



loc. Morge

**REALIZZAZIONE E GESTIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO
 DELLA POTENZA NOMINALE DI 53.69 MW CON RELATIVE
 OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE**

PROPONENTE	<p>soc. ARAN 1 srl via Fratelli Ruspoli 8 00198 Roma</p>	
PROGETTISTA	 - Salerno - Direttore Tecnico ing. Teodoro Bottiglieri	  Studio Tecnico geom. Benedetto Cuorpo

OGGETTO	PROGETTO DEFINITIVO		data	gennaio 2023
	STUDIO DEL MICROCLIMA DELLE AREE SOTTOSTANTI L'IMPIANTO		scala	
			formato	A4
	elaborato	C_6.1		

STUDIO DEL MICROCLIMA NELLE AREE SOTTOSTANTI L'IMPIANTO

Un impianto fotovoltaico di notevoli dimensioni, come quello in esame, può produrre un effetto "isola di calore" (PVHI) che può riscaldare le aree circostanti, influenzando potenzialmente l'habitat della fauna selvatica e la funzione dell'ecosistema E' necessario considerare che , nel caso specifico , trattasi di impianti ad inseguimento solare , pertanto l'azione basculante dei pannelli (E – W) non comporta una copertura stabile delle aree interessate che risulteranno , comunque, scoperte per parte della giornata.

In genere , come per l'effetto Urban Heat Island (UHI), le grandi centrali fotovoltaiche inducono un cambiamento del paesaggio che riduce l'albedo in modo che il paesaggio modificato sia più scuro e, quindi, meno riflettente. La riduzione dell'albedo terrestre, rispetto ai pannelli fotovoltaici , altera il bilancio energetico di assorbimento, immagazzinamento e rilascio di radiazioni ad onde corte e lunghe .

Tuttavia, diverse differenze tra UHI e potenziali effetti PVHI confondono un semplice confronto e producono ipotesi concorrenti sul fatto che installazioni fotovoltaiche su larga scala creino o meno un effetto isola di calore. Questi includono:

- gli impianti fotovoltaici ombreggiano una parte del terreno e quindi potrebbero ridurre l'assorbimento di calore nei terreni di superficie ,
- i pannelli fotovoltaici sono sottili e hanno una scarsa capacità di calore per unità di superficie, ma i moduli fotovoltaici emettono radiazione termica sia su che giù, e questo è particolarmente significativo durante il giorno in cui i moduli fotovoltaici sono spesso più caldi di 20 ° C rispetto alle temperature ambiente,
- parte della vegetazione viene solitamente rimossa dalle centrali fotovoltaiche, riducendo la quantità di raffreddamento dovuta alla traspirazione,
- i pannelli fotovoltaici riflettono e assorbono le radiazioni a onde lunghe che aumentano, e quindi possono impedire al suolo di raffreddarsi tanto quanto potrebbe sotto un cielo scuro di notte.

Tuttavia, vi è una notevole mancanza di dati sul fatto che l'effetto PVHI sia reale o semplicemente un problema associato alle percezioni del cambiamento ambientale.

Alcuni modelli hanno suggerito che i sistemi fotovoltaici possono effettivamente causare un effetto di raffreddamento sull'ambiente locale, a seconda dell'efficienza e del posizionamento dei pannelli, ma questi studi sono limitati nella loro applicabilità nella valutazione di impianti fotovoltaici su larga scala perché prendono in considerazione i cambiamenti dell'albedo e lo scambio di energia all'interno di un ambiente urbano (piuttosto che un ecosistema naturale) o in località europee che non sono rappresentative delle dinamiche energetiche dove gli impianti fotovoltaici in scala sono concentrati .

La maggior parte delle ricerche , quindi, si basano sulla teoria non testata e sulla modellistica numerica; pertanto, il potenziale per un effetto PHVI deve essere esaminato con dati empirici ottenuti attraverso termini sperimentali rigorosi.

Il significato di un effetto PVHI dipende dal bilancio energetico. L'energia solare in entrata viene tipicamente riflessa nell'atmosfera o assorbita, immagazzinata e successivamente irradiata sotto forma di calore latente o sensibile (Fig. 1) .

