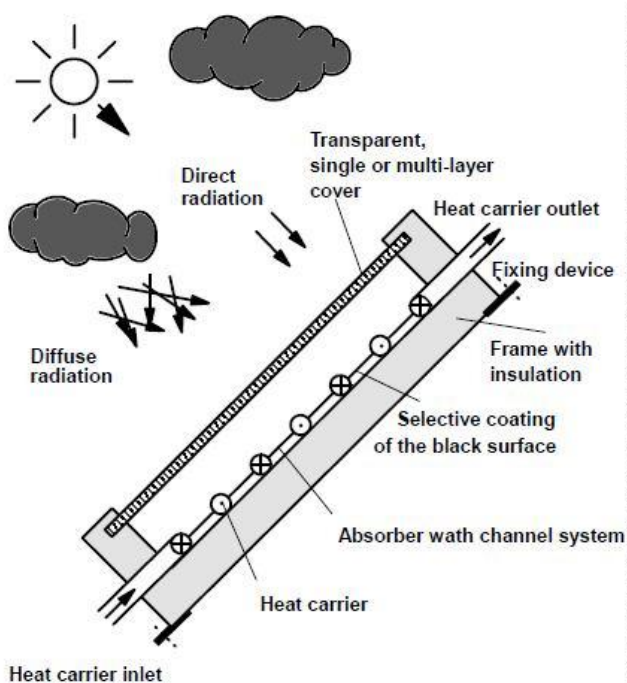


Συστήματα Συλλογής και Μετατροπής της Ηλιακής Ενέργειας

Γενικές κατηγορίες συστημάτων συλλογής και μετατροπής της ηλιακής ενέργειας είναι:

1. Απ' ευθείας μετατροπή σε θερμότητα
2. Μετατροπή σε ηλεκτρισμό με ενδιάμεσο θερμοδυναμικό μετασχηματισμό
3. Απ' ευθείας μετατροπή σε ηλεκτρισμό
4. Μετατροπή σε χημική ενέργεια

Απ' ευθείας μετατροπή σε θερμότητα (ηλιοθερμικά)



Cover

Transparent material:

- Single pane
- Solar compound pane
- Plastic plates or sheets

Box

Material:

- Aluminum
- Galvanized steel plate
- Plastic
- Wood

Insulation

Material:

- Polyurethane
- Mineral wool
- Fiber-glass wool

Absorber black

Material:

- Metall (Cu, Al, Fe)
- Plastic (e.g. Polypropylene, Polyethylene, EPDM)

Heat carrier

Material:

- Water (with antifreeze)
- Air

Η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε θερμότητα γίνεται με υλικά που απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία και τη μετατρέπουν σε θερμότητα. Ο βαθμός απορρόφησης των διαφόρων απορροφητών κυμαίνεται μεταξύ 80 % και 98 % (το υπόλοιπο ανακλάται).

Ο συλλέκτης αποτελείται:

- Απορροφητή
- Διαπερατή επιφάνεια
- Κάλυμμα
- Μόνωση πλαισίου
- Θερμική μόνωση
- Σύστημα εισόδου-εξόδου μεταφοράς θερμότητας

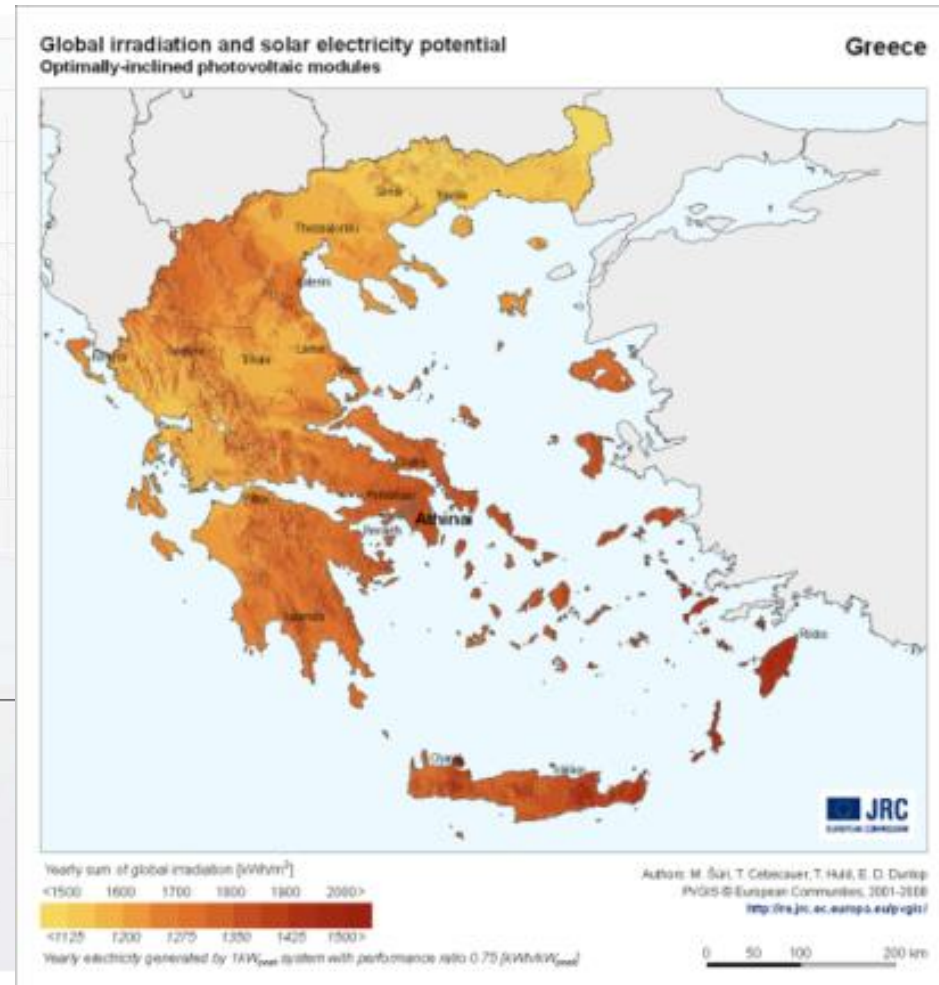
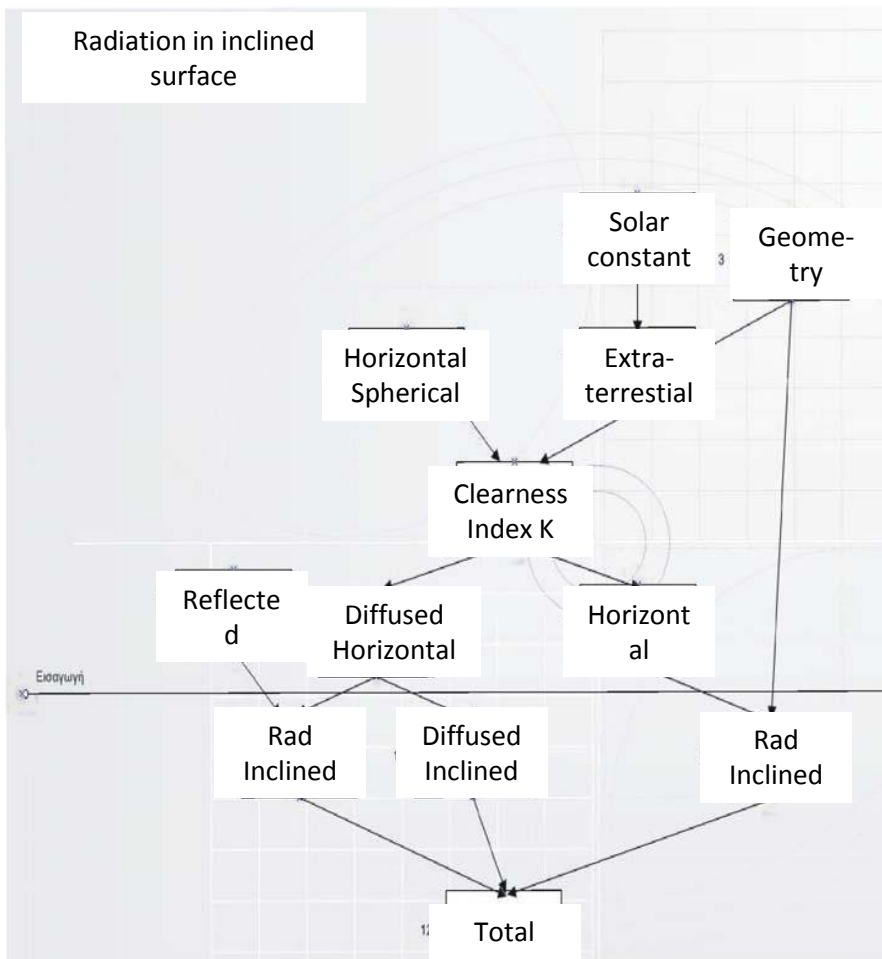
Ηλιακή ακτινοβολία

- Άμεση ηλιακή: είναι ακτινοβολία που λαμβάνεται χωρίς να έχει υποστεί σκέδαση στην ατμόσφαιρα
- Διάχυτη ηλιακή: είναι η ακτινοβολία που έχει υποστεί σκέδαση στην ατμόσφαιρα
- Ολική ηλιακή: είναι το άθροισμα της άμεσης και της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας που λαμβάνεται σε μία επιφάνεια

