

Report sulle prove eseguite sui pannelli solari proposti per alimentare le antenne a bassa frequenza per SKA

G. Bianchi, F. Perini, J. Monari, M. Schiaffino.

IRA 460/12

Introduzione.

Le antenne Vivaldi sono uno dei prototipi candidati a diventare le antenne di SKA a bassa frequenza (banda: 70-450 MHz). Un punto cruciale per gli LNA e i Laser posti all'interno delle antenne Vivaldi è la loro alimentazione. Le antenne, infatti, saranno collocate nel deserto Australiano e quindi in zone remote e difficilmente collegabili alle reti locali di distribuzione dell'energia elettrica. Da qui la necessità di studiare un sistema per alimentare l'elettronica e in particolare un sistema a green energy. La soluzione che si è pensato di adottare è stata quella di posizionare dei pannelli solari direttamente sulle ali delle antenne Vivaldi. Questa soluzione ha un duplice vantaggio: la facilità dell'installazione e, soprattutto, la possibilità di avere un sistema completamente integrato ed autonomo (self-powered solution). L'antenna diverrebbe un unico blocco al quale andrebbe solamente collegata la fibra ottica per la trasmissione dei dati verso il centro di calcolo dell'intero sistema.

Per verificare la validità di tale idea, si sono compiuti dei test, andando a misurare la radiazione solare e la resa energetica dei pannelli.

Premessa.

Le misure sono state eseguite presso il radiotelescopio di Medicina (lat. 44.52, long. 11.64) nel mese di agosto. Questa premessa è importante per capire l'altezza del sole e la durata del giorno, per poi confrontarle con quelle del luogo nel quale i pannelli dovrebbero essere collocati.

Banco di misure.

Per la misura della radiazione solare è stato utilizzato un piranometro, in particolare il modello *LP PYRA 03 AC* della *Delta Ohm*. La scelta dei pannelli solari è ricaduta sulla tecnologia a silicio amorfo. Questo perché, a differenza di quelli a silicio mono e poli-cristallino, hanno la caratteristica di ricevere la luce in maniera diffusa, cioè non solamente dalla direzione ortogonale a quella del sole. Ovviamente tale tipo di pannello ha un rendimento più basso rispetto agli altri, ma siccome il consumo di potenza dell'elettronica installata sull'antenna è dell'ordine di qualche watt, avendo a disposizione superfici abbastanza ampie dovremmo comunque essere in grado di generare la potenza necessaria. In particolare, la dimensione del pannello è di 30 cm x 30 cm, in grado di fornire 5W di potenza di picco. Il modello scelto è stato il *SOL6N* della ditta *Velleman*. Le altre caratteristiche del pannello sono: tensione di uscita massima 13.5V e corrente d'uscita massima 350 mA. Per misurare i parametri di tensione e corrente dei vari dispositivi, si è fatto uso di un datalogger, nella fattispecie il modello *HP 34970A* del *Hewlett Packard*.

Oltre ai parametri elettrici, si è misurata anche la temperatura, che è un fattore importante per i pannelli solari, in quanto il rendimento degli stessi è inversamente proporzionato alla temperatura a cui lavorano. In particolare, si è misurata, tramite termocoppie, la temperatura sui pannelli, quella esterna e la temperatura del luogo (interno) dove era posizionato il datalogger.

I pannelli solari sono stati caricati con resistenze da 33Ω per farli lavorare il più possibile attorno al loro punto di potenza di picco. Gli stessi sono stati montati direttamente sulle ali delle antenne Vivaldi (figura 1) e quindi in posizione verticale.



Figura 1. Pannelli solari.

Dalla figura si nota che le antenne utilizzate sono state realizzate in legno. Al fine di capire la resa dei pannelli solari non importava, infatti, utilizzare le “vere” antenne in metallo. Anche quelle di legno, sagomate e tagliate come quelle di alluminio, assicurano lo stesso ombreggiamento dei pannelli durante lo spostamento del sole.

In figura 2 è visibile il datalogger, l'alimentatore del piranometro e i carichi a 33Ω .



Figura 2. Banco di misura.

In figura 3 è mostrato il piranometro.

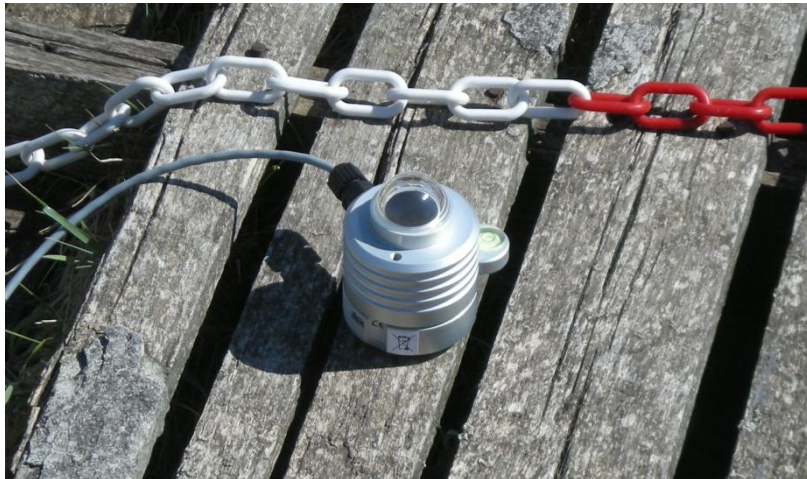


Figura 3. Piranometro.

Misure.

Le misure sono state eseguite durante il mese di agosto 2012, variando la posizione dei pannelli per capire quale fosse quella ideale (almeno alle latitudini della prova in oggetto). Fortunatamente ci sono state giornate molto soleggiate che ci hanno permesso di capire quale fosse la massima resa dei pannelli e giornate con nubi e foschia ideali per capire se la tecnologia a silicio amorfo era ugualmente in grado di generare energia nonostante un soleggiamento parziale o assente. Le condizioni meteo durante le prove sono riassunte nell'appendice A.

Sono state effettuate 3 prove posizionando l'antenna in tre differenti modi:

1. Un pannello diretto verso EST e uno verso SUD.
2. Un pannello diretto verso EST e uno verso OVEST.
3. Un pannello posizionato nella direzione SUD-EST e uno nella direzione SUD-OVEST.

Prova 1

In tale prova, un pannello è stato diretto verso Sud e l'altro verso Est dal 7 al 9 di agosto. I risultati sono visibili nei grafici di figura 4, 5, 6 e 7 e nella tabella 1.

Guardando la figura 4, dove è rappresentata la radiazione solare e le potenze generate dai due pannelli, si nota che la radiazione solare misurata è conforme con quella dei data base della zona. Inoltre si nota che la potenza maggiore viene generata dal pannello rivolto verso est e questo si spiega dal fatto che si viene a trovare in posizione ortogonale alla direzione dei raggi solari quando il sole sorge. Al contrario, il pannello che è rivolto a sud, nel momento in cui il sole transita sul meridiano locale, si trova ad avere i raggi solari inclinati di circa 30° rispetto al suo piano e quindi la potenza che genera è molto bassa. La soluzione con il pannello rivolto verso sud è quindi da considerare poco efficiente se il sole è molto alto, come per esempio durante i mesi estivi; è da verificare nei mesi invernali.

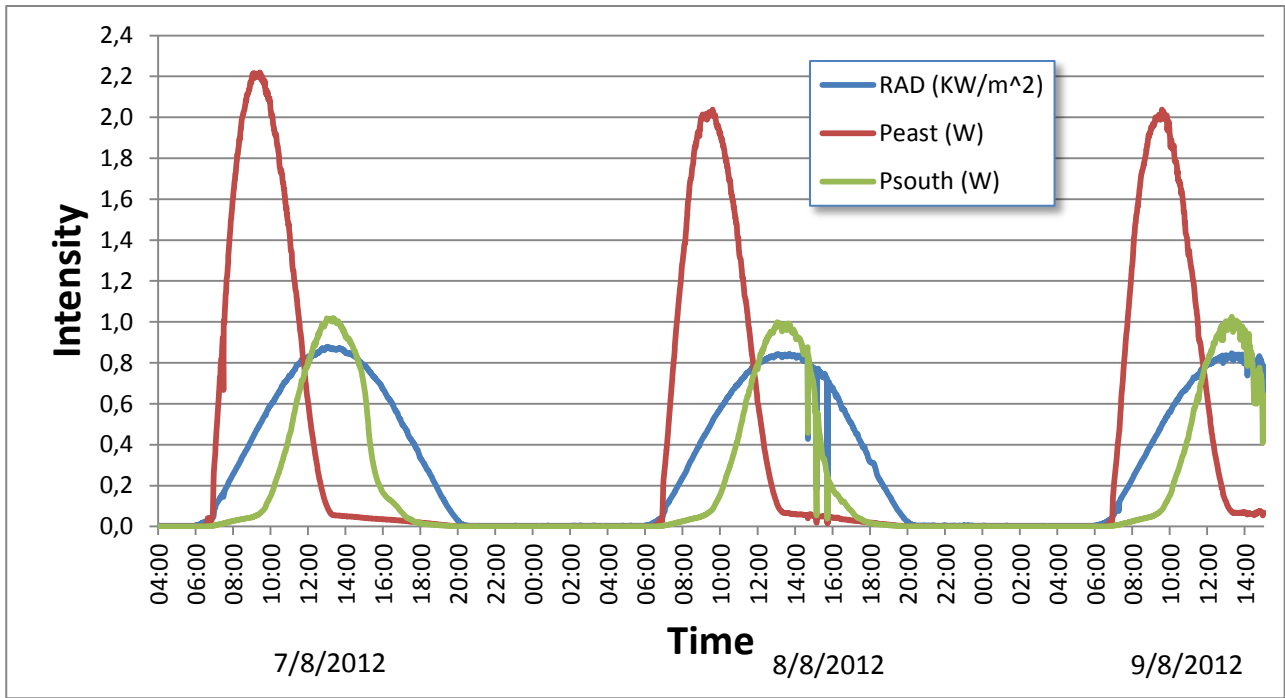


Figura 4. Radiazione solare e potenza generata dai pannelli.

RAD = radiazione solare;

Peast = potenza generata dal pannello rivolto verso Est;

Psouth = potenza generata dal pannello rivolto verso Sud.

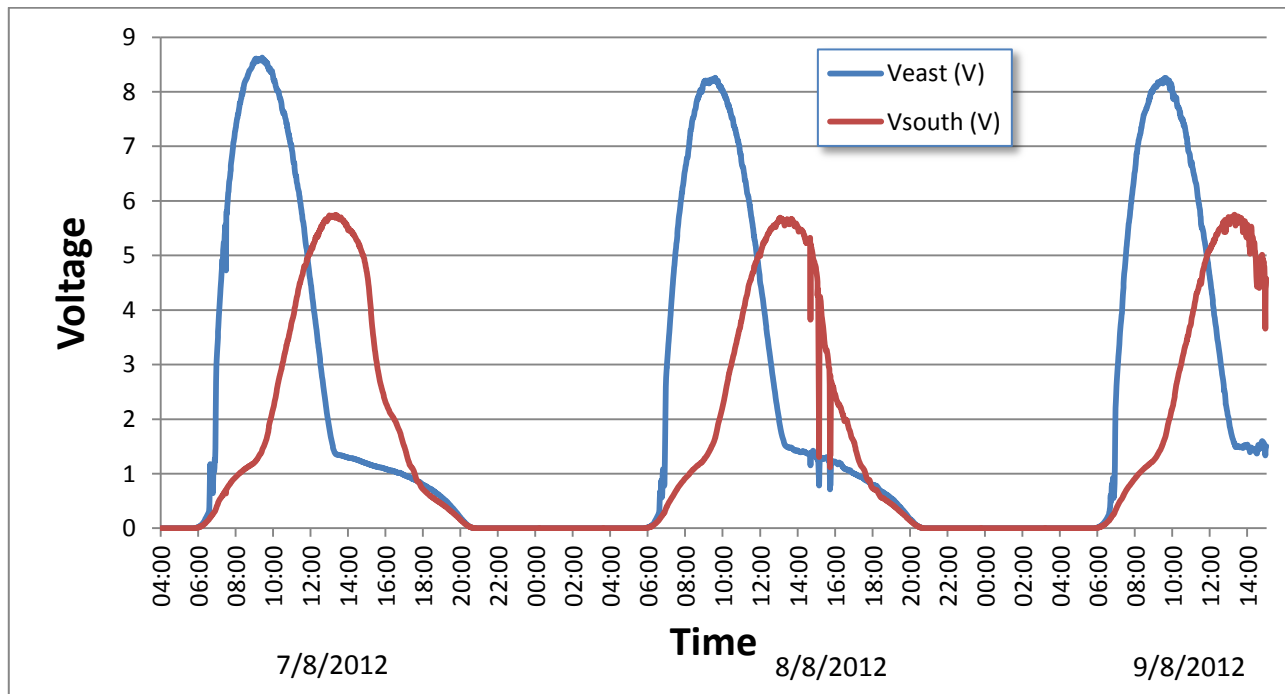


Figura 5. Tensione generata dai pannelli solari.

Veast = tensione generata dal pannello rivolto a Est;

Vsouth = tensione generata dal pannello rivolto verso Sud.