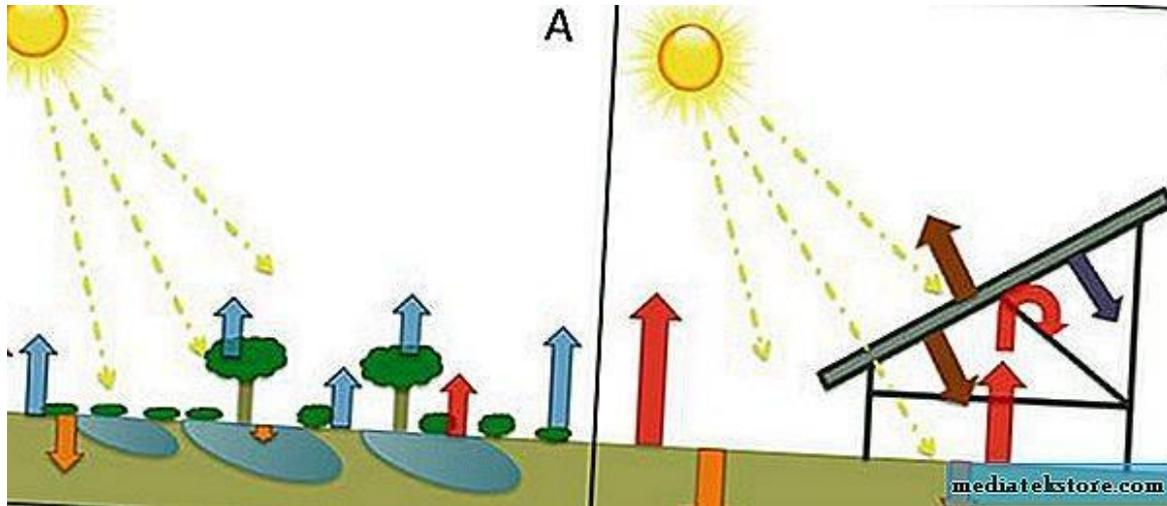


Fig. 1

All'interno degli ecosistemi naturali, la vegetazione riduce il guadagno di calore e lo stoccaggio nei suoli creando l'ombreggiatura superficiale, sebbene il grado di ombreggiatura vari tra i tipi di piante . L'energia assorbita dalla vegetazione e dai suoli superficiali può essere rilasciata come calore latente nel passaggio dall'acqua liquida al vapore acqueo nell'atmosfera attraverso l'evapotraspirazione - la perdita d'acqua combinata dai suoli (evaporazione) e vegetazione (traspirazione).

Questo scambio di energia latente che dissipa il calore si riduce drasticamente in un tipico impianto fotovoltaico (transizione da Fig. 1 da A a B), portando potenzialmente ad un maggiore assorbimento del calore da parte dei suoli negli impianti fotovoltaici.

Questo aumento dell'assorbimento, a sua volta, potrebbe aumentare le temperature del suolo e portare a un maggiore afflusso di calore sensibile dal suolo sotto forma di radiazione e convezione. Inoltre, le superfici dei pannelli fotovoltaici assorbono una maggiore insolazione solare a causa della riduzione dell'albedo .

I pannelli fotovoltaici irradiano la maggior parte di questa energia come calore sensibile a onde lunghe e convertiranno una quantità minore (~ 20%) di questa energia in elettricità utilizzabile.

I pannelli fotovoltaici consentono anche il passaggio di energia luminosa, che, ancora una volta, in terreni non drenati porterà ad un maggiore assorbimento del calore.

Questo maggiore assorbimento potrebbe comportare un maggiore afflusso di calore sensibile dal terreno che potrebbe essere intrappolato sotto i pannelli fotovoltaici.

STUDIO DEL MICROCLIMA NELLE AREE SOTTOSTANTI L'IMPIANTO

Un effetto PVHI sarebbe il risultato di un aumento rilevabile del flusso di calore sensibile (riscaldamento atmosferico) derivante da un'alterazione nel bilancio dei flussi di energia in entrata e in uscita dovuta alla trasformazione del paesaggio.

Lo sviluppo di un modello termico completo è impegnativo per cui ci sono grandi incertezze su termini multipli tra cui variazioni di albedo, copertura nuvolosa, stagionalità in previsione ed efficienza del pannello, che è esso stesso dinamico e influenzato dall'ambiente locale.

Queste incertezze sono aggravate dalla mancanza di dati empirici.

Supponendo tassi uguali di energia in entrata dal sole, una transizione da (**A**) un ecosistema vegetato a (**B**) l'installazione di una centrale fotovoltaica (PV) altererà in modo significativo la dinamica del flusso di energia dell'area.