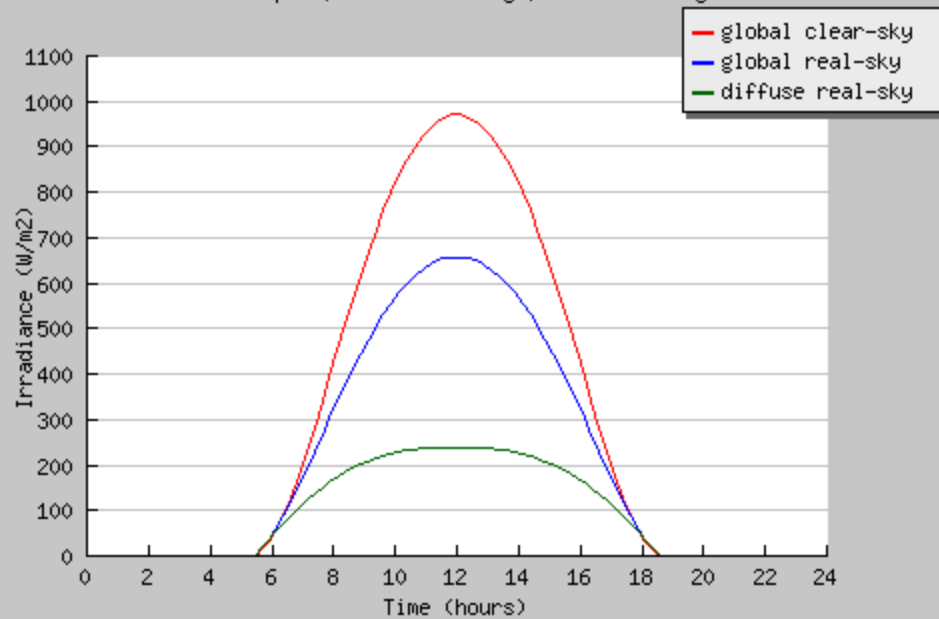
Προσπίπτουσα ακτινοβολία

- Πυκνότητα ισχύος ακτινοβολίας (irradiance, W/m^2): είναι ο ρυθμός με τον οποίο η ενέργεια που ακτινοβολείται πέφτει σε μία επιφάνεια, ανά μονάδα επιφάνειας
- Πυκνότητα ενέργειας ακτινοβολίας (irradiation, J/m^2 ή kWh/m^2): είναι η προσπίπτουσα σε μία επιφάνεια ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας και υπολογίζεται με την ολοκλήρωση της πυκνότητας ισχύος σε κάποιο χρονικό διάστημα (1 ώρα, 1 μέρα, 1 έτος κλπ)

Ηλιακή Ενέργεια

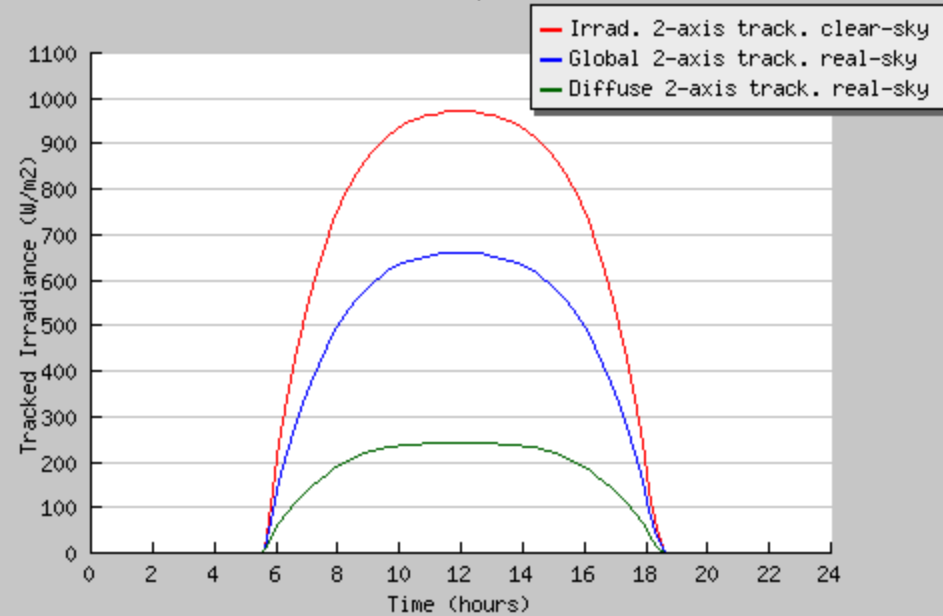


38°37'31"North, 21°24'24"East, nearest city:
Month=April, Incln.=35 deg., Orient.=0 deg.

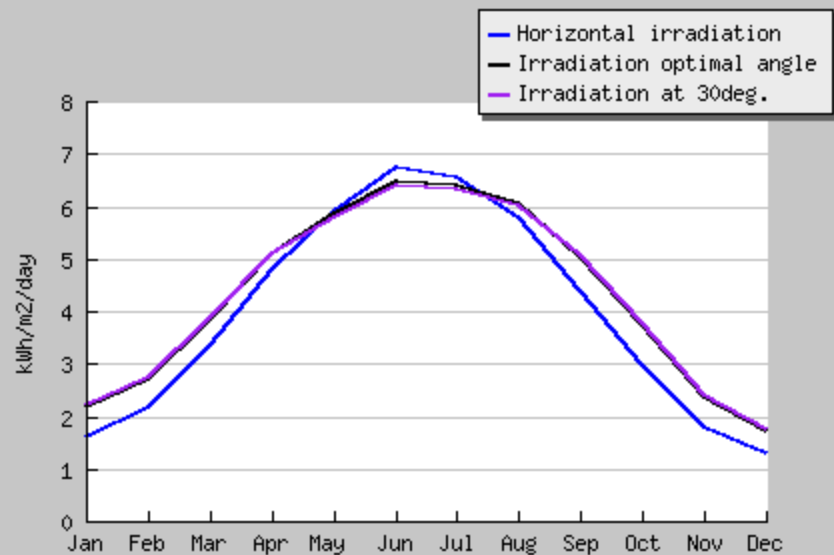


<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

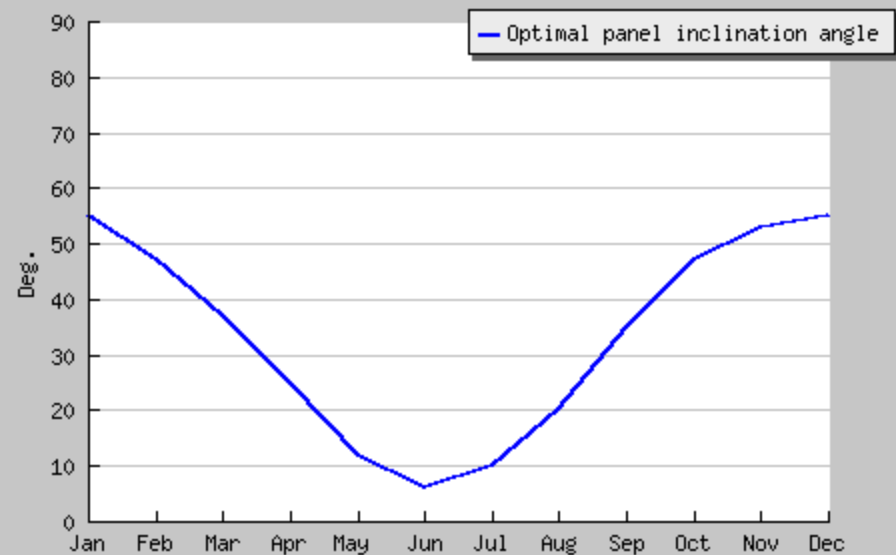
38°37'31"North, 21°24'24"East, nearest city:
Month=April



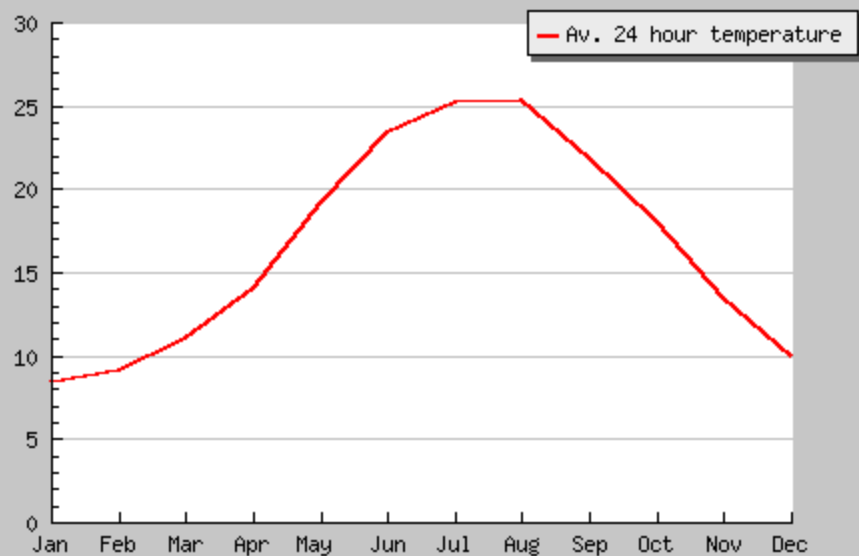
38°37'31"North, 21°24'24"East



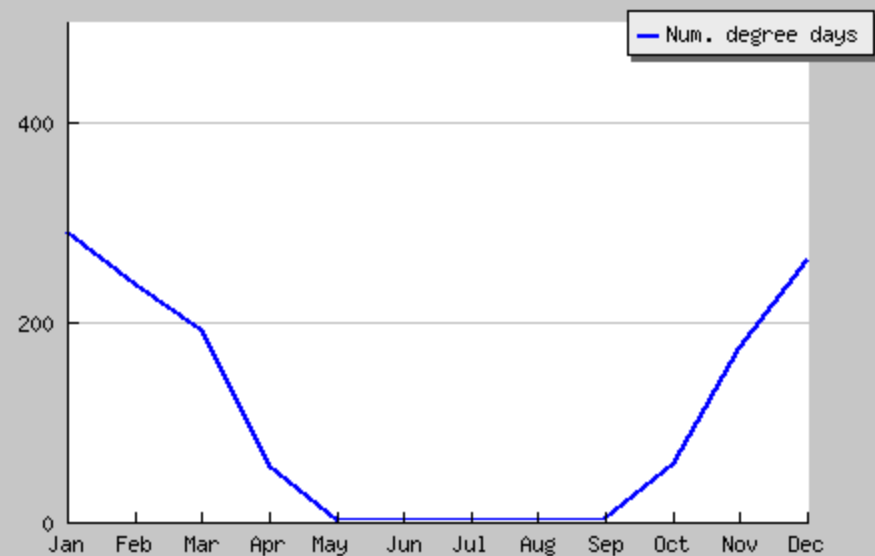
38°37'31"North, 21°24'24"East



38°37'31"North, 21°24'24"East



38°37'31"North, 21°24'24"East



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

Ηλιακή ακτινοβολία

Αν υπάρχουν μετρήσεις από πυρανόμετρο και αισθητήρα διάρκειας ηλιοφάνειας:

- Ολική ηλιακή ακτινοβολία G_β σε κεκλιμένη επιφάνεια κλίσης β :

$$G_\beta = G_{b,\beta} + G_{r,\beta} + G_{d,\beta}$$

με τις τρεις ωριαίες συνιστώσες της άμεσης, της ανακλώμενης και της διάχυτης ακτινοβολίας.

