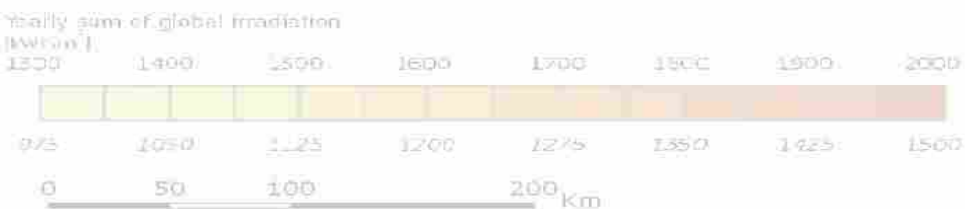


Φωτοβολταϊκά τρέχουσα κατάσταση και προοπτικές

3rd Energy Tech Forum
16 Οκτωβρίου 2018
Ίδρυμα Ευγενίδου,
Αθήνα

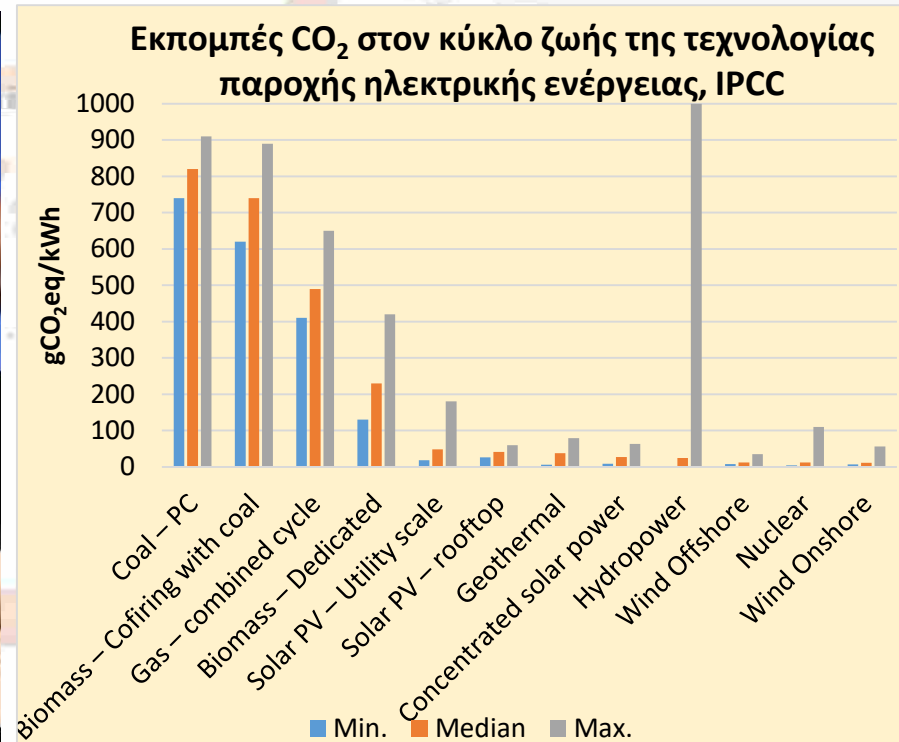
Ευστάθιος Τσελεπής
Σύμβουλος Ενεργειακής Μετάβασης



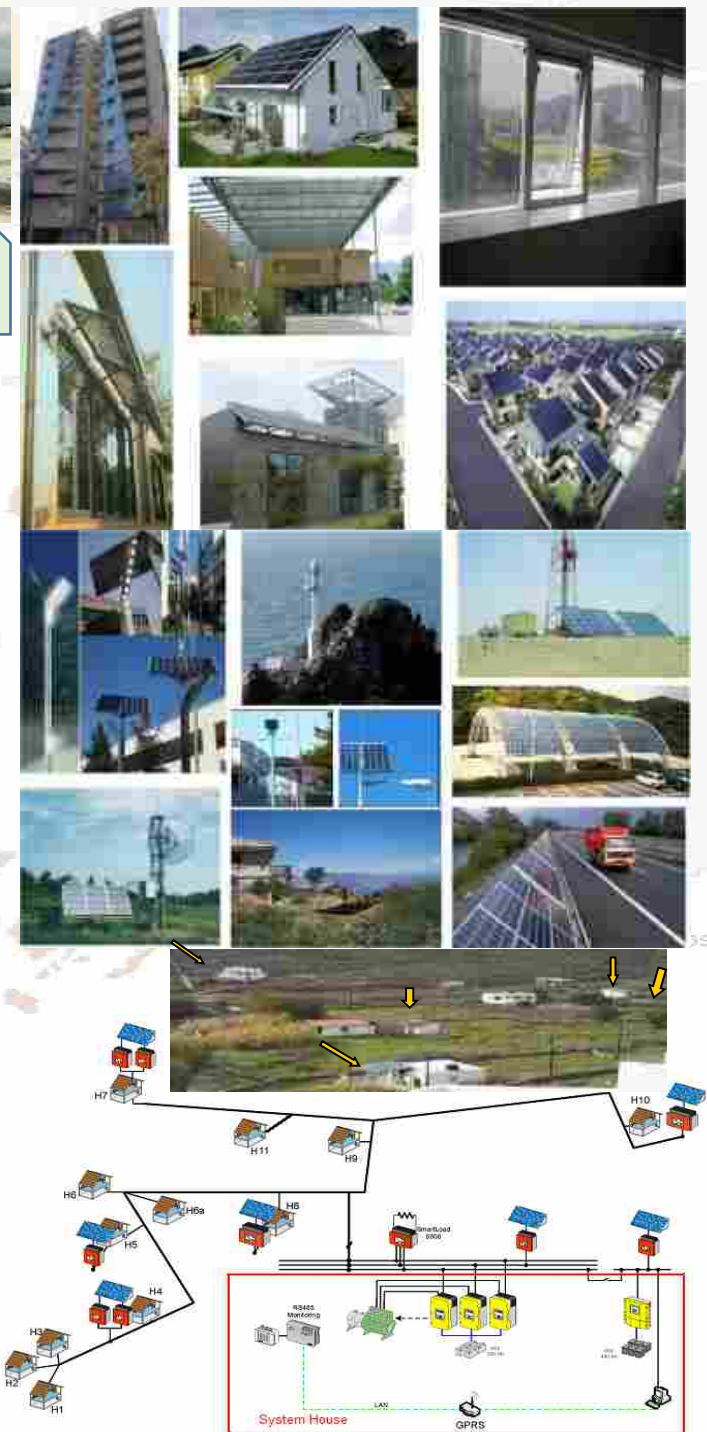
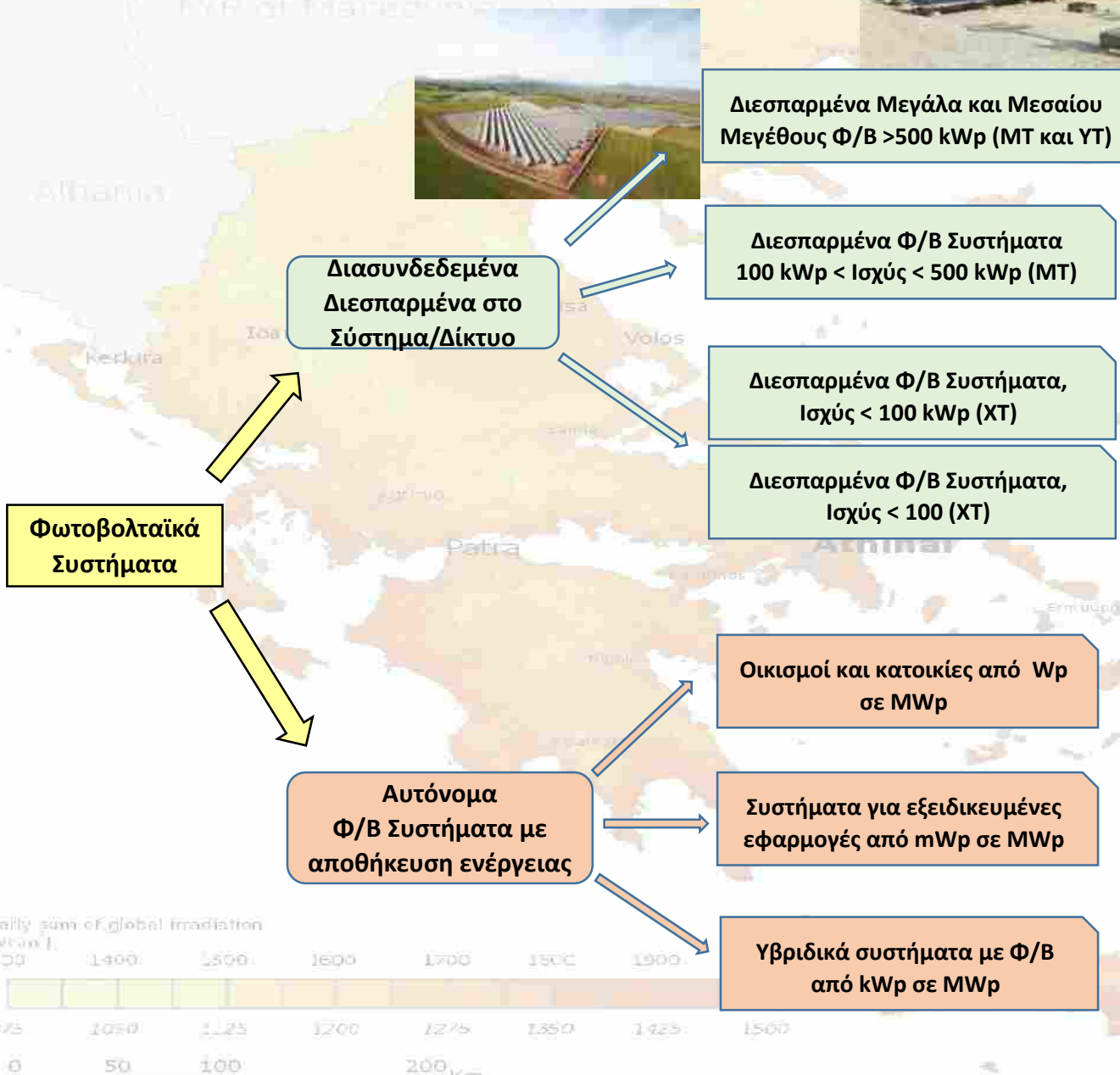
Φ/Β Τεχνολογία

Κύρια χαρακτηριστικά

- Τεχνολογία ηλεκτροπαραγωγής, χωρίς ρύπους κατά την λειτουργία τους
- Πηγή ενέργειας η ηλιακή, ανεξάντλητη
- Κύριες εμπορικές τεχνολογίες βασίζονται κυρίως στο πυρίτιο που είναι άφθονο στη φύση
- Μπορεί να εφαρμοσθεί σε ευρεία κλίμακα ισχύος και εφαρμογών
- Παραγωγή τοπικά εκεί που χρειάζεται καθώς η ηλιακή ενέργεια είναι διαθέσιμη σχεδόν παντού
- Μπορεί να εφαρμοσθεί στο ευρύτερο αστικό περιβάλλον, π.χ σε κτίρια.