Per quanto riguarda i valori di tensione (figura 5), mettendoci nel caso migliore (pannello rivolto ad est), questa supera i 5V solamente per 4 ore e 30 minuti circa. Considerando di dover caricare una batteria da 5V, questo tempo potrebbe essere non troppo lungo per la ricarica completa; anche questo dato è da tenere in considerazione.

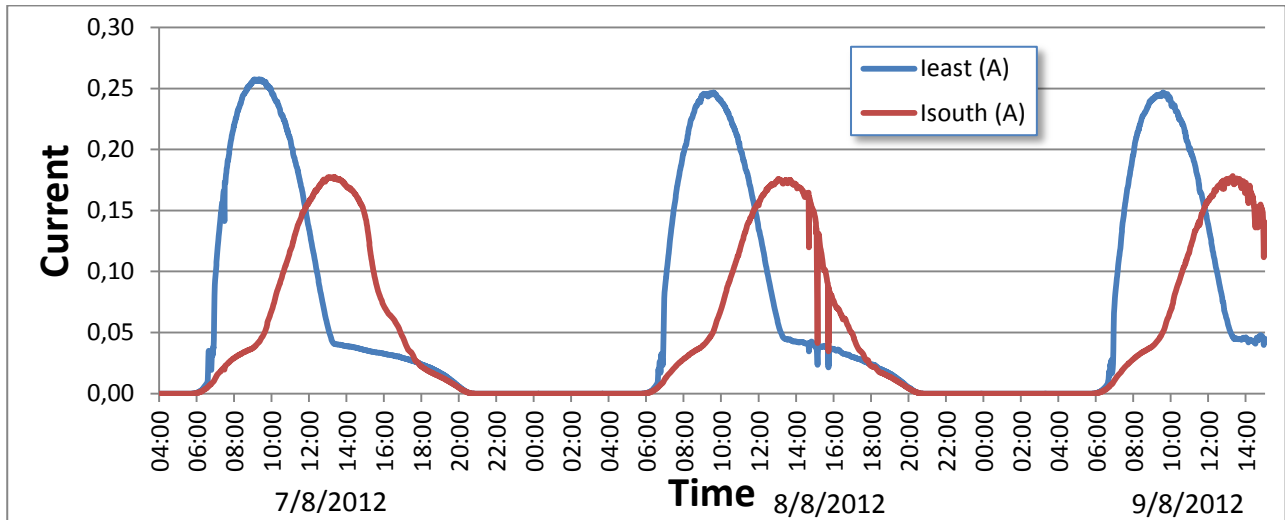


Figura 6. Corrente generata dai pannelli solari.

least = corrente generata dal pannello rivolto a Est;
Isouth = corrente generata dal pannello rivolto verso Sud.

In figura 6 è mostrato il grafico delle correnti generate dai pannelli. Anche queste seguono gli andamenti già commentati. I dati sono da valutare considerando i valori di correnti necessari per alimentare l'elettronica contenuta nelle antenne Vivaldi.

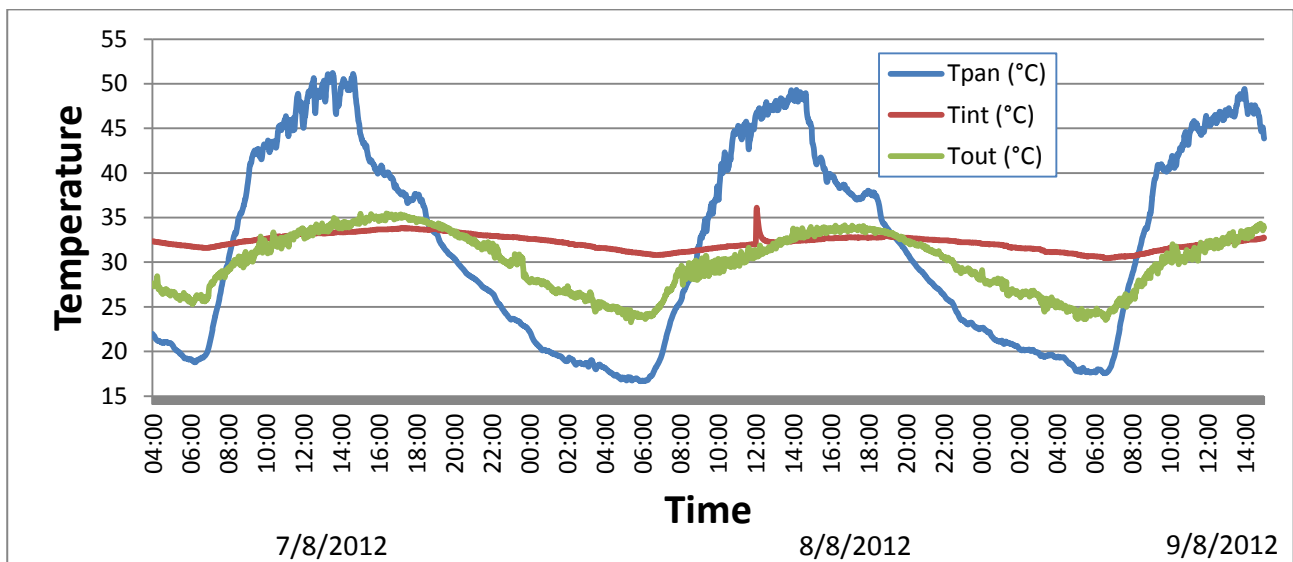


Figura 7. Temperature.

Tpan = temperatura del pannello solare;
Tint = temperatura interna (dove si trova il banco di misura);
Tout = temperatura esterna.

In figura 7 è riportato il grafico delle temperature. Si può notare che la temperatura massima sulla superficie del pannello è di 50°C a fronte di una temperatura esterna di 35°C.

Nella tabella 1 sono riportati i valori medi giornalieri di radiazione solare e le potenze ed energie prodotte dai pannelli solari. Le medie del periodo del mese di agosto sono abbastanza prossime ai valori di radiazione misurate dal piranometro, quindi il sistema funziona correttamente.

7 AGOSTO			8 AGOSTO		
RAD sol_med (W/m ²)	P est_med (W)	P sud_med (W)	RAD sol_med (W/m ²)	P est_med (W)	P sud_med (W)
299,523	0,352	0,180	288,135	0,323	0,180
E sol (KWh/m ² day)	E est (Wh/day)	E sud (Wh/day)	E sol (KWh/m ² day)	E est (Wh/day)	E sud (Wh/day)
7,189	8,446	4,320	6,915	7,759	4,312

Tabella 1. Risultati delle misure.

RAD sol_med = radiazione solare media giornaliera;

P est_med = potenza media giornaliera prodotta dal pannello solare rivolto ad Est;

P sud_med = potenza media giornaliera prodotta dal pannello solare rivolto a Sud;

E sol = energia solare giornaliera;

E est = energia giornaliera prodotta dal pannello solare rivolto ad Est;

E sud = energia giornaliera prodotta dal pannello solare rivolto a Sud;

Come già evidenziato dai grafici sopra, anche i dati della tabella 1 indicano che l'energia prodotta dal pannello rivolto ad Est è maggiore (il doppio) di quella prodotta dal pannello rivolto verso Sud. Per tali motivi, si è pensato di provare una soluzione in cui un pannello sia diretto verso Est e l'altro verso Ovest (prova 2).

Prova 2

In tale prova, un pannello è stato diretto verso Est e l'altro verso Ovest dal 10 al 13 di agosto. Anche in questo caso, i risultati sono visibili nei grafici di figura 8, 9, 10 e 11 e nella tabella 2.

Guardando la figura 8, si nota che i valori di potenza generata dai due pannelli in questo caso sono circa uguali e speculari rispetto al transito del Sole sul meridiano. La potenza complessiva generata dai due pannelli è maggiore rispetto alla soluzione della *prova 1*.

Tale tipo di soluzione è da considerarsi più efficiente della precedente, ma ha lo svantaggio che non vi è produzione di energia elettrica proprio nella parte centrale della giornata, dove si ha la maggiore radiazione solare. Si potrebbe perciò pensare di mettere comunque un terzo pannello e direzionarlo verso Sud; questo avrebbe anche un altro vantaggio, cioè riuscire a "catturare" la radiazione solare nei mesi invernali, quando il Sole è più basso all'orizzonte. Quest'ultima considerazione è comunque da verificare.

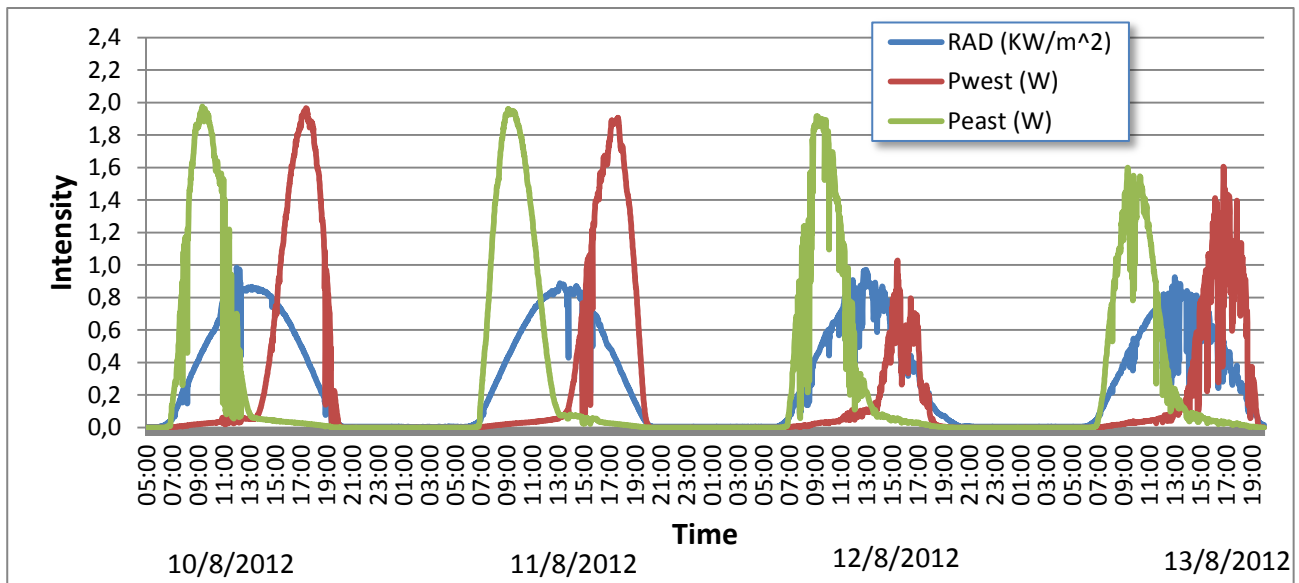


Figura 8. Radiazione solare e potenza generata dai pannelli.

RAD = radiazione solare;

Peast = potenza generata dal pannello rivolto verso Est;

Pwest = potenza generata dal pannello rivolto verso Ovest.

Un'altra considerazione che si ha guardando i grafici di figura 4 e 8, è che il pannello amorfo è molto più direttivo di quanto si pensava, cioè se lo si orienta in direzione non perfettamente ortogonale a quella dei raggi del sole, l'efficienza cala molto. Non è stato fatto un confronto con un pannello, per esempio, policristallino, che a questo punto occorrerebbe fare. Inoltre, il pannello amorfo ha una bassa resa anche in caso di cielo nuvoloso, come per esempio è capitato nelle giornate del 12 e 13 agosto. Anche in questo caso, si pensava che la produzione di energia fosse maggiore di quella misurata.

Per quanto riguarda la tensione (figura 9), il valore massimo raggiunto è 8V. Valgono le stesse considerazioni viste per la *prova 1*. In entrambi i casi, se si utilizzano due pannelli, vengono superati i 5V per oltre 8 ore al giorno. Questo tempo potrebbe garantire la ricarica completa di una eventuale batteria da 5V.

In figura 10 e 11 sono riportati i grafici dell'andamento delle correnti e delle temperature; valgono le stesse considerazioni già espresse per la *prova 1*.