- Διάχυτη συνιστώσα (Diaf et al. App. Ener. 85, 2008)

$$G_{d,\beta} = G_{dh} \left[0.5 \left(1 + \cos \left(\frac{\beta}{2} \right) \right) \right] \left[1 + F \sin^3 \left(\frac{\beta}{2} \right) \right] [1 + F \cos^2(\theta) \sin^3(\theta_z)]$$

όπου θ είναι η γωνία πρόσπτωσης ($\cos\theta = (\cos(\varphi-\beta)\cos\delta\cos\omega) + (\sin(\varphi-\beta)\sin\delta)$), θ_z είναι η ζενιθιακή γωνία ($\cos\theta_z = \sin\delta\sin\varphi + \cos\delta\cos\varphi\cos\omega$) που υπολογίζεται από την ηλιακή απόκλιση δ , το γεωγραφικό πλάτος φ και την ωριαία γωνία ω για νότιο προσανατολισμό $F = 1 - (G_{dh}/G_h)^2$, με G_h την ολική ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο (π.χ. μετρούμενη με πυρανόμετρο) και G_{rh} η οριζόντια διάχυτη συνιστώσα η οποία μπορεί να υπολογιστεί θεωρητικά όπως από το μοντέλο CLIMED2 (Diaf et al. 2008).

- Απευθείας συνιστώσα μπορεί να εκτιμηθεί από την ένδειξη αισθητήρα διάρκειας ηλιοφάνειας και από την εξίσωση

$$G_{b,\beta} = (G_h - G_{dh}) \cos\theta / \cos\theta_z$$

ενώ η ανακλώμενη από τη σχέση

$$G_{r,\beta} = 1/2 \rho G_h (1 - \cos\beta)$$

με τιμή 0.2-0.8 για τον συντελεστή ανάκλασης ρ , ανάλογα με το είδος της επιφάνειας πρόσπτωσης ακτινοβολίας

Ηλιακή ακτινοβολία

Πρακτικοί κανόνες για το μέγιστο μετασχηματισμό της ηλιακής ακτινοβολίας σε ωφέλιμη ενέργεια:

α) Η βέλτιστη γωνία κλίσης β , θα πρέπει να είναι περίπου ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου ϕ

Κατά την διάρκεια της θερινής περιόδου: Η βέλτιστη γωνία κλίσης β , πρέπει να είναι περίπου $10^\circ - 15^\circ$ μικρότερη από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου ϕ

Κατά την διάρκεια της χειμερινής περιόδου: Η βέλτιστη γωνία κλίσης β , πρέπει να είναι περίπου $10^\circ - 15^\circ$ μεγαλύτερη από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου ϕ . Αν στο έδαφος υπάρχει επιφάνεια με μεγάλο συντελεστή ανάκλασης (π.χ. χιόνι) απαιτείται μεγαλύτερη κλίση

β) Ο βέλτιστος προσανατολισμός (αζιμούθιο A) είναι νότιος ($\gamma=0$), ενώ απόκλιση κατά $20^\circ - 30^\circ$ από νότο έχει μικρή επίδραση στην ετήσια συλλεγόμενη ενέργεια

Διαστασιολόγηση Φωτοβολταικών

Ισχύς των ΦΒ

$$P = \eta_g A_g G_\beta$$

η_g είναι η απόδοση του φωτοβολταικού,

A_g η συνολική επιφάνειά του και

G_β είναι η ηλιακή ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο (W/m^2)

Ολική ηλιακή ακτινοβολία G_β σε κεκλιμένη επιφάνεια κλίσης β

$$G_\beta = G_{b,\beta} + G_{r,\beta} + G_{d,\beta}$$

με τις τρεις ωριαίες συνιστώσες της απευθείας, της ανακλώμενης και της διάχυτης ακτινοβολίας.

Διαστασιολόγηση Φωτοβολταικών

Απόδοση του ΦΒ

$$n_g = n_r n_{pc} n_T$$

n_r είναι η τιμή αναφοράς του κατασκευαστή για την απόδοση του ΦΒ,
 n_{pc} είναι η ρυθμιζόμενη απόδοση ισχύος (θεωρούμε ότι λειτουργούν στο σημείο μέγιστης απόδοσης με τιμή του συντελεστή 1),
 n_T ο συντελεστής μείωσης της απόδοσης λόγω αύξησης της θερμοκρασίας,

$$n_T = [1 - \beta(T_c - T_{cref})]$$

β ο συντελεστής εξάρτησης της απόδοσης από τη θερμοκρασία,

T_{cref} είναι η θερμοκρασία αναφοράς του ΦΒ

T_c η πραγματική τιμή της θερμοκρασίας στο ΦΒ $= T_a + (NOCT - 20) * G_{\beta} / 800$,

T_a θερμοκρασίας περιβάλλοντος,

$NOCT$ είναι η κανονική θερμοκρασία λειτουργίας του ΦΒ, $T_{a,NOCT} = 20$ °C και $G_{\beta,NOCT} = 800$ W/m² για ταχύτητα ανέμου 1 m/s.

Διαστασιολόγηση Φωτοβολταικών

Για τον υπολογισμό της απαιτούμενης επιφάνειας φωτοβολταικών για την κάλυψη της κατανάλωσης ενέργειας του συστήματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί η σχέση:

$$A = \frac{E_c}{n_r \cdot F \cdot \sum_i G_{\beta,i} \cdot n_{T,i} \cdot t_i}$$

όπου E_c είναι η ετήσια (μηνιαία ή ημερήσια) κατανάλωση ηλεκτρισμού (kWh/γ(μ or d)), $G_{\beta,i}$ η ηλιακή ακτινοβολία που μετράται στην επιφάνεια του ΦΒ, $n_{T,i}$ ο συντελεστής μείωσης της απόδοσης λόγω της θερμοκρασίας, t_i το χρονικό διάστημα της κάθε μέτρησης της ακτινοβολίας, και F η παράμετρος απωλειών του αντιστροφέα, καλωδίων, ενώσεων κλπ. που θεωρήθηκε ίση με 0.8. Το άθροισμα γίνεται σε επίπεδο μετρήσεων χρόνου ή μηνός ή ημέρας, ανάλογα με τη θεώρηση τροφοδοσίας του φορτίου.

Εκτίμηση ηλιακού δυναμικού και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΦΒ

Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)

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

The screenshot displays the PVGIS web application. At the top, there's a navigation bar with logos for JRC and CM SAF, and the title 'Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps'. Below this is a search bar with a map of Europe. The main content area is divided into two panels. The left panel shows a map of Europe with a cursor positioned over the Iberian Peninsula. The right panel is titled 'Performance of Grid-connected PV' and contains various input fields and options for PV system estimation. The 'Radiation database' is set to 'What is this?'. The 'PV technology' is 'Crystalline silicon'. The 'Installed peak PV power' is 1 kWp. The 'Estimated system losses' are 14%. The 'Fixed mounting options' section shows 'Mounting position' as 'Free-standing'. The 'Tracking options' section has checkboxes for 'Vertical axis', 'Inclined axis', and '2-axis tracking', all of which are currently unchecked. The 'Output options' section has checkboxes for 'Show graphs', 'Web page', 'Show horizon', 'Text file', and 'PDF'. A 'Calculate' button is at the bottom right of the form.

Performance of Grid-connected PV
Radiation database: [What is this?]
PV technology: Crystalline silicon
Installed peak PV power: 1 kWp
Estimated system losses [0;100]: 14 %
Fixed mounting options:
Mounting position: Free-standing
Slope [0;90]: 35 ° ☐ Optimize slope
Azimuth [-180;180]: 0 ° ☐ Also optimize azimuth (Azimuth angle from -180 to 180, East=-90, South=0)
Tracking options:
☐ Vertical axis Slope [0;90]: 0 ° ☐ Optimize
☐ Inclined axis Slope [0;90]: 0 ° ☐ Optimize
☐ 2-axis tracking
Horizon file: Επιλογή αρχείου. Δεν επιλέχθηκε κανένα αρχείο.
Output options
☐ Show graphs ☐ Show horizon
☒ Web page ☐ Text file ☐ PDF
Calculate [help]

Αιολική Ενέργεια

Άνεμοι: κινούμενες μάζες από μία περιοχή σε κάποια άλλη λόγω της ανομοιομορφίας θέρμανσης της επιφάνειας της Γης από την ηλιακή ακτινοβολία.