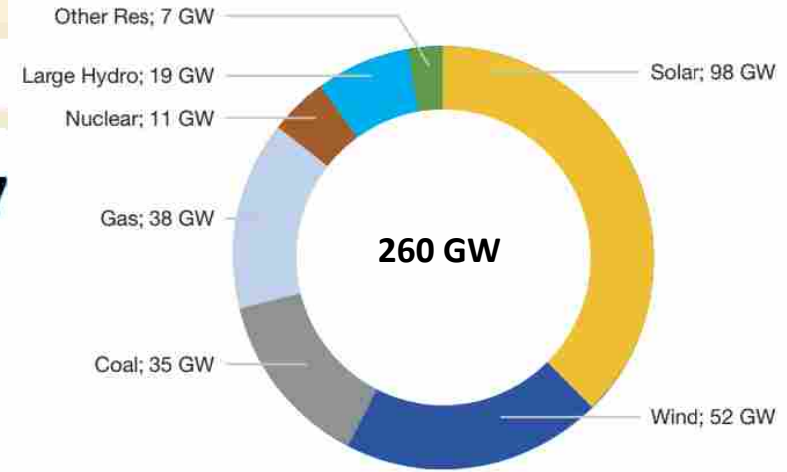


Εφαρμογές Φ/Β Συστημάτων

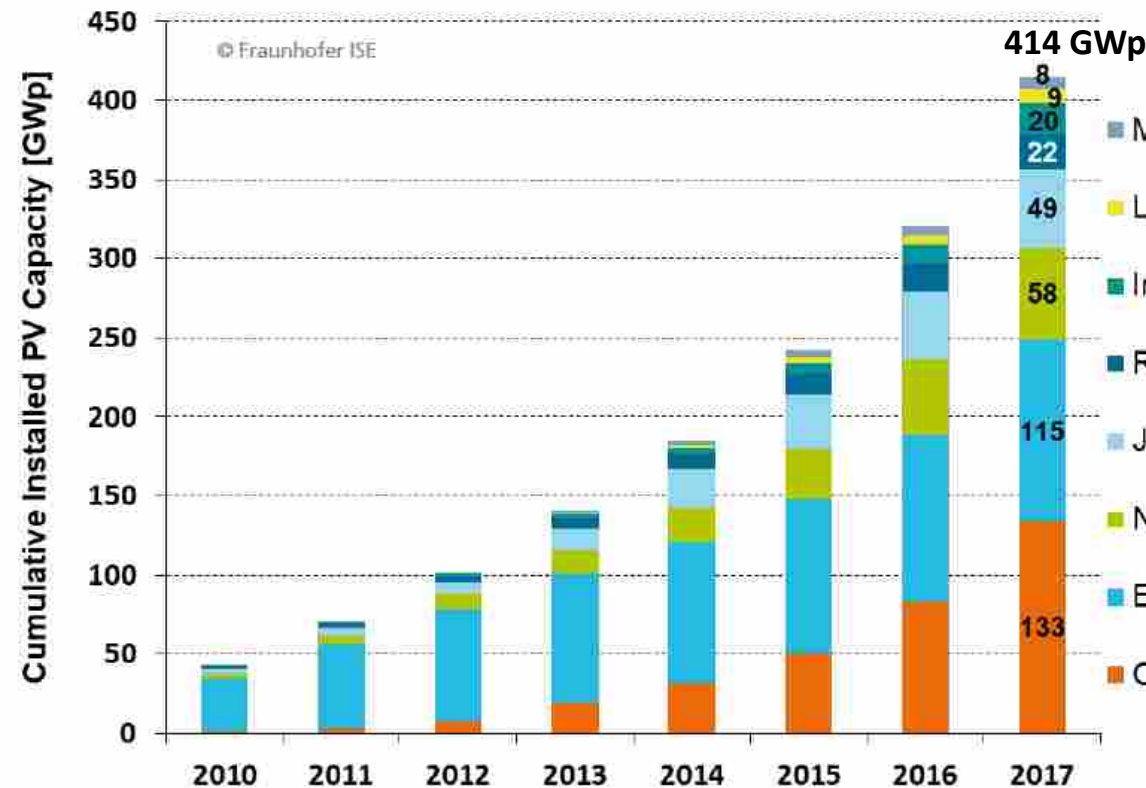


Εξέλιξη Φ/Β εγκαταστάσεων Διεθνώς

NET POWER GENERATING CAPACITY ADDED IN 2017 BY MAIN TECHNOLOGY

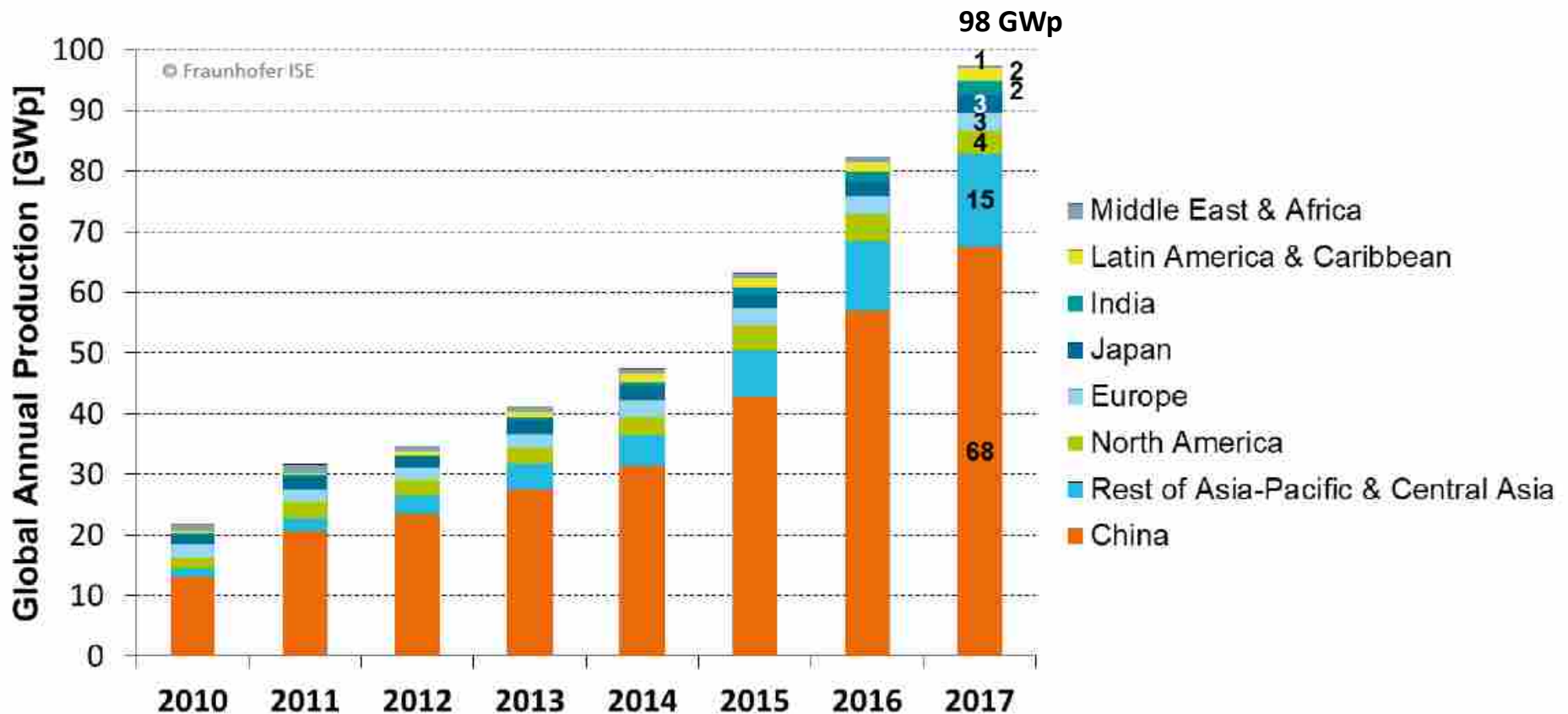


Global Cumulative PV Installation until 2017 (includes off-grid)



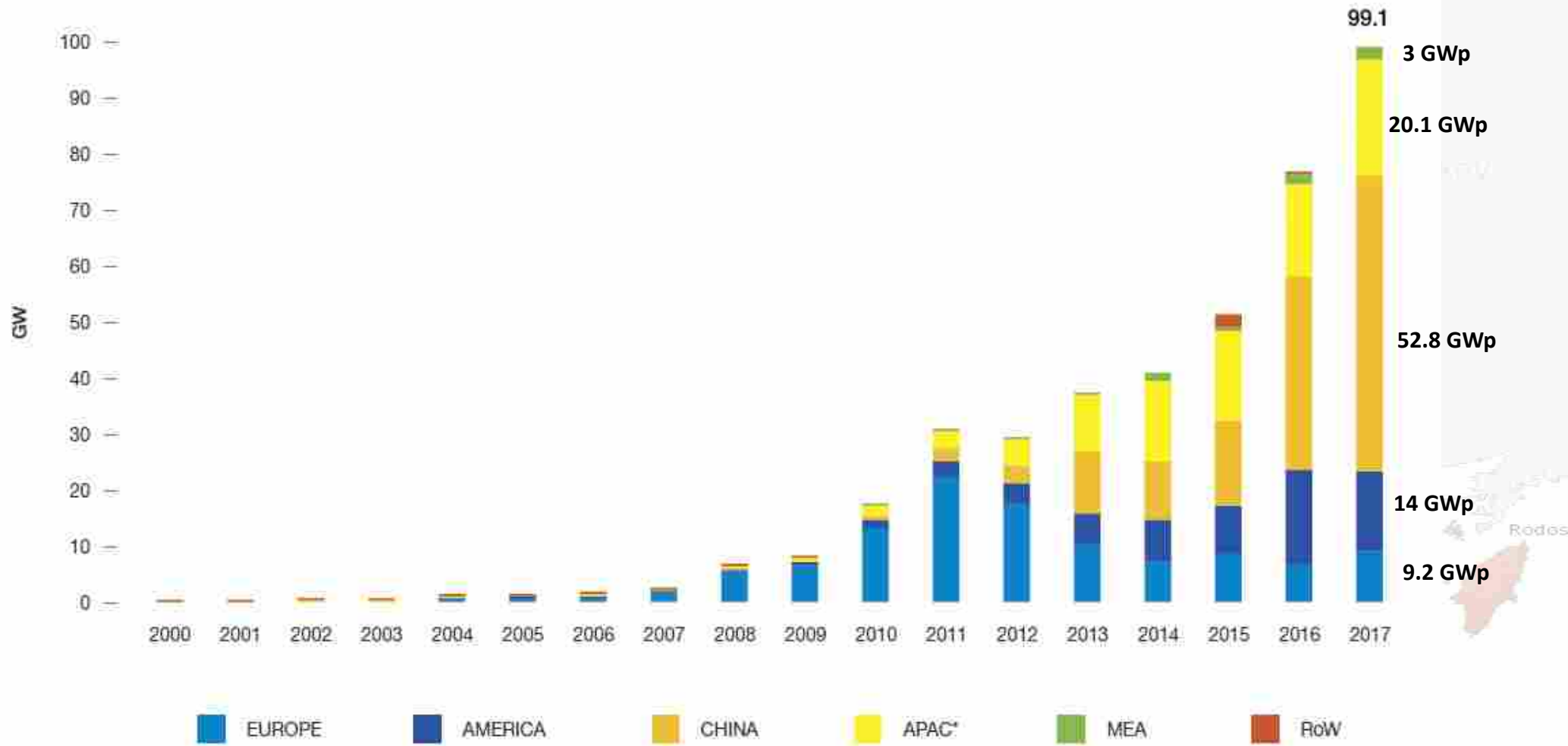
Εξέλιξη Φ/Β παραγωγής ανά χώρα/περιοχή 2017