All'interno degli ecosistemi naturali, la vegetazione riduce la cattura e lo stoccaggio del calore nei suoli (freccie arancioni) e l'acqua e la vegetazione infiltrate rilasciano flussi di energia latente che dissipano il calore nella transizione del vapore acqua-acqua nell'atmosfera attraverso l'evapotraspirazione (freccie blu).

Questi flussi di calore latenti sono drasticamente ridotti nelle tipiche installazioni fotovoltaiche, portando a flussi di calore più sensibili (freccie rosse). Sono anche mostrate le radiazioni di energia dai pannelli fotovoltaici (freccia marrone) e l'energia trasferita all'elettricità (freccia viola).

In uno studio pubblicato dal sito scientifico *Legatechnics.com* la scarsità di quantificazione diretta di un effetto PVHI è stata affrontata monitorando un sito di una centrale fotovoltaica.

Si definisce l'effetto PVHI come la differenza di temperatura dell'aria ambiente tra la centrale fotovoltaica e il paesaggio ; allo stesso modo, UHI è definita come la differenza di temperatura tra l'ambiente urbano e il paesaggio.

Sono stati ridotti gli effetti confondenti della variabilità nell'energia, temperatura e precipitazioni locali in entrata utilizzando siti contenuti entro 1 km.

In ogni sito, è stata monitorata continuamente la temperatura dell'aria per oltre un anno utilizzando sonde di temperatura aspirate a 2, 5 m sopra la superficie del suolo.

La temperatura media annuale era di $22,7 \pm 0,5$ ° C nell'impianto fotovoltaico, mentre il vicino ecosistema era di soli $20,3 \pm 0,5$ ° C, indicando un effetto PVHI.

Le differenze di temperatura tra le aree variavano significativamente a seconda dell'ora del giorno e del mese dell'anno (Fig. 2), ma l'impianto fotovoltaico era sempre maggiore o uguale della temperatura rispetto ai siti circostanti.

Come nel caso dell'effetto UHI , l'effetto PVHI ha ritardato il raffreddamento delle temperature ambiente la sera, producendo la differenza più significativa nelle temperature durante la notte in tutte le stagioni.

Le temperature medie annuali di mezzanotte erano $19,3 \pm 0,6$ ° C nell'installazione fotovoltaica, mentre il vicino ecosistema era solo $15,8 \pm 0,6$ ° C.

STUDIO DEL MICROCLIMA NELLE AREE SOTTOSTANTI L'IMPIANTO

Questo effetto PVHI è stato più significativo in termini di gradi effettivi di riscaldamento (+3, 5 ° C)
nei mesi caldi (primavera ed estate; Fig. 3, a destra).

