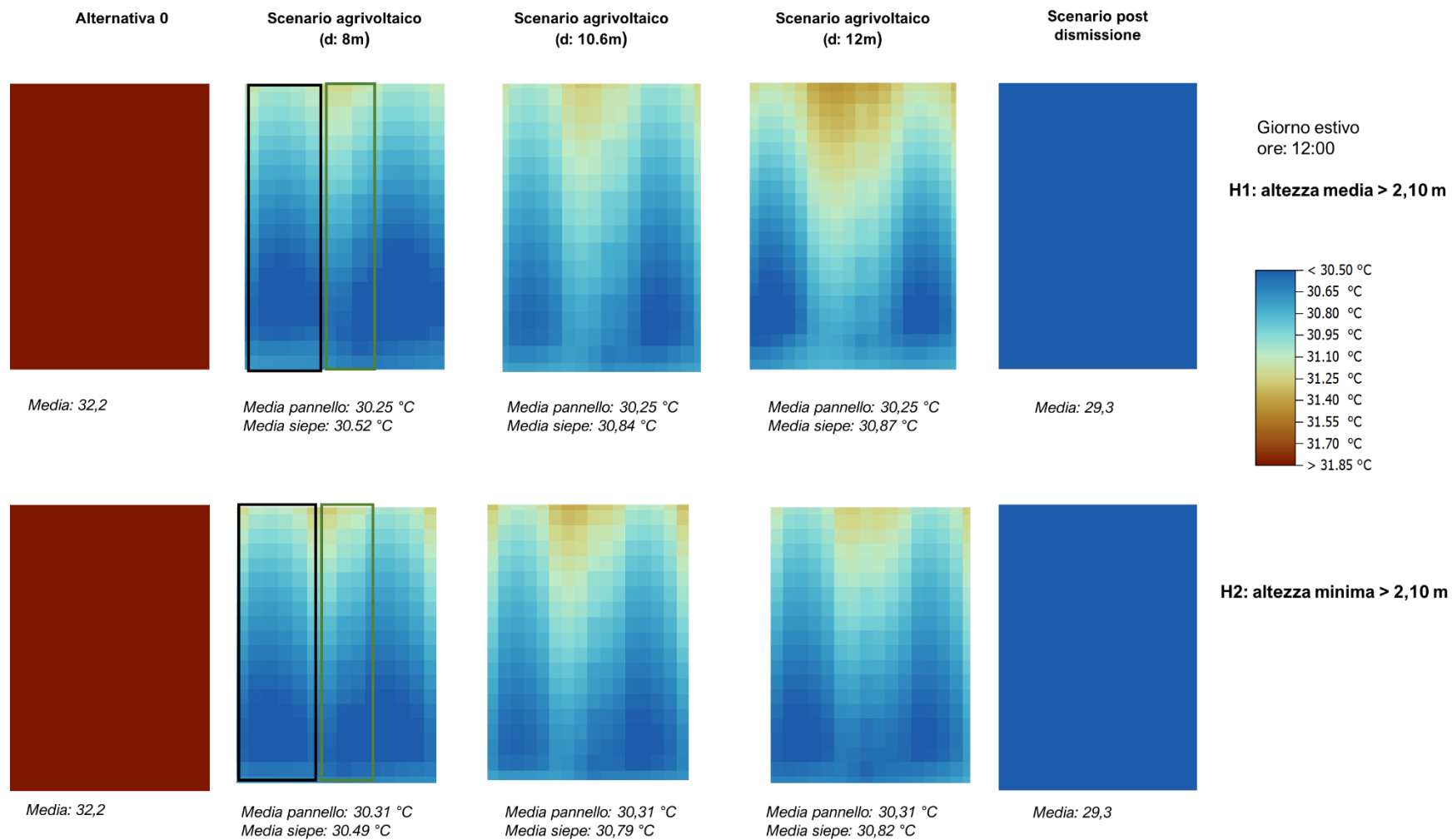


Figura 2: Mappe spaziali di Tair alle ore 12:00 per la configurazione a pannello doppio. Sono indicate le medie sotto il pannello e le medie nell'area interfilare (media siepe).