PV Industry Production by Region Global Annual Production



Εξέλιξη Φ/Β εγκαταστάσεων Διεθνώς 2000- 2017

EVOLUTION OF GLOBAL ANNUAL SOLAR PV INSTALLED CAPACITY 2000-2017

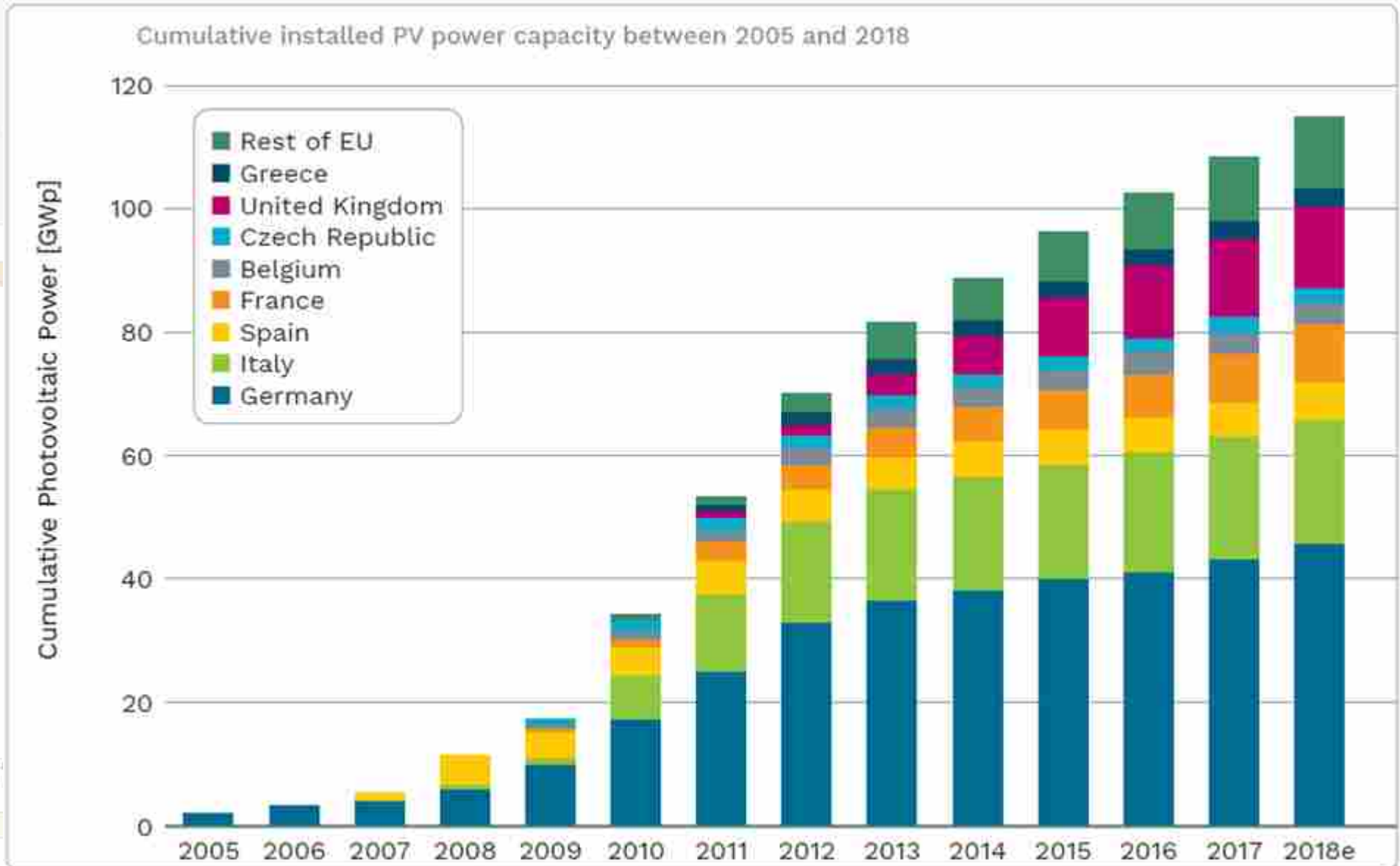


*APAC excl. China

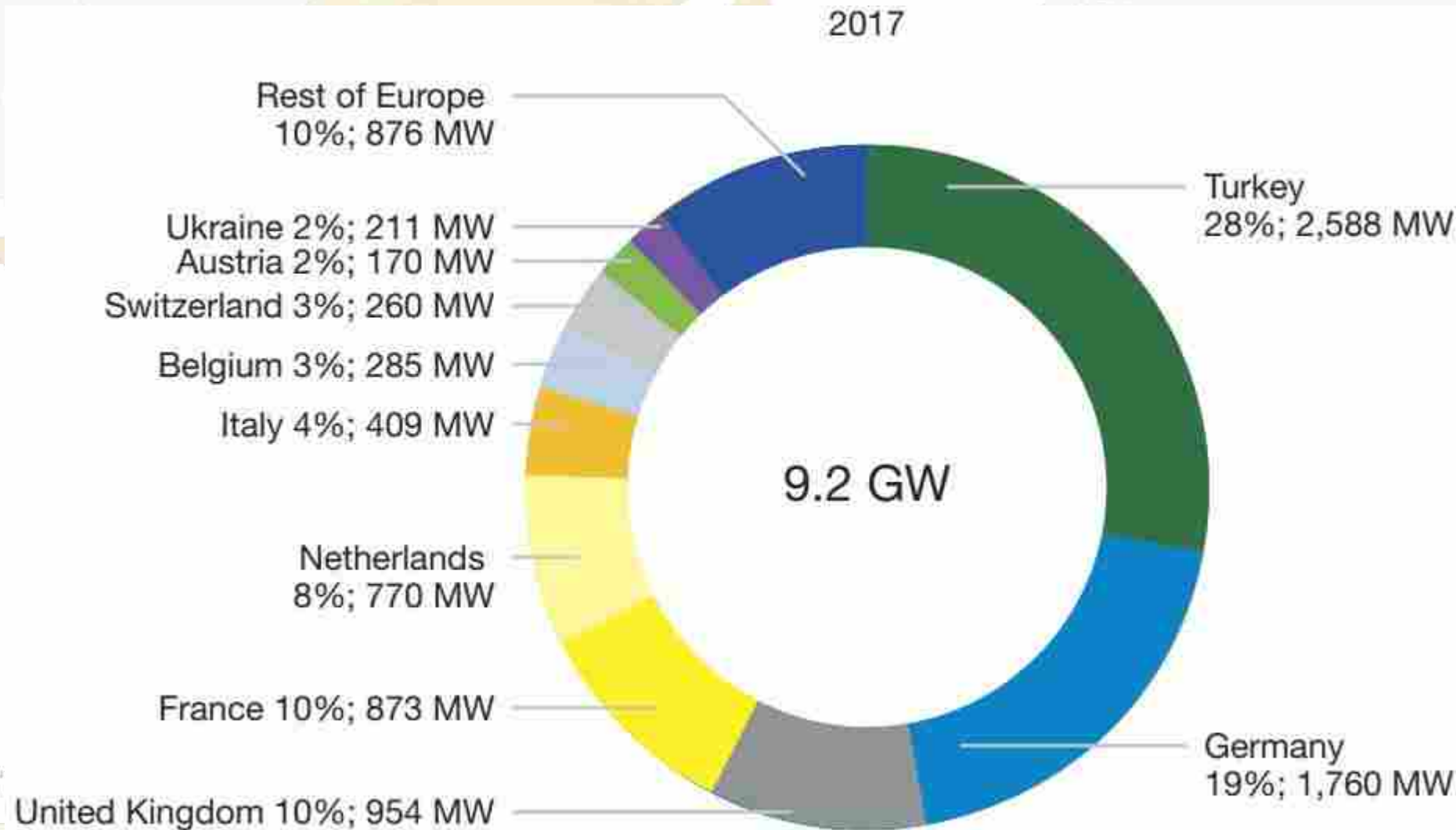
© SOLARPPOWER EUROPE 2018



Εξέλιξη Φ/Β εγκαταστάσεων στην Ευρώπη 2005 - 2017



Φ/Β εγκαταστάσεις στην Ευρώπη το 2017



Source: Global Market Outlook, For Solar Power / 2018 – 2022, SolarPower Europe

Source: PVGIS <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Στόχοι Ευρωπαϊκής Ένωσης για 2020 και 2030



2030 Framework for Climate and Energy

Οδηγία 28/2009/ΕΚ

2020

-20 %
Greenhouse
Gas Emissions

20%
Renewable
Energy

20 %
Energy
Efficiency

10 %
Interconnection

2030

≤ - 40 %
Greenhouse Gas
Emissions

≥ 27 %
Renewable
Energy
(≥ 32%)

≥ 27%*
Energy
Efficiency

* To be reviewed
by 2020, having in
mind an EU level of
30%

15 %
Interconnection

New governance system + indicators

Yearly sum of
RWDG (T)
1300
1075

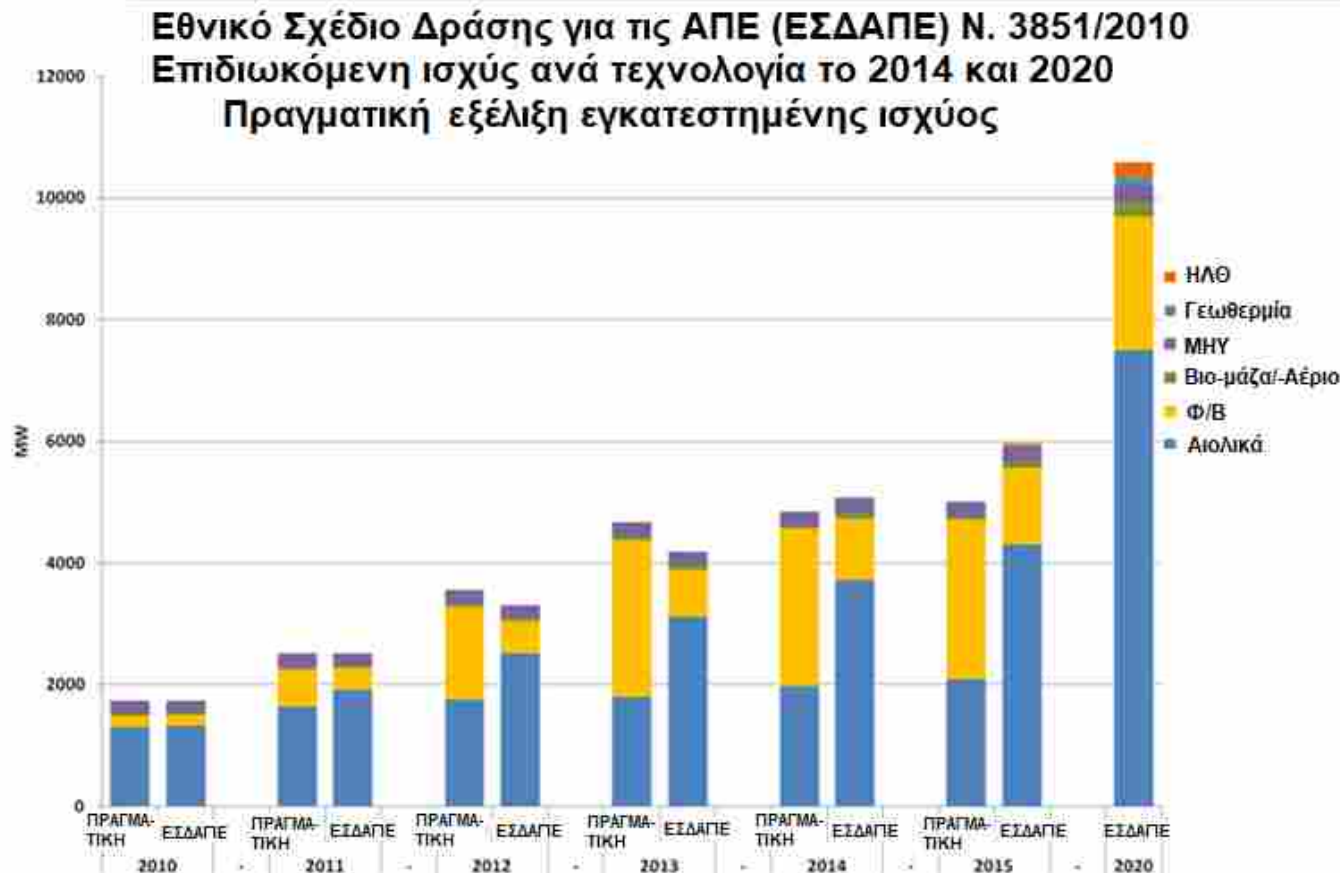
0 50 100 200 km

Source: PVGIS <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Εθνικοί στόχοι ΑΠΕ για 2020