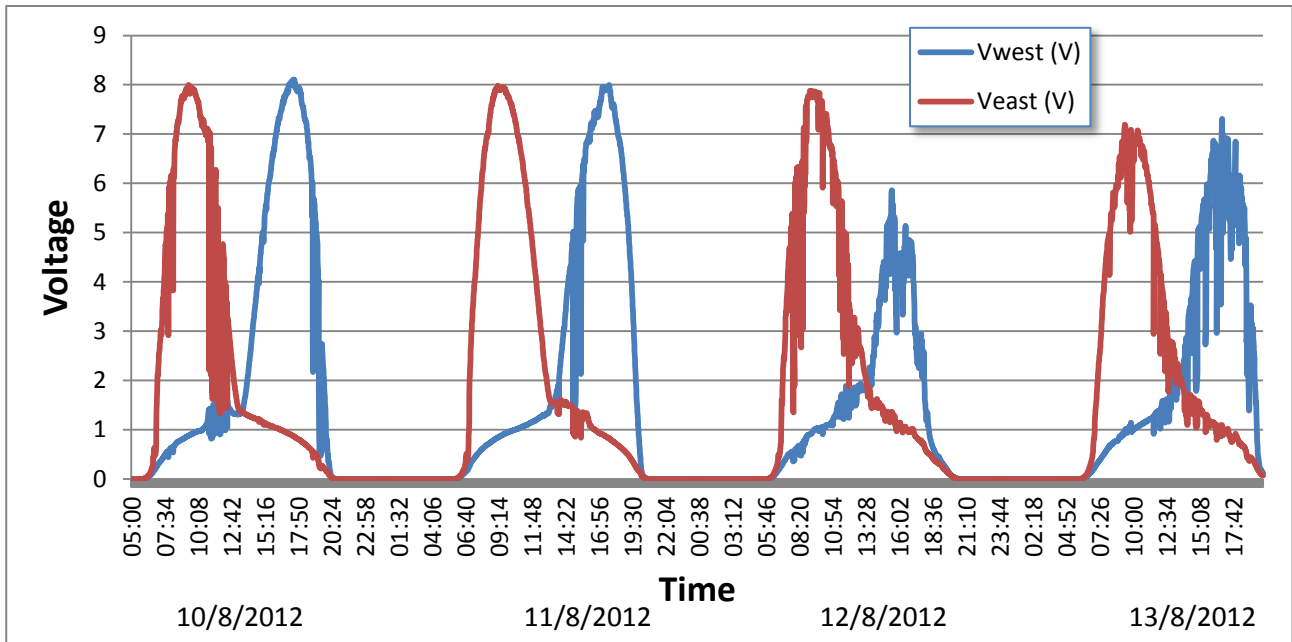


Figura 9. Tensione generata dai pannelli solari.

Veast = tensione generata dal pannello rivolto a Est;
 Vwest = tensione generata dal pannello rivolto verso Ovest.

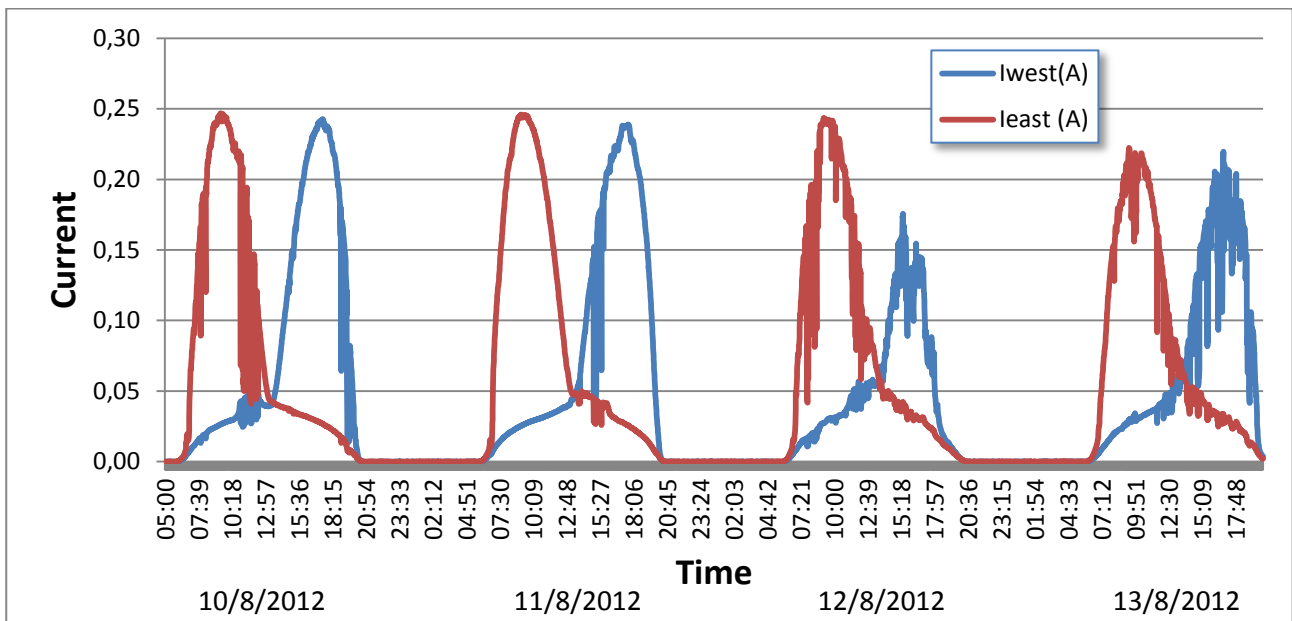


Figura 10. Corrente generata dai pannelli solari.

least = corrente generata dal pannello rivolto a Est;
 lwest = corrente generata dal pannello rivolto verso Ovest.

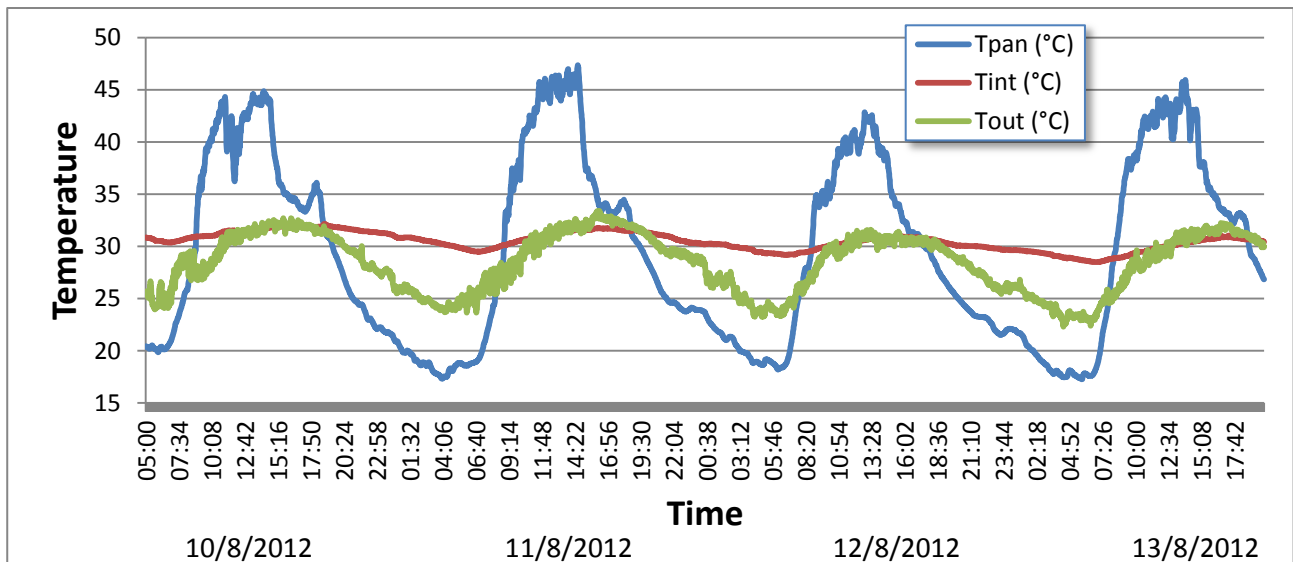


Figura 11. Temperature.

Tpan = temperatura del pannello solare;
 Tint = temperatura interna (dove si trova il banco di misura);
 Tout = temperatura esterna.

Nella tabella 2 sono riportati i valori medi giornalieri di radiazione solare e le potenze ed energie prodotte dai pannelli solari.

10 AGOSTO			11 AGOSTO		
RAD sol_med (W/m ²)	P ovest_med (W)	P est_med (W)	RAD sol_med (W/m ²)	P ovest_med (W)	P est_med (W)
285,839	0,302	0,281	287,246	0,283	0,304
E sol (KWh/m ² day)	E ovest (Wh/day)	E est (Wh/day)	E sol (KWh/m ² day)	E ovest (Wh/day)	E est (Wh/day)
6,603	6,969	6,483	6,894	6,798	7,302

12 AGOSTO			13 AGOSTO		
RAD sol_med (W/m ²)	P ovest_med (W)	P est_med (W)	RAD sol_med (W/m ²)	P ovest_med (W)	P est_med (W)
250,223	0,095	0,260	255,961	0,185	0,230
E sol (KWh/m ² day)	E ovest (Wh/day)	E est (Wh/day)	E sol (KWh/m ² day)	E ovest (Wh/day)	E est (Wh/day)
6,005	2,280	6,233	6,143	4,451	5,515

Tabella 2. Risultati delle misure.

RAD sol_med = radiazione solare media giornaliera;
 P ovest_med = potenza media giornaliera prodotta dal pannello solare rivolto a Ovest;
 P est_med = potenza media giornaliera prodotta dal pannello solare rivolto ad Est;

E sol = energia solare giornaliera;

E ovest = energia giornaliera prodotta dal pannello solare rivolto a Ovest;

E est = energia giornaliera prodotta dal pannello solare rivolto ad Est;

Come già evidenziato dai grafici sopra, anche i dati della tabella 2 indicano che l'energia prodotta dai due pannelli è simile (speculare) nei primi due giorni (10 e 11 agosto). Nei due giorni successivi le condizioni meteo sono cambiate e hanno influenzato la misura e per tale motivo non è possibile confrontare la produzione energetica dei due pannelli.

La *prova 2* ha evidenziato che la resa energetica dei pannelli posizionati verso Est ed Ovest è stata maggiore di quella della *prova 1*, dove uno dei due pannelli era stato posto verso Sud.

Prova 3

Nella *prova 3* si è ruotata l'antenna di 45°, così d'avere un pannello diretto verso Sud-Est e l'altro verso Sud-Ovest. Ci siamo cioè messi nella condizione intermedia alle due esaminate precedentemente. Le misure sono state eseguite dal 15 al 23 agosto. I risultati sono visibili nei grafici di figura 12, 13, 14 e 15 e nelle tabella 3.

Guardando la figura 12, si nota che i valori di potenza generata dai due pannelli sono circa uguali e speculari rispetto al transito del Sole sul meridiano. In realtà, si nota una produzione di potenza leggermente inferiore nel pannello rivolto a sud-ovest. Inizialmente si è pensato ad un non perfetto allineamento dell'antenna ai quattro punti cardinali e quindi si è provveduto a rivedere la posizione dell'antenna, che poi si è dimostrato corretto. In definitiva, il pannello orientato a sud-ovest produce meno energia.

Confrontando le misure effettuate, si ha che questa soluzione garantisce maggiore efficienza rispetto ai pannelli della *prova 1*, ma comunque l'energia prodotta rimane minore di quella generata dai pannelli della *prova 2* (anche se non di molto). La soluzione di orientamento dei pannelli della *prova 2* sembra perciò la migliore.

Il vantaggio della soluzione adottata in questa prova è che comunque vi è produzione di energia elettrica anche nella parte centrale della giornata, dove si ha la maggiore radiazione solare, quindi non c'è bisogno di inserire un terzo pannello orientato verso Sud, come suggerito al termine della *prova 2*.

Dalle figure 13 e 14 si nota che i valori di tensione non superano mai gli 8 V ed i valori di corrente non raggiungono mai i 250 mA, valori che invece erano stati raggiunti nella *prova 2*. Vengono superati i 5 V per quasi 7 ore al giorno, rispetto alle oltre 8 ore del caso della *prova 2*. La differenza però è che il superamento dei 5 V avviene in modo continuativo da circa le 10:00 alle 17:00.

Il grafico delle temperature si può visionare in figura 15, mentre la tabella 3 riassume i valori medi giornalieri di radiazione solare e le potenze ed energie prodotte dai pannelli solari.