## 5.2. Ore di sole

Nella Tabella 4 sono riportate le ore di sole (h) in media in un giorno estivo di Giugno nei *contour* spaziali di interesse (nella zona sotto il pannello e nella zona interfilare) per i diversi scenari simulati.

Tabella 4: Media delle ore di sole nei *contour* spaziali per un giorno estivo di Giugno.

		Media in tutta l'area	Sotto il pannello		Interfilare	
			h media > 2.10	h min > 2.10	h media > 2.10	h min > 2.10
	Alternativa 0	14.8 h	-	-	-	-
PANNELLO DOPPIO	Agrivoltaico <b>d: 8m</b>	-	4.7 h	6.9 h	7.9 h	7.5 h
	Agrivoltaico <b>d: 10.6m</b>	-	5 h	6.3 h	8.3 h	7.5 h
	Agrivoltaico <b>d: 12m</b>	-	5 h	6.3 h	9.3 h	8 h

L'analisi delle ore di sole nei diversi scenari agrivoltaici, confrontate con lo scenario Alternativa 0 fornisce indicazioni preziose sulle interazioni tra la configurazione dei pannelli solari e l'esposizione alla luce solare.

- SOTTO IL PANNELLO: le ore di sole diminuiscono significativamente sotto i pannelli, variando da 4.7 a 5 ore a seconda della distanza tra i pannelli. Questo calo nell'esposizione solare diretta è direttamente correlato all'effetto di ombreggiamento dei pannelli e spiega la riduzione



della temperatura sotto i pannelli rispetto all'area interfilare. Il leggero aumento delle ore di sole sotto i pannelli solari a distanze maggiori (10.6m e 12m) evidenzia un suggerisce che l'ombreggiamento diventa meno intenso con l'aumentare della distanza tra i pannelli.

- INTERFILARE: **le ore di sole nell'area interfilare aumentano con l'aumento della distanza interasse**, da 7.9 a 9.3 ore per i pannelli più bassi e da 7.5 a 8 ore per i pannelli più alti. Con **un'altezza maggiore dei pannelli**, come osservato anche con la temperatura dell'aria, le condizioni diventano più uniformi e si **ha circa 1.3 h in meno di sole con distanza interasse 12m**.

L'aumento delle ore di sole nell'area interfilare è un fattore decisivo nella pianificazione perché può migliorare potenzialmente le condizioni per la crescita delle piante.

Questi dati sulle ore di sole supportano le evidenze emerse dall'analisi delle temperature, dove si è visto che l'altezza e la distanza dei pannelli influenzano significativamente l'ombreggiamento e, di conseguenza, le condizioni microclimatiche sotto e intorno ai pannelli solari.