Στόχοι 2020 (Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Ν.3851/2010)

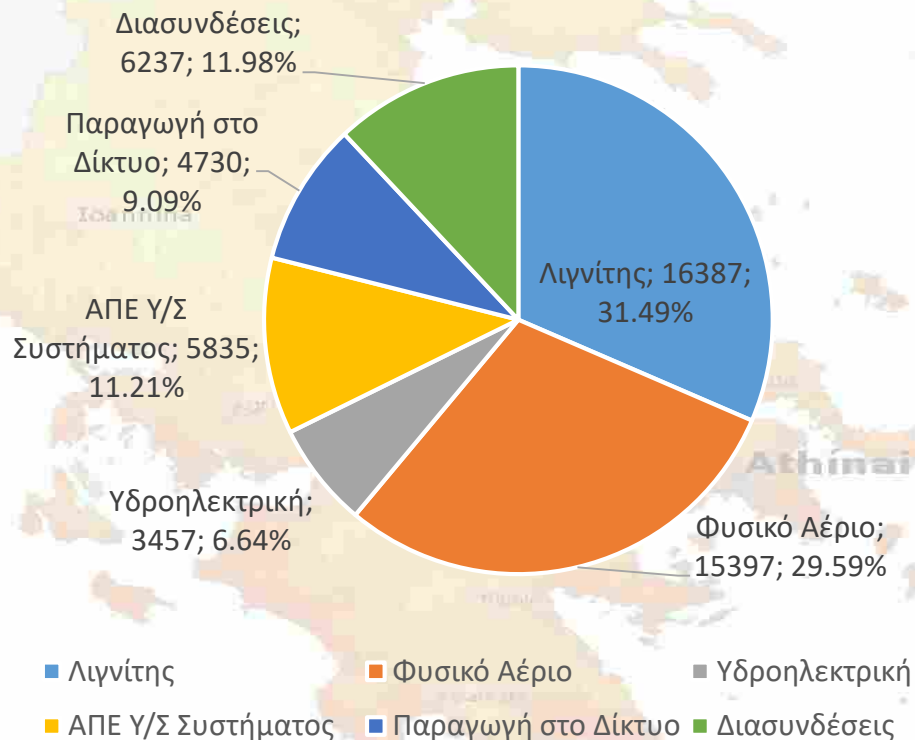
- Μείωση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου τουλάχιστον κατά 20%,
- Αύξηση του μεριδίου των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας από το 18% στο 20% τουλάχιστον στην τελική κατανάλωση και 40% στην ηλεκτρική κατανάλωση
- Εξοικονόμηση ενέργειας κατά 20% ή περισσότερο.
- 10% συμμετοχή ΑΠΕ στον τομέα των μεταφορών τους.



* Η επιδιωκόμενη εγκατεστημένη ισχύς από Φωτοβολταϊκά Συστήματα που αναφέρεται στον πιο πάνω Πίνακα δεν περιλαμβάνει την παραγόμενη ενέργεια η οποία θα εγχέεται στο Δίκτυο ως αποτέλεσμα της εφαρμογής του «Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτηριακές εγκαταστάσεις»

Παραγωγή ανά ενεργειακό πόρο και διασυνδέσεις 2017

Συμμετοχή Παραγωγής και Διασυνδέσεων 2017 ανά Ενεργειακό Πόρο σε GWh και ποσοστό



Συνολική κατανάλωση: 52.043 TWh
Συνολική Παραγωγή ΑΠΕ: 14 TWh

% ΑΠΕ (συμπεριλαμβανομένων Υδροηλεκτρικών) στην Παραγωγή μαζί με τις Διασυνδέσεις: 26.94%

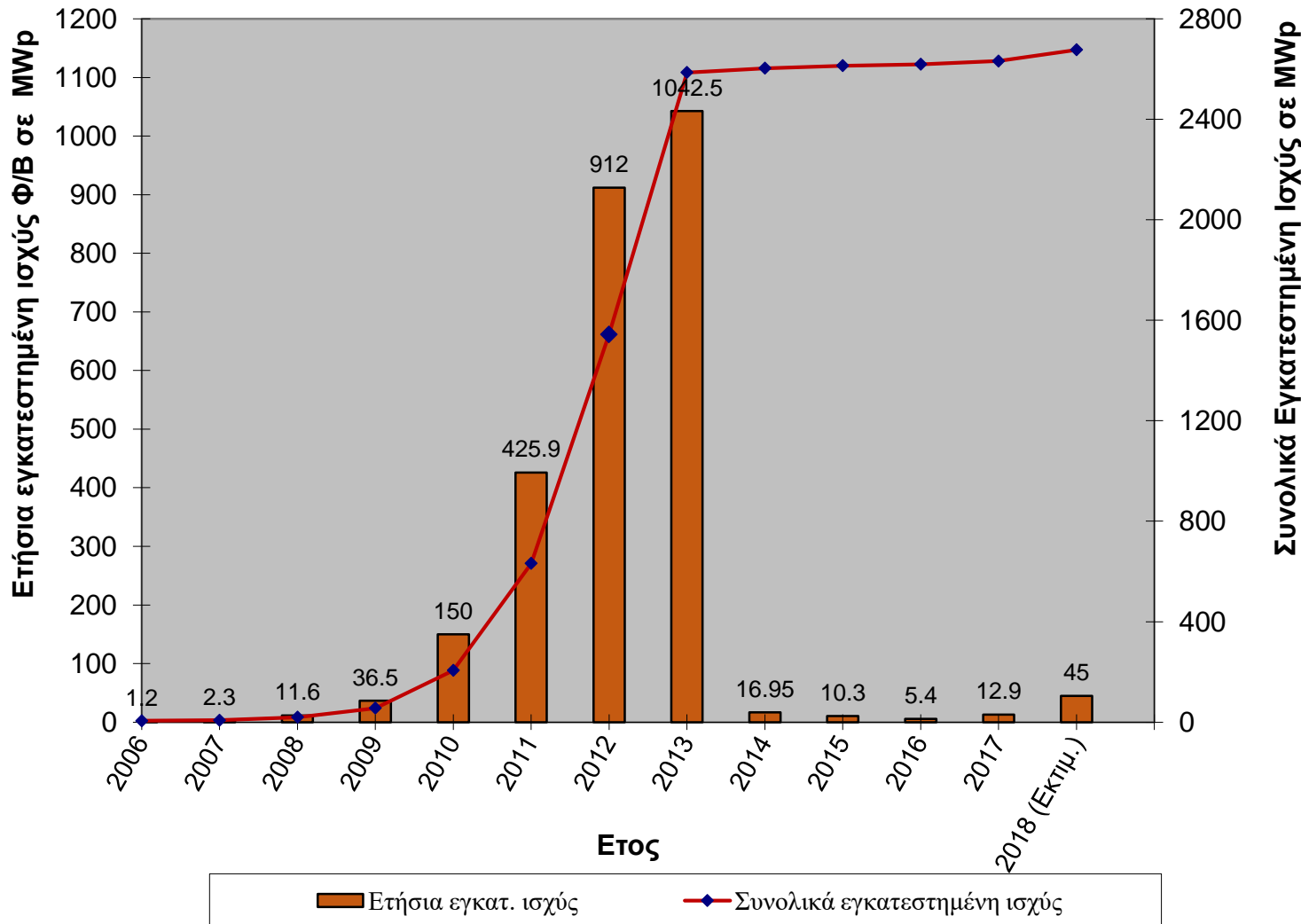
Πηγή: ΑΔΜΗΕ ΜΗΝΙΑΙΟ ΔΕΛΤΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ - ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2017 - v1

- Δεν περιλαμβάνεται η ζήτηση στα μη διασυνδεδεμένα νησιά.
- η παραγωγή αναφέρεται στο σημείο έγχυσης στο Σύστημα.
- η παραγωγή στο Δίκτυο προκύπτει από πιστοποιημένες μετρήσεις για την Μέση Τάση και εκτιμήσεις για την Χαμηλή Τάση.
- Θετικό πρόσημο στο ισοζύγιο διασυνδέσεων σημαίνει εισαγωγικό ισοζύγιο.

Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος Φ/Β στην Ελλάδα

2017

Εγκατεστημένη Ισχύς Φ/Β Συστημάτων στην Ελλάδα



Συνολική Εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β : 2630 MWp

Διασυνδεδεμένο Σύστημα: 2464 MWp
Συμμετοχή Φ/Β στην κατανάλωση 7,29%

και

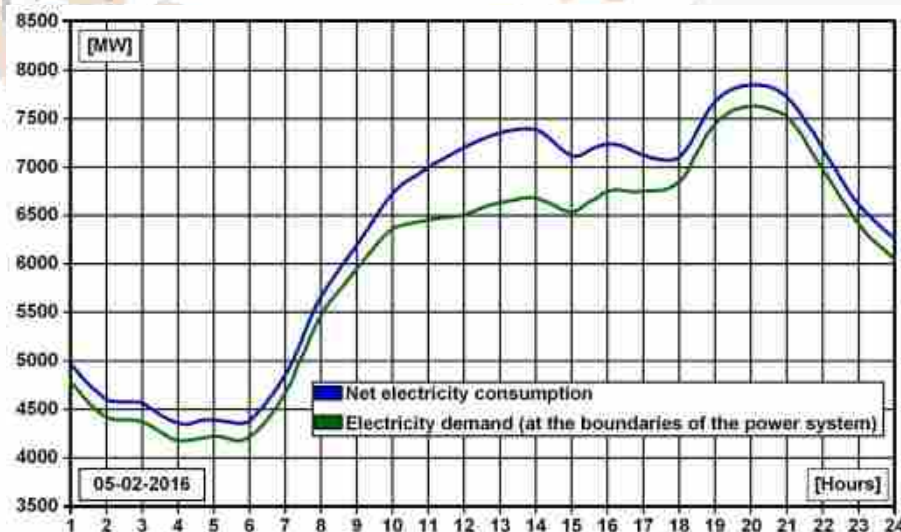
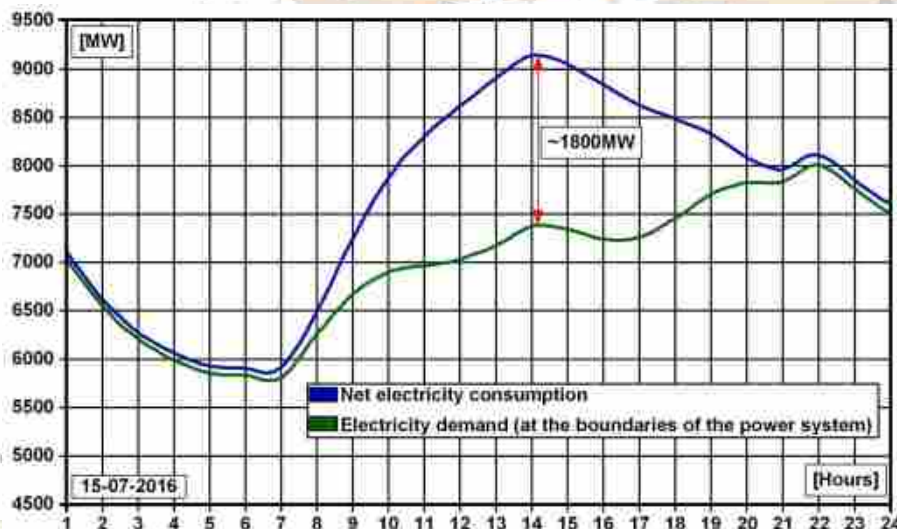
Μη Διασυνδ. : 160 MWp
Συμμετοχή Φ/Β στην κατανάλωση 4.69%