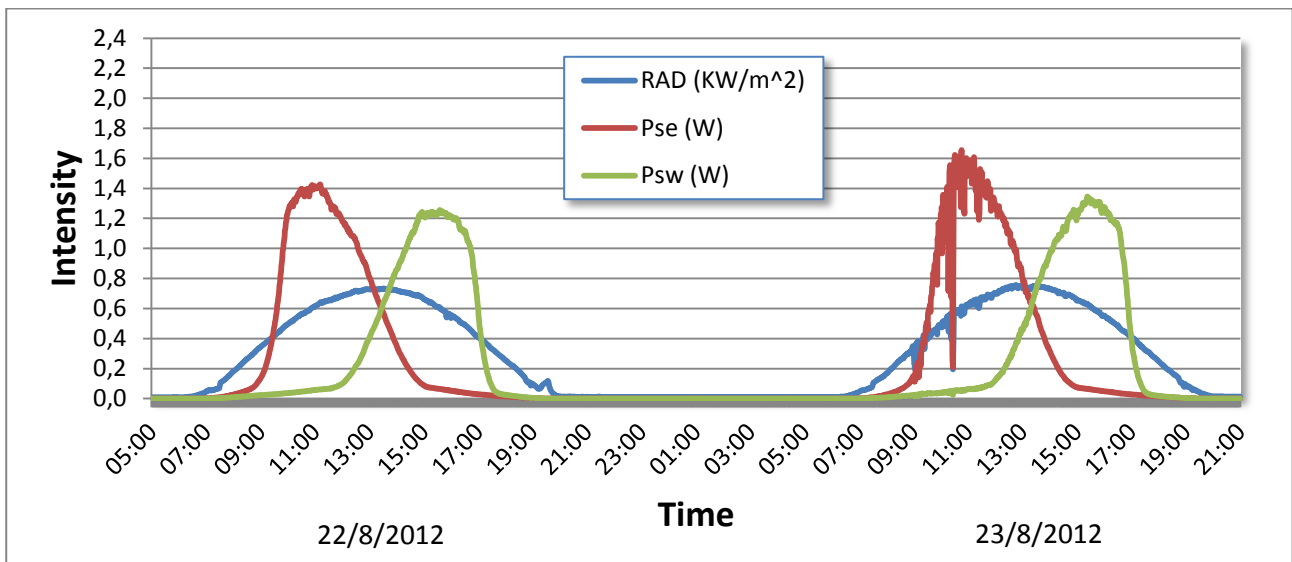
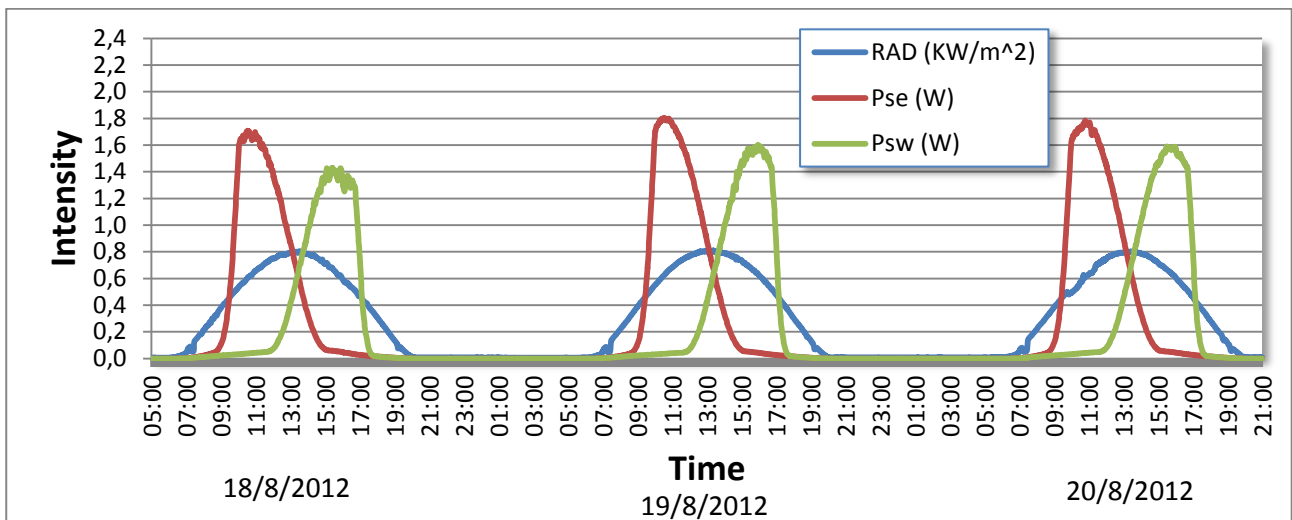
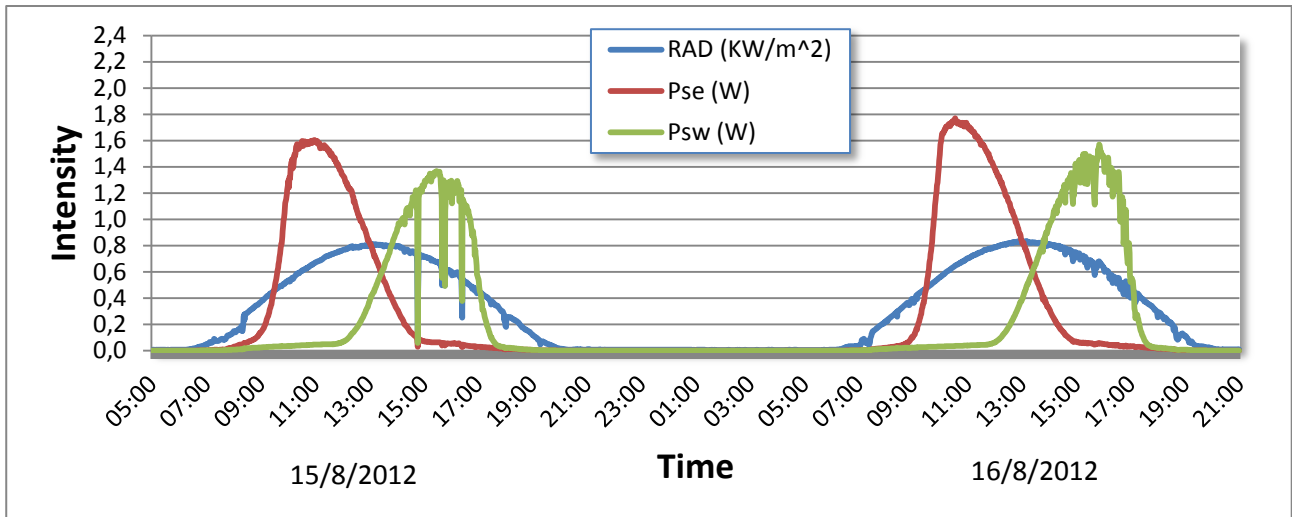


Figura 12. Radiazione solare e potenza generata dai pannelli.

RAD = radiazione solare;

Pse = potenza generata dal pannello rivolto verso Sud-Est;

Psw = potenza generata dal pannello rivolto verso Sud-Ovest.

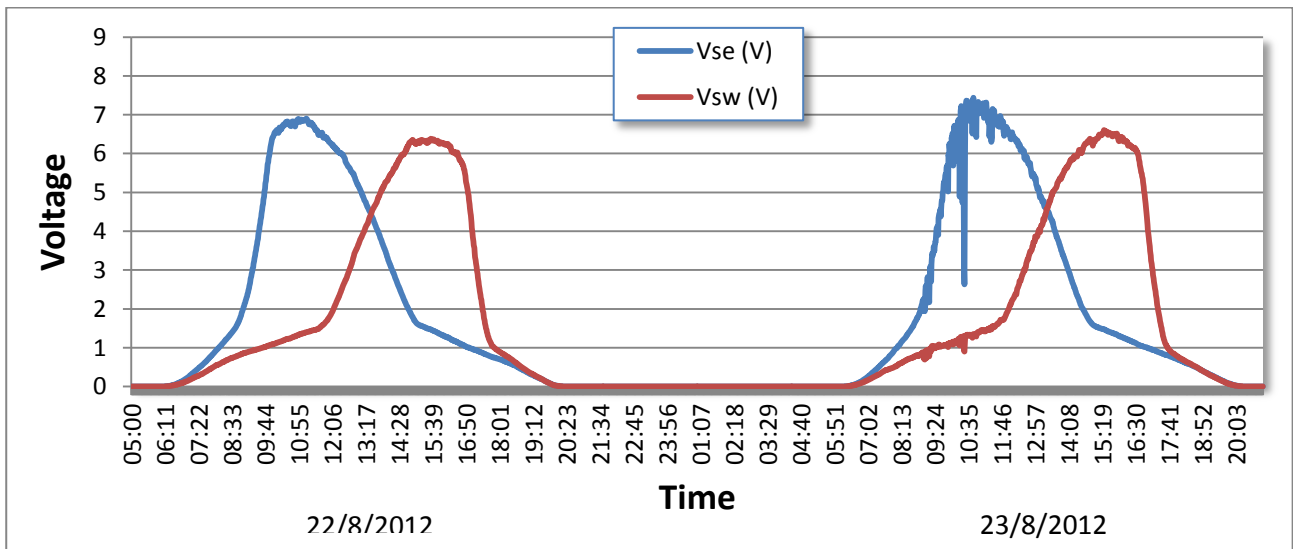
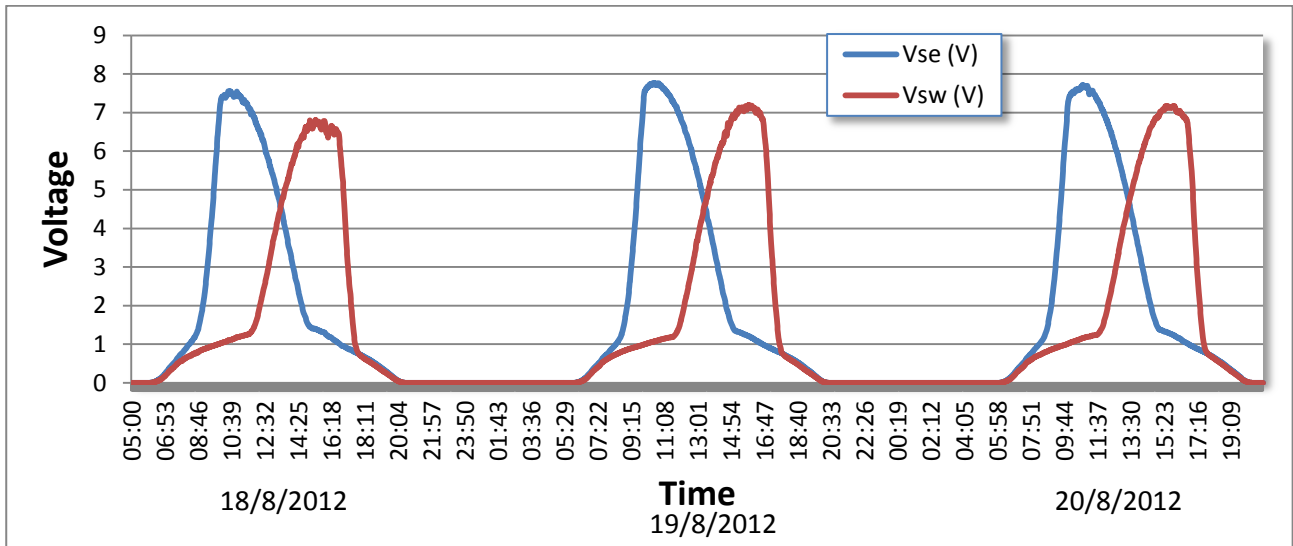
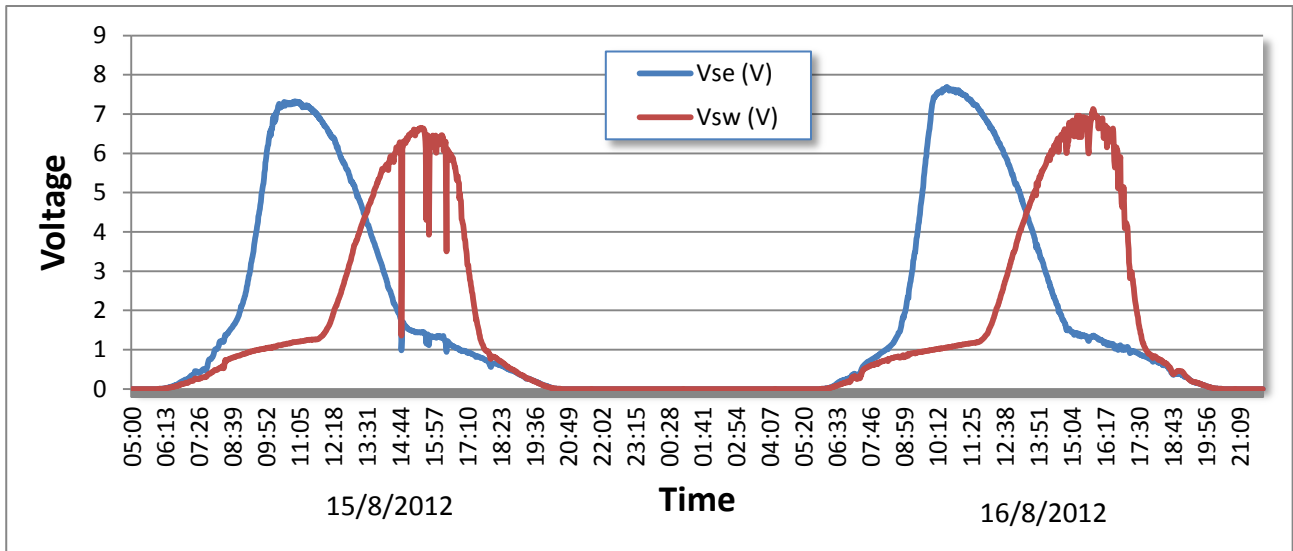


Figura 13. Tensione generata dai pannelli solari.

Vse = tensione generata dal pannello rivolto a Sud-Est;

Vsw = tensione generata dal pannello rivolto verso Sud-Ovest.