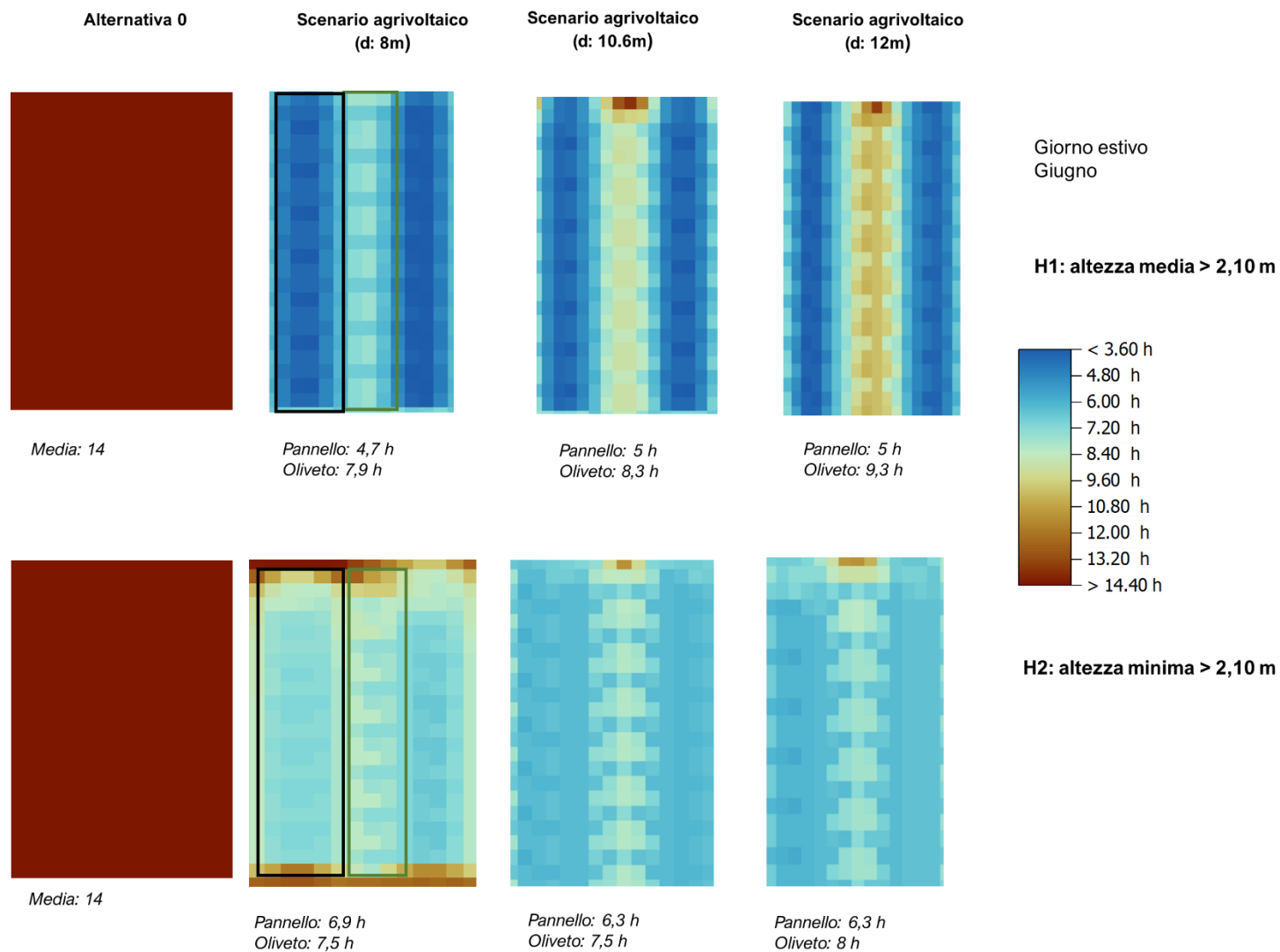


Figura 3: Mappe spaziali delle ore di sole in un giorno estivo di Giugno per la configurazione a pannello doppio. Sono indicate le medie sotto il pannello e le medie nell'area interfilare (oliveto).

### 5.3. Temperatura del suolo

Nella Tabella 5 è riportata la media della temperatura del suolo ( $T_{soil}$ ) alle 12:00 nei *contour* spaziali di interesse (nella zona sotto il pannello e nella zona interfilare) per i diversi scenari simulati.

Tabella 5: Media della  $T_{soil}$  nei *contour* spaziali alle ore 12:00.

		Media in tutta l'area	Sotto il pannello		Interfilare	
			h media > 2.10	h min > 2.10	h media > 2.10	h min > 2.10
	Alternativa 0	41 °C	-	-	-	-
PANNELLO DOPPIO	Agrivoltaico d: 8m	-	25.8 °C	28.2 °C	34.3 °C	31.9 °C
	Agrivoltaico d: 10.6m	-	26 °C	28.4 °C	34.5 °C	33.7 °C
	Agrivoltaico d: 12m	-	26.2 °C	28.4 °C	35 °C	33.8 °C