Υπολογισμός συμμετοχής Φ/Β στην κατανάλωση από μέσες τιμές απόδοσης από Στατικά ΣΕΦ:
pv-stats_greece_2017_11July2018

Στατιστικά στοιχεία για τα Φ/Β συστήματα και συμμετοχή στην κατανάλωση στην Ελλάδα το 2017

Εγκατεστημένη φωτοβολταϊκή ισχύς σε εθνικό επίπεδο, Δεκέμβριος, 2017 MWp	2630
Εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β (Διασυνδεδεμένο Σύστημα), Δεκ 2017 MWp	2464
Μέγιστη ζήτηση (διασυνδεδεμένο σύστημα, Ιούλιος 2017) MW	9674
Συνολική κατανάλωση ενέργειας το 2017 (διασυνδεδεμένο σύστημα) GWh	52043
Συνολικά παραχθείσα ενέργεια από Φ/Β 2017 (Διασυνδεδεμένο Σύστημα) GWh	3797
Μερίδιο Φ/Β ενέργειας στην κατανάλωση (διασυνδεδεμένο σύστημα), 2017, %	7.3%
Μερίδιο εγκατεστημένης ισχύος Φ/Β συνδεδεμένων στην ΥΤ, 2017, %	2.35%
Μερίδιο εγκατεστημένης ισχύος Φ/Β συνδεδεμένων στην ΜΤ, 2017, %	46.68%
Μερίδιο εγκατεστημένης ισχύος Φ/Β συνδεδεμένων στην ΧΤ, 2017, %	50.97%

Πηγή: Επεξεργασμένα στοιχεία από ΑΔΜΗΕ, ΔΕΔΔΗΕ, ΡΑΕ



Οι ΑΠΕ (κυρίως Φ/Β) συνεισφέρουν σχεδόν 20% στη μέγιστη ημερήσια ηλεκτρική ζήτηση (σε ωριαία βάση) της 15-07-2016.