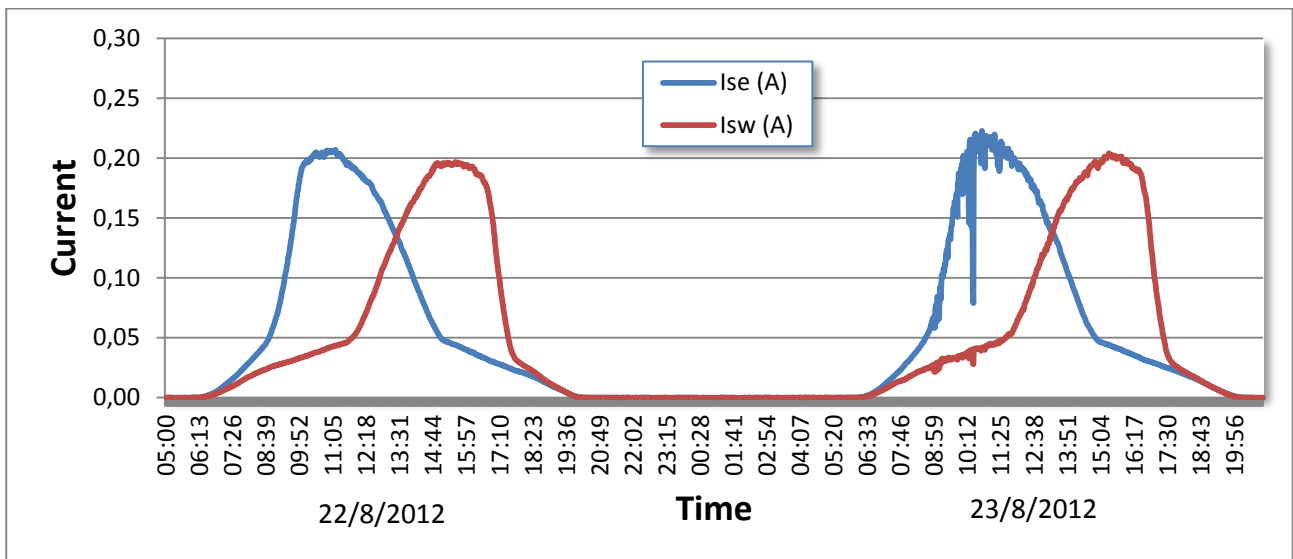
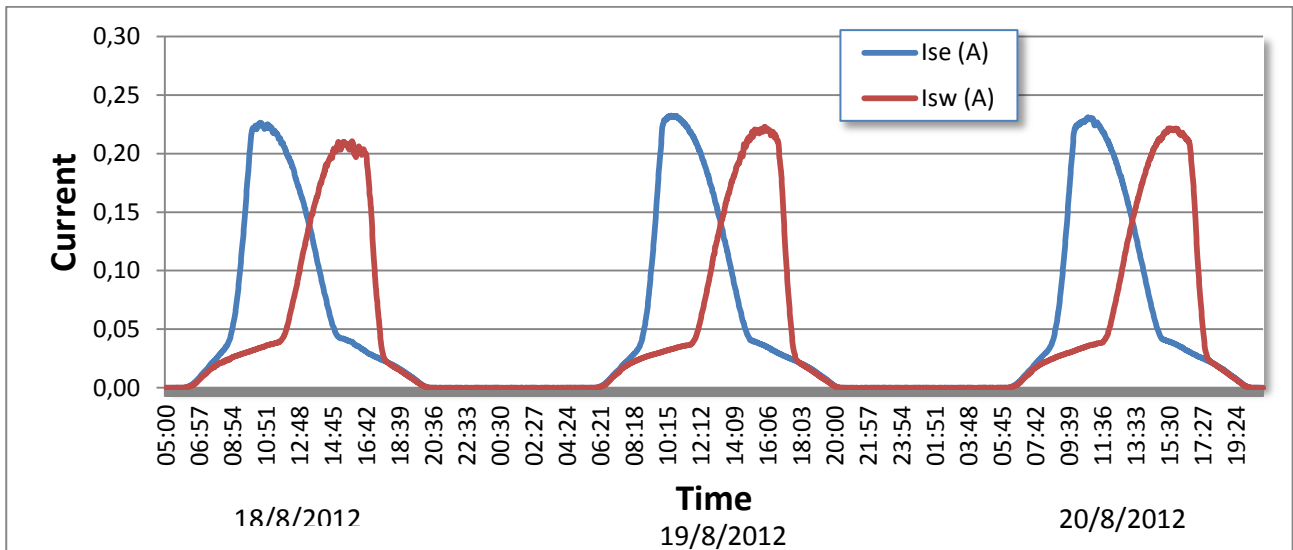
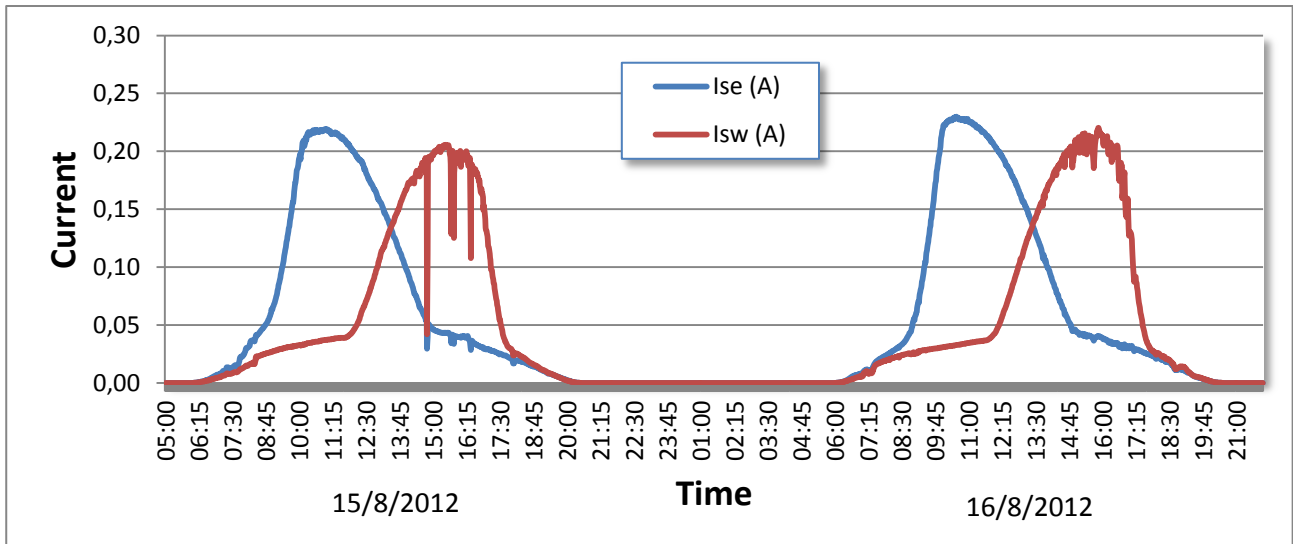


Figura 14. Corrente generata dai pannelli solari.

Ise = corrente generata dal pannello rivolto a Sud-Est;
 Isw = corrente generata dal pannello rivolto verso Sud-Ovest.

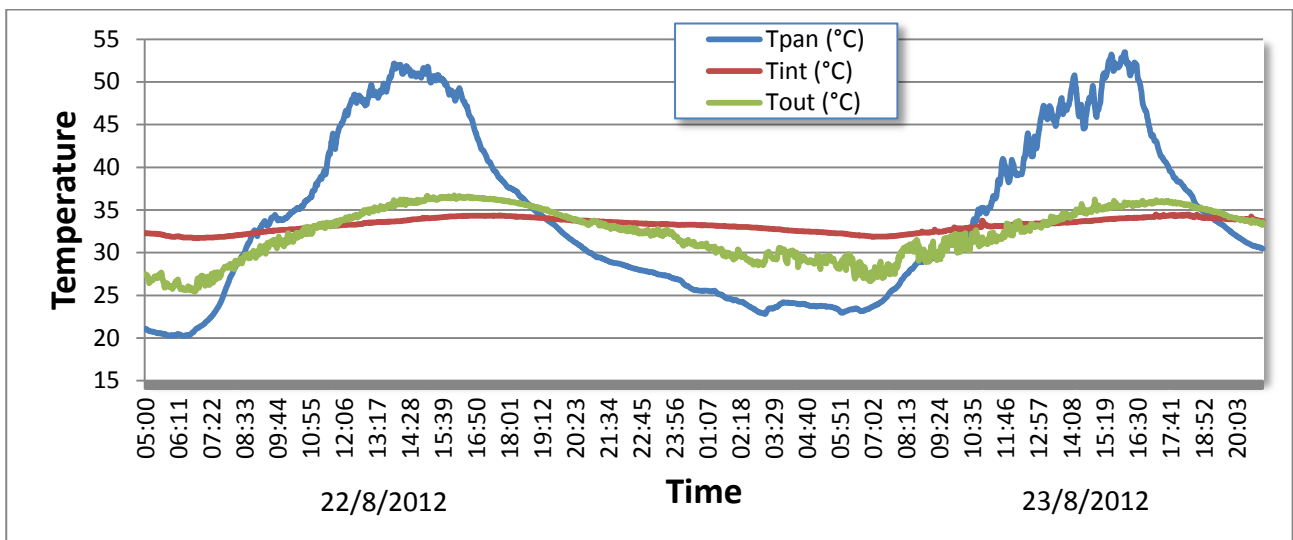
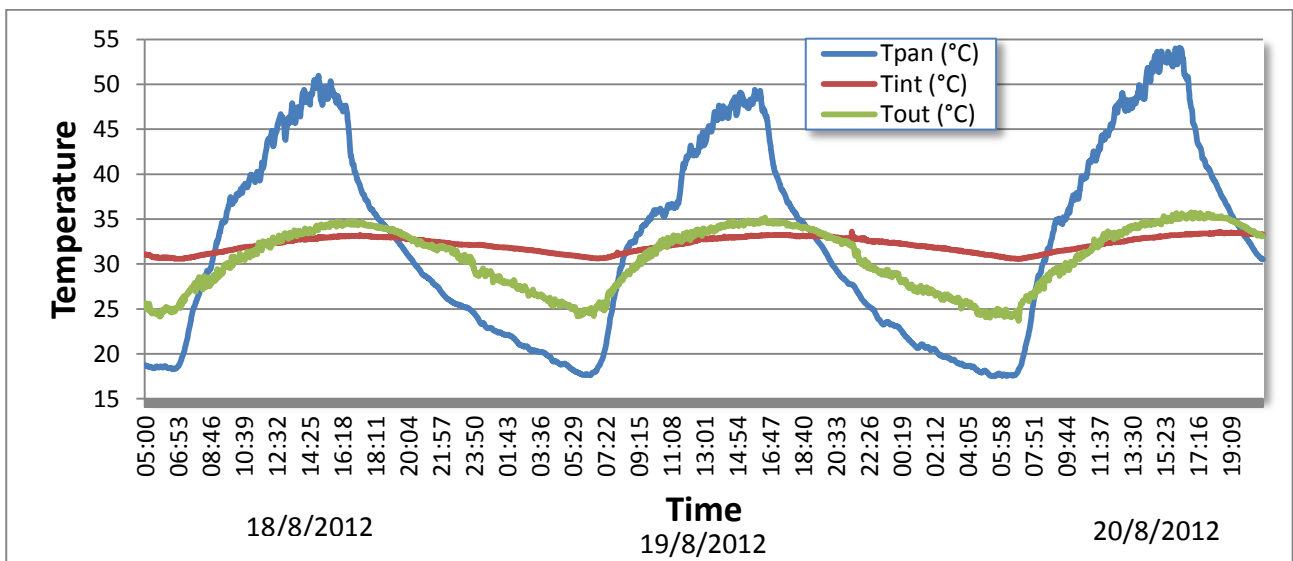
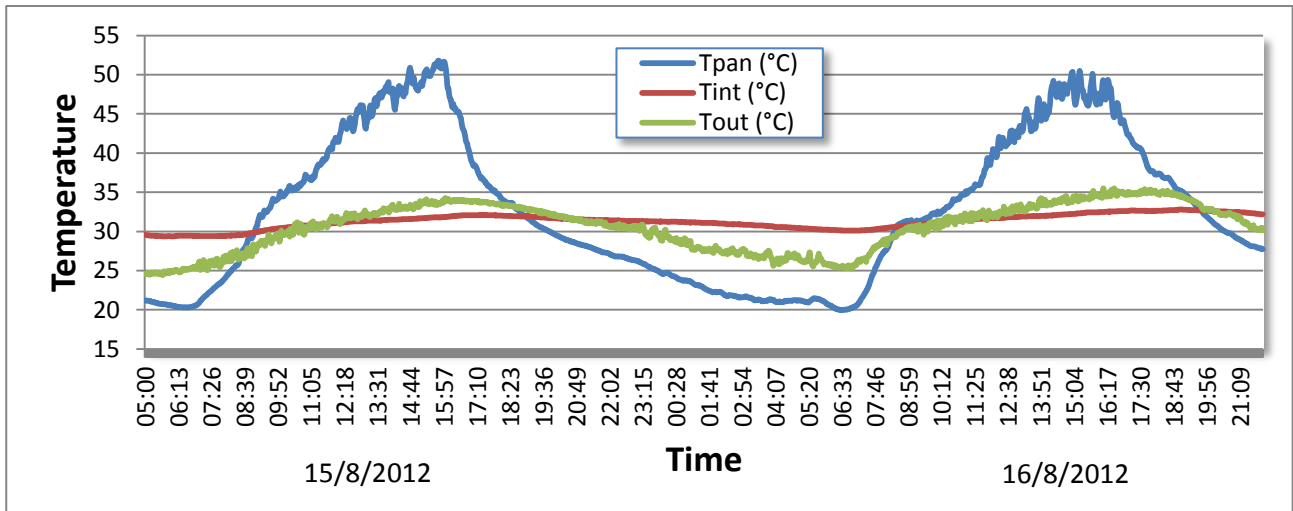


Figura 15. Temperature.