Ποσοστό μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας σε ανέμους: 1.5-2.5%

Ολική κινητική ενέργεια των ανέμων: $140 \text{ Wh/m}^2 \rightarrow$ κάλυψη αναγκών ανθρωπότητας σε ηλεκτρική ενέργεια κατά 2 φορές.

Στο 25 % της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας πάνω από 5.0 m/s σε ύψος 10 m πάνω από το έδαφος και μπορούν να είναι εκμεταλλεύσιμοι για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Αιολικό Δυναμικό

Το ποσό του ανέμου που είναι διαθέσιμο σε μια τοποθεσία μπορεί να ποικίλλει από το ένα έτος στο επόμενο, με ακόμη μεγαλύτερη κλίμακα διακυμάνσεων για περιόδους δεκαετιών ή περισσότερων

Συνοπτικές διακυμάνσεις

- Χρονική κλίμακα μικρότερη του έτους - εποχιακές διακυμάνσεις
- Επίδραση καιρικών συστημάτων και φαινομένων

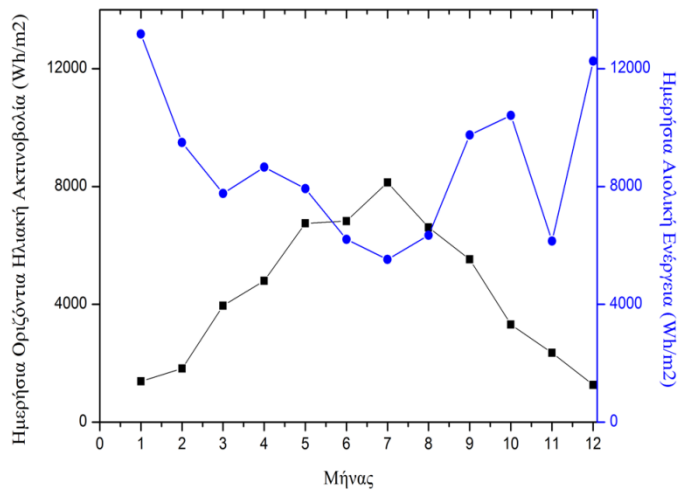
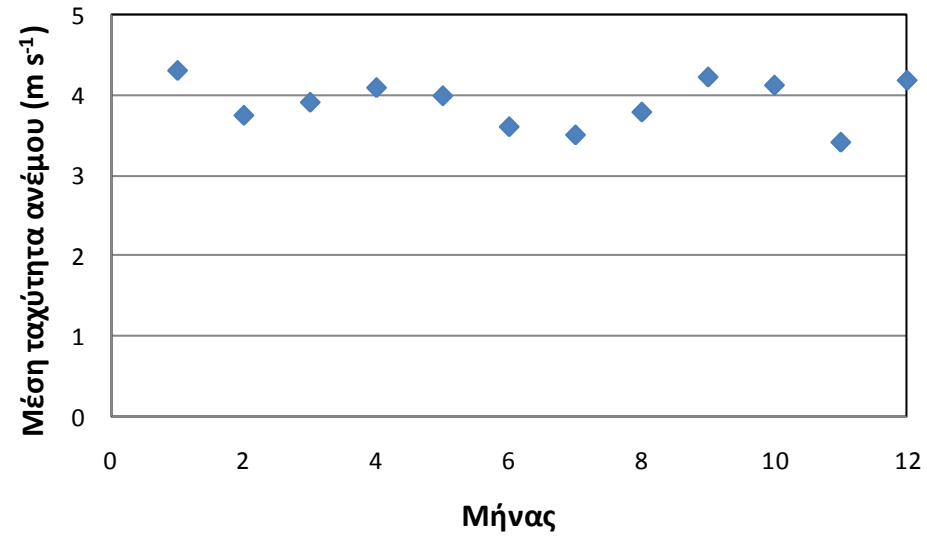
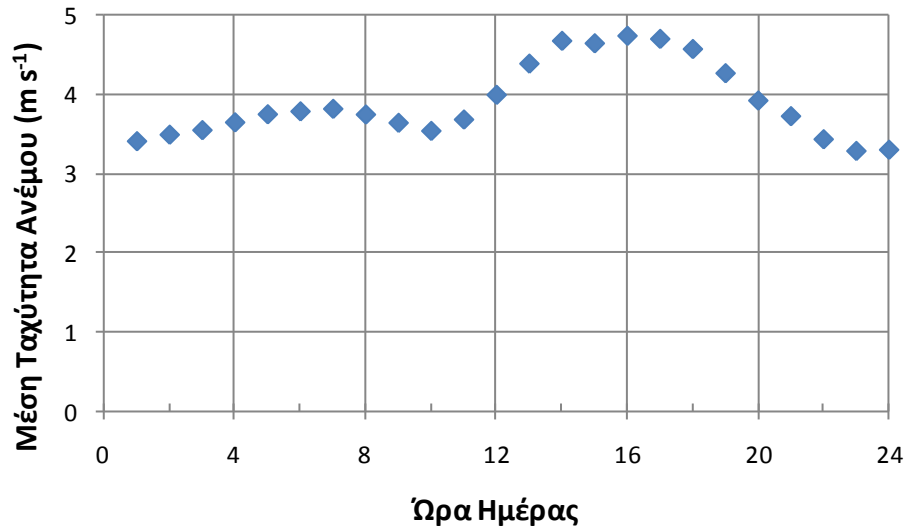
Ημερήσιες διακυμάνσεις

- Προβλέψιμο ανάλογα με την ώρα της ημέρας (ανάλογα με την τοποθεσία)
- Σημαντικό για την ενσωμάτωση μεγάλων ποσοτήτων αιολικής ενέργειας στο δίκτυο

Ανατάραξη (Τύρβη)

- Βραχύβιας κλίμακας πρόβλεψη (λεπτά ή λιγότερο)
- Σημαντική επίδραση στην σχεδίαση και την απόδοση των ανεμογεννητριών
- Επίδραση στην ποιότητα του ρεύματος που τροφοδοτείται στο δίκτυο
- Έντασης της τύρβης δίνεται από $I = \sigma / v$, όπου σ είναι η τυπική απόκλιση της ταχύτητας του ανέμου

Αιολικό Δυναμικό

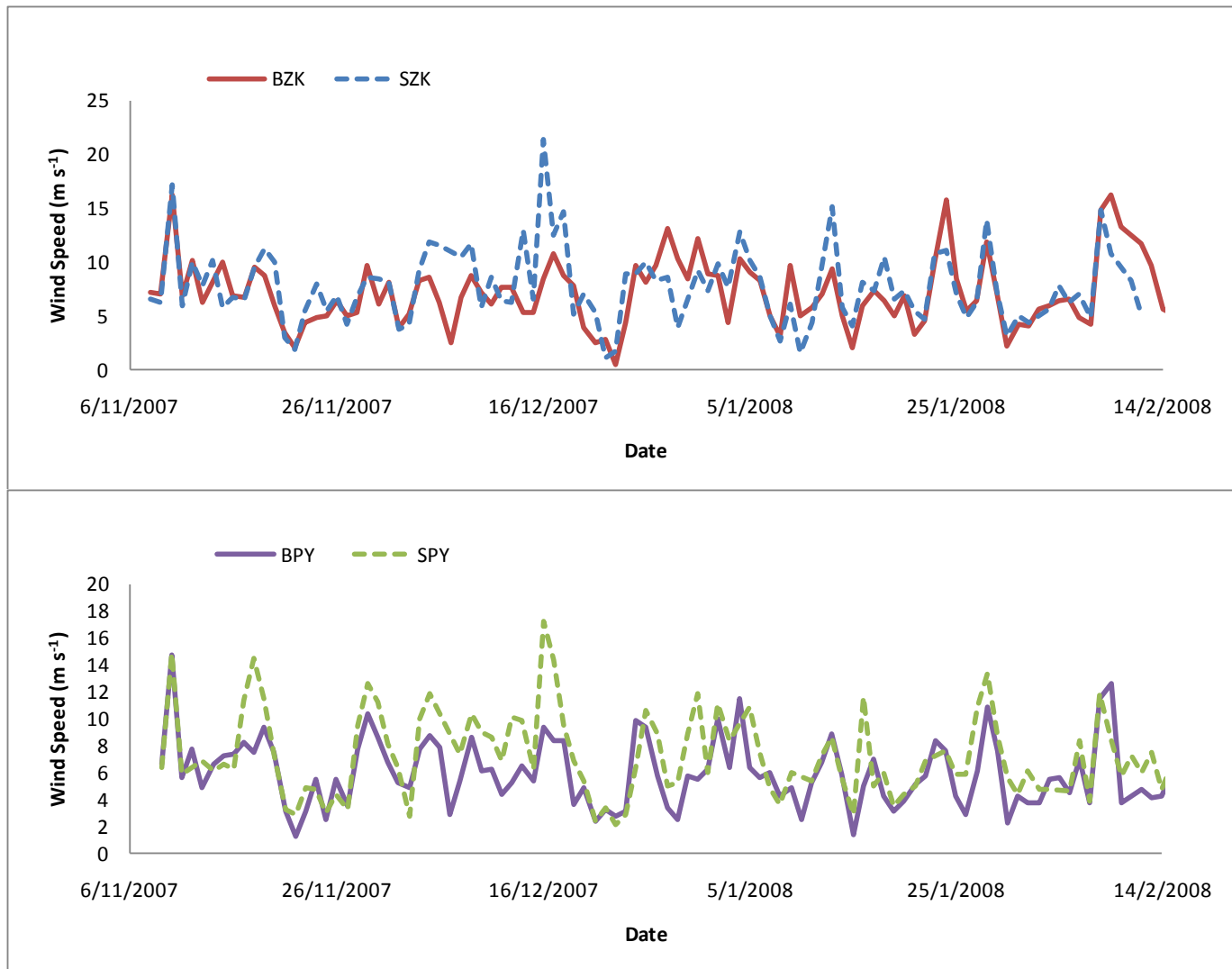


Ηλιακό και Αιολικό Δυναμικό μπορεί να δρουν συμπληρωματικά σε ετήσια βάση

Υπεράκτιο Αιολικό Δυναμικό

Εκτίμηση από δεδομένα πλωτήρων (σύστημα POSEIDON του ΕΛΚΕΘΕ)
δορυφορικά δεδομένα, μοντέλα πρόγνωσης

