



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

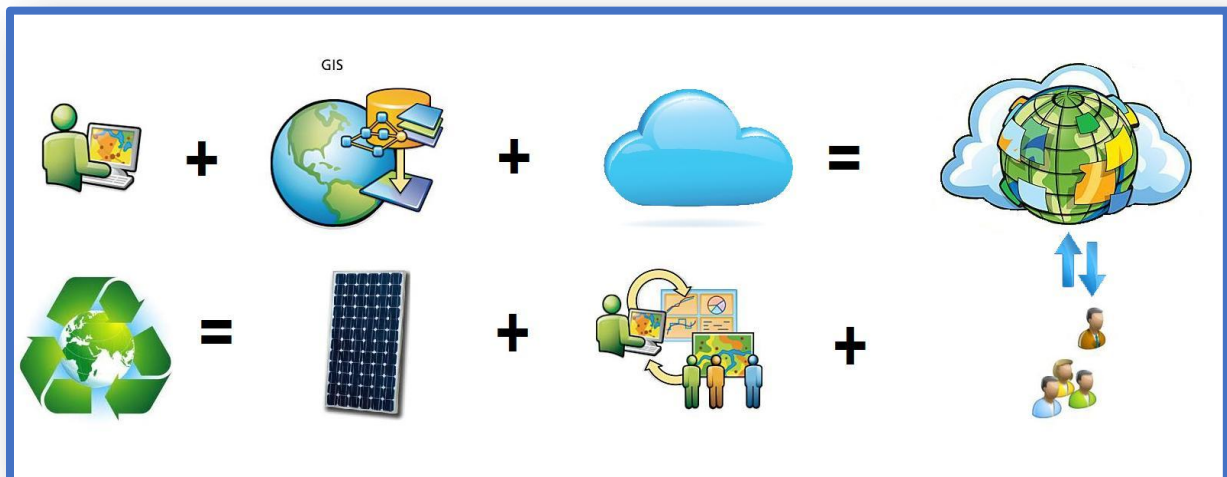
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ:

«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: «Διαδικτυακή εφαρμογή υπολογισμού ηλιακού δυναμικού για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων με την χρήση WebGIS, για τον Ελλαδικό χώρο.»



ΧΑΡΜΑΤΖΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

Γεωλόγος

ΑΘΗΝΑ 2012

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ:

«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: *«Διαδικτυακή εφαρμογή υπολογισμού ηλιακού δυναμικού για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων με την χρήση WebGIS, για τον Ελλαδικό χώρο.»*

ΧΑΡΜΑΤΖΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

Γεωλόγος

ΑΜ 2913

Επιτροπή επιβλεπόντων:

Νάστος Παν.

Αναπλ. Καθηγητής

Βούλγαρης Νικ.

Αναπλ. Καθηγητής

Παλιατσός Αθαν.

Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ 2012

1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση ανάπτυξης της διαδικτυακής εφαρμογής υπολογισμού ηλιακού δυναμικού για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων με χρήση WebGIS, για τον ελλαδικό χώρο. Η συγκεκριμένη εφαρμογή αναπτύχθηκε για να την προώθηση της Πράσινης Ανάπτυξης και της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας για κοινούς χρήστες του Διαδικτύου.