Πηγή: Παρουσίαση Verde-Tec Μάρτιος 2017, Α. Κυρίτσης ΚΑΠΕ

Συμμετοχή Φ/Β στο μίγμα ηλεκτρικής ενέργειας ΜΔΝ

Ποσοστό συμμετοχής ΑΠΕ στην Κατανάλωση 2017

Εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ
ΜΔΝ 2017: 483 MW

Συμμετοχή ΑΠΕ στην
Κατανάλωση ΜΔΝ: 17,85%

Αιολικά: 322 MW

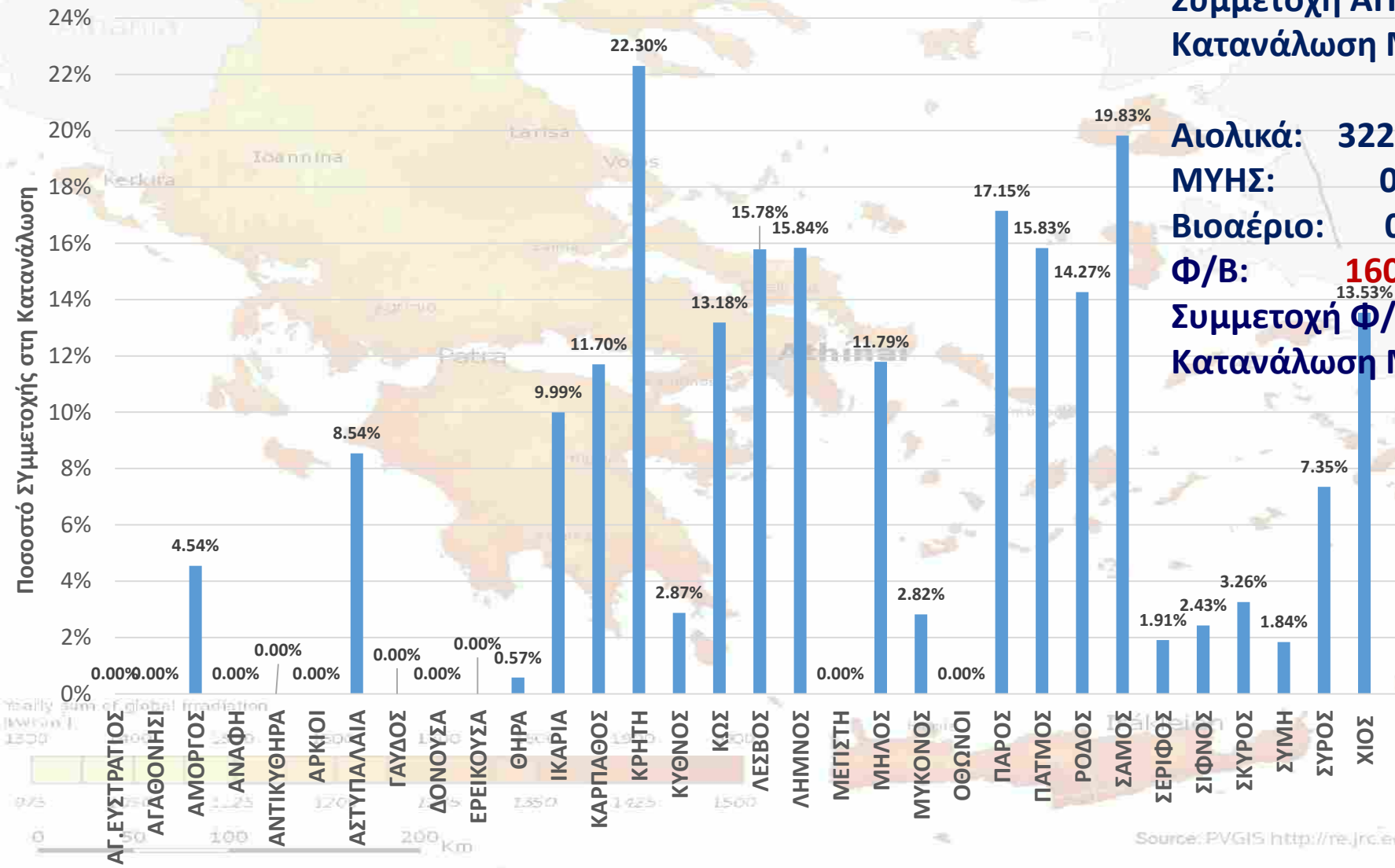
ΜΥΗΣ: 0.5 MW

Βιοαέριο: 0.3 MW

Φ/Β: 160 MWp

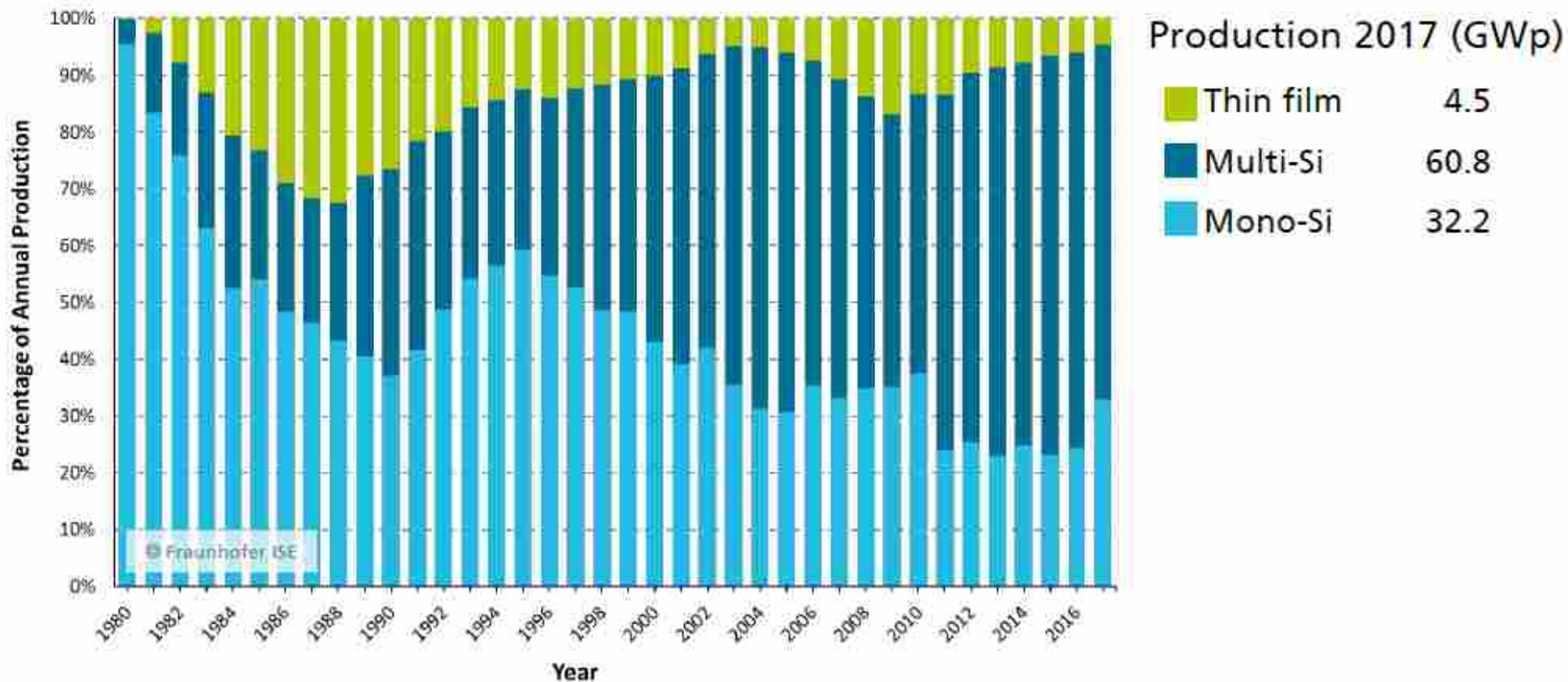
Συμμετοχή Φ/Β στην

Κατανάλωση ΜΔΝ: 4.69%



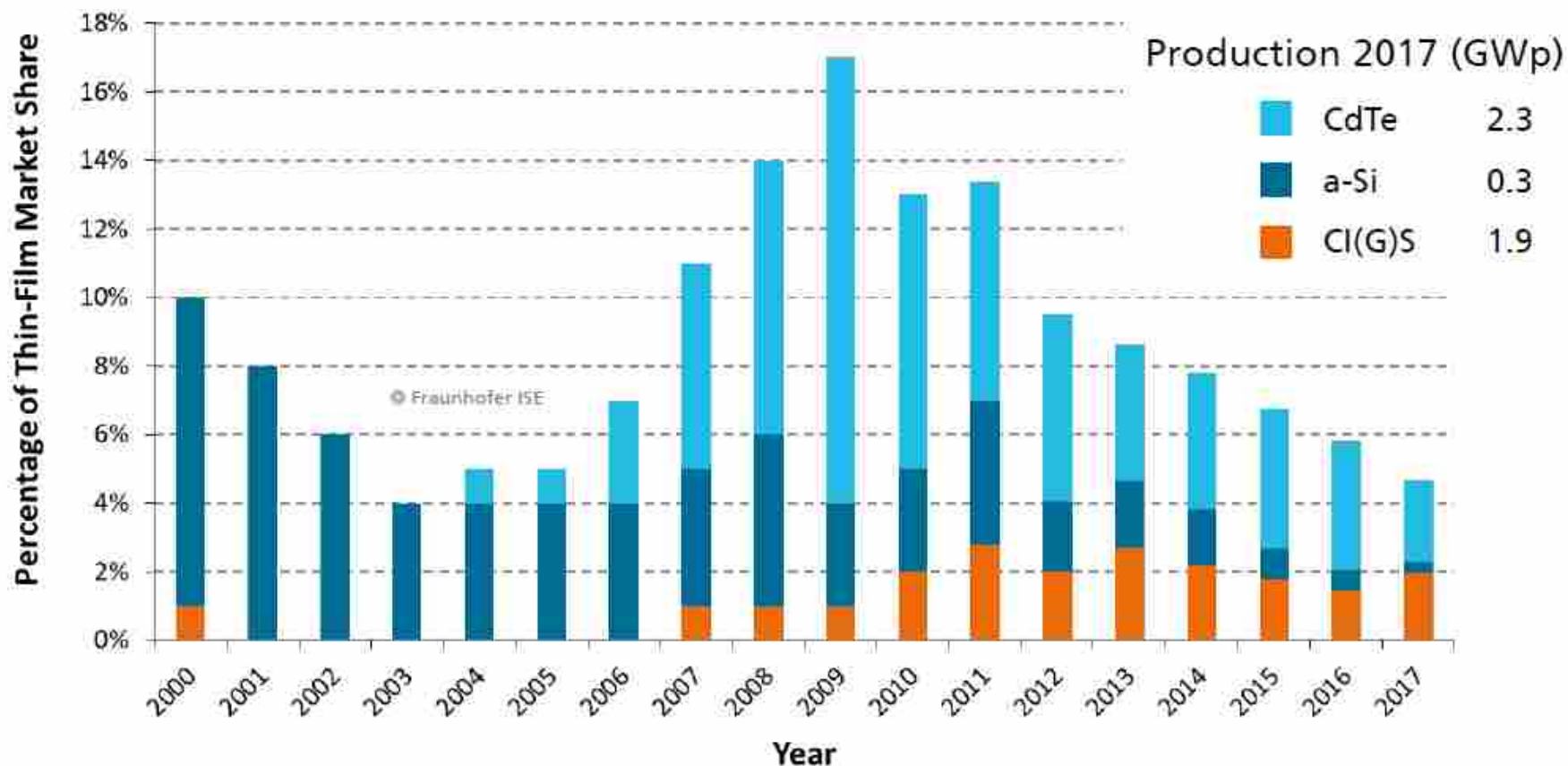
Εξέλιξη μεριδίων τεχνολογίας Φ/Β

PV Production by Technology Percentage of Global Annual Production



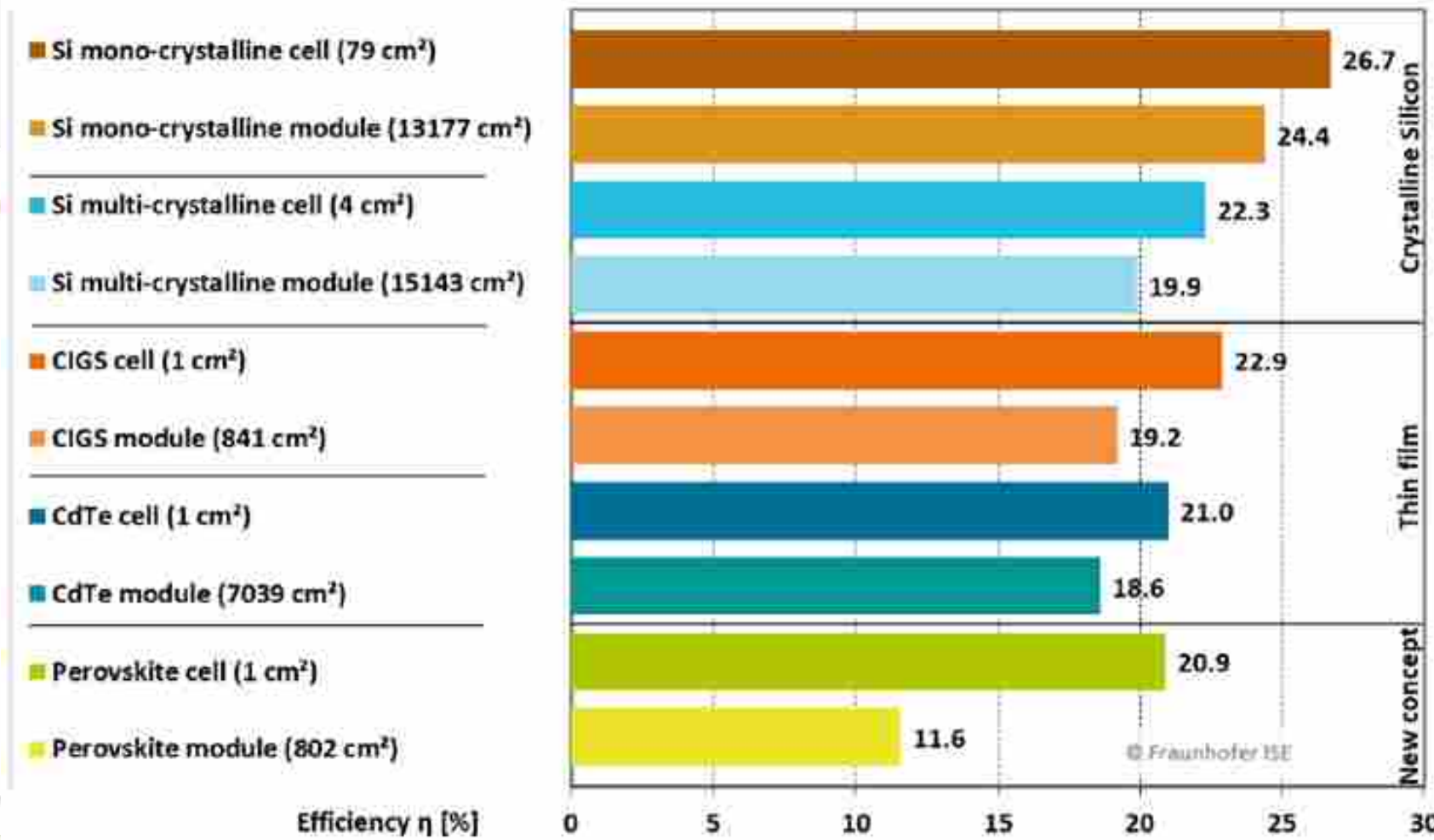
Εξέλιξη μεριδίων τεχνολογίας Φ/Β λεπτών υμενίων (Thin Films)

Market Share of Thin-Film Technologies Percentage of Total Global PV Production



Εξέλιξη ενεργειακής απόδοσης εργαστηριακών Φ/Β στοιχείων και πλαισίων

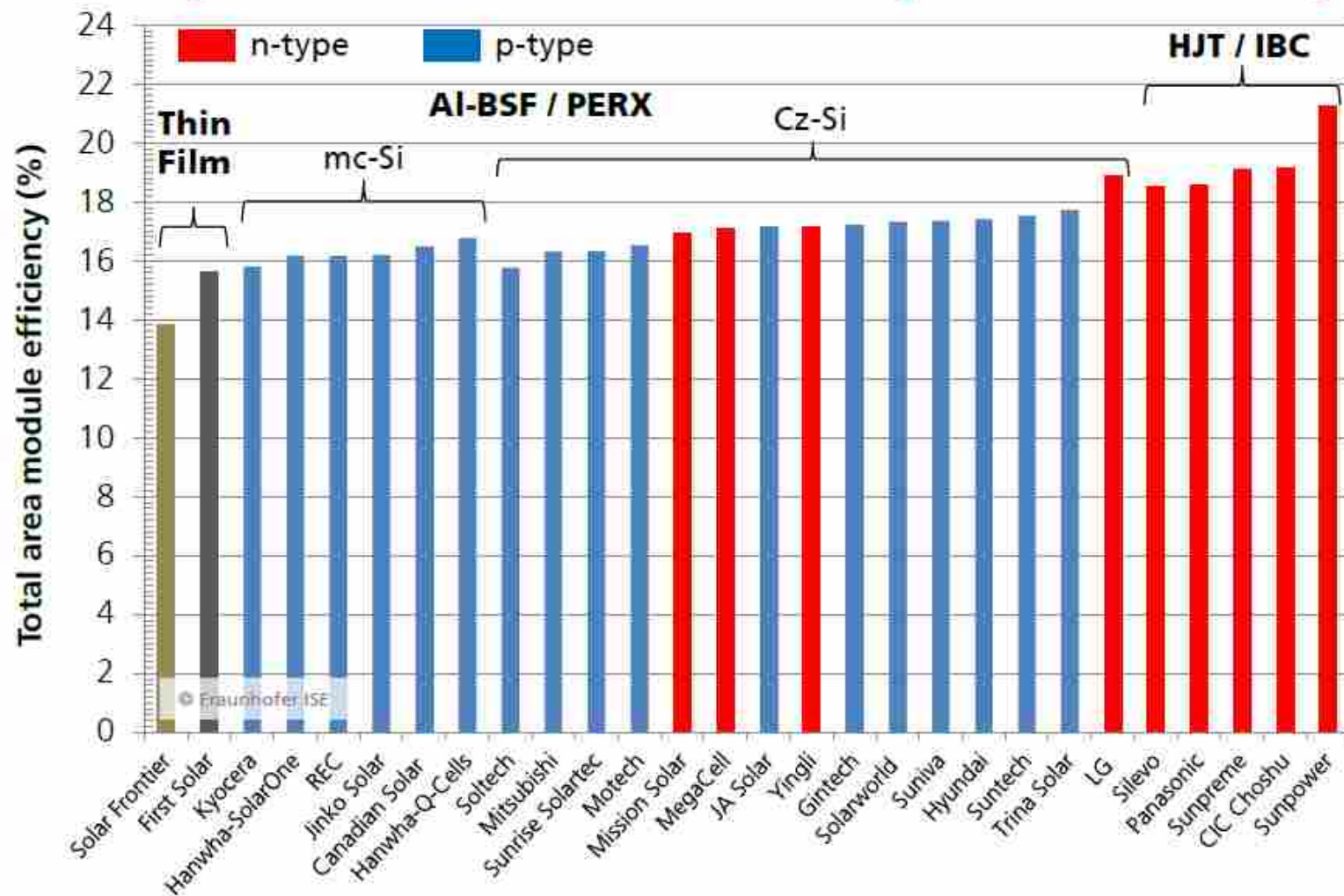
Efficiency Comparison of Technologies: Best Lab Cells vs. Best Lab Modules