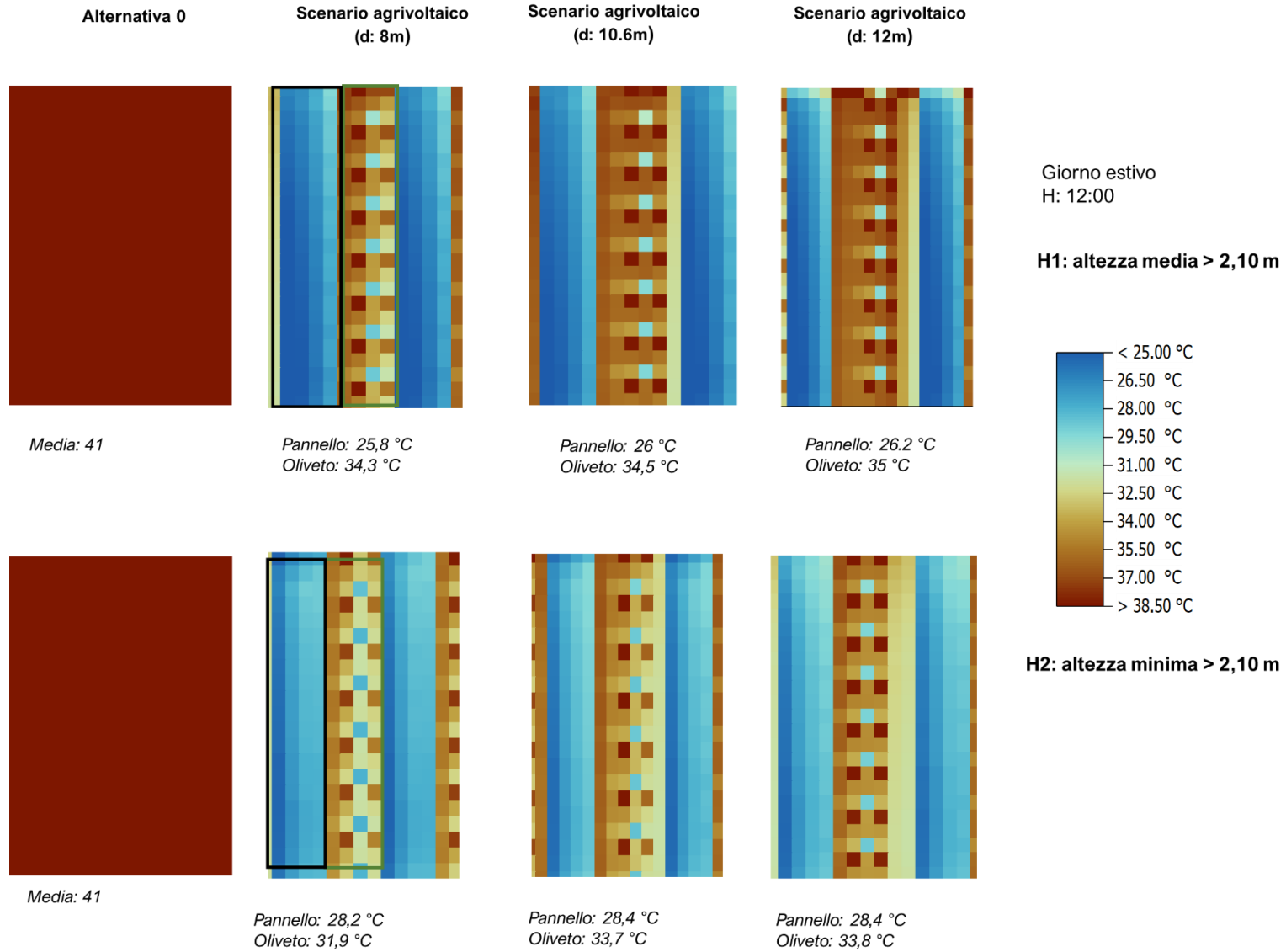


Figura 4: Mappe spaziali di Tsoil alle ore 12:00 per la configurazione a pannello doppio. Sono indicate le medie sotto il pannello e le medie nell'area interfilare (oliveto).

Dall'analisi delle differenze di temperatura tra gli scenari agrivoltaici e l'Alternativa 0, emergono risultati significativi che riflettono **l'effetto dell'ombreggiamento dei pannelli sulla temperatura del suolo nelle diverse zone dell'installazione:**