Σύγκριση δεδομένων πλωτήρων και δορυφορικών στα 10 m



Χρονικό Διάστημα Μέτρησης Ταχύτητας

Η στιγμιαία ταχύτητα του ανέμου είναι το άθροισμα της μέσης ταχύτητας και της διακύμανσης γύρω από την μέση τιμή:

$$\bar{V} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} V(t) dt \quad V(t) = \bar{V} + V'(t)$$

Ο χρόνος T μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή με τυπικές τιμές 10 min για εφαρμογές προσδιορισμού αιολικού δυναμικού για παραγωγή ενέργειας)

Μεγάλος όγκος μετρήσεων στην Ελλάδα

- ΕΜΥ (www.hnms.gr)
- ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΑ (www.meteo.gr)
- ΚΑΠΕ (www.cres.gr/kape/datainfo/maps.htm)
- ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑ
- ΔΕΗ, ΦΟΡΕΙΣ, ΙΔΙΩΤΕΣ

Για συγκεκριμένη γεωγραφική θέση και χαρακτηριστικά εδάφους: Εκτίμηση αιολικού δυναμικού με μέτρηση ταχύτητας τουλάχιστον ένα έτος ή συσχέτιση με μετρήσεις κοντινών σταθμών ή μοντελοποίηση ή υβριδικός προσδιορισμός (π.χ. νευρωνικά δίκτυα)

Για εγκατάσταση αιολικής μηχανής: Εκτίμηση μέγιστης ταχύτητας με στατιστική ακραίων τιμών για μεγάλες περιόδους.

Χωρική Μεταβολή

$$u(z)=u_*/k * \ln (z-d/z_0)$$

όπου u_* η ταχύτητα τριβής, k η σταθερά του Karman (π.χ. 0.4), z_0 η παράμετρος τραχύτητας της επιφάνειας της γης (εξαρτάται από το είδος της κάλυψης και δίνεται από πίνακες) και d η μετατόπιση μηδενικού επιπέδου (ύψος πάνω από το ανάγλυφο όπου η ροή είναι ελεύθερη, 0 για συνήθης βλάστηση ή μέσο ύψος ανάγλυφου για δέντρα ή σπίτια).

Πιο σύνθετες σχέσεις:

$$u(z) = \frac{u_*}{\kappa} \left[\ln \left(\frac{z}{z_0} \right) - \psi_m \left(\frac{z}{L} \right) \right]$$

όπου η συνάρτηση ψ_m είναι η παγκόσμια συνάρτηση σταθερότητας που θεωρείται 0 για ουδέτερες συνθήκες και L το μήκος του Obukhov που περιγράφει την επίδραση της άνωσης σε τυρβώδεις ροές.

Για μεγαλύτερη ακρίβεια, η κατακόρυφη κατανομή προσδιορίζεται πειραματικά.



Προσδιορισμός αιολικού δυναμικού και παραγωγής ενέργειας

Αναγωγή ταχύτητας του ανέμου u_i από το σημείο Z_0 που μετράται (συνήθως 10 m για χερσαία και 3.5 m σε παράκτιους πλωτήρες), σε οποιοδήποτε ύψος Z :

$$u_j = u_0 \left(\frac{Z}{Z_0} \right)^a \quad (\alpha=1/7 \text{ για χερσαία συστήματα})$$

$$u_j = u_0 \ln(Z/\alpha) / \ln(Z_0/\alpha) \quad (\alpha=0.2 \text{ mm για παράκτια συστήματα})$$

Ίσχύς του ανέμου ανά μονάδα επιφάνειας για N μετρήσεις ταχύτητας ανέμου (διάρκειας τουλάχιστον 1 έτους), :

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2N} \sum_{j=1}^N \rho_j u_j^3$$

όπου ρ_0 η πυκνότητα του αέρα ($\rho_0=1.225 \text{ kg/m}^3$ για παράκτια έργα) ή εξαρτώμενη από τη θερμοκρασία ως

$$\rho_j = \rho_0 \frac{T_0}{T_j} \left(1 - \frac{\Gamma Z}{T_j R} \right)^{\frac{g}{T_j R}} \text{ (kg m}^{-3}\text{)}$$

όπου $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ η επιτάχυνση της βαρύτητας, $R = 287 \text{ J deg}^{-1} \text{ kg}^{-1}$ η σταθερά των αερίων, T_j είναι η θερμοκρασία σε Kelvin [K], $T_0 = 288 \text{ K}$ ($=273 + 15$), $\rho_0 = 1.225 \text{ kg m}^{-3}$ είναι η πυκνότητα του αέρα στην επιφάνεια της θάλασσας και Γ είναι η κατακόρυφη βαθμίδα θερμοκρασίας που συνήθως θεωρείται 6.5 K km^{-1} .

Εκτίμηση αιολικού δυναμικού και αξιολόγηση παραγωγής ενέργειας

Κατανομή Weibull $f(u) = \left(\frac{\kappa}{c}\right) \left(\frac{u}{c}\right)^{\kappa-1} \exp\left[-\left(\frac{u}{c}\right)^\kappa\right], \kappa > 0, c > 0$

όπου u είναι η ταχύτητα του ανέμου, κ και c είναι οι δύο παράμετροι σχήματος (shape) και κλίμακας (scale), αντίστοιχα.

Η αθροιστική συνάρτηση κατανομή $F(u)$ της κατανομής Weibull δίνεται ως: $F(u) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{u}{c}\right)^\kappa\right]$

Οι παράμετροι κ και c μπορούν εύκολα να υπολογιστούν από τη θεωρία ελαχίστων τετραγώνων της απλής γραμμικής εξίσωσης που παίρνουμε εάν λογαριθμήσουμε τα δύο μέλη της Εξίσωσης ως

$$\frac{1}{\kappa} \ln(-\ln(1 - F(u))) = [\ln(u) - \ln(c)]$$

Ο συντελεστής αξιοποίησης μπορεί να υπολογιστεί ως

$$CF = \left(\frac{u1}{u0}\right)^3 e^{-(\frac{u1}{c})^\kappa} + \frac{3\Gamma(3/\kappa)}{\kappa(\frac{u0}{c})^3} \left[\gamma\left(\left(\frac{u0}{c}\right)^\kappa, \frac{3}{4}\right) - \gamma\left(\left(\frac{u1}{c}\right)^\kappa, \frac{3}{4}\right) \right] - e^{-(\frac{u2}{c})^\kappa}$$

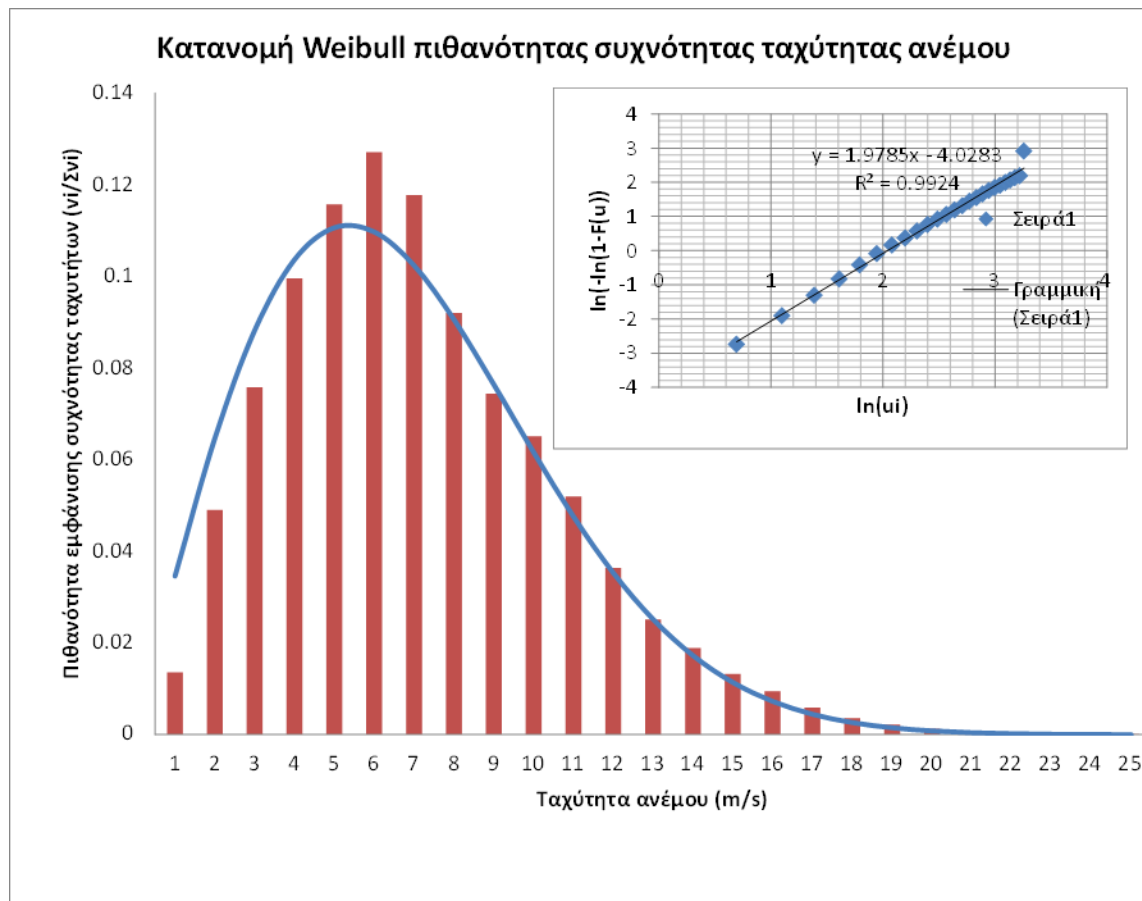
Η συνάρτηση $\Gamma(3/\kappa)$ μπορεί να υπολογιστεί ως συνάρτηση του EXCEL (=exp(gammaLn(3/k))

Η μη ολοκληρωμένη συνάρτηση $\gamma(\alpha, x)$ μπορεί να υπολογιστεί μέσω των συναρτήσεων του EXCEL =EXP(GAMMALN(alpha))*GAMMADIST(x,alpha,1,1) όπου το x είναι το $3/4$.

Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί η σχέση:

$$Cf = \frac{\exp\left(-\left(\frac{u1}{c}\right)^\kappa\right) - \exp\left(-\left(\frac{u0}{c}\right)^\kappa\right)}{\left(\frac{u0}{c}\right)^\kappa - \left(\frac{u1}{c}\right)^\kappa} - \exp\left[-\left(\frac{u2}{c}\right)^\kappa\right]$$

Εκτίμηση αιολικού δυναμικού και αξιολόγηση παραγωγής ενέργειας



$$\text{Μέση ταχύτητα ανέμου } V = c\Gamma(1 + 1/k)$$

Εκτίμηση αιολικού δυναμικού και αξιολόγηση παραγωγής ενέργειας

Ο συντελεστής αξιοποίησης αιολικού πεδίου (capacity factor) μπορεί να οριστεί ως

$$CF = \frac{P}{P_{rated}}$$

όπου P είναι η ισχύς εξόδου της ανεμογεννήτριας και P_{rated} είναι η ονομαστική της ισχύς.

Ο συντελεστής αξιοποίησης CF αποτελεί ένα μέτρο σύγκρισης της παραγόμενης ισχύος μιας τουρμπίνας για κάποιο χρονικό διάστημα με το ποσό της ισχύος που θα έδινε η τουρμπίνα εάν δούλευε σε μέγιστη έξοδο 100% για το ίδιο χρονικό διάστημα.

Στην περίπτωση που δεν υπάρχουν επαρκή δεδομένα της καμπύλης ισχύος μιας ανεμογεννήτριας αλλά δίνονται μόνο οι τρεις ονομαστικές ταχύτητες της (η ταχύτητα έναρξης (cut-in) (u_1), η ονομαστική (rated) (u_0) και η ταχύτητα διακοπής λειτουργίας (cut-out) (u_2), η κατανομή Weibull είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη στατιστική κατανομή για την περιγραφή των δεδομένων της ταχύτητας ανέμου σε μια περιοχή και με αρκετά καλή συμφωνία με τα πειραματικά δεδομένα.

Λόγος Πραγματικής Ενεργειακής Απόδοσης

Για Α/Γ: ($E_{out} = E_{gross} \times 0.9$) (MWh/γ)

$$EYR = \frac{E_{out} \times Lifetime_{WTG}}{Embodied\ Energy_{WTG}}$$

Για Α/Γ (20 γ)

Για Α/Γ με Prated:1500-5000 kW: $EmbodiedEnergy_{WTG} = 29.2 * Prated + 4565$ (GJ)

όπου:

- **EYR** = λόγος πραγματικής ενεργειακής απόδοσης (φορές που επιστρέφεται η ενεργειακή επένδυση),
- E_{out} = Καθαρή ενέργεια που δίνεται από το ενεργειακό σύστημα (ετήσια ενεργειακή έξοδος) (MWh/year),
- $Lifetime_{WTG}$ = Ο χρόνος ζωής του ενεργειακού συστήματος (10 - 30 χρόνια),
- $Embodied\ Energy_{WTG}$ = Πρωτογενής ενσωματωμένη ενέργεια (για παραγωγή, εναπόθεση/ανακύκλωση και συντήρηση) του ενεργειακού συστήματος σε όλη τη διάρκεια ζωής του (GJ).

Προσοχή μετατροπή στις ίδιες μονάδες!

Αιολική ενέργεια

- Ενεργειακή Ανταπόδοση Α/Γ (Energy payback)= $\text{EmbodiedEnergy}_{\text{WTG}}/\text{Eout (net)}$

- Αποφυγή Έκλυσης CO₂: $\text{Lifetime}_{\text{WTG}} * \text{Eout(net)} \times A - \text{EmbodiedEnergy}_{\text{WTG}} \times B$

όπου

- A ο συντελεστής έκλυσης CO₂ -e/GJ ενέργειας παραγόμενης από ορυκτά καύσιμα και ίσος με 122 kg CO₂-e/GJ
- B ο συντελεστής έκλυσης CO₂ -e/GJ ενέργειας παραγόμενης από Α/Γ και ίσος με 60 kg CO₂ -e/GJ.

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

- Αιολικό δυναμικό
- Ευκολία σύνδεσης με το ηλεκτρικό δίκτυο
- Δυνατότητα σύνδεσης με Υ/Σ Μ/Τ
- Υψηλή συγκέντρωση ισχύος
- Δυνατότητα επέκτασης
- Βάθη θεμελίωσης Α/Γ/ οικονομία κατασκευής
- Περιορισμού ναυσιπλοΐας, αεροπλοΐας
- Περιορισμοί ροών μεταναστευτικών ρευμάτων πτηνών
- Ανταπόκρισης στο σενάριο απρόβλεπτων μελλοντικών εξελίξεων
- Ικανοποίηση ευαισθησίας κριτηρίων ως προς χρόνο

Μικρή Υδροηλεκτρική Εγκατάσταση

- Εγκαταστάσεις μέχρι 15 MW
- Απλούστερη δυνατή κατασκευή και ενσωματωμένη στο φυσικό περιβάλλον
- Αξιοποίηση του υδάτινου δυναμικού και της φυσικής παροχής με μέγιστη ετήσια ενεργειακή παραγωγή
- Θεωρητικό υδροδυναμικό της Ελλάδας: 84.5 TWh ή 0.73 GWh/km²
- Τεχνικά και οικονομικά εκμεταλλεύσιμο: 21 TWh/έτος

Νόμοι για ΜΥΗΕ:

- ν. 1739/1987 & ν. 3199/2003 για διαχείριση υδατικών πόρων
- ν. 3468/2006 για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ
- Ειδικό χωροταξικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ

Αποδιδόμενη Ισχύς

$$N = \rho \cdot g \cdot H \cdot V \cdot \eta$$

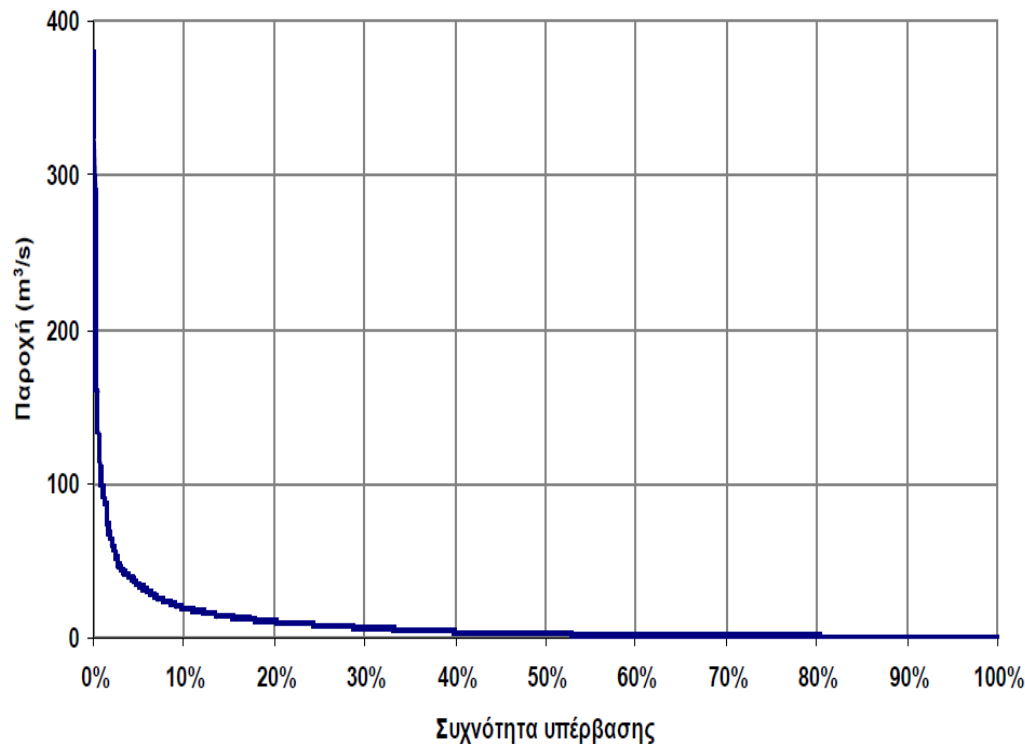
Όπου N η ισχύς σε Watt
 ρ η πυκνότητα σε kg/m^3
 g η επιτάχυνση της
βαρύτητας (m/s^2)

H το καθαρό ύψος
πτώσης σε m
 V παροχή νερού σε m^3/s
 η βαθμός απόδοσης του
μηχανισμού

εκμετάλλευσης της
υδατόπτωσης (γινόμενο
υδραυλικού, μηχανικού και
ογκομετρικού βαθμού
απόδοσης)