Data: Green et al.: Solar Cell Efficiency Tables (Version 52), Progress in PV: Research and Applications 2018, Graph: Fraunhofer ISE 2018

Ενεργειακή απόδοση εμπορικών Φ/Β πλαισίων

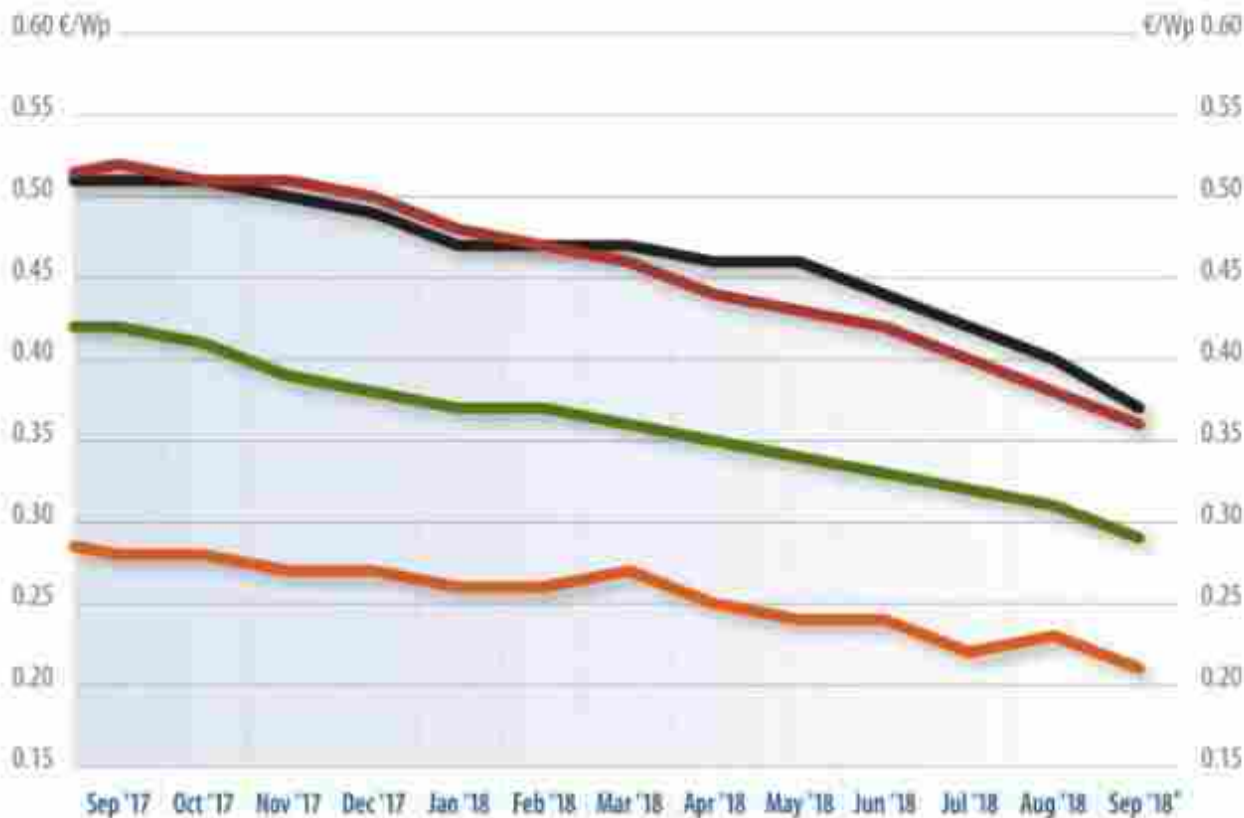
Current Efficiencies of Selected Commercial PV Modules Sorted by Bulk Material, Cell Concept and Efficiency



Note: Exemplary overview without claim to completeness; Selection is primarily based on modules with highest efficiency of their class and proprietary cell concepts produced by vertically integrated PV cell and module manufacturers; Graph: Jochen Rentsch, Fraunhofer ISE. Source: Company product data sheets. Last update: Nov. 2015.

Εξέλιξη κόστους Φ/Β πλαισίων

EU spot market module prices by technology



Crystalline modules (mono-/poly-Si) average net prices (€/Wp)

- High efficiency
- All black
- Mainstream
- Low cost

* Data up to September 10, 2018

High efficiency: Crystalline modules 285 Wp and above with Cello, PERC, HIT-, n-type – or back-contact cells or combinations thereof

All black: Module types with black backsheets, black frames and rated outputs of between 200 Wp and 320 Wp

Mainstream: Modules with usually 60 cells, standard aluminum frames, white backing and 260 Wp to 280 Wp – the majority of modules on the market

Low cost: Reduced-capacity modules, factory seconds, insolvency goods, used modules (crystalline), products with limited or no guarantee

More information: www.pvXchange.com

Μετατροπείς ισχύος, Βαθμός απόδοσης, στοιχεία (2017-8)

Μετατροπέας ισχύος	Ισχύς	Απόδοση μετατροπέα	Ποσοστό ισχύος στα εγκατεστημένα συστήματα στην Ελλάδα (εκτίμηση)	Σχόλια
Μετατροπείς στοιχειοσειράς (string inverters)	μέχρι 150 kW	μέχρι 98%	60%	<ul style="list-style-type: none"> • 6 - 17 €-cents /Wp • Εύκολη αντικατάσταση
Κεντρικοί μετατροπείς (central inverters)	πάνω από 80 kW	μέχρι 98.5%	40%	<ul style="list-style-type: none"> • ~ 5 €-cents /Wp • Υψηλή αξιοπιστία • Συχνά πωλούνται με σύμβαση παροχής υπηρεσιών
Μικρο-μετατροπείς (micro-inverters)	Ισχύς ανάλογα με το Φ/Β πλαίσιο (200-1000 W)	90 - 95%	~0%	<ul style="list-style-type: none"> • ~ 28 €-cents /Wp • Ανησυχία όσον αφορά την ευκολία αντικατάστασης
DC/DC μετατροπείς (power optimizers)	Ισχύς ανάλογα με το Φ/Β πλαίσιο (200-1000 W)	μέχρι 98.8%	~0%	<ul style="list-style-type: none"> • ~ 9 €-cents /Wp • Ανησυχία όσον αφορά την ευκολία αντικατάστασης • Απαιτείται επίσης μετατροπέας DC/AC

Προγράμματα που εντάσσονται τα Φ/Β συστήματα στην Ελλάδα 1/2

Πρόγραμμα	Διασυνδεδεμένο Σύστημα		ΜΔΝ
	< 100 kWp	>100 kWp	Ανεξαρτήτως ισχύος
Κατηγορία Εγγυημένης Τιμής (Feed in Tariff [FiT])			
Φ/Β συστήματα στο Σύστημα ή το Δίκτυο για κάθε έτος ν μετά το 2015 Τιμή 2018 σε €/MWh	1.2 ΟΤΣ ν-1 προηγ. έτους	1.1 ΟΤΣ ω-1 προηγ. έτους	1.1 ΟΤΣ ω-1 προηγ. έτους
	65.6	60.1	60.1

Πρόγραμμα	Φεβρ 2019	Αυγ 2019	2020
Ειδικό πρόγραμμα Φ/Β στεγών μέχρι 10 kWp και 25 χρόνια σύμβαση (ΜΔΝ εκτός Κρήτης, Ρόδου 5kWp) σε €/MWh	85	80	???

Πρόγραμμα	Διασυνδεδεμένο Σύστημα		ΜΔΝ	Κρήτη
	< 100 kWp	>100 kWp	Ανεξαρτήτως ισχύος	
Κατηγορίες ισχύος				
Αυτο-παραγωγοί ΑΠΕ	Αυτοκατανάλωση και διοχέτευση πλεονάσματος ηλεκτρικής ενέργειας στο Σύστημα ή στο Δίκτυο, μέχρι ποσοστό 20% της συνολικά παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, σε ετήσια βάση (ΜΤ), ή κάθε τέσσερις (4) μήνες (ΧΤ) σύμφωνα με τις ισχύουσες τιμές απορρόφησης και περιορισμούς ανά κατηγορία			
Ενεργειακός Συμψηφισμός (Net Metering), Εικονικός Ενεργειακός Συμψηφισμός. Με ή χωρίς αποθήκευση. Σύμβαση 25 ετών, ανώτατο όριο των 500 kWp σε ορισμένες περιπτώσεις. Εκκαθάριση πλεονάζουσας εγχυθείσας ενέργειας ανά 3ετία	μέχρι 20 kWp (Μέγιστο < 500 kWp)	μέχρι 10 kWp (Μέγιστο < 20 kWp)	μέχρι 20 kWp (Μέγιστο < 50 kWp)	

Προγράμματα που εντάσσονται τα Φ/Β συστήματα στην Ελλάδα 2/2

Μόνιμες ανταγωνιστικές διαδικασίες έργων ΑΠΕ	Δημοπρατούμενη Ισχύ MW	Κατακυρωμένη Ισχύς MW	Τιμές Αναφοράς	
			Ελάχιστη τιμή €/ΜWΗ	Μέγιστη τιμή €/ΜWΗ
Πιλοτική Διαγωνιστική διαδικασία 2 κατηγοριών Φ/Β, Νοέμβριος 2016				
Κατηγορία 1: Φ/Β ισχύος ≤ 1 MWp	4.8	4.79719	94.97	104
Κατηγορία 2: Φ/Β ισχύος 1 - 20 MWp	35.2	351.232	79.97	88
Σύνολο ισχύος σε MW	40			

Πιλοτική Διαγωνιστική διαδικασία 3 κατηγοριών, 2 Ιουλίου 2018				
Κατηγορία 1: Φ/Β ισχύος ≤ 1 MWp	53.52	53.48349	75.87	80
Κατηγορία 2: Φ/Β ισχύος 1 - 20 MWp	53.4	52.91896	62.97	71
Κατηγορία 3: Αιολικές μονάδες ισχύος 3-50 MW	176.39	170.925	68.18	71.93
Σύνολο ισχύος σε MW	283.31	277.323		

Πρόγραμμα
Υβριδικά Συστήματα με αποθήκευση
Ενεργειακές κοινότητες με ή χωρίς αποθήκευση

Ανάγκη για προσαρμογή και διόρθωση στρεβλώσεων στις τιμές προγραμμάτων, όπως πολύ χαμηλές εγγυημένες τιμές και απόφαση για το μέλλον του Ειδικού προγράμματος Φ/Β στεγών μέχρι 10 kWp σύμφωνα με την τρέχουσα κατάσταση στις τιμές και την αυξανόμενη διείσδυση στα δίκτυα και τα θέματα στην ποιότητα ισχύος που δημιουργεί.