- SOTTO IL PANNELLO: le differenze di  $T_{soil}$  indicano una marcata **riduzione della temperatura sotto i pannelli rispetto all'Alternativa 0**, con un **decremento che varia da 14.8°C a 15.2°C**. Questo dimostra che l'ombreggiamento diretto dei pannelli solari produce un effetto di raffreddamento sostanziale in queste aree, rendendo le condizioni microclimatiche significativamente più fresche rispetto all'ambiente esterno non ombreggiato. Con un'altezza inferiore del pannello la temperatura del suolo è minore di circa 2.5 °C.
- AREA INTERFILARE: nelle aree interfilari, la riduzione della temperatura **varia da 6°C a 6.7°C rispetto all'Alternativa 0**. Queste differenze, sebbene meno pronunciate rispetto a quelle registrate direttamente sotto i pannelli, indicano comunque l'effetto dell'ombreggiamento indiretto e della riflessione della luce solare causata dalla presenza dei pannelli. L'aumento della distanza tra i pannelli da 8m a 12m porta a una leggera diminuzione dell'effetto di raffreddamento del suolo nelle aree interfilari, in linea con quanto osservato con l'analisi delle ore di sole e della temperatura dell'aria. Con l'aumento dell'altezza diminuisce la  $T_{soil}$  con una differenza massima di 1.2 °C nello scenario con interasse a 12m.

#### 5.4. Altre variabili microclimatiche

La Tabella 6 presenta in dettaglio i risultati relativi alle ulteriori variabili esaminate, offrendo un'analisi esaustiva e approfondita che contribuisce alla selezione della configurazione più efficace e ottimale.

Tabella 6: Valori delle variabili esaminate: RH (umidità relativa %), WS (velocità del vento m/s), RH soil (umidità relativa del suolo %), RD (radiazione diretta  $W/m^2$ ), CO2 (ppm).

		Alternativa 0	h media > 2.10 m			h min > 2.10 m		
			8m	10.6	12m	8m	10.6	12m
RH air		20.25	22.3	22.17	22.12	21.5	21.68	21.74
WS		2.3	1.33	1.34	1.34	1.36	1.36	1.37
RH soil	oliveto	25.3	28.72	27.54	27.23	28.42	28.23	28.23
	pannello		34.34	34.39	34.4	28.94	28.83	28.83
RD (12:00)		1518.26	956.17	958.32	959.14	940.26	942.57	954.63
RD (15:00)		1335.05	511.87	1288.02	1289.17	73.38	73.57	75.52
CO2		400	399.52	399.52	399.52	399.52	399.52	399.52

- **Umidità relativa dell'aria (RH air):**

L'umidità relativa dell'aria rimane pressoché invariata tra le diverse configurazioni agrivoltaiche che mostrano, rispetto all'Alternativa 0 **un trend in aumento** (circa il 2% in più). Confrontando gli scenari agrivoltaici, con l'aumento dell'altezza RH diminuisce di circa 0.40%.

- **Velocità del vento (WS):**

La velocità del vento non è influenzata in modo significativo dalle diverse configurazioni agrivoltaiche o dalle diverse distanze interasse. Le variazioni sono molto piccole e non indicano un impatto rilevante dei layout sull'andamento del vento. Rispetto all'Alternativa 0 vi è una **diminuzione della velocità del vento di 1 m/s circa**.

- **Umidità del suolo (RH soil)**

In linea con quanto osservato con il valore della temperatura del suolo, il **contenuto idrico del suolo (misurato in termini di umidità relativa del suolo) aumenta di quasi il 10% in tutti gli scenari con pannello doppio ad altezza minore** nella zona sotto il pannello e del 3% circa sulla fascia olivetata con una diminuzione che aumenta con la distanza interasse.

Con altezza superiore, invece, si ha un aumento del 3.5% circa sia sotto il pannello che sulla fascia olivetata.

- **Radiazione diretta (RD)**

Confrontando i diversi scenari agrivoltaici si osserva che **negli scenari con altezza inferiore la fascia interessata dall'oliveto a siepe riceve una maggiore quantità di radiazione diretta**; alle 15:00 del pomeriggio vi è una **differenza massima di 1214 W/m<sup>2</sup>** sia con interasse 10.60m che con interasse 12 m con pannello doppio. La diminuzione, seppur minore, è comunque evidente in tutti gli scenari con altezza maggiore.

- **CO2**

La qualità dell'aria migliora in tutti gli scenari agrivoltaici confrontandoli con l'Alternativa 0 di circa **0.50 ppm**, senza distinzione tra le diverse configurazioni.