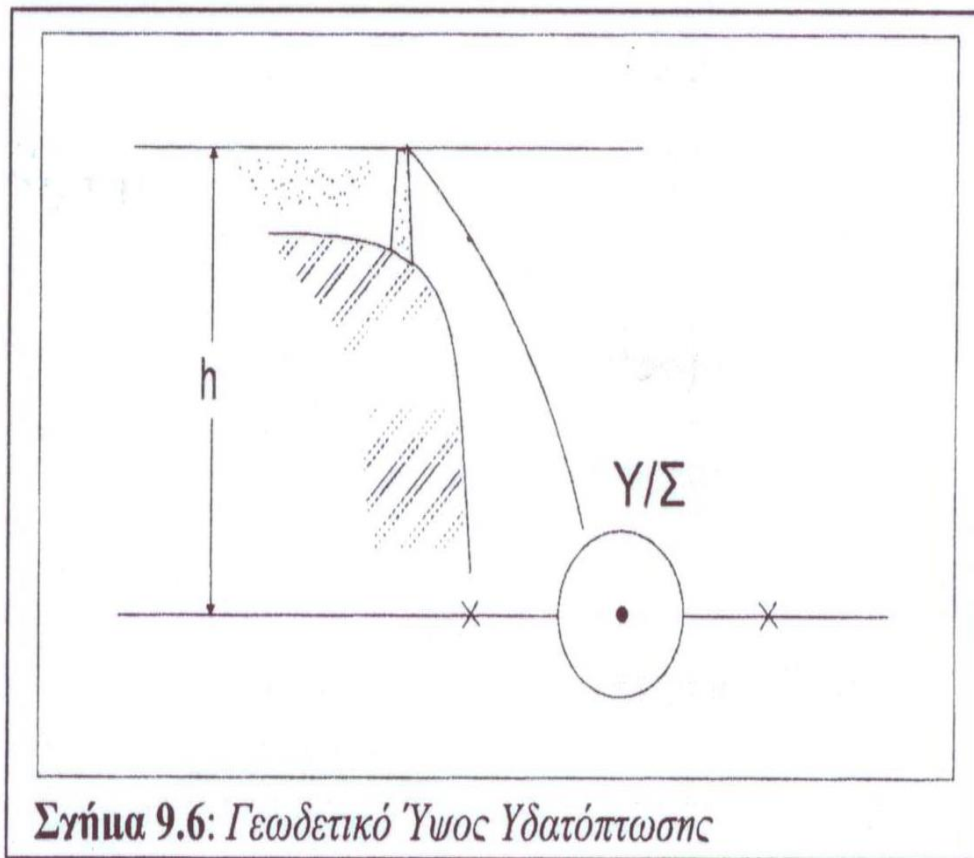
$$H = h - 3.5V^2$$

όπου h το γεωδαιτικό
ύψος της υδατόπτωσης και ο
δεύτερος όρος χαρακτηρίζει τις
απώλειες του αγωγού
προσαγωγής

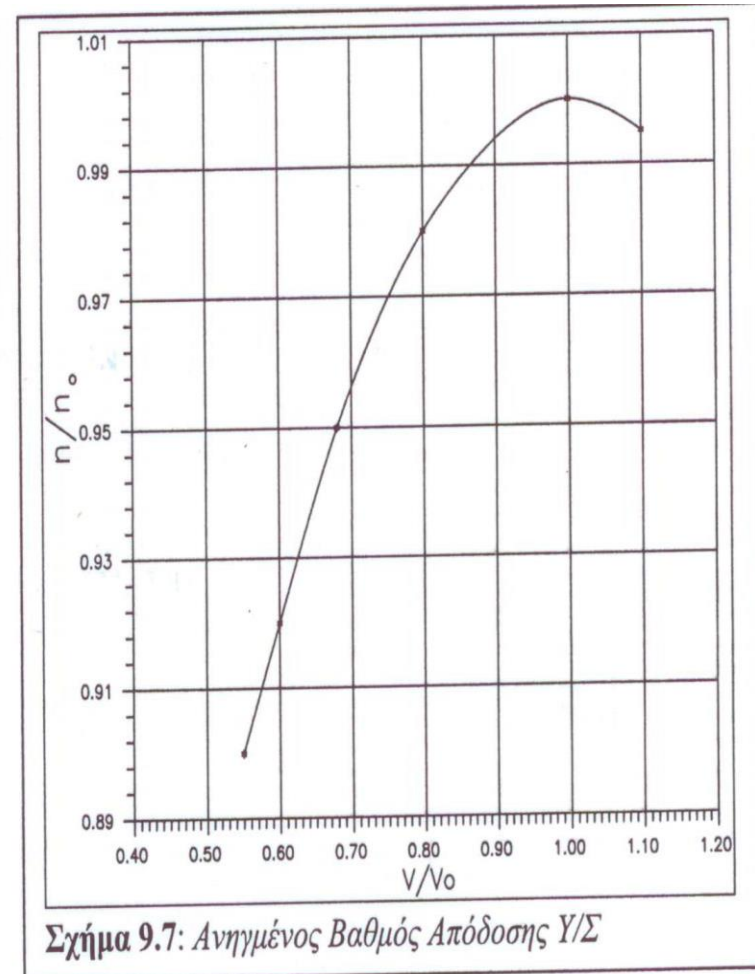


Για λόγους αξιοποίησης του πόρου,
εκμετάλλευση του 75% του διερχόμενου
όγκου νερού (Βαθμός Ενεργειακής
Αξιοποίησης BEA)

Όλο το χρόνο, απελευθέρωση ποσότητας
νερού για τη διατήρηση του οικοσυστήματος.
Οικολογική παροχή ίση προς το 30% της μέσης
παροχής Ιουνίου-Ιουλίου-Αυγούστου ή το 50%
του Σεπτεμβρίου (Το μεγαλύτερο εκ των δύο)

