

Riferimento pratica per Enfasi scarl: **RT\_100512\_18**

Enfasi\_Ordine\_100512\_18

Firma Presidente Enfasi

---

Torino, 12/05/2010

**In riferimento al progetto ENERGENESIS MINILAB SOLARE  
FOTOVOLTAICO E TERMICO sito in Via Pietro Giuria 1 (6° piano),  
Torino**

**Oggetto: Prove mirate su ombreggiamenti e punto di massima potenza. Sessioni di  
prova n°3 e 4 – 19 e 29 Aprile 2010: collaudo stringa con tecnologia  
policristallina, stringa a film sottile (micro-amorfo) ed a tecnologia CIS.**

---

ENFASI – Energie rinnovabili e Risparmio energetico – società consortile a responsabilità limitata

C.F. e P.IVA: 100 385 800 14; Numero REA: To – 1100725      Capitale sociale: 40 000,00 Euro

sede operativa in Via Osasco 56 – 10141 Torino, tel. 011-3828700, fax 011-3825318

sede legale presso lo studio del ragioniere Francesco Mangiapane, Via Gorizia, 83 – 10136 Torino

Presidente e Direttore Tecnico: ing. Luca NESPOLI (cell. 334-581 6830)

sito internet: [www.enfasi.org](http://www.enfasi.org)

posta elettronica: [segreteria@enfasi.org](mailto:segreteria@enfasi.org)

## 1 PROVE DI OMBREGGIAMENTO SU SINGOLO MODULO

Sono state effettuate prove di ombreggiamento dei singoli moduli, e per ognuna di esse sono stati registrati i valori di corrente di corto circuito e tensione di circuito aperto. Questi sono stati riferiti ai valori nominali forniti da scheda tecnica, così da poter confrontare tra loro le diverse tecnologie. In particolare la simbologia utilizzata è la seguente:

- Modulo A.2: Ditta Inventux, mod. X 120 – in Silicio amorfo (film sottile)
- Modulo W.2: Ditta Würth Solar, mod. WSG0037E075 – film sottile CIS
- Modulo HM: Ditta Helios Technology, mod. HMA 225 e HMA 225P – rispettivamente in Silicio mono e poli cristallino



Figura 1: Fotografia del Minilab solare

## 1.1 Analisi della variazione delle Isc

Si riportano di seguito gli effetti ottenuti sui valori di I<sub>sc</sub> ombreggiando progressivamente il modulo in verticale, progressivamente da sinistra verso destra (Fig.2) ed in orizzontale, progressivamente dal basso verso l'alto (Fig.3).