Tpan = temperatura del pannello solare;
 Tint = temperatura interna (dove si trova il banco di misura);
 Tout = temperatura esterna.

15 AGOSTO			16 AGOSTO		
RAD sol_med (W/m ²)	P se_med (W)	P so_med (W)	RAD sol_med (W/m ²)	P se_med (W)	P so_med (W)
263,54338	0,23322	0,18670	274,92801	0,24781	0,20422
E sol (KWh/m ² day)	E se (Wh/day)	E so (Wh/day)	E sol (KWh/m ² day)	E se (Wh/day)	E so (Wh/day)
6,32504	5,59739	4,48085	6,59827	5,94746	4,90120

18 AGOSTO			19 AGOSTO			20 AGOSTO		
RAD sol_med (W/m ²)	P se_med (W)	P so_med (W)	RAD sol_med (W/m ²)	P se_med (W)	P so_med (W)	RAD sol_med (W/m ²)	P se_med (W)	P so_med (W)
269,02947	0,24537	0,20872	274,87310	0,25761	0,22651	266,68225	0,25782	0,22922
E sol (KWh/m ² day)	E se (Wh/day)	E so (Wh/day)	E sol (KWh/m ² day)	E se (Wh/day)	E so (Wh/day)	E sol (KWh/m ² day)	E se (Wh/day)	E so (Wh/day)
6,45671	5,88887	5,00916	6,59695	6,18274	5,43623	6,40037	6,18760	5,50135

22 AGOSTO			23 AGOSTO		
RAD sol_med (W/m ²)	P se_med (W)	P so_med (W)	RAD sol_med (W/m ²)	P se_med (W)	P so_med (W)
246,79836	0,21826	0,18869	245,80505	0,22146	0,19611
E sol (KWh/m ² day)	E se (Wh/day)	E so (Wh/day)	E sol (KWh/m ² day)	E se (Wh/day)	E so (Wh/day)
5,92316	5,23822	4,52867	5,89932	5,31506	4,70664

Tabella 3. Risultati delle misure.

RAD sol_med = radiazione solare media giornaliera;

P se_med = potenza media giornaliera prodotta dal pannello solare rivolto a Sud-Est;

P so_med = potenza media giornaliera prodotta dal pannello solare rivolto a Sud-Ovest;

E sol = energia solare giornaliera;

E se = energia giornaliera prodotta dal pannello solare rivolto a Sud-Est;

E so = energia giornaliera prodotta dal pannello solare rivolto ad Sud-Ovest.

Misure in varie configurazioni e in differenti condizioni metereologiche.

Dall'esperienza maturata dalle prove di agosto, nel mese di settembre 2012 si è proceduto a fare ulteriori misure. In particolare si è provato a dare una inclinazione di circa 30 gradi, rispetto alla verticale, del pannello rivolto verso Sud (figura 16). Questo per capire quanto aumenta l'efficienza rispetto ad un pannello lasciato in posizione perfettamente verticale. In figura 17 si possono notare gli andamenti delle due potenze misurate. Il pannello inclinato di 30 gradi ha mostrato una produzione di potenza istantanea quasi doppia rispetto al pannello tenuto in posizione verticale. Tale risultato è verificabile anche numericamente in tabella 4.



Figura 16. Pannelli sulla Vivaldi.

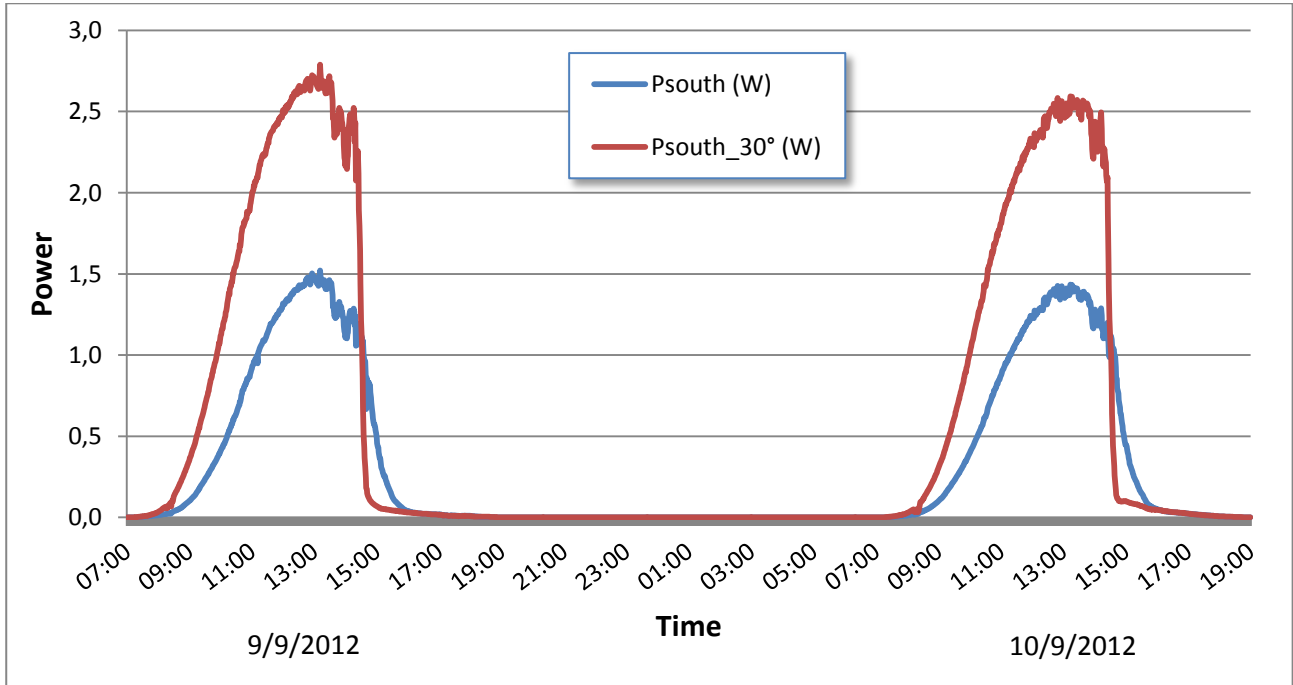


Figura 17. Potenza generata dai pannelli.

Psouth = potenza generata dal pannello rivolto verso Sud;

Psouth_30° = potenza generata dal pannello rivolto verso Sud e inclinato di 30 gradi rispetto alla verticale.

9 SETTEMBRE		10 SETTEMBRE	
P sud_med (W)	P sud_30°_med (W)	P sud_med (W)	P sud_30°_med (W)
0,25201	0,46706	0,24548	0,44042
E sud (Wh/day)	E sud_30° (Wh/day)	E sud (Wh/day)	E sud_30° (Wh/day)
6,04818	11,20954	5,89160	10,56997

Tabella 4. Risultati delle misure.

P sud_med = potenza media giornaliera prodotta dal pannello solare rivolto a Sud;

P sud_30°_med = potenza media giornaliera prodotta dal pannello solare rivolto a Sud e inclinato di 30° rispetto alla verticale;

E sud = energia giornaliera prodotta dal pannello solare rivolto a Sud;

E sud_30° = energia giornaliera prodotta dal pannello solare rivolto a Sud ed inclinato di 30° rispetto alla verticale.

L'aspetto interessante che si evince dai dati della tabella 4 è che la produzione di energia del pannello rivolto verso Sud e non inclinato è comunque maggiore di quella misurata ad agosto. Questo si spiega dal fatto che il sole a settembre ha un'altezza minore sull'orizzonte e quindi i raggi solari arrivano al pannello con una inclinazione migliore.

I valori di tensione, corrente e temperatura sono riportati nei grafici di figura 18, 19 e 20. Si nota che la tensione, nel migliore dei casi, supera il valore di 5V per circa 5 ore al giorno.

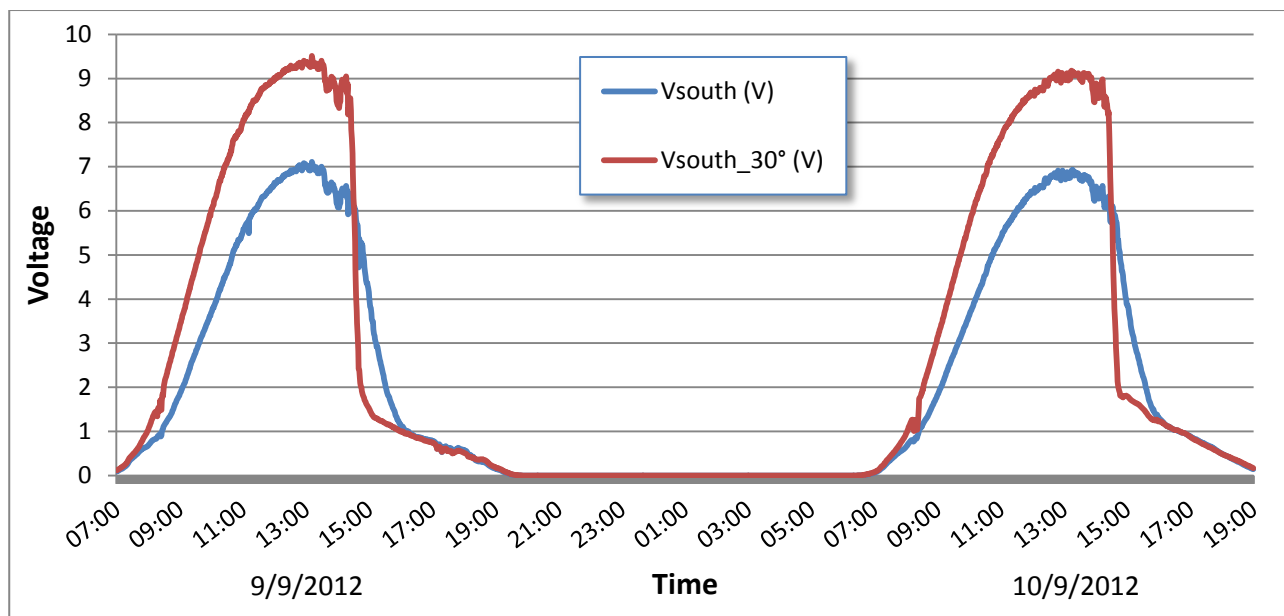


Figura 18. Tensione generata dai pannelli solari.

Vsouth = tensione generata dal pannello rivolto a Sud;

Vsouth_30° = tensione generata dal pannello rivolto verso Sud e inclinato di 30° rispetto alla verticale.

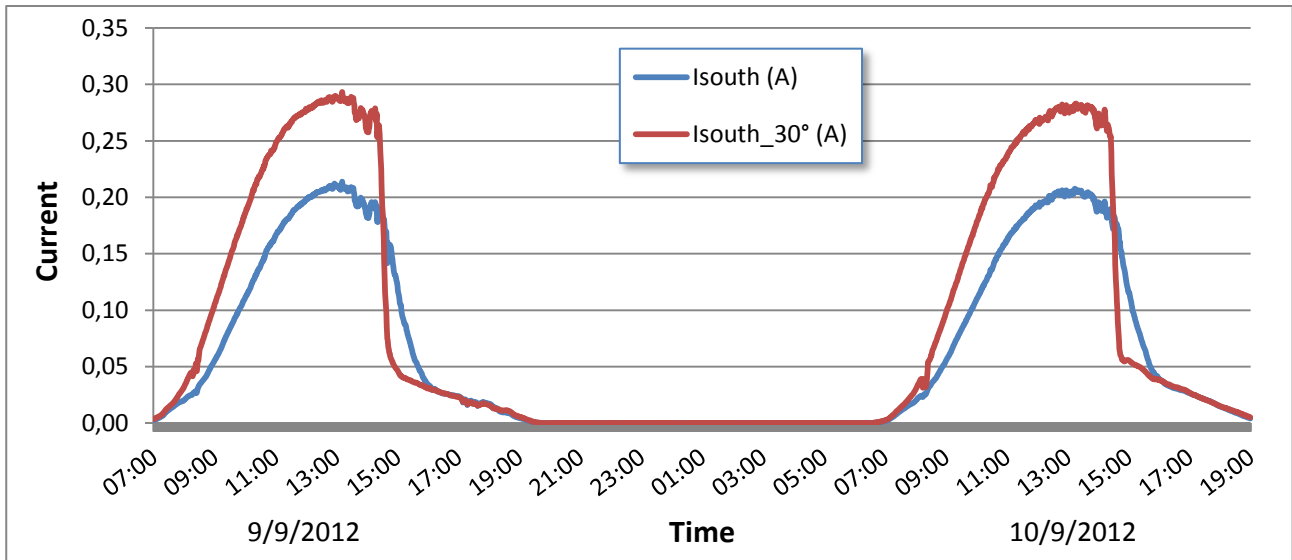


Figura 19. Corrente generata dai pannelli solari.

Isouth = corrente generata dal pannello rivolto a Sud;

Isouth_30° = corrente generata dal pannello rivolto verso Sud e inclinato di 30° gradi rispetto alla verticale.