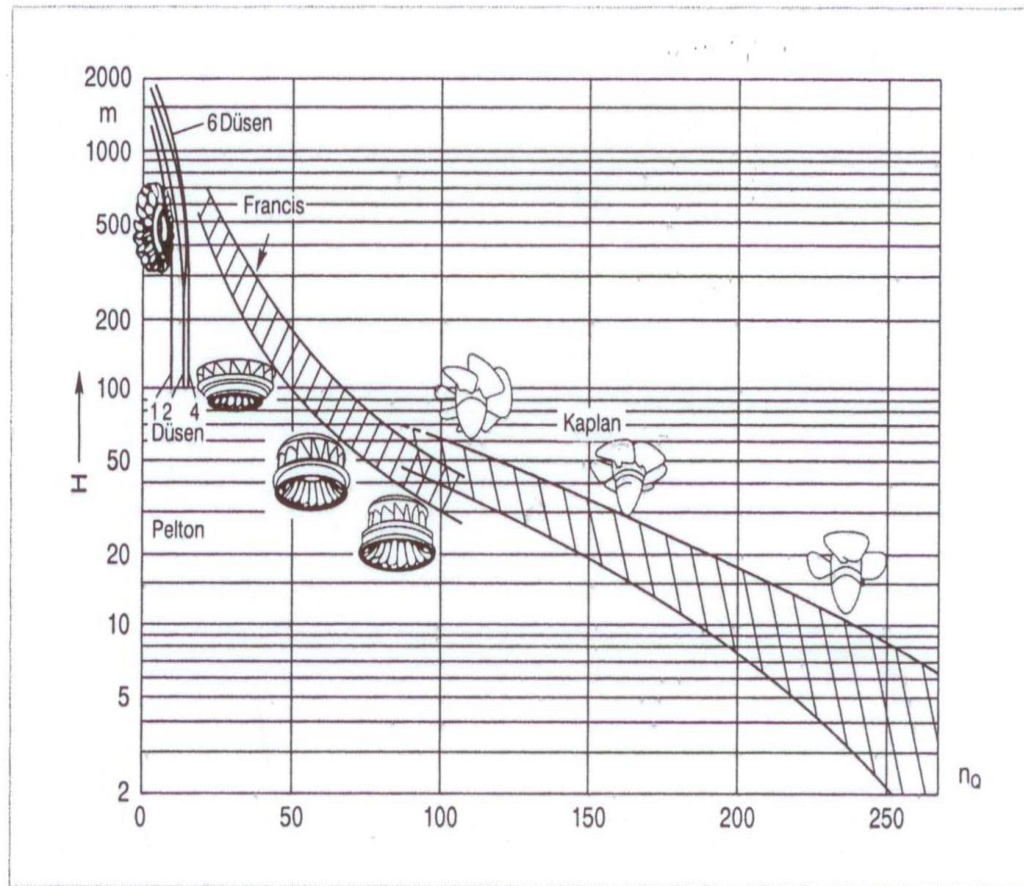


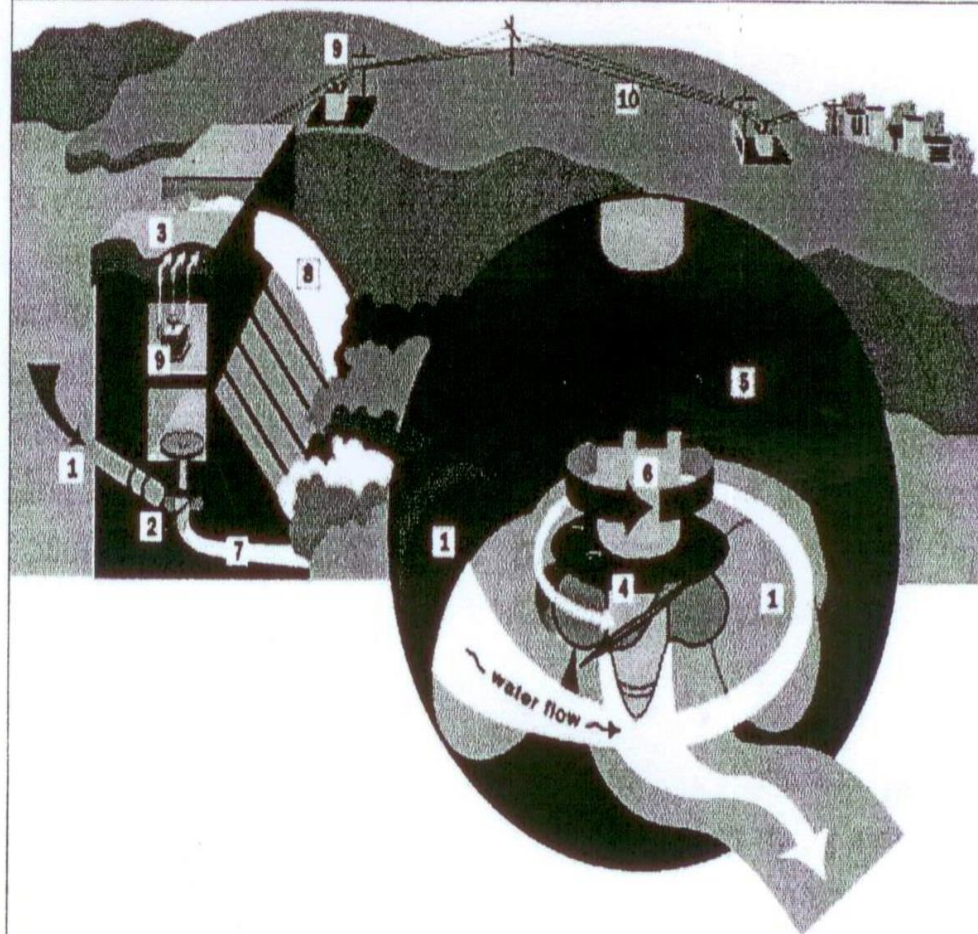
Καθαρό ύψος $H = h - \delta h$ (μειωμένο κατά τις απώλειες στο σωλήνα προσαγωγής)



Υπολογισμός μηνιαίας ηλεκτρικής παραγωγής (σε kWh)

$$E(t_o + t_o + \Delta t) = \int_{t_o}^{t_o + \Delta t} N(t) dt = \bar{N} \Delta t = \rho g H V n \Delta t$$

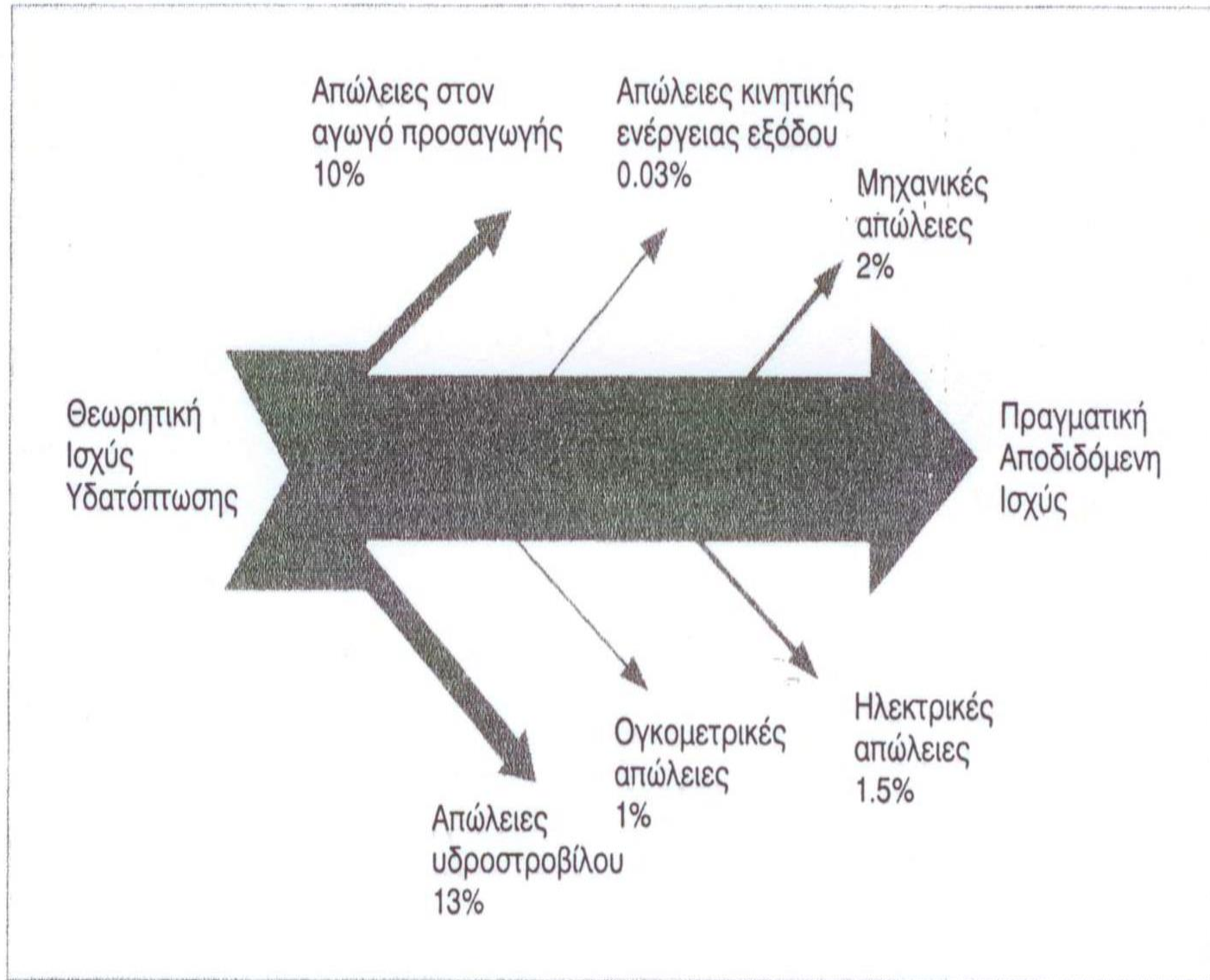


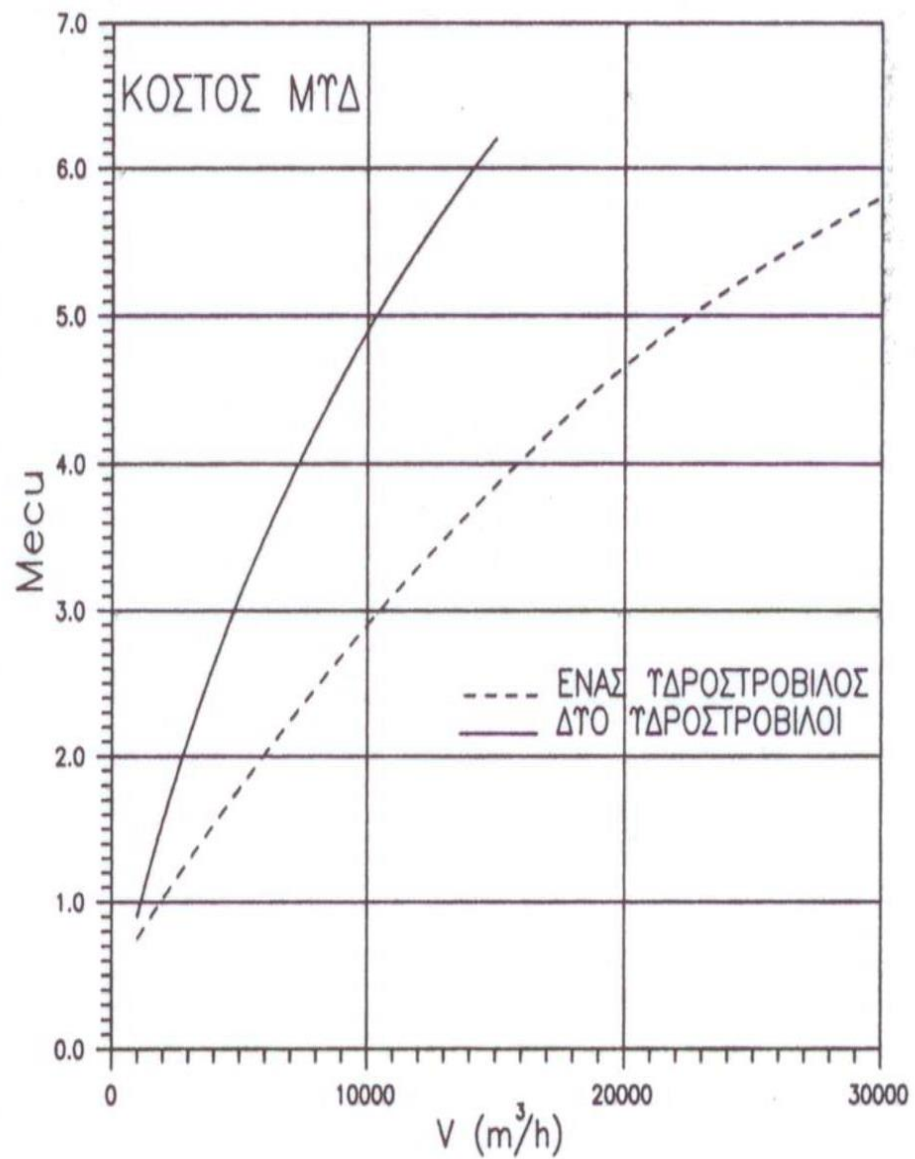


- | | |
|------------------------------|------------------------|
| (1) υδροληψία | (2) αγωγός πτώσης |
| (3) πάνω φράγμα | (5) ηλεκτρική |
| (6) άξονας μετάδοσης κίνησης | γεννήτρια |
| (7) αγωγός φυγής | (8) υπερχειλίση |
| (9) υποσταθμός | (10) γραμμές μεταφοράς |

Σχήμα 9.11: Τυπική Εγκατάσταση Υ/Σ

Οικονομική Βιωσιμότητα





Σχήμα 9.17: Κόστος Ίδρυσης Μ.Υ.Δ. Σταθμού