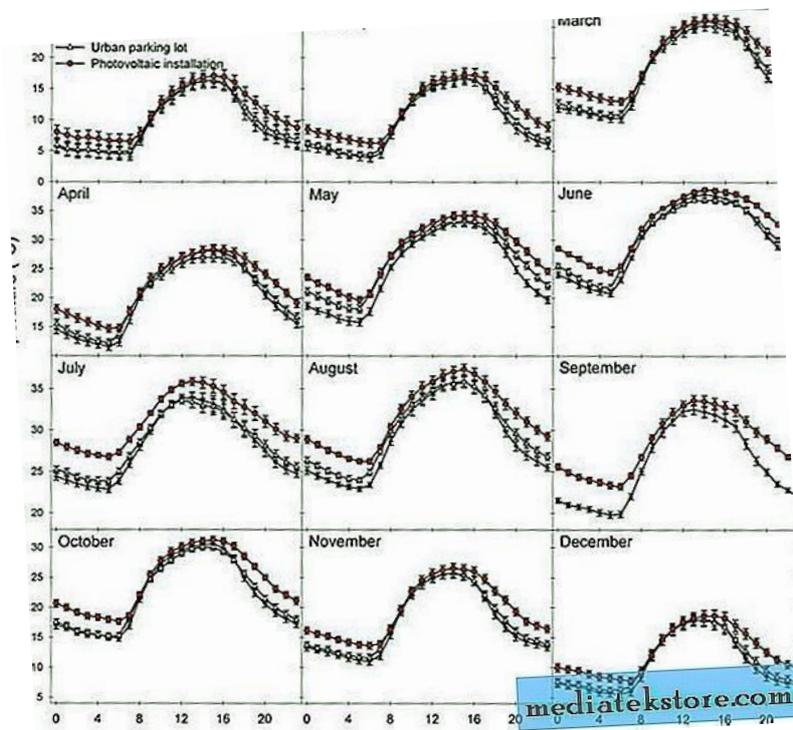


Fig. 2

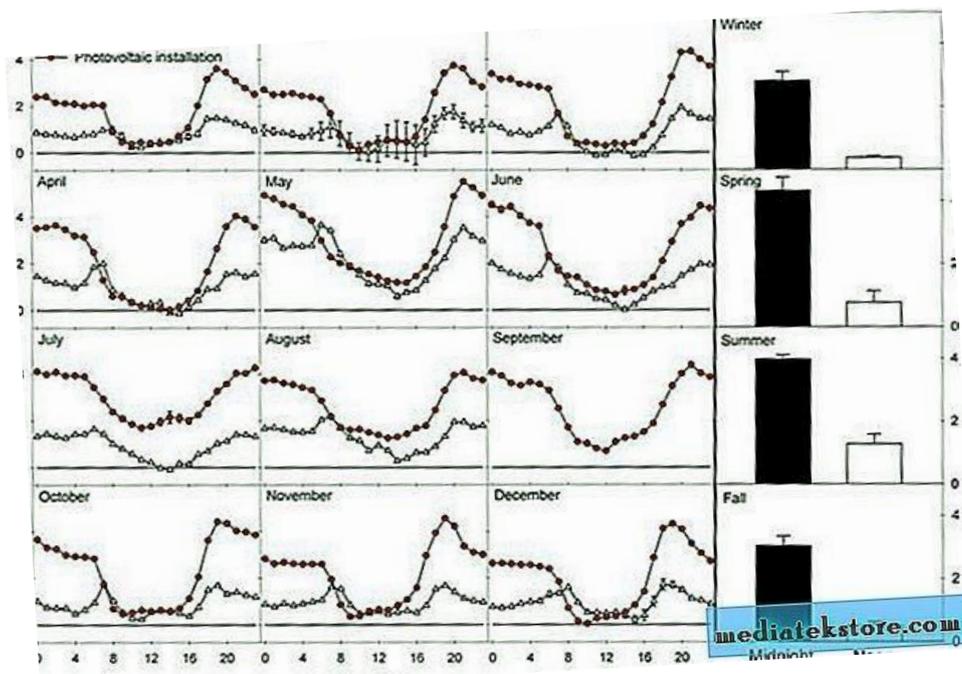


Fig. 3

STUDIO DEL MICROCLIMA NELLE AREE SOTTOSTANTI L'IMPIANTO

(Sinistra) Livelli medi mensili di isolamento termico fotovoltaico (differenza di temperatura ambiente tra impianto fotovoltaico e altri siti) (A destra) Temperature medie diurne e notturne per quattro periodi stagionali, che illustrano un significativo effetto PVHI in tutte le stagioni, con la maggiore influenza sulle temperature ambiente di notte.

Quindi la maggiore quantità di superfici del terreno esposte rispetto ai sistemi naturali assorbe una percentuale maggiore di radiazione solare ad onde corte ad alta energia durante il giorno.

In combinazione con velocità minime di traspirazione che dissipa il calore dalla vegetazione, una quantità proporzionalmente più elevata di energia immagazzinata viene ritardata come radiazione a onde lunghe durante la notte sotto forma di calore sensibile (Fig. 1) .

Poiché le installazioni fotovoltaiche introducono l'ombreggiatura con un materiale che, di per sé, non dovrebbe immagazzinare molta radiazione in entrata, si potrebbe ipotizzare che l'effetto di un effetto PVHI sarebbe anche inferiore a quello di un UHI.

Qui, si è scoperto che la differenza nella temperatura dell'aria ambiente serale era costantemente maggiore tra l'impianto fotovoltaico , un sito UHI posto a confronto e l'ambiente (Fig. 3).

L'effetto PVHI ha portato la temperatura ambiente ad avvicinarsi regolarmente o essere più calda di 4 ° C rispetto al deserto naturale la sera, raddoppiando sostanzialmente l'aumento di temperatura dovuto all'UHI misurato.

Questo riscaldamento più significativo sotto il PVHI rispetto all'UHI può essere dovuto all'intrappolamento di calore del flusso di calore sensibile re-irradiato sotto gli array fotovoltaici durante la notte.

Le differenze diurne rispetto all'ecosistema naturale erano simili tra l'installazione fotovoltaica e ledi UHI , ad eccezione dei mesi primaverili ed estivi, quando l'effetto PVHI era significativamente maggiore di UHI durante il giorno.