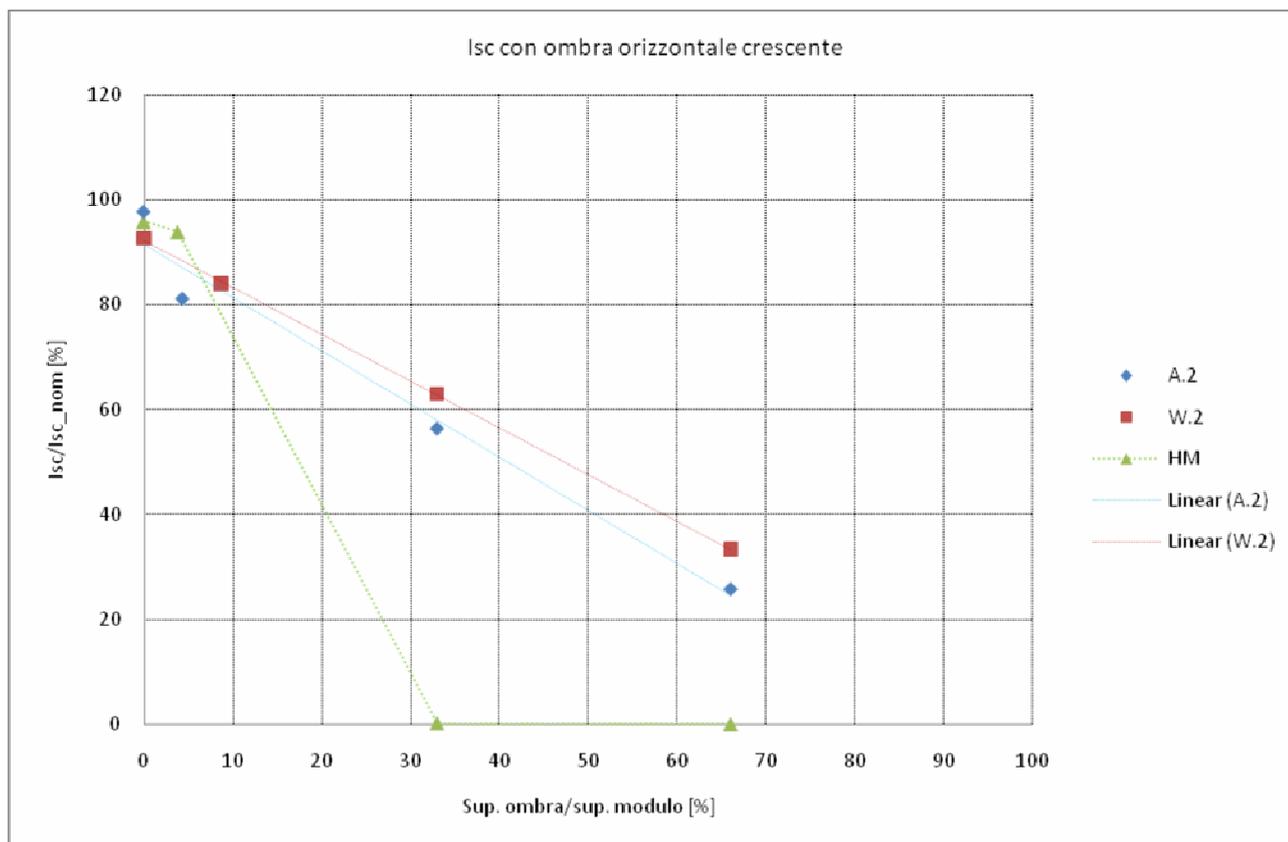
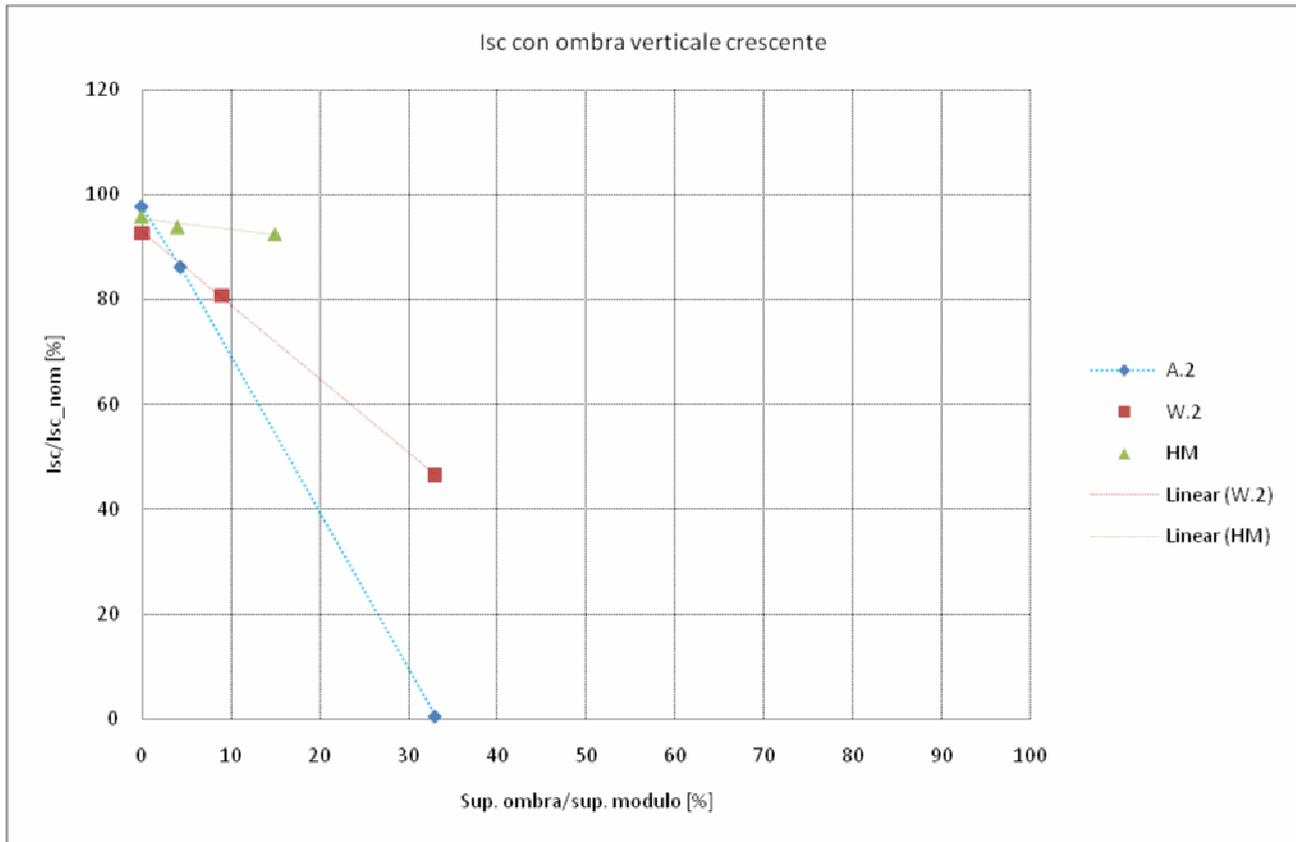


Figura 2: Andamento I<sub>sc</sub> in funzione della superficie verticale ombreggiata



**Figura 3: Andamento Isc in funzione della superficie orizzontale ombreggiata**

Si possono fare alcune considerazioni:

- Il modulo cristallino (HM) annulla la propria Isc in concomitanza di ombre ORIZZONTALI anche molto ridotte (33% circa della superficie totale), mentre mantiene la propria efficienza nel caso di ombre verticali. Essendo esso costituito da 3 stringhe interne allineate verticalmente su complessive 6 file, l'ombra orizzontale intercetta tutte le stringhe contemporaneamente e quindi ecco perché, con un'ombra del 33 % circa avviene già l'interruzione del circuito. Viceversa il modulo risulta più stabile con ombreggiamento verticale perché in questo caso l'ombra interrompe solo una delle stringhe.
- Il modulo micromorfo (A.2), al contrario, non annulla la sua Isc in condizioni di ombreggiamento orizzontale, mentre per ombre VERTICALI pari al 33% della superficie del modulo riporta già correnti prossime allo 0. Ciò dipende dalla disposizione delle celle come strisce verticali che quindi vengono coperte completamente in successione tendendo ad aprire il circuito. Nel caso di ombre orizzontali a salire almeno una frazione delle celle è esposta alla luce e quindi attiva, con continuità elettrica tra catodo e anodo.

- Allo stesso modo il modulo in film sottile CIS (W.2) risente dell'ombreggiamento VERTICALE più che di quello orizzontale, tuttavia è in grado di garantire correnti significativamente maggiori di zero fino a condizioni in cui i 2/3 della superficie sono coperti.

## 1.2 Analisi della variazione delle Voc

Per quanto riguarda la variazione della Voc, le prove sono state effettuate in condizioni analoghe, e si può notare come i gradienti siano di molto inferiori rispetto all'analisi precedente, provando come le tensioni siano meno sensibili alle variazioni di irraggiamento.

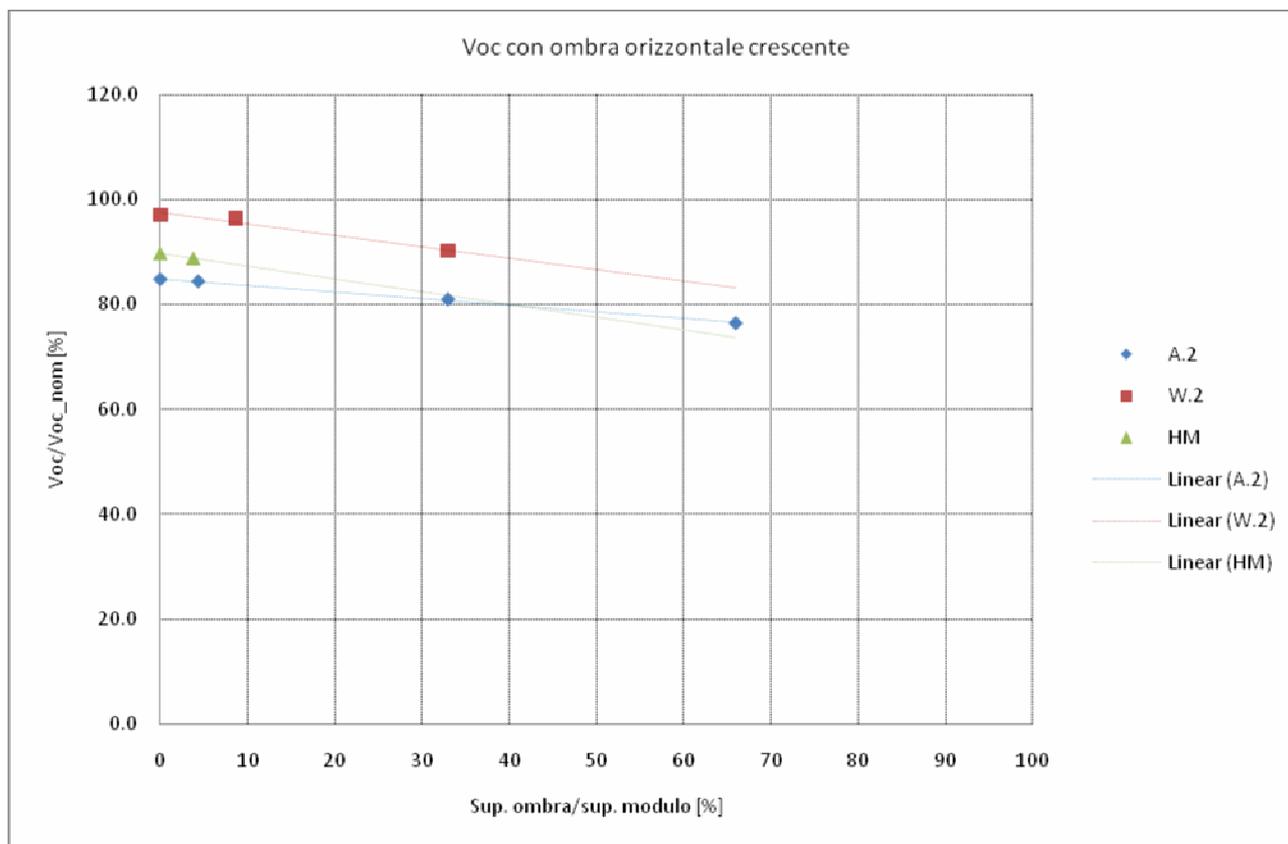
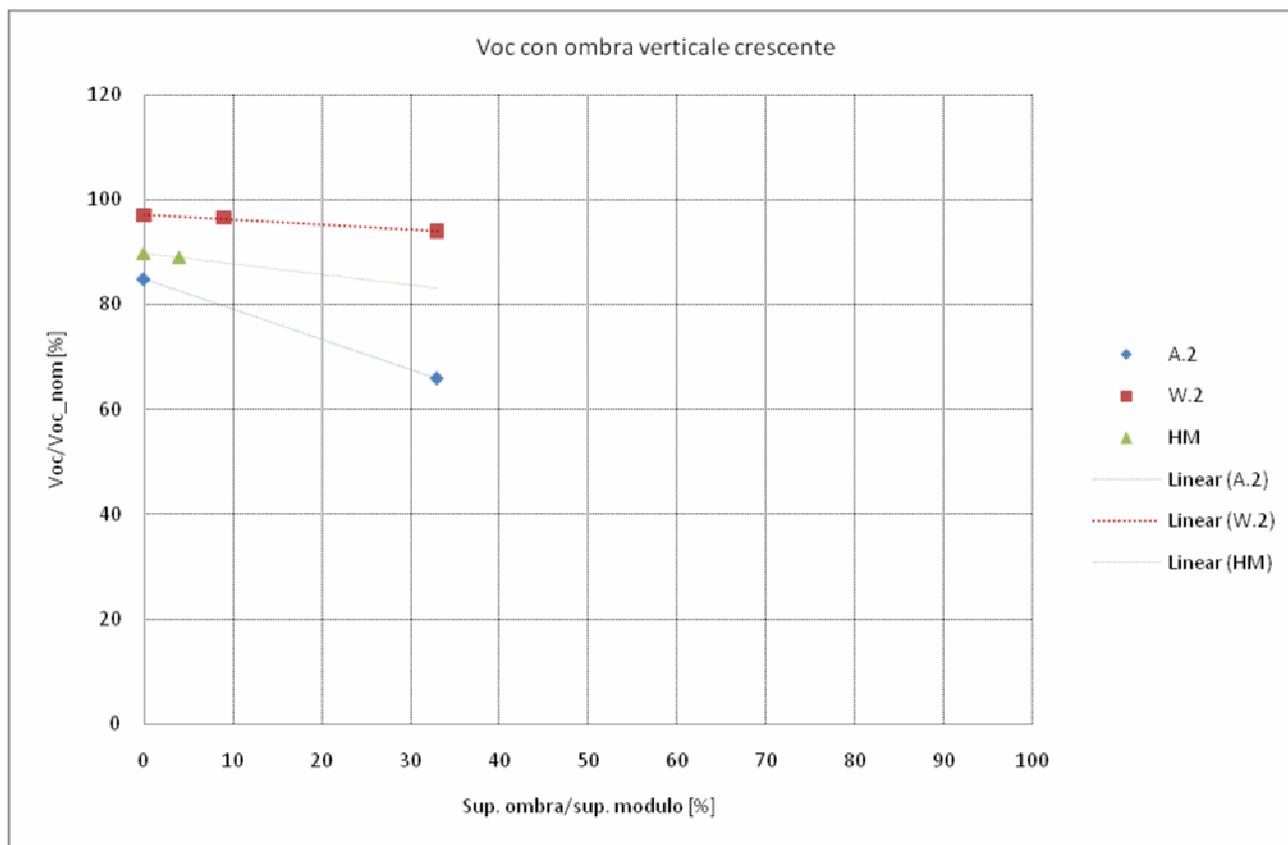


Figura 4: Andamento della Voc in funzione della superficie orizzontale ombreggiata



**Figura 5: Andamento della Voc in funzione della superficie verticale ombreggiata**

Si confermano in sostanza le conclusioni precedentemente tratte, ovvero che il modulo cristallino conferma la migliore prestazione nel caso di ombre verticali e che il film sottile e microcristallino presentino andamenti meno performanti nel caso di ombreggiamento verticale, ma con una maggiore uniformità, tra le varie tecnologie, dei gradienti di variazione della Voc.

## 2 VERIFICHE DI RENDIMENTO IN TERMINI DI $I_{dc}$ E $V_{dc}$ SU STRINGHE DI MODULI A DIVERSE TECNOLOGIE

Di seguito sono invece rappresentati dei grafici che confrontano i valori di tensione e corrente continua in uscita da stringhe di moduli a differenti tecnologie. In particolare, tali tecnologie, sono le medesime del precedente capitolo:

- Stringa A//B: 2 stringhe in parallelo, costituite ciascuna da 4 moduli. Ditta Inventux, mod. X 120 – in Silicio amorfo (film sottile)
- Stringa W: stringa di 5 moduli. Ditta Würth Solar, mod. WSG0037E075 – film sottile CIS
- Stringa HT\_HM\_EP: 4 moduli cristallini. 2 della Ditta Helios Technology, mod. HMA 225 e HMA 225P – rispettivamente in Silicio mono e poli cristallino, e 2 della ditta Energica, mod. Primo 60, in Silicio policristallino. (N.B. Le due coppie di moduli sono del tutto analoghe in termini di correnti e tensioni caratteristiche)

I valori sono riferiti a diverse condizioni di irraggiamento, e sono stati normalizzati rispetto ai valori forniti da Scheda Tecnica in condizioni di massima potenza con  $I_{rr}=1000 \text{ W/m}^2$ , in modo tale da poter confrontare tra loro le differenti tecnologie.

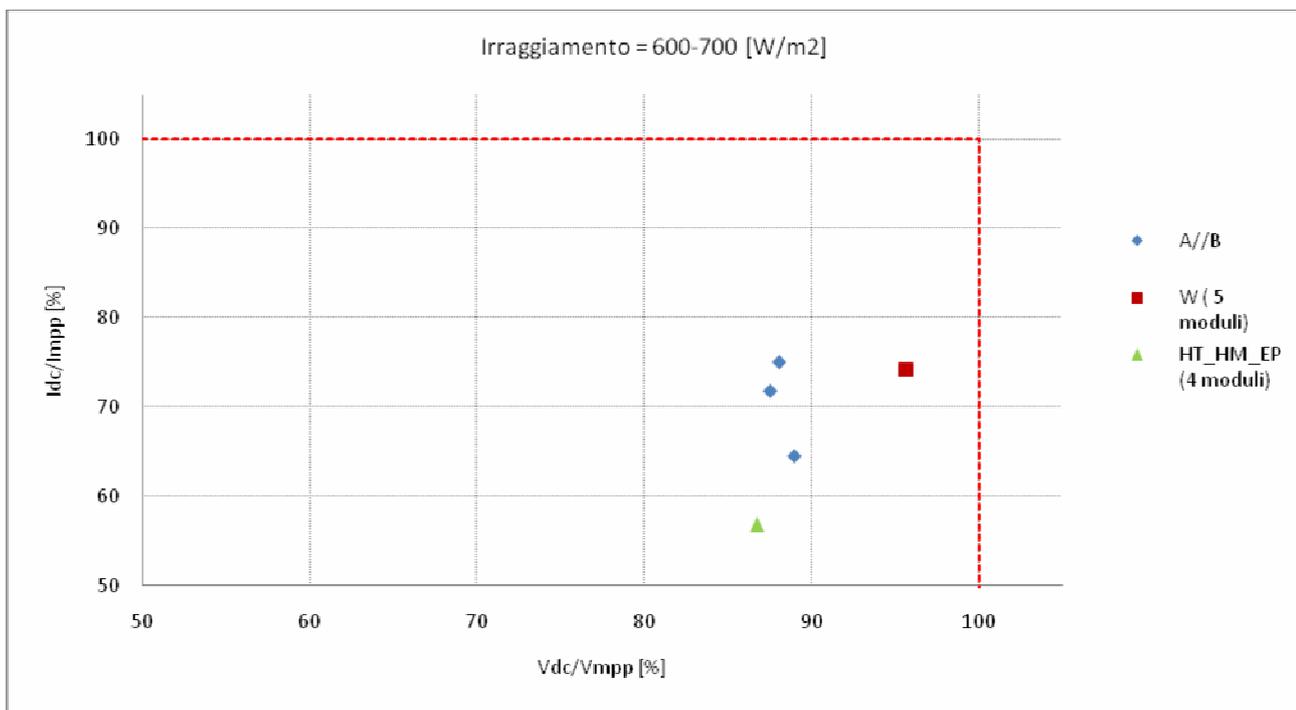


Figura 6: Valori di corrente e tensione forniti in condizioni di  $I_{rr}=600-700 \text{ W/m}^2$

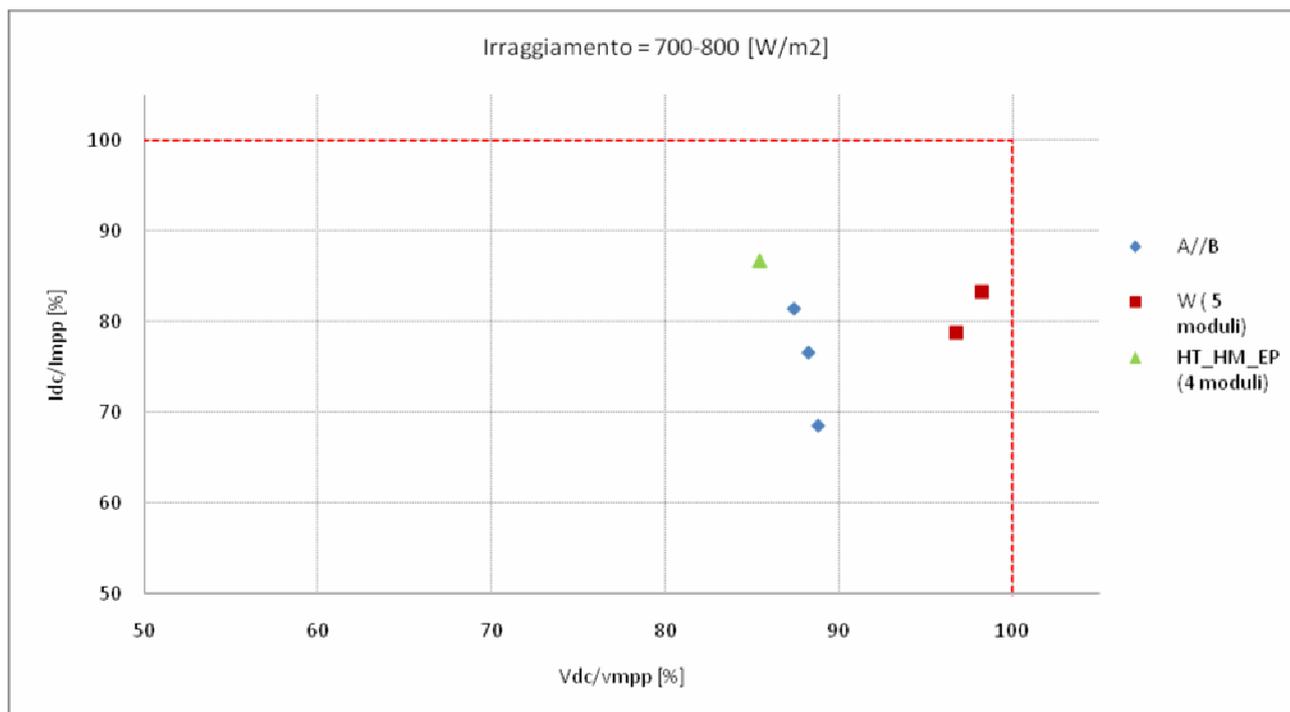


Figura 7: Valori di corrente e tensione forniti in condizioni di Irr=700-800 W/m2