Προγραμματισμός μόνιμων ανταγωνιστικών διαδικασιών για έργα ΑΠΕ

Σχεδιασμός ανταγωνιστικών διαδικασιών

	Τεχνολογία	Μέγιστη Δημοπρατούμενη ισχύς (MW)
2018	Φωτοβολταϊκοί σταθμοί	300
	Αιολικοί σταθμοί	300
	Πιλοτικές Κοινές Ανταγωνιστικές Διαδικασίες	400
2019	Φωτοβολταϊκοί σταθμοί	Υπολειπόμενη ισχύς έτους 2018 της τεχνολογίας και επιπλέον 300MW
	Αιολικοί σταθμοί	Υπολειπόμενη ισχύς έτους 2018 της τεχνολογίας και επιπλέον 300 MW
	Πιλοτικές Κοινές Ανταγωνιστικές Διαδικασίες	Υπολειπόμενη ισχύς έτους 2018 της κατηγορίας των ανταγωνιστικών διαδικασιών και επιπλέον 400 MW
2020	Φωτοβολταϊκοί σταθμοί	Υπολειπόμενη ισχύς έτους 2019 της τεχνολογίας και επιπλέον 300 MW
	Αιολικοί σταθμοί	Υπολειπόμενη ισχύς έτους 2019 της τεχνολογίας και επιπλέον 300 MW
	Δημοπρατούμενη Ισχύς	2.600 MW

Επόμενη Δημοπράτηση
4-6 Δεκεμβρίου 2018
για 3 κατηγορίες:

- Φ/Β ισχύος ≤ 1 MWp
- Φ/Β ισχύος 1 - 20 MWp και
- Αιολικά πάρκα 3-50 MW

Φ/Β συστήματα με μπαταρίες 1/2

Σημαντική τάση που συνδέεται με την ανάπτυξη της ηλιακής ενέργειας (Φ/Β) είναι η συγκατάσταση με συστήματα αποθήκευσης ενέργειας.

Η αποθήκευση προσθέτει ευελιξία και επιτρέπει την αύξηση της ενσωμάτωσης των Φ/Β και άλλων μεταβλητών ΑΠΕ στα ηλεκτρικά δίκτυα.

Στο Ηνωμένο Βασίλειο αναπτύχθηκαν οι πρώτες Φ/Β εγκαταστάσεις χωρίς επιδότηση με αποθήκευση ενέργειας.

Στη Γερμανία, περίπου το 50% όλων των οικιακών Φ/Β εγκαταστάσεων το 2016/2017 διέθεταν αποθήκευση σε μπαταρία. Ήδη λειτουργούν 100.000 Φ/Β συστήματα με μπαταρίες.

Στις χώρες της ΕΕ, η τιμή αποθήκευσης μειώθηκε πάνω από 60% (ιδιαίτερα για την τεχνολογία Λιθίου) από τα τέλη του 2014 και οι τιμές αναμένεται να μειωθούν επιπλέον κατά 50-60% έως το 2030.

Από τη σκοπιά του ενεργειακού συστήματος, η ηλεκτροχημική αποθήκευση αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό εργαλείο ευελιξίας δεδομένου ότι:

- **Εγχείει και απορροφά ηλεκτρική ενέργεια πολύ γρήγορα και με πολύ υψηλή ακρίβεια μειώνοντας τις περιεκτικές μεταβλητών ΑΠΕ.**
- **Εξομαλύνει τη βραχυπρόθεσμη μεταβλητότητα Φ/Β παραγωγής και ζήτησης.**
- **Μειώνει τις κορυφές και κοιλάδες παραγωγής και ζήτησης.**
- **Καθιστά τα Φ/Β συστήματα μονάδες ελεγχόμενης παραγωγής.**
- **Αναβάλλει ή ακυρώνει επενδύσεις για την ενίσχυση και επέκταση του δικτύου**

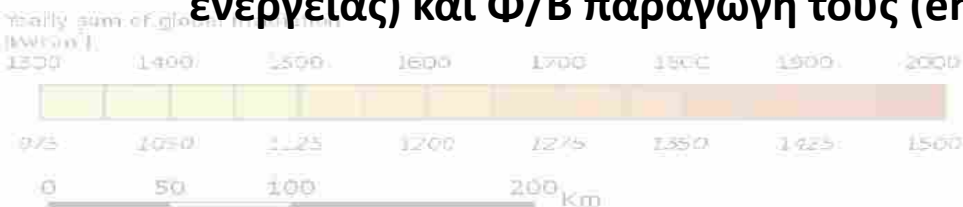
Φ/Β συστήματα με μπαταρίες 2/2

Επιπλέον, τα Φ/Β συστήματα με συσσωρευτές μπορούν να προσφέρουν οικονομικά πλεονεκτήματα μέσω:

- Αποθήκευση ηλιακής ηλεκτρικής ενέργειας όταν οι τιμές είναι χαμηλές και η χρήση της όταν οι τιμές είναι υψηλές,
- Προσφορά υπηρεσιών ποιότητας ισχύος (βοηθητικές υπηρεσίες - ancillary services) προς τους διαχειριστές είτε από μεμονωμένους παραγωγούς/καταναλωτές ή σαν ομάδες (Εικονική μονάδα παραγωγής ενέργειας - Virtual Power Plant)
- Επιτρέπει τη σταθεροποίηση των τιμών της ενέργειας και να μειώσει τις μελλοντικές αναβαθμίσεις του δικτύου και το κόστος επέκτασης.
- Απανθρακοποίηση Διασυνδεδεμένων δικτύων και Αυτόνομων Ηλεκτρικών Συστημάτων (Νησιά, ορυχεία, απομονωμένοι οικισμοί, κλπ.)

Τέλος, φέρνει κοινωνικά οφέλη όπως:

- δημιουργία τοπικών θέσεων εργασίας,
- αποφεύγονται εκπομπές CO₂,
- Οι καταναλωτές ευαισθητοποιούνται και ελέγχουν την κατανάλωση (εξοικονόμηση ενέργειας) και Φ/Β παραγωγή τους (empowerment).



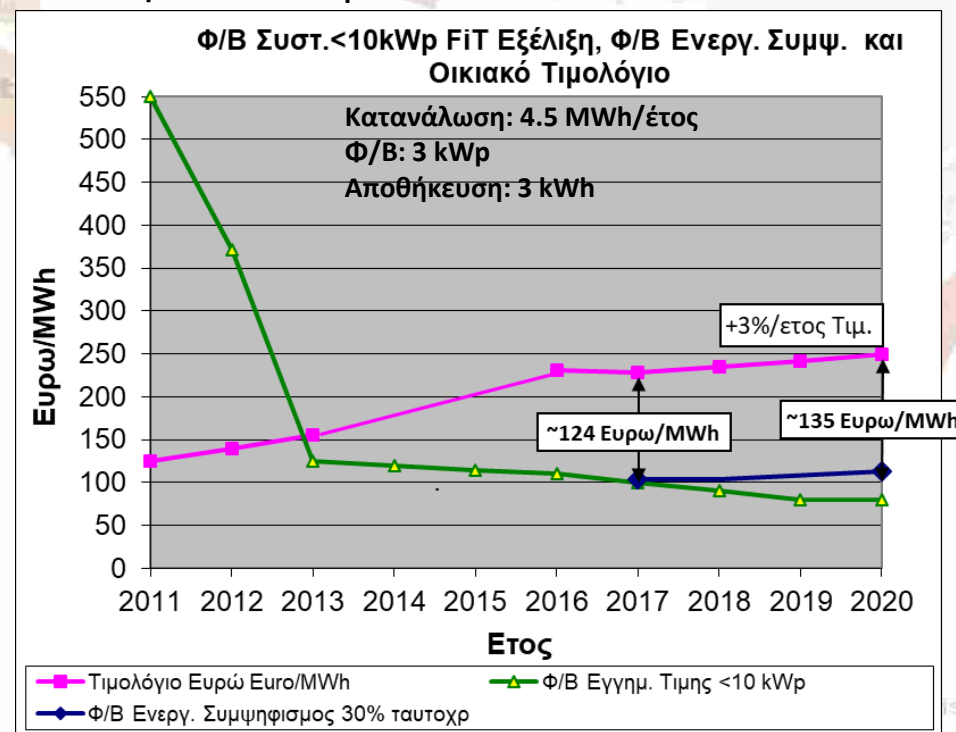
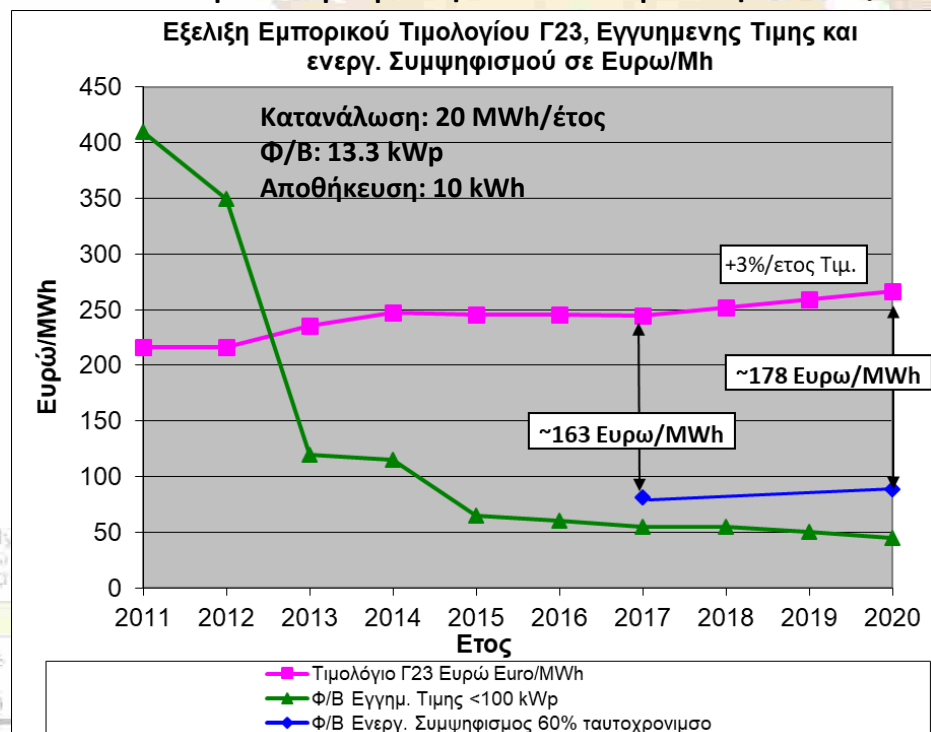
Φ/Β συστήματα Ενεργειακού Συμψηφισμού στην Ελλάδα

Η εκδοχή του Ενεργειακού Συμψηφισμού (Net Metering) στην Ελλάδα, προμοδοτεί την αύξηση του συντελεστή ταυτοχρονισμού (παραγωγής/κατανάλωσης) που είναι δυνατόν να αυξηθεί μέσω της χρήσης μπαταριών.

Ο μέσος συντελεστής ταυτοχρονισμού χωρίς μπαταρίες:

- για κατοικίες χωρίς μπαταρίες κυμαίνεται γύρω στα 30%
- για εμπορικές εφαρμογές κυμαίνεται στα 55 με 65%

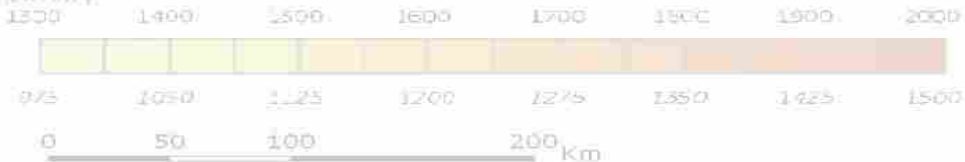
Η προσθήκη Αντλίας Θερμότητας για την Ψύξη/Θέρμανση και θέρμανση Νερού Χρήσης θα αύξανε επίσης σημαντικά τον ταυτοχρονισμό και την ηλεκτρική κατανάλωση και συνεπώς τα απαιτούμενα μεγέθη των απαραίτητων Φ/Β και αποθηκευτικών μέσων.



Ευχαριστώ για την προσοχή!

Ευστάθιος Τσελεπής
Σύμβουλος Ενεργειακής Μετάβασης
E-mail: stselepis@yahoo.com

Yearly sum of global irradiation
(kWh/m²/a)



Source: PVGIS <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>