## 6. Discussione

L'analisi dei dati raccolti nell'ambito degli scenari agrivoltaici ha messo in luce come **l'ombreggiamento prodotto dai pannelli solari influenzi significativamente le condizioni microclimatiche delle aree sotto i pannelli e interfilare**, con particolare riguardo alla temperatura dell'aria ( $T_{air}$ ), ore di sole (h), temperatura del suolo ( $T_{soil}$ ), umidità relativa dell'aria (RH air), velocità del vento (WS), umidità del suolo (RH soil), radiazione diretta (RD) e concentrazione di CO<sub>2</sub>.

Nello specifico, per la scelta della configurazione ottimale, si ritengono determinanti i seguenti fattori:

- **Ore di sole:** le ore di sole nell'area interfilare aumentano con l'aumento della distanza interasse, da 7.9 a 9.3 ore per i pannelli più bassi e da 7.5 a 8 ore per i pannelli più alti. **Con un'altezza maggiore dei pannelli**, come osservato anche con la temperatura dell'aria, le condizioni diventano più uniformi e **si ha circa 1.3 h in meno di sole con distanza interasse 12m**.
- **Temperatura del suolo:** la presenza dei pannelli solari riduce la temperatura del suolo fino a 15.2°C sotto i pannelli, dimostrando un'efficace mitigazione termica. Tale effetto è accentuato con **pannelli a minore altezza, dove si registra riduzione di 2.5°C** rispetto alla configurazione con pannelli più alti.
- **Umidità del suolo:** l'ombreggiamento indotto dai pannelli solari contribuisce ad un aumento dell'umidità del suolo, **con un incremento fino al 10% sotto i pannelli ad altezza inferiore e del 3.5% sotto i pannelli con altezza maggiore**.
- **Radiazione diretta:** la configurazione con pannelli a minore altezza e maggiore distanza interasse (12m) massimizza l'esposizione alla radiazione diretta nell'area olivetata, essenziale per la fotosintesi e, di conseguenza, per la produttività delle colture.

## 7. Conclusioni

Dalle evidenze scientifiche emerse, **l'area interfilare beneficia di maggiore radiazione diretta e ore di sole con pannelli ad altezza inferiore (2.60m e h media >2.10 m) e una distanza interasse di 12m.** Questa configurazione non solo promuove condizioni microclimatiche più marcate tra le diverse aree ma permette anche di mantenere un contenuto idrico ottimale, specialmente nelle condizioni di stress termico estivo simulato.

Considerando che, come dimostrato anche da Mouhib et al. (2023)<sup>13</sup> **la diminuzione della resa degli olivi è collegata all'aumento dell'ombreggiamento prodotto da configurazioni di pannelli più alti,** emerge che **la configurazione ottimale per massimizzare la produzione olivicola consiste nell'uso di pannelli a minore altezza (2.60m con h media >2.10m) e distanza interasse di 12m.**

Inoltre, l'adozione di pannelli a minore altezza non solo riduce l'intensità dell'ombreggiamento nella zona interfilare ma **favorisce la creazione di condizioni microclimatiche nettamente distinte tra le aree direttamente sotto i pannelli e quelle interfilare.**

Tale differenziazione microclimatica permette di sfruttare le variazioni di radiazione solare e umidità, ottimizzando le condizioni per la crescita e la produttività delle colture. Nelle aree interfilare, **una maggiore esposizione alla luce solare diretta,** garantita dalla configurazione con distanza interasse di 12m, **promuove una fotosintesi più efficace e un migliore sviluppo delle piante.** Contestualmente, l'ombreggiamento moderato nelle aree sotto i pannelli contribuisce a **mantenere il suolo più fresco e umido, riducendo lo stress idrico sulle piante e consentendo un uso più efficiente delle risorse idriche.**

Questa configurazione permette di bilanciare in modo ottimale le esigenze delle colture con quelle della produzione energetica, massimizzando l'efficienza dell'uso del suolo e promuovendo uno sviluppo sostenibile dell'agrivoltaico.

---

<sup>13</sup> Elmebdi Mouhib, E., Álvaro Fernández-Solas, A., Pedro J. Pérez-Higueras, P., Ana M. Fernández-Ocaña, A., Leonardo Micheli, L., Florencia Almonacid, F., Eduardo F. Fernández, E., 2023. Enhancing land use: Integrating bifacial PV and olive trees in agrivoltaic systems, *Applied Energy*, Volume 359, 2024, 122660, ISSN 0306-2619