Durante queste stagioni calde, le temperature medie di mezzanotte erano 25, 5 + 0, 5 ° C nell'impianto fotovoltaico e 23, 2 + 0, 5 ° C nel parcheggio, mentre l'ecosistema desertico vicino era solo 21, 4 + 0, 5 ° C.

I risultati dimostrano che l'effetto PVHI è reale e può aumentare significativamente le temperature rispetto alle installazioni di centrali fotovoltaiche rispetto alle terre vicine.

Sono necessarie misurazioni più dettagliate delle cause sottostanti dell'effetto PVHI, delle potenziali strategie di mitigazione e della relativa influenza del PVHI nel contesto delle compensazioni intrinseche del carbonio dall'uso di questa energia rinnovabile.

Base fisica della trasformazione del terreno

Ipotizziamo che l'effetto PVHI derivi dall'effettiva transizione nel modo in cui l'energia si muove dentro e fuori da un impianto fotovoltaico rispetto a un ecosistema naturale.

Tuttavia, misurare i singoli componenti di un modello di flusso di energia rimane un compito necessario. Queste misurazioni sono difficili e costose ma, tuttavia, sono indispensabili per identificare l'influenza relativa di molteplici potenziali driver dell'effetto PVHI .

Le condizioni ambientali che determinano i modelli di carbonio, energia e dinamica dell'acqua dell'ecosistema sono guidate dai mezzi attraverso i quali l'energia in entrata viene riflessa o assorbita.

Poiché non disponiamo di una conoscenza fondamentale dei cambiamenti nei flussi di energia superficiale e nei microclimi degli ecosistemi che subiscono questo cambiamento nell'uso del suolo, abbiamo poca capacità di prevedere le implicazioni in termini di ciclo dell'acqua o del carbonio

La dimensione di un UHI è determinata dalle proprietà della città, inclusa la popolazione totale , l'estensione spaziale e la posizione geografica di quella città .

Allo stesso modo, dovremmo considerare la scala spaziale e la posizione geografica di un impianto fotovoltaico quando si considera la presenza e l'importanza dell'effetto PVHI.

Il telerilevamento potrebbe essere associato a misurazioni basate sul terreno per determinare l'estensione laterale e verticale dell'effetto PVHI.

Potremmo quindi determinare se la dimensione dell'effetto PVHI si ridimensiona con una certa misura della centrale elettrica (ad esempio, densità del pannello o impronta spaziale) e se un effetto PVHI raggiunge o meno aree circostanti .

Dato che regioni diverse in tutto il mondo hanno livelli di fondo distinti di copertura vegetativa del suolo e modelli termodinamici di scambio di calore latente e sensibile, è possibile che una transizione da una altra zona naturale a una tipica centrale fotovoltaica avrà esiti diversi rispetto a quelli dimostrati qui.

Mitigazione degli effetti

La mitigazione di un effetto PVHI attraverso la rinnovazione mirata potrebbe avere effetti sinergici nel facilitare il degrado dell'ecosistema associato allo sviluppo di un sito fotovoltaico su scala di utilità e nell'aumento dei servizi collettivi di ecosistema associati a un'area .

Per contestualizzare completamente questi risultati in termini di riscaldamento globale, è necessario considerare il significato relativo della riduzione (media globale) dell'albedo dovuta alle centrali fotovoltaiche e al loro riscaldamento associato dal PVHI rispetto alle riduzioni delle emissioni di anidride carbonica associate alle centrali fotovoltaiche .

Risulta essenziale il costante monitoraggio del PVHI dell'impianto per l'intero anno , per rilevare le variazioni stagionali dovute all'angolo del sole e agli estremi associati ai periodi caldi e freddi.

La temperatura dell'aria ambiente (° C) sarà misurata con una sonda di temperatura aspirata ombreggiata 2, 5 m sopra la superficie del suolo .