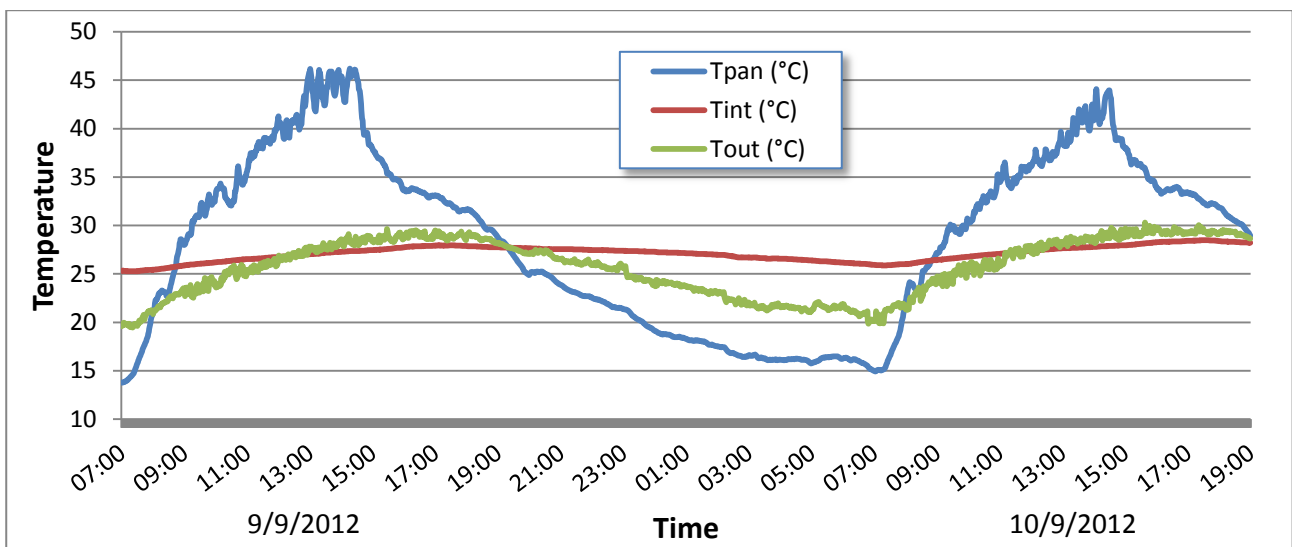


Figura 20. Temperature.

Tpan = temperatura del pannello solare verticale;

Tint = temperatura interna (dove si trova il banco di misura);

Tout = temperatura esterna.

Come ulteriore prova, si è cercato di capire quale fosse la potenza generata dei pannelli in caso di nuvolosità e pioggia. Nelle giornate del 2, 3 e 4 settembre, il cielo è stato oscurato e il sole si è visto solo a sprazzi. I risultati delle misure si possono osservare nel grafico di figura 21.

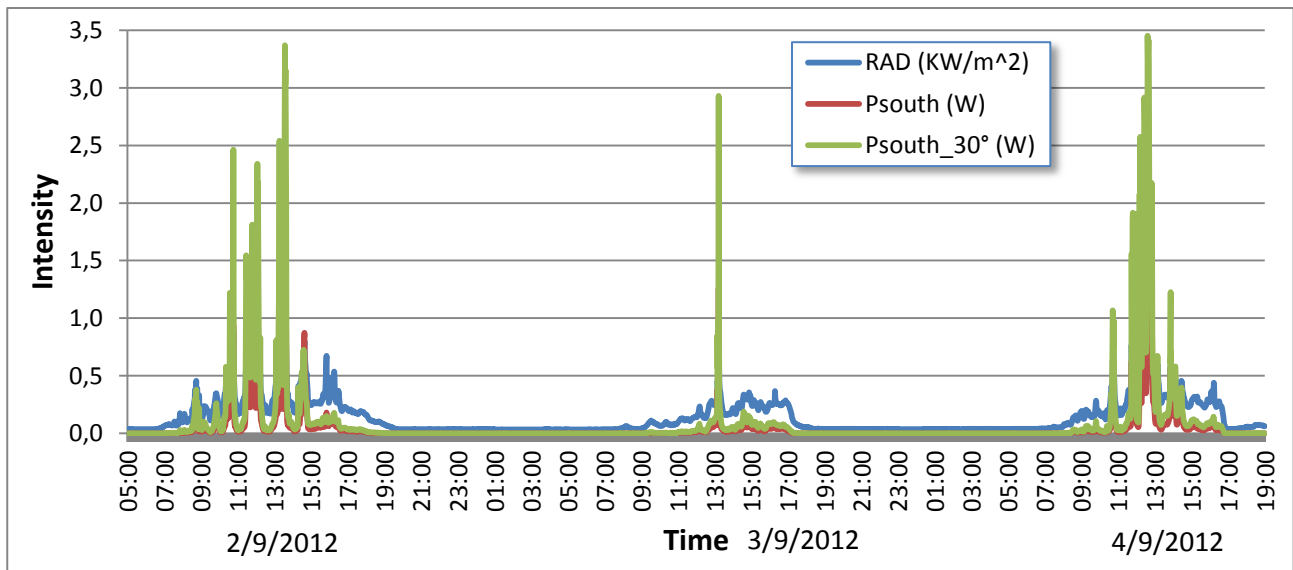


Figura 20. Radiazione solare e potenza generata dai pannelli.

La potenza è ridottissima, quindi da non prendere nemmeno in considerazione, come si può verificare anche in tabella 5.

2 SETTEMBRE			3 SETTEMBRE		
RAD sol_med (W/m ²)	P sud_med (W)	P sud_30°_med (W)	RAD sol_med (W/m ²)	P sud_med (W)	P sud_30°_med (W)
157,103	0,05503	0,11066	89,649	0,01055	0,02189
E sol (KWh/m ² day)	E sud (Wh/day)	E sud_30° (Wh/day)	E sol (KWh/m ² day)	E sud (Wh/day)	E sud_30° (Wh/day)
3,770	1,32069	2,65578	2,152	0,25329	0,52535

4 SETTEMBRE		
RAD sol_med (W/m ²)	P sud_med (W)	P sud_30°_med (W)
136,594	0,049	0,104
E sol (KWh/m ² day)	E sud (Wh/day)	E sud_30° (Wh/day)
3,278	1,16860	2,49961

Tabella 5. Risultati delle misure.

RAD sol_med = radiazione solare media giornaliera;

P sud_med = potenza media giornaliera prodotta dal pannello solare rivolto a Sud;

P sud_30°_med = potenza media giornaliera prodotta dal pannello solare rivolto a Sud e inclinato di 30° rispetto alla verticale;

E sol = energia solare giornaliera;

E sud = energia giornaliera prodotta dal pannello solare rivolto a Sud;

E sud_30° = energia giornaliera prodotta dal pannello solare rivolto a Sud ed inclinato di 30° rispetto alla verticale.

Misure sull'antenna Skala.

Per completezza dei test, si è provato ad inserire un pannello solare anche sull'antenna Skala, che è il secondo prototipo candidato per l'array a bassa frequenza di SKA. Questa antenna è una Log-periodic ed è illustrata in figura 21. Il pannello, in questo caso, ha una certa inclinazione che gli permette di assorbire maggiore radiazione solare, ma ha lo svantaggio di essere parzialmente ombreggiato dalla struttura dell'antenna stessa per tutto l'arco della giornata. In questo caso lo scopo della misura è stato di cercare di capire quanto questo parziale, ma costante, ombreggiamento, fosse rilevante ai fini della generazione energetica. Si è perciò confrontata la potenza prodotta da tale pannello con quella prodotta da un pannello uguale, posizionato a fianco, con la stessa inclinazione, ma privo di ostacoli davanti che lo potessero ombreggiare. La misura è stata eseguita il giorno 8 novembre durante una giornata pienamente soleggiata (figura 22).

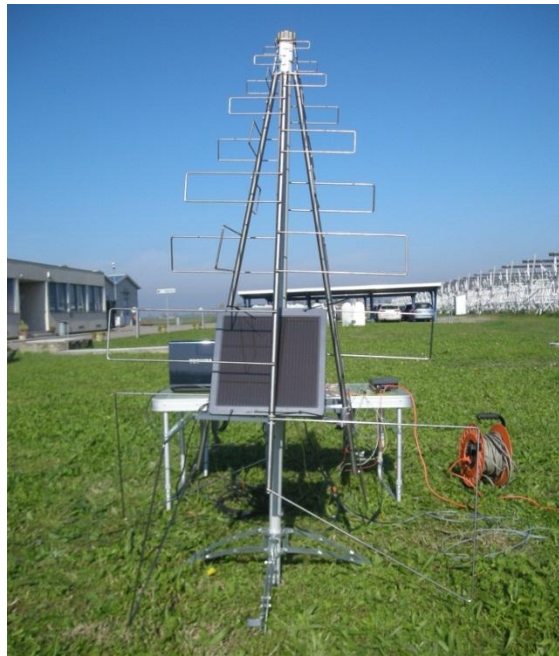


Figura 21. Antenna Skala.



Figura 22. Pannelli solari installati per la misura.

Come si può notare dal grafico, di figura 23, delle misure effettuate, l'ombreggiamento sul pannello, anche se minimo, incide pesantemente sulla resa energetica del pannello. Anche tale soluzione non è quindi ottimale.

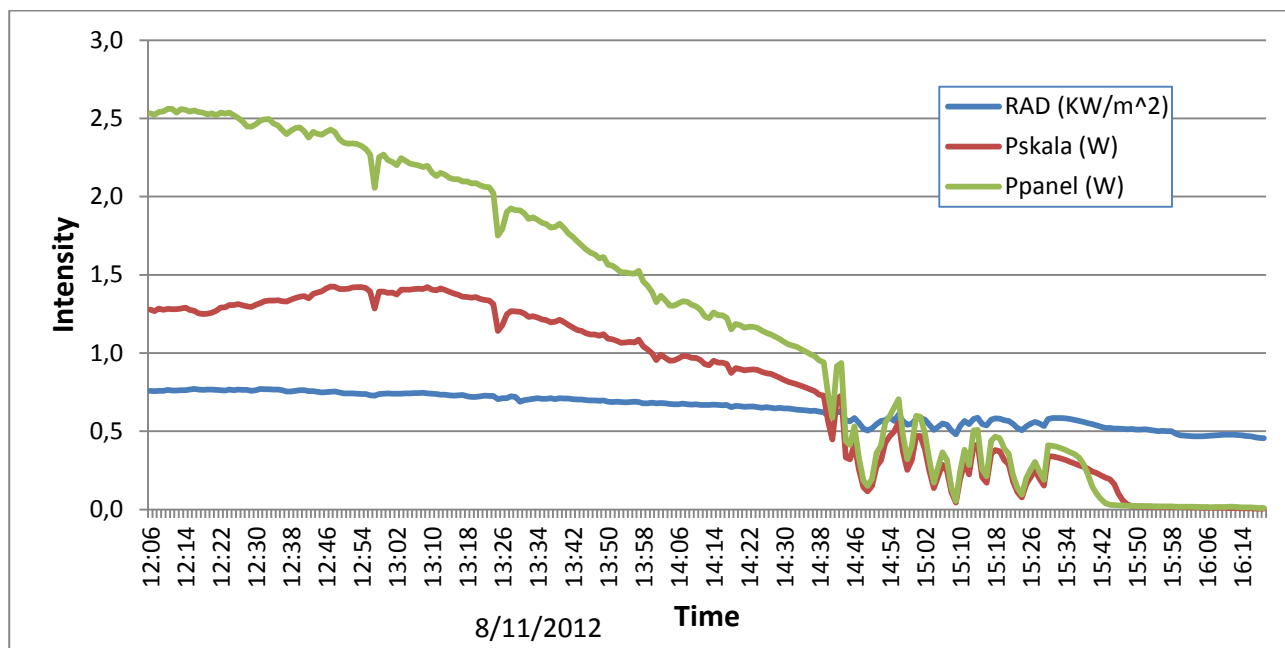


Figura 23. Radiazione solare e potenza generata dai pannelli.

RAD = radiazione solare;

Pskala = potenza generata dal pannello installato sull'antenna Skala;

Ppanel = potenza generata dal pannello libero.