Στο πρώτο μέρος αναλύεται λεπτομερώς όλο το θεωρητικό υπόβαθρο για τη μελέτη της ηλιακής ακτινοβολίας, την εξίσωση αυτής, την φωτοβολταϊκή τεχνολογία, αναφέρονται τα στοιχεία για τον ελλαδικό χώρο και αναλύονται τα μετεωρολογικά δεδομένα που έχουν συγκεντρωθεί τα τελευταία 15 χρόνια από του μετεωρολογικούς σταθμούς της ΕΜΥ. Τέλος, γίνεται αναφορά στην ελληνική νομοθεσία που συσχετίζεται με την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Στο δεύτερο μέρος γίνεται περιγραφή και ανάλυση όλης της διαδικτυακής εφαρμογής με το όνομα «Εκτιμητής ηλιακού δυναμικού της Ελλάδος», “Solar Power Estimator of Greece” (SPE of Greece). Αναλυτικά, περιγράφεται η εφαρμογή από τη μεριά του διαδικτυακού χρήστη (web-client), περιγράφεται η φιλοσοφία της εφαρμογής, όπως και η αρχιτεκτονική της. Γίνεται ανάλυση όλου του μοντέλου-συγκροτήματος (model-building) που εκτελείται κάθε φορά που ο χρήστης χρησιμοποιεί τα εργαλεία της εφαρμογής και τέλος αξιολογούνται τα αποτελέσματα της εφαρμογής.

Στο τρίτο και τελευταίο μέρος παρουσιάζονται τα συμπεράσματα, τα οποία προέκυψαν από την εργασία καθώς προτείνονται και κάποιες προτάσεις για βελτίωση της εφαρμογής.

Λέξεις κλειδιά : ΑΠΕ, Φ/Β συστήματα, ηλιακή ακτινοβολία, WebGIS, διαδικτυακή εφαρμογή, ηλιακό δυναμικό.

2 ABSTRACT

Scope of the present thesis is the analysis of a web GIS application that calculates the potential solar power of a specific area in Greece. The name of the application is "Solar Power Estimator of Greece" (SPE of Greece). The purpose of the SPE of Greece gives the public access to understand the photovoltaic technology, the environmental profits and a general idea about financial investments.

The first part is a detailed analysis of solar radiation. Also mathematical tools are provided to calculate the solar irradiation. An attempt to describe the materials and the technologies used to manufacture solar cells. Moreover the electrical characteristics of cells and modules are explained in detail. It is analyzed the meteorological data of Greece which are provided from the meteorological stations of EMY. At the end references to the Greek legislation for the installation of photovoltaic systems.

In the second part is a description and analysis of all the web application with the name "Solar Power Estimator of Greece" (SPE of Greece). Further, we describe the application from the web-client side, describes the philosophy of the application, and the architecture, an analysis of the model-building that executes every time the web-client uses the tools of the application, fee assessed the results of the application.

Finally at the last part are the conclusions of this thesis and proposed some ideas for improving it.

Keywords: Renewable energy, photovoltaic systems, solar radiation, WebGIS, Internet application, solar power potential.

3 ΠΡΟΛΟΓΟΣ

“Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), όπως ορίζει η ΟΔΗΓΙΑ 2001/77/ΕΚ, είναι οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δηλαδή η αιολική, η ηλιακή, η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια των κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια, η βιομάζα, τα αέρια τα εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και τα βιοαέρια”.

Άρα, οι ΑΠΕ είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας και χαρακτηρίζονται σαν «καθαρές» μορφές ενέργειας, πολύ «φιλικές» στο περιβάλλον, που δεν αποδεδμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα, όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Έτσι, οι ΑΠΕ θεωρούνται από πολλούς μία αφετηρία για την επίλυση των οικολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει η Γη.

Αν και ο χαρακτηρισμός «ανανεώσιμες» είναι κάπως καταχρηστικός, μιας και ορισμένες από αυτές τις πηγές, όπως η γεωθερμία δεν ανανεώνονται σε κλίμακα χιλιετιών. Σε κάθε περίπτωση οι ΑΠΕ έχουν μελετηθεί ως λύση στο πρόβλημα της αναμενόμενης εξάντλησης των (μη ανανεώσιμων) αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων. Τελευταία από την Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά και από πολλά μεμονωμένα κράτη, υιοθετούνται νέες πολιτικές για τη χρήση των ΑΠΕ, που προάγουν τέτοιες εσωτερικές πολιτικές και για τα κράτη μέλη. Οι ΑΠΕ αποτελούν τη βάση του μοντέλου οικονομικής ανάπτυξης της πράσινης οικονομίας και κεντρικό σημείο για την σύνδεση της ανάπτυξης με τα οφέλη του φυσικού περιβάλλοντος με την κατά το δυνατόν μικρότερη κατάχρησή τους.

Περιεχόμενα

1	Περίληψη	5
2	Abstract.....	7
3	Πρόλογος	9
1	Ηλιακή ενέργεια	13
1.1	Η ηλιακή ακτινοβολία και ο υπολογισμός της	13
1.2	Ανάλυση πρόσπτωσης ηλιακών ακτινών	18
1.3	Ανάλυση ηλιακής ακτινοβολίας	19
1.4	Υπολογισμός της ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντια επίπεδα	20
1.5	Υπολογισμός ωριαίας ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο.....	23
1.6	Υπολογισμός μηνιαίας ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο.....	25
1.7	Υπολογισμός ετήσιας, ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο και η σχέση της με την κλίση του	26
1.8	Υπολογισμός του λόγου H_d/H	27
1.9	Υπολογισμός ωριαίας ακτινοβολίας από ημερήσιες τιμές	28
2	Φωτοβολταϊκή τεχνολογία	30
2.1	Δομή φωτοβολταϊκού στοιχείου	30
2.2	Συνδέσεις φωτοβολταϊκών στοιχείων.....	31
2.3	Είδη φωτοβολταϊκών στοιχείων.....	31
2.3.1	Τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων πυριτίου μεγάλου πάχους	31
2.3.2	Φ/Β υλικά λεπτών υμένων, THIN FILM.....	33
2.3.3	Πολυστρωματικά Φ/Β στοιχεία	36
2.3.4	Άλλες τεχνολογίες.....	37
2.4	Δομή φωτοβολταϊκού πλαισίου	37
2.5	Παράγοντες που επηρεάζουν το βαθμό απόδοσης.....	38
2.5.1	Γενικά.....	38
2.5.2	Η αντίσταση R_s	39
2.5.3	Η γήρανση.....	39
2.5.4	Οι οπτικές απώλειες	39
2.5.5	Η χωροταξική τοποθέτηση	40

2.5.6	Η δίοδος αντεπιστροφής	40
2.5.7	Η ακτινοβολία	41
2.5.8	Η σκίαση	41
2.5.9	Η θερμοκρασία	41
2.5.10	Ο άνεμος	42
2.5.11	Η ρύπανση	43
2.5.12	Οι ηλεκτρικές απώλειες	43
3	Τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά της Ελλάδος	44
3.1	Κλιματολογικά δεδομένα	44
3.2	Χωρική ανάλυση της μέσης μηνιαίας ολικής ακτινοβολίας και του δείκτη αιθριότητας.....	50
4	Νομοθεσία	54
4.1	Η υπάρχουσα νομοθεσία	54
4.2	Διαδικασίες αδειοδότησης.....	59
4.2.1	Για οικιακά συστήματα.....	62
4.2.2	Μικρές εφαρμογές έως 10kWp σε στέγες επιχειρήσεων	63
4.2.3	Μικρές εφαρμογές σε στέγες κτιρίων του δημοσίου και μη κερδοσκοπικών οργανισμών	64
4.2.4	Εμπορικές – βιομηχανικές στέγες	64
4.2.5	Φ/Β πάρκα σε γήπεδα	64
4.2.6	Παλαιές αιτήσεις για φωτοβολταϊκούς σταθμούς.....	65
1	Εισαγωγή	66
2	Παρουσίαση της εφαρμογής.....	66
3	Ανάλυση διαδικτυακών χαρτογραφικών εργαλείων ηλιακής εκτίμησης.....	76
4	Ανάλυση του SPE of Greece (Solar Power Estimator of Greece).....	82
4.1	Σκοπός.....	82
4.2	Χαρακτηριστικά της εφαρμογής.....	82
4.3	Θεωρητικό υπόβαθρο	83
4.4	Τεχνολογίες και λογισμικά	84
4.5	Αρχιτεκτονική.....	86
4.6	“Υπηρεσία θέασης ορθοφωτογραφιών” WMS.....	87
4.6.1	Ειδικούς όρους χρήσης.....	90

4.6.2	Δικαιώματα Πνευματικής και Βιομηχανικής Ιδιοκτησίας	90
4.6.3	Προστασία Προσωπικών Δεδομένων.....	91
4.6.4	Περιορισμός ευθύνης.....	92
4.6.5	«Δεσμοί» (Links) προς άλλους δικτυακούς τόπους.....	92
4.6.6	Εφαρμοστέο δίκαιο -Δωσιδικία.....	92
4.7	Οπτικοποίηση θεματικών επίπεδων χάρτη.....	93
4.8	Μοντελοποίηση και διαδικτυακή γεωεπεξεργασία (Model-buildings & Web-geoprocessing)	93
4.8.1	Υπηρεσίες γεωμετρίας (geometry services).....	95
4.8.2	Διαδικτυακή γεωεπεξεργασία (web geoprocessing).....	96
4.8.3	Υπηρεσίες SOEs (Server Object Extension).....	97
4.8.4	SPE (Solar Power Estimator) & SPLS (Solar Power Loss from Shading)	100
4.9	Ευαισθησία ανάλυσης.....	101
4.10	Χρήση εφαρμογής και παρουσίαση αποτελεσμάτων.....	102
1	Συμπεράσματα	109
2	Προτάσεις για περαιτέρω μελέτη	109
3	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	111

ΜΕΡΟΣ Α΄

Στο μέρος αυτό, της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα παρουσιαστεί όλο το θεωρητικό υπόβαθρο το οποίο χρειάστηκε για να αναπτυχθεί η εφαρμογή. Θα ξεκινήσουμε με την ανάλυση της ηλιακής ακτινοβολίας, του υπολογισμού της, στη συνέχεια θα γίνει αναφορά στην τεχνολογία των φωτοβολταϊκών (Φ/Β) κυττάρων, πάνελς, συστημάτων και ποια συστήματα είναι διαθέσιμα στο εμπόριο. Τέλος, θα γίνει αναφορά στην κατανομή της ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα και στο κομμάτι της ελληνικής νομοθεσίας που αφορά τα Φ/Β συστήματα.

1 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

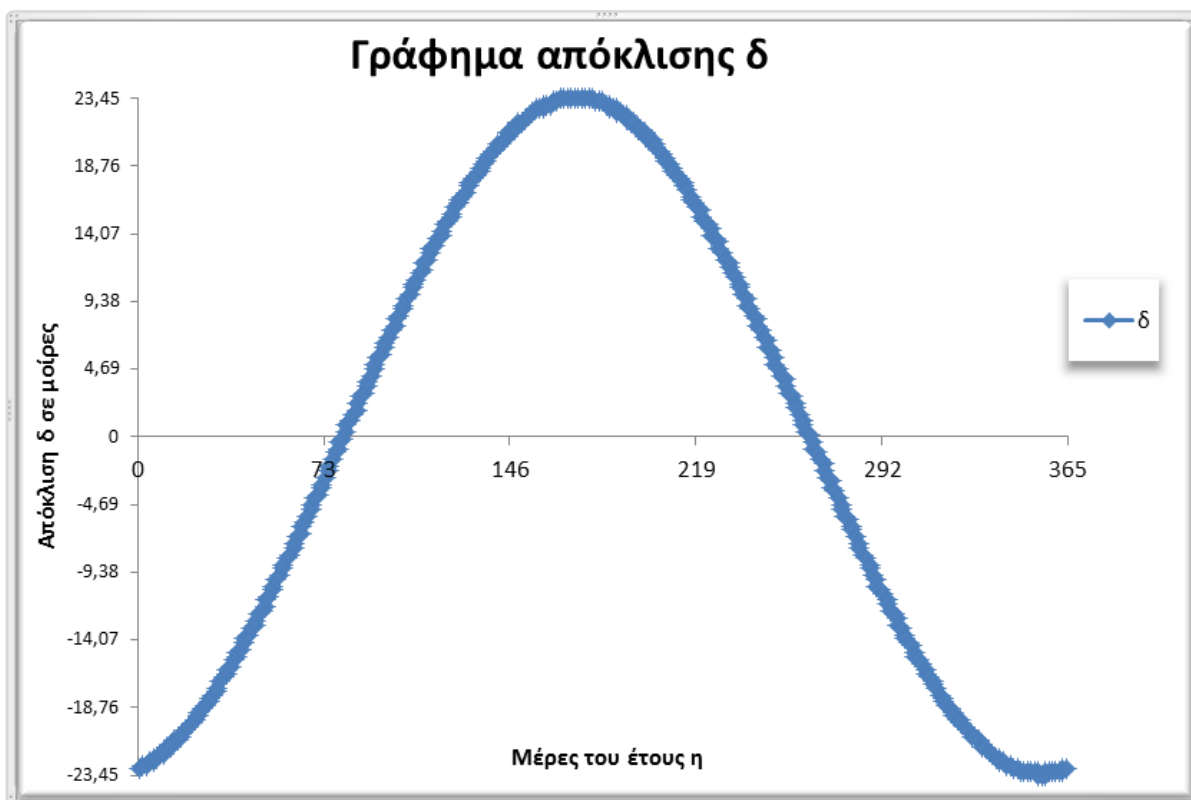
1.1 Η ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΑΙ Ο ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ

Όπως είναι σε όλους γνωστό, η Γη, σαν μέρος του ηλιακού μας συστήματος, περιστρέφεται γύρω από τον ήλιο σε 365 μέρες καθώς επίσης και γύρω από τον άξονά της σε 24 ώρες. Η περίοδος περιστροφής της Γης γύρω από τον ήλιο είναι ένα ημερολογιακό έτος. Το ημερολογιακό έτος χωρίζεται σε 4 περιόδους, τον χειμώνα, την άνοιξη, το καλοκαίρι και το φθινόπωρο. Υπεύθυνη για τη δημιουργία των εποχών είναι η γωνία, η οποία σχηματίζεται από το επίπεδο του ισημερινού, με την ευθεία που ενώνει το κέντρο της Γης με αυτό του ηλίου. Αυτό ονομάζεται ηλιακή απόκλιση δ . Η ηλιακή απόκλιση υπολογίζεται από τον τύπο (Duffie και Beckman 1980):

$$\delta = 23,45 \sin\left(\frac{360(284+\eta)}{365}\right) \quad (1)$$

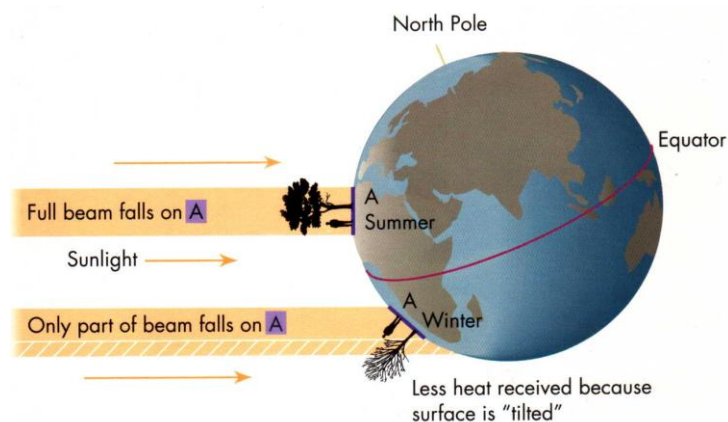
Όπου η είναι η ημέρα του έτους που ξεκινά με ένα την 1 Ιανουαρίου του κάθε έτους και τερματίζει την 365 ημέρα που αντιστοιχεί στην 31 Δεκεμβρίου κάθε έτους.

Όπως παρατηρούμε στο Σχήμα 1 η ηλιακή απόκλιση δ έχει ένα μέγιστο $23,45^{\circ}$ όπου αντιστοιχεί στην 21 Ιουνίου (θερινό ηλιοστάσιο), ένα ελάχιστο $-23,45^{\circ}$ που αντιστοιχεί στην 21 Δεκεμβρίου (χειμερινό ηλιοστάσιο). Επίσης, διαπιστώνεται από το Σχήμα 1 ότι δυο φορές η γωνία μηδενίζεται, στις 21 Μαρτίου και 22 Σεπτεμβρίου (ισημερία).



Σχήμα 1. Ετήσια πορεία της ηλιακής απόκλισης δ

Στο Σχήμα 2 παρατηρούμε την αλλαγή εποχής σε σχέση με την απόκλιση δ και τα δύο ημισφαίρια της Γης. Όταν το δ είναι θετικό στο βόρειο ημισφαίριο τότε έχουμε καλοκαίρι. Ταυτόχρονα, το δ είναι αρνητικό για το νότιο ημισφαίριο και έχουμε χειμώνα.



Σχήμα 2. Αλλαγή εποχών σε σχέση με τα δύο ημισφαίρια.

Συνήθως, για να μη γίνονται επίπονοι υπολογισμοί για κάθε μέρα ξεχωριστά για τον υπολογισμό της τιμής του δ , συνηθίζεται να χρησιμοποιείται μια χαρακτηριστική ημέρα για κάθε μήνα για τον υπολογισμό της μηνιαίας ηλιακής απόκλισης (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικές ημέρες του έτους για κάθε μήνα.

Μήνας	Ημέρα του μήνα	Ημέρα του έτους
Ιανουάριος	17	17
Φεβρουάριος	16	47
Μάρτιος	16	75
Απρίλιος	15	105
Μάιος	15	135
Ιούνιος	11	162
Ιούλιος	17	198
Αύγουστος	16	228
Σεπτέμβριος	15	258
Οκτώβριος	15	289
Νοέμβριος	14	320
Δεκέμβριος	10	351

Η γωνία ηλιακού αζιμούθιου ψ_s είναι αυτή μεταξύ της νότιας διεύθυνσης και της προβολής της ακτινοβολίας του ήλιου στο οριζόντιο επίπεδο. Η συμπληρωματική γωνία της γωνίας ζενίθ ονομάζεται ηλιακό ύψος γ_s .

Για κάθε δεδομένη στιγμή, για συγκεκριμένο γεωγραφικό πλάτος φ , ισχύει η παρακάτω εξίσωση (Kreith και Kreider 1978)

$$\cos\psi_s = \pm \frac{\sin\gamma_s \sin\varphi - \sin\delta}{\cos\gamma_s \cos\varphi} \quad (2)$$

Όπου το πρόσημο “+” είναι για το βόρειο ημισφαίριο και το πρόσημο “-” για το νότιο ημισφαίριο.

Η ωριαία γωνία ω ορίζεται ως η γωνία που έχει διαγραφεί από του ελάχιστου ηλιακού ζενίθ θ_{zs} (ηλιακό μεσημέρι).

$$\omega = 0,25 \text{ (min από το ηλιακό μεσημέρι)} \quad (3)$$

Η ηλιακή γωνία ζενίθ θ_{zs} είναι η γωνία μεταξύ του κάθετου άξονα και της κατεύθυνσης της ακτινοβολίας του ήλιου. Συνδέοντας όλες τις παραπάνω γωνίες σχηματίζεται η παρακάτω εξίσωση (Kreith και Kreider 1978):

$$\cos\theta_{zs} = \sin\delta \sin\varphi + \cos\delta \cos\varphi \cos\omega = \sin\gamma_s \quad (4)$$

Για τον υπολογισμό του μέγιστου ύψους που έχει του ήλιου στη διάρκεια της ημέρας γ_{\max} , αρκεί να τεθεί στην παραπάνω εξίσωση $\omega=0$, οπότε:

$$\gamma_{\max} = 90 - |\varphi - \delta| \quad (5)$$

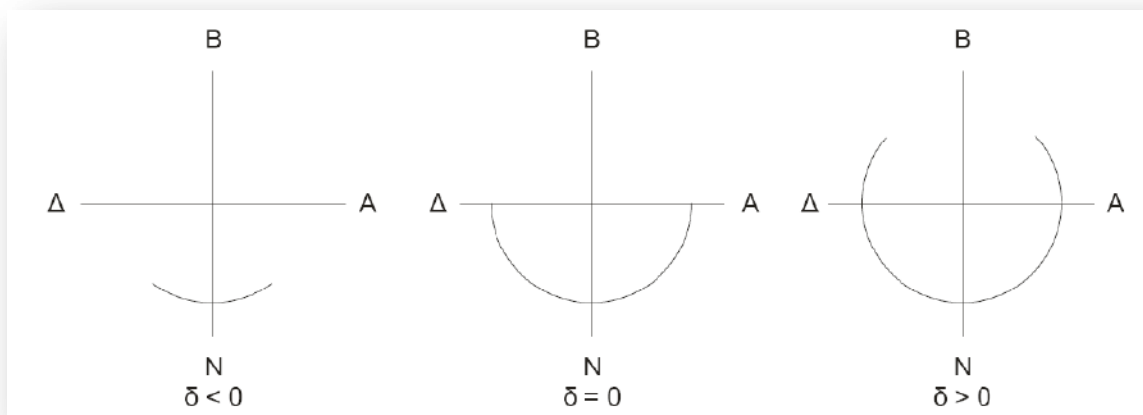
Η ωριαία γωνία ανατολής ή δύσης ω_s του ηλίου για το οριζόντιο επίπεδο υπολογίζεται από την προηγούμενη εξίσωση, όταν μηδενίσουμε το ύψος του ηλίου, οπότε προκύπτει (Lloyd και Swift 1976):

$$\omega_s = \pm \cos^{-1}(-\tan\varphi \tan\delta) \quad (6)$$

Το πρόσημο (-) χρησιμοποιείται για την ανατολή και το (+) για την δύση του ηλίου. Η διάρκεια της ημέρας υπολογίζεται από τη σχέση:

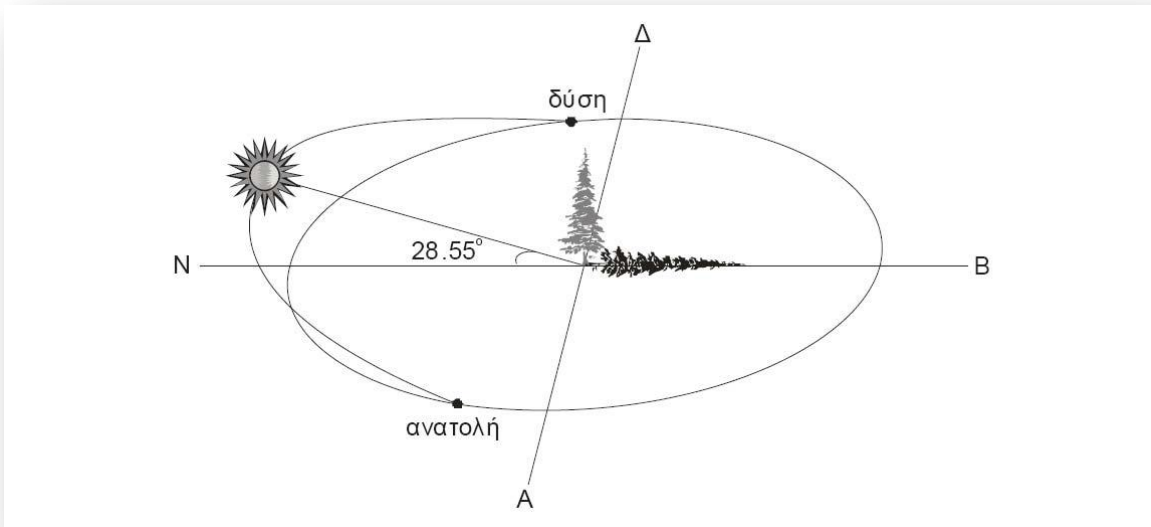
$$\text{Διάρκεια Ημέρας} = \frac{2\omega_s}{15} \quad (7)$$

Απ' όλα τα παραπάνω μπορούμε να συνάγουμε τα παρακάτω συμπεράσματα. Για τα γεωγραφικά πλάτη της Ελλάδας, όταν $\delta < 0$ ο ήλιος ανατέλλει και δύει νότια της γραμμής ανατολής-δύσης, όταν $\delta = 0$ ο ήλιος ανατέλλει ακριβώς στην ανατολή και δύει ακριβώς στη δύση και τέλος όταν $\delta > 0$ ο ήλιος ανατέλλει και δύει βόρεια της γραμμής ανατολής-δύσης (Σχήμα 3).

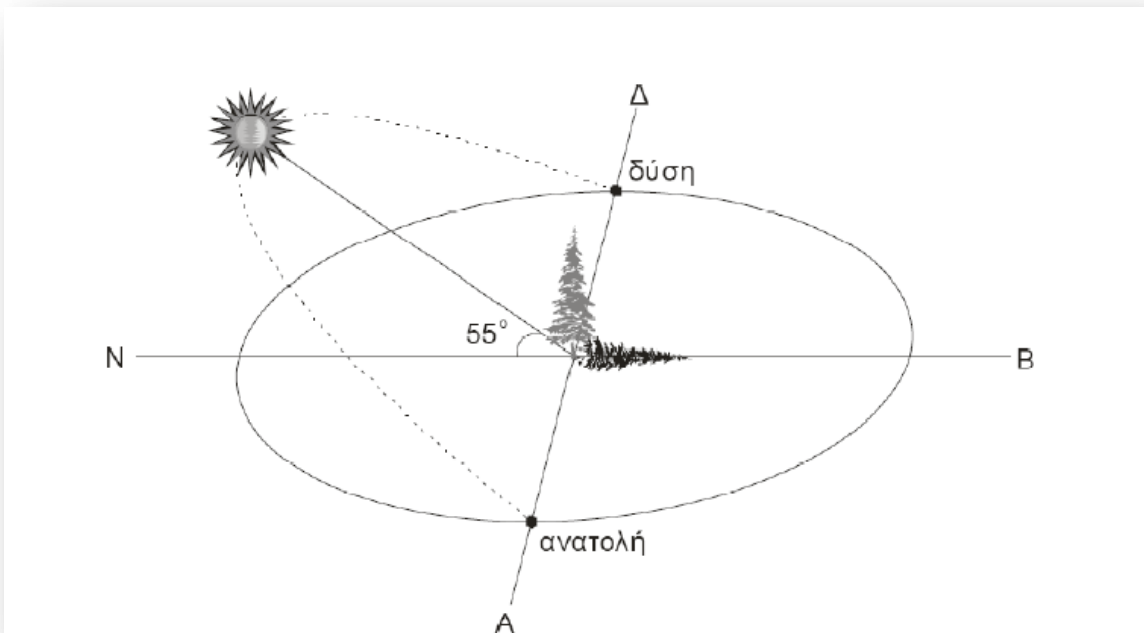


Σχήμα 3. Σχηματική πορεία της τροχιάς του ηλίου στο οριζόντιο επίπεδο ανάλογα στην περίοδο ενός έτους (Mohan 2003).