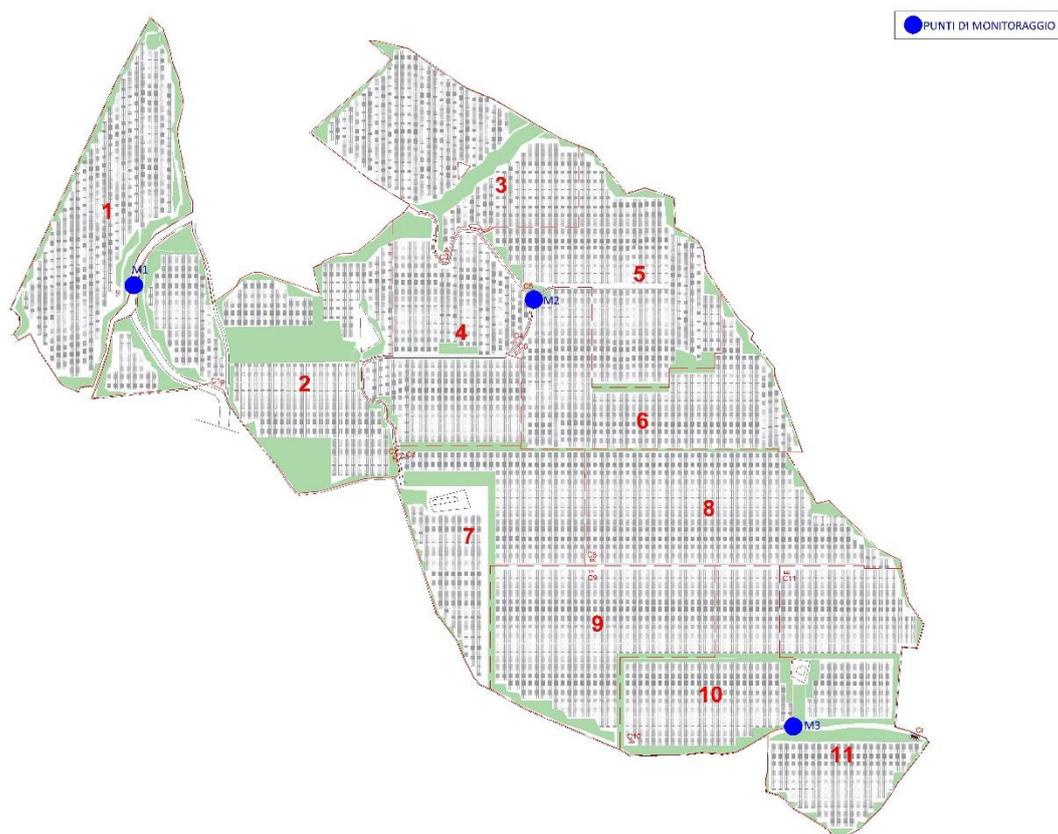
STUDIO DEL MICROCLIMA NELLE AREE SOTTOSTANTI L'IMPIANTO

Le sonde di temperatura saranno validate in modo incrociato per la precisione (vicinanza delle letture della temperatura in tutte le sonde). Le misurazioni della temperatura saranno registrate a intervalli di 30 minuti durante una giornata di 24 ore ed i relativi dati saranno registrati su uno specifico registratore di dati .

Per la procedura si utilizzeranno medie mensili di dati orari (ogni ora) per confrontare il sito fotovoltaico ed i siti esterni , urbani e fotovoltaici; si useranno i valori di mezzanotte e di mezzogiorno per esaminare le differenze di temperatura massima e minima per testare la rilevanza dell'isola di calore in questi momenti.

Le analisi stagionali permetteranno di identificare le variazioni durante un periodo di un anno e mettere in relazione i modelli di effetti PVHI con stagioni di temperatura media alta o bassa per esaminare le correlazioni tra i parametri ambientali di fondo e l'isolamento termico localizzato

Nella successiva figura sono indicati i siti dove sarà eseguito il monitoraggio termico.



Tali interventi sono previsti durante la fase operativa dell'impianto mentre in fase preventiva si adotteranno le seguenti misure, peraltro in buona parte già previste dal progetto:

- Implementazione della vegetazione nelle aree scoperte e favorire la crescita di erba sotto i pannelli in quanto si determina un abbassamento della temperatura al suolo tramite l'evaporazione

*Realizzazione e gestione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di 53.69 MW con relative
opera di connessione alla rete elettrica nazionale loc. Morge del Comune di Furci (Ch)- Prop.Aran 1*

STUDIO DEL MICROCLIMA NELLE AREE SOTTOSTANTI L'IMPIANTO

e la traspirazione, riducendo la concentrazione di CO₂ , oltre ad essere un ottimo filtro per le sostanze gassose e pulviscolari.

- Utilizzare materiali tali da non ridurre in modo notevole l'albedo naturale
- Lasciare ampi spazi dell'impianto a cielo libero (nel caso in esame i pannelli ricoprono solo il 40% del lotto)
- Permettere una costante ventilazione naturale delle aree pannellate.

Bibliografia

Barron-Gafford, GA et al . L'effetto isola di calore fotovoltaica delle più grandi centrali solari. Sci. Rep . **6**, 35070; doi: 10.1038 / srep35070 (2016).