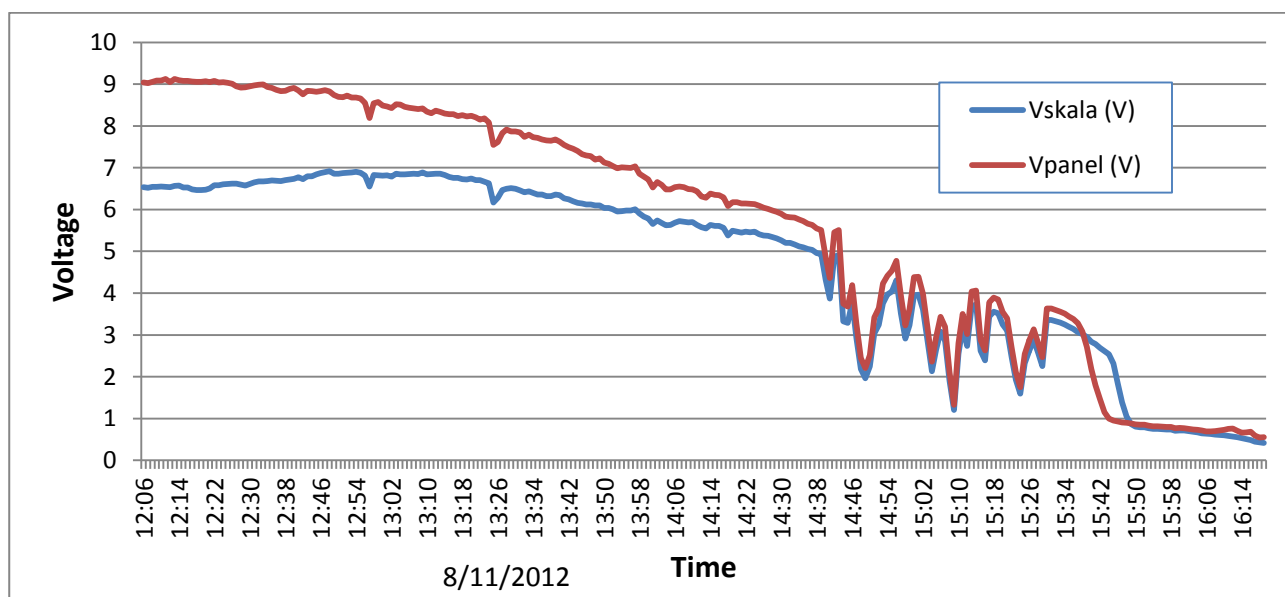


Figura 24. Tensione generata dai pannelli solari.

Vskala = tensione generata dal pannello installato sull'antenna Skala;

Vpanel = tensione generata dal pannello libero.

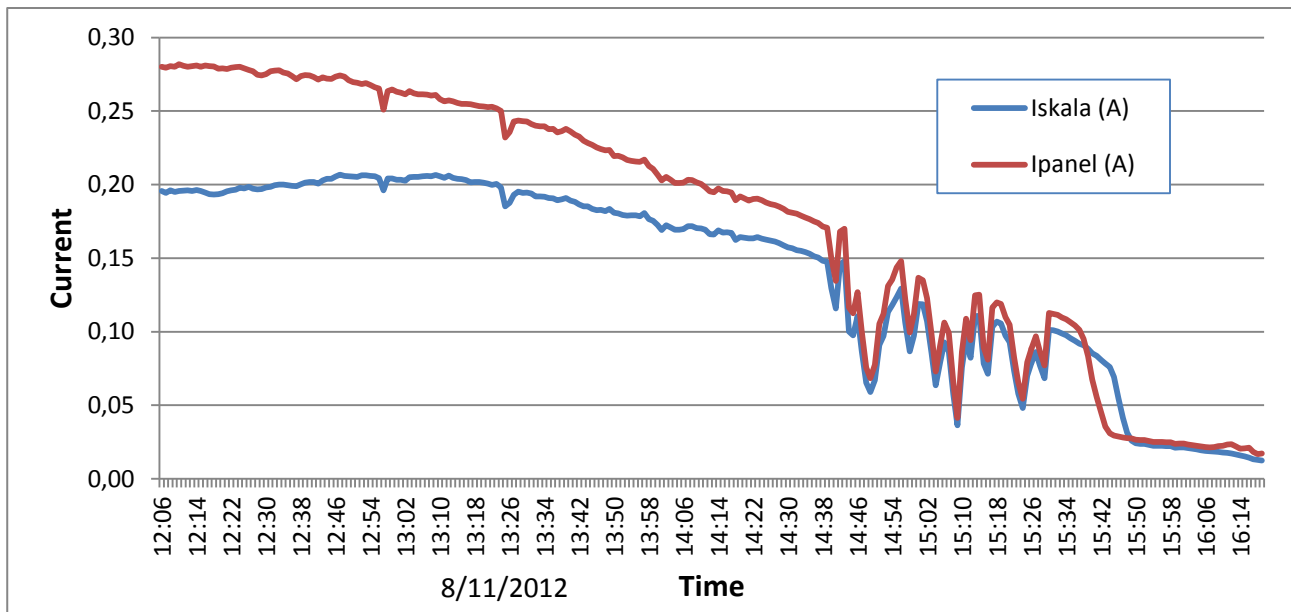


Figura 25. Corrente generata dai pannelli solari.

Iskala = corrente generata dal pannello installato sull'antenna Skala;
 Ipanel = corrente generata dal pannello libero.

Durante il periodo delle misure riportate nei grafici sopra, la temperatura esterna è oscillata dai 15 ai 20 gradi.

Conclusioni.

Le prove effettuate hanno permesso di capire quale potrebbe essere l'orientamento di un eventuale pannello solare posto sulle ali dell'antenna Vivaldi e quanto questo possa rendere messo in tale posizione. L'idea di alimentare l'elettronica posta nella antenne Vivaldi con un sistema a pannelli solari sembra percorribile, ma occorre valutare una serie di cose:

1. Considerare la latitudine australiana in cui le antenne verranno posizionate.
2. Considerare l'altezza del sole alle varie stagioni.
3. Considerare la distanza tra le varie antenne, in modo da valutare l'ombreggiamento dell'una sull'altra.
4. Considerare l'immagazzinamento dell'energia per il funzionamento del sistema in assenza di sole.

Anche la soluzione sull'antenna Skala sembra percorribile, ma anche in tal caso si avrebbe un fattore di efficienza molto basso, che si dovrà compensare con un'area molto grande del pannello. Questo potrebbe incidere sulle prestazioni dell'antenna visto che il pannello è situato all'interno della stessa. Si renderebbe perciò necessario uno studio elettromagnetico per capire se e quanto il pannello va ad incidere sulle prestazioni dell'antenna.

Esistono sistemi in grado di massimizzare la produzione di energia del pannello fotovoltaico, che possono essere utilizzati per aumentarne l'efficienza, come per esempio il sistema MPPT descritto nell'appendice B.

Appendice A: Condizioni meteo durante le misure.

Lunedì 6 agosto

C'è stato molto vento e il cielo era coperto. Ogni tanto, tra una nuvola e l'altra, compariva il sole, ma raramente.

Martedì 7 agosto

Cielo sereno per tutta la giornata.

Mercoledì 8 agosto

Cielo sereno al mattino, qualche nuvola ogni tanto a pomeriggio che ha oscurato il sole.

Giovedì 9 agosto

Cielo sereno per tutta la giornata.

Venerdì 10 agosto

Cielo sereno per tutta la giornata.

Sabato 11 agosto

Cielo sereno per tutta la giornata.

Domenica 12 agosto

Foschia e nubi sparse.

Lunedì 13 agosto

Foschia e nubi sparse.

Martedì 14 agosto

Foschia e nubi sparse.

Mercoledì 15 agosto

Cielo sereno al mattino, nubi sparse a pomeriggio.

Giovedì 16 agosto

Cielo sereno al mattino, nubi sparse al pomeriggio.

Venerdì 17 agosto

Cielo sereno al mattino, foschia e nubi sparse nel pomeriggio.

Sabato 18 agosto

Cielo sereno per tutta la giornata.

Domenica 19 agosto

Cielo sereno per tutta la giornata.

Lunedì 20 agosto

Cielo sereno per tutta la giornata.

Martedì 21 agosto

Cielo sereno per tutta la giornata.

Mercoledì 22 agosto

Cielo sereno al mattino, foschia e nubi sparse nel pomeriggio.

Giovedì 23 agosto

Foschia e nubi sparse al mattino, più sereno nel pomeriggio.

Venerdì 24 agosto

Sereno con qualche nuvola di passaggio. Vento moderato dal pomeriggio.

Sabato 25 agosto

Sereno o poco nuvoloso. Vento moderato.

Domenica 26 agosto

Pioggia in mattinata e sereno per il resto della giornata. Temperature in calo dalla serata.

Lunedì 27 agosto

Sereno al mattino, nubi sparse al pomeriggio. Attenuazione delle temperature e dell'umidità.

Martedì 28 agosto

Sereno al mattino, nubi sparse al pomeriggio.

[Mercoledì 29 agosto](#)

Cielo sereno per tutta la giornata.

[Giovedì 30 agosto](#)

Nubi sparse per tutta la giornata.

[Venerdì 31 agosto](#)

Cielo coperto, con piogge a tratti.

Dal 1 settembre nuvoloso e pioggia, bello dal 7 al 11 settembre.

Appendice B: Potenza massima in una cella fotovoltaica.

Una cella fotovoltaica ha una famiglia di curve caratteristiche $I(V)$ che dipendono dai valori di irraggiamento solare e di temperatura. In figura 26 è rappresentato un grafico tipico dove, per esempio, si vedono tre curve corrispondenti a tre valori ($1000, 800, 600 \text{ W/m}^2$) dell'irraggiamento solare a una temperatura di 25°C .

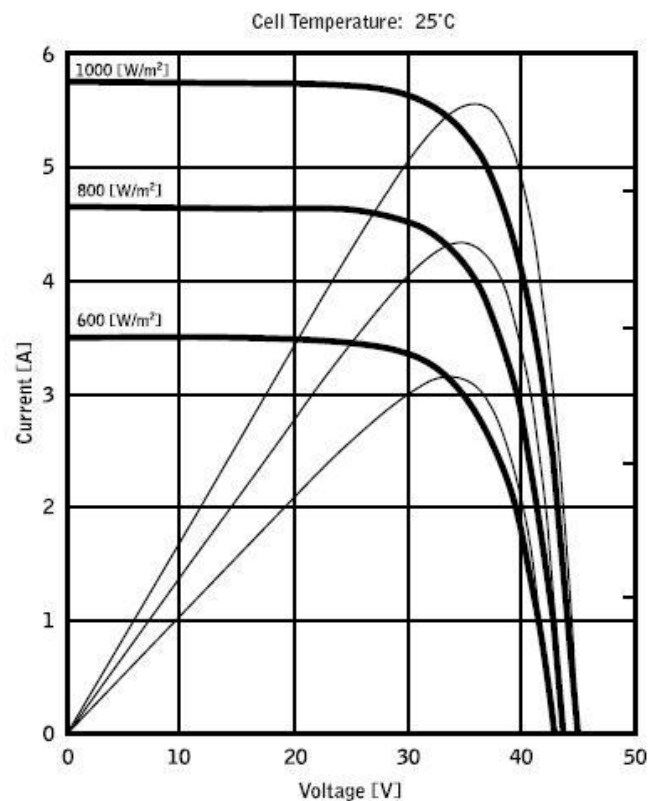


Figura 26. Curve caratteristiche di una cella fotovoltaica.

L'irraggiamento solare è dipendente dalla posizione del sole rispetto ad una superficie, ed è influenzato dalla presenza-assenza del sole. Ciò implica che si passa da una curva all'altra del grafico di figura 26 in maniera aleatoria.

Su ogni curva caratteristica esiste uno ed un solo punto tale per cui è massimizzato il trasferimento di potenza verso un ipotetico carico alimentato dal modulo fotovoltaico. Il punto di massima potenza corrisponde alla coppia tensione-corrente tale per cui è massimo il prodotto $V \cdot I$, dove V è il valore della tensione ai morsetti del modulo e I è la corrente che circola nel circuito ottenuto chiudendo il modulo su un ipotetico carico. A seconda dell'irradiazione solare, cambia il punto dove il prodotto $V \cdot I$ è massimo. Sempre con riferimento alla figura 26, si può notare la serie di curve del prodotto $V \cdot I$ (a tratto più sottile) per i tre valori dell'irraggiamento solare e anche che il massimo di tali curve non corrisponde alla stessa coppia di valori di V e di I . Chiaramente, se si riesce a massimizzare la potenza erogata dall'impianto, si riesce a sfruttarlo al meglio in qualsiasi condizione di irraggiamento.

Esistono dei dispositivi in grado di far lavorare la cella sempre alla massima potenza possibile (massima area gialla di figura 27) per dati valori di temperatura e irradiazione solare. Questi dispositivi si chiamano MPPT (Maximum Power Point Tracking) e sarebbe bene utilizzarli per riuscire a raccogliere la massima energia proveniente dal sole. L'energia in eccesso che non viene consumata dal carico, si può, per esempio, accumulare in batterie.

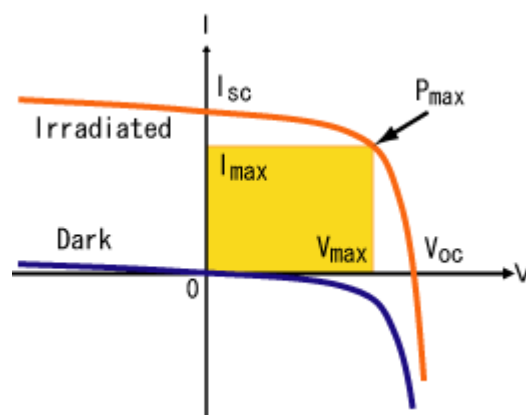


Figura 27. Area di massima potenza della cella fotovoltaica.

Ringraziamenti.

Si ringrazia l'Ing. Marco Poloni per il suo prezioso aiuto nell'allestire il banco di misura utilizzato per i test.