



# Παράμετροι Ενεργειακών Αποδόσεων Φωτοβολταϊκών Σταθμών

Σοφία Α. Παπαλεξίου

Σύνδεσμος Επενδυτών Φωτοβολταϊκών Ελλάδος

ΤΕΕ ΤΚΜ - ΦΒ Συστήματα – Τεχνολογίες -Προβλήματα - Προοπτικές  
Θεσσαλονίκη, 20 Μαΐου 2011

# Υψηλές Ενεργειακές Αποδόσεις Το ζητούμενο για κάθε επενδυτή και ο στόχος «κάθε» εγκαταστάτη

α) Πως όμως αποτιμώνται οι ενεργειακές αποδόσεις και β)  
πως επιτυγχάνονται?

Η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη μονάδα είναι οι **kWh/kW**

**Ερώτηση:** Μία απόδοση της τάξεως των 1400kWh/kW  
θεωρείται καλή ή κακή?

**Απάντηση:** Για τη Β.Ελλάδα είναι μια χαρά αλλά για την  
Κρήτη μάλλον όχι... και για τη Σαχάρα ακόμα χειρότερα...

Άρα πως τελικά αποτιμούμε την ενεργειακή απόδοση μιας ΦΒ  
εγκατάστασης??

→→ Ένας πιο αντικειμενικός δείκτης είναι το **PR**



# PR = Performance Ratio

- Θα μπορούσαμε να το πούμε Λόγο Απόδοσης
- ..Και εξαρτάται από πολλές επί μέρους παραμέτρους

**Ορίζεται ως:**

**η πραγματική παραγωγή μιας ΦΒ εγκατάστασης, ως προς την θεωρητικώς αναμενόμενη με βάση το ολοκλήρωμα της ακτινοβολίας, για δεδομένο χρονικό διάστημα και μετράται σε %.**

- Έτσι, ο εγκαταστάτης απαλλάσσεται από την εξάρτηση από τις συνθήκες ακτινοβολίας. Προφανώς αυτό είναι σωστό. Είναι όμως επαρκές?



# Performance ratio

## Παράμετροι που το επηρεάζουν

- Απώλειες λόγω ανακλάσεων (reflection losses) ( $\approx 1,5\%$ )
- Απόκλιση από φάσμα αναφοράς  $AM=1,5$  ( $\approx 0,5\%$ )
- Θερμοκρασία – Μετεωρολογικές συνθήκες (π.χ. για κρυσταλλικό πυρίτιο  $\approx 0,45\% / ^\circ C$ ). Για μέση θερμοκρασία πάνελ  $45^\circ C$ , οι απώλειες είναι  $\approx 9\%$
- Low irradiation parameter (είναι γνωστό ότι η απόδοση μια εγκατάστασης μειώνεται υπό συνθήκες χαμηλής ακτινοβολήσης  $<200W/m^2$ ) ( $\approx 0,8\%$ )
- Mismatch losses (χρειάζεται καλή επιλογή των πάνελ για δημιουργία κάθε στοιχειοσειράς, sorting). Με τις σημερινές συνθήκες δεν έχει το νόημα που είχε παλιότερα πάντως.

# Πραγματική ισχύς ΦΒ πανέλων σε πραγματικές συνθήκες

ELEKTRICAL DATA (STC)								
STC: Standard Test Conditions; measurement conditions: Radiation strength 1000W/m <sup>2</sup> , spectral distribution AM 1.5, temperature 25±2 °C, in accordance with EN 60904-3								
Specification								
Nominal Power P <sub>N</sub>	210 Wp	215 Wp	220 Wp	225 Wp	230 Wp	235 Wp	240 Wp	245 Wp
Nominal Voltage U <sub>mpp</sub>	28,2 V	28,3 V	28,4 V	28,6 V	28,8 V	29,1 V	29,4 V	29,7 V
Nominal Current I <sub>mpp</sub>	7,45 A	7,61 A	7,76 A	7,87 A	8,00 A	8,08 A	8,17 A	8,25 A
Open Circuit Voltage U <sub>OC</sub>	36,3 V	36,5 V	36,6 V	36,7 V	36,9 V	36,9 V	37,0 V	37,2 V
Short Circuit Current I <sub>SC</sub>	7,98 A	8,16 A	8,30 A	8,42 A	8,50 A	8,56 A	8,61 A	8,67 A
I <sub>R</sub> *	20 A							
Measuring tolerances P <sub>max</sub> ±5%;								
* Reverse current power rating: Operation of the modules with an external power source is only permitted with a string fuse with a release current of < 2 x I <sub>SC</sub> @ NOCT.								

Reduction in the module efficiency with reduction in radiation strength of 1000 W/m<sup>2</sup> to 200 W/m<sup>2</sup> (25 °C): 4<sup>±2</sup>% (relativ) / -0,6<sup>±0,3</sup>% (absolut).

ELECTRICAL DATA (NOCT)								
NOCT: Normal Operation Cell Temperature, measurement conditions: Radiation strength 800W/m <sup>2</sup> , AM 1.5, temperature 20 °C, wind speed 1m/s, electrical open-circuit operation								
Specification								
Nominal Power P <sub>N</sub>	153 W	156 W	160 W	163 W	167 W	171 W	174 W	178 W
Nominal Voltage U <sub>mpp</sub>	25,6 V	25,7 V	25,8 V	26,0 V	26,2 V	26,5 V	26,8 V	27,1 V
Open Circuit Voltage U <sub>OC</sub>	33,7 V	33,9 V	34,0 V	34,1 V	34,3 V	34,3 V	34,4 V	34,6 V
Short Circuit Current I <sub>SC</sub>	6,45 A	6,60 A	6,71 A	6,81 A	6,87 A	6,92 A	6,96 A	7,01 A

# Performance ratio

## Παράμετροι που το επηρεάζουν

- Απώλειες στις γραμμές DC (??%)
- Απώλειες στις γραμμές AC (??%)
- Απώλειες μετασχηματιστών ( $\approx 1-2\%$ )
- Απώλειες αντιστροφών ( $\approx 2-7\%$ )
- Απώλειες λόγω εσωτερικών ή και εξωτερικών σκιάσεων (υπάρχουν εγκαταστάσεις με παιδαριώδη λάθη τέτοιου είδους) (??%)
- Χρονική υποβάθμιση ισχύος ( $1\%/y$ )
- Διαθεσιμότητα του σταθμού
- κλπ

# Ποιες από τις παραμέτρους αυτές ελέγχουμε?

- Σωστή επιλογή των πάνελ
- Σωστή επιλογή των αντιστροφών με κριτήριο τον βέλτιστο συνδυασμό τους με τα πάνελ
- Σωστός σχεδιασμός (αυτό είναι πολυπαραμετρικό θέμα)
- Σωστές υποδομές (καλώδια, συνδέσεις κλπ)

**Όλα αυτά οδηγούν σε υψηλό PR**

**Γία μια αποδεκτή εγκατάσταση θα πρέπει εν γένει  
PR > 76%**



# «Απόδοση» ΦΒ πινέλων

## Μια συνήθης παρεξήγηση

Οι «αποδόσεις» των ΦΒ πινέλων ποικίλουν

- Π.χ. ας θεωρήσουμε τα πιο συνήθη εξ αυτών, ήτοι αυτά με κυψέλες 6 ιντσών σε γεωμετρία 6 επί 10, με εξωτερικές διαστάσεις περίπου 1m x 1.66m
- Τα πινέλων αυτά αποδίδουν από 210 έως 250W
- Δεν είναι λίγοι αυτοί (ήσαν περισσότεροι στο παρελθόν) που παρεξηγούν τις έννοιες αυτές και νομίζουν ότι τα υψηλότερης αποδόσεως πινέλων θα τους αποφέρουν και περισσότερα έσοδα.



# Απόδοση ΦΒ πινέλων

## Μια συνήθης παρεξήγηση

Electrical Characteristics*		220/6 PH	225/6 PH	230/6 PH
Maximum Power Rating	$P_{max}$ [Wp]	220	225	230
Tolerance of $P_{max}$	P [Wp]	-0/+5	-0/+5	-0/+5
Maximum Power Voltage of $P_{max}$	$U_{mpp}$ [V]	29.40	29.50	29.60
Maximum Power Current $P_{max}$	$I_{mpp}$ [A]	7.63	7.78	7.92
Short Circuit Current	$I_{sc}$ [A]	8.27	8.33	8.51
Open Circuit Voltage	$U_{oc}$ [V]	36.40	36.50	36.60
Maximum System Voltage	[V]	1000	1000	1000
Back current load	$I_r$ [A]	15	15	15
<b>Efficiency</b>		<b>220/6 PH</b>	<b>225/6 PH</b>	<b>230/6 PH</b>
Cell [%]		15.09	15.43	15.78
Module [%]		13.71	14.02	14.33

# Απόδοση ΦΒ πανέλων

## Μια συνήθης παρεξήγηση

- Το ίδιο λάθος είναι συχνό για όσους επιλέγουν πάνελ με διαφορετική τεχνολογία κυψελών, υψηλής απόδοσης (π.χ. A300 ή Heterojunction)
- Μολοντούτο, η διαφορετική τεχνολογία κυψελών μπορεί να σημαίνει πράγματι περισσότερες (ή λιγότερες) kWh παραγωγής στο τέλος της χρονιάς
- ..για λόγους που συναρτώνται με την διαφορετική απόκριση στο φάσμα ακτινοβολίας και την διαφορετική θερμοκρασιακή εξάρτηση
- Στην πράξη όμως, η ωριμότητα της κάθε τεχνολογίας παραμένει βασική παράμετρος.

# Εν γένει, ποια είναι τα συνήθη λάθη που γίνονται?

- Εσωτερικές ή και εξωτερικές σκιάσεις
- Μηχανικές κατασκευές αναντίστοιχες με τα φορτία
- Ακατάλληλες έως λάθος επιλογές στοιχειοσειρών
- Υποδιαστασιολόγηση και κακή ποιότητα καλωδιώσεων
- Κακή ποιότητα βασικού εξοπλισμού

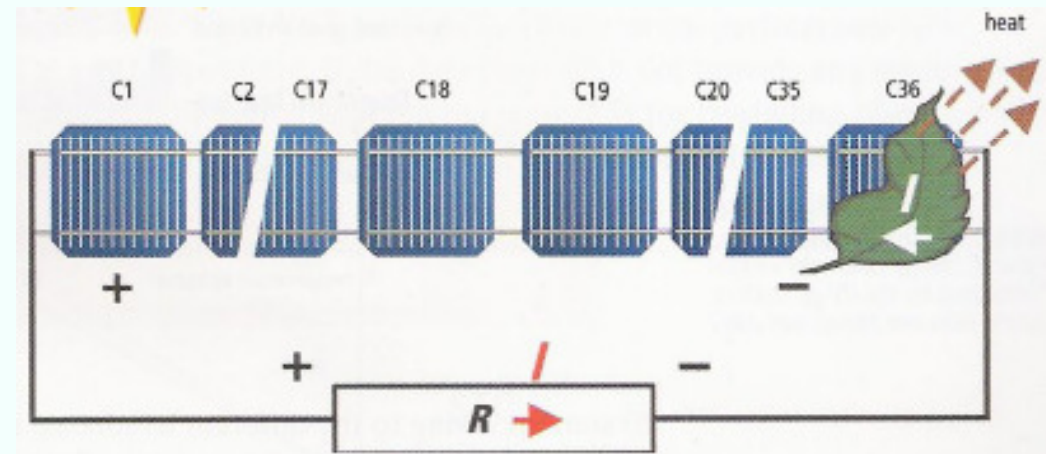
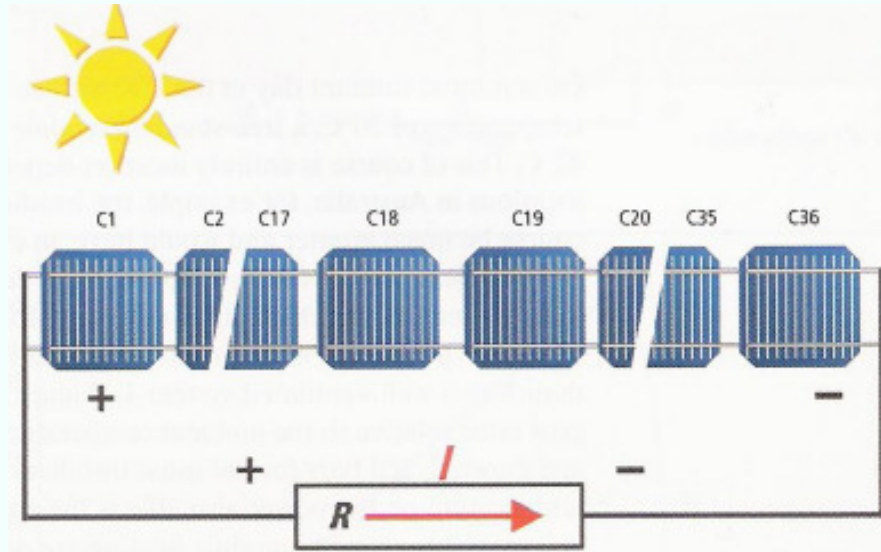
# ..ας δούμε μερικές τραγικές περιπτώσεις



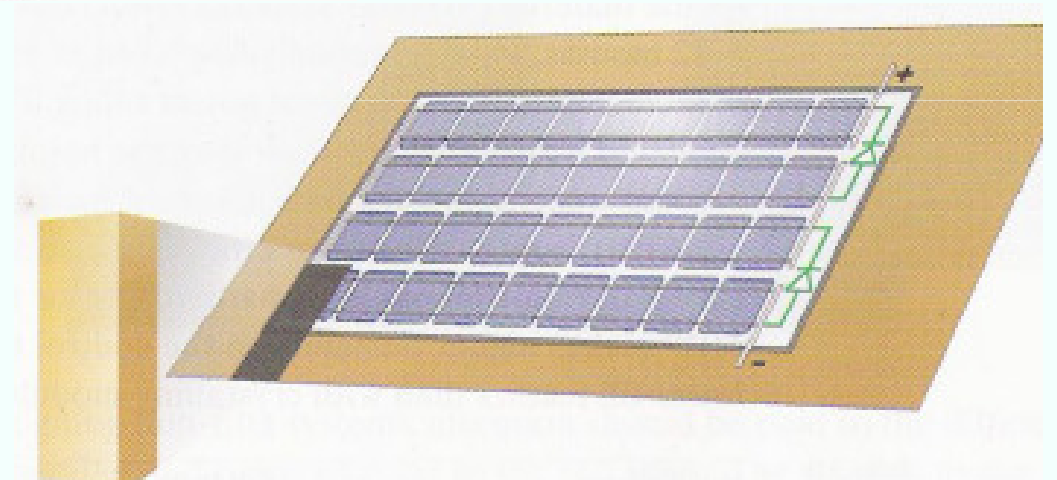
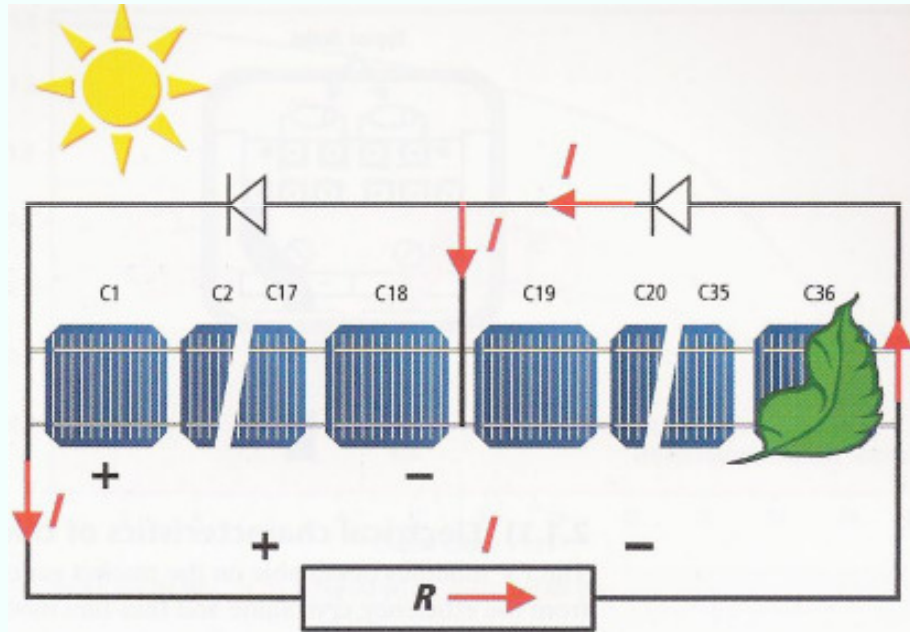
... κι άλλη μια



# Πόσο καταστροφικές μπορεί να είναι οι σκιάσεις?



# Οι δίοδοι βραχυκυκλώσεως προσφέρουν μερική προστασία



**...ωστόσο εδώ δεν υπάρχει ελπίδα**





# ...απερίγραπτες γκάφες σε όλα τα μήκη και πλάτη της γης



ΤΕΕ ΤΚΜ -Φωτοβολταικά Συστήματα  
Θεσσαλονίκη, 20 Μαΐου 2011

# ...συνέχεια



**ΤΕΕ ΤΚΜ -Φωτοβολταϊκά Συστήματα  
Θεσσαλονίκη, 20 Μαΐου 2011**

# ...κάπου στη βόρεια Ευρώπη



# ...άνευ σχολίων



# ...και τέλος, κάπου στο νότιο ημισφαίριο

Hurstville - panels installed on the SOUTH-EAST facing roof!!!



Σας ευχαριστώ για την προσοχή σας