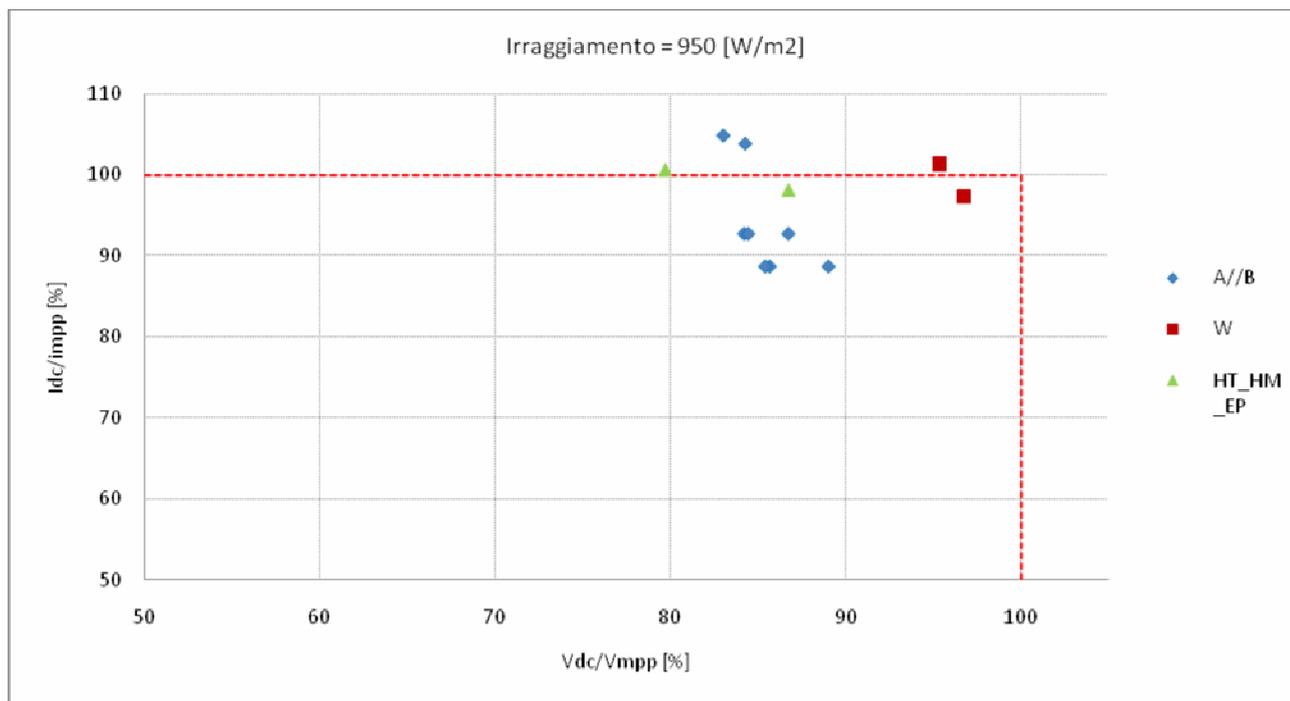


Figura 8: Valori di corrente e tensione forniti in condizioni di Irr=950 W/m2

È interessante notare, come conferma, che siano ancora una volta i valori di corrente a risentire maggiormente della differenza di irraggiamento sul piano del modulo, e come quindi sia proprio la  $I_{dc}$  la componente preponderante nella variazione di potenza fornita al variare dell'irraggiamento.

Inoltre, nel caso dei moduli in Silicio micromorfo e cristallino con  $I_{rr}=800 \text{ W/m}^2$ , può risultare interessante normalizzare i valori ottenuti a quelli in condizioni di irraggiamento pari a  $800 \text{ W/m}^2$ , forniti dalle schede tecniche dell'Inventux e della Helios Technology.

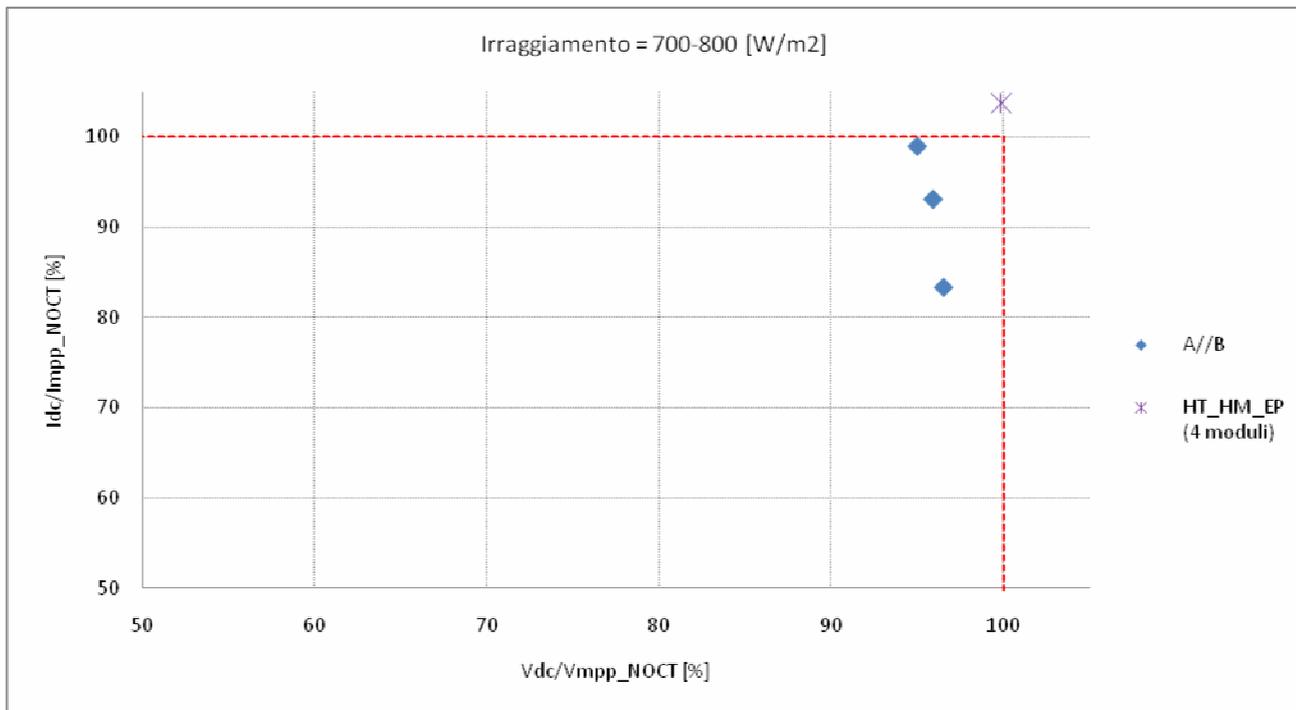


Figura 9: Valori di tensione e corrente forniti ad  $I_{rr}=800 \text{ W/m}^2$  e confrontati ai valori forniti in condizioni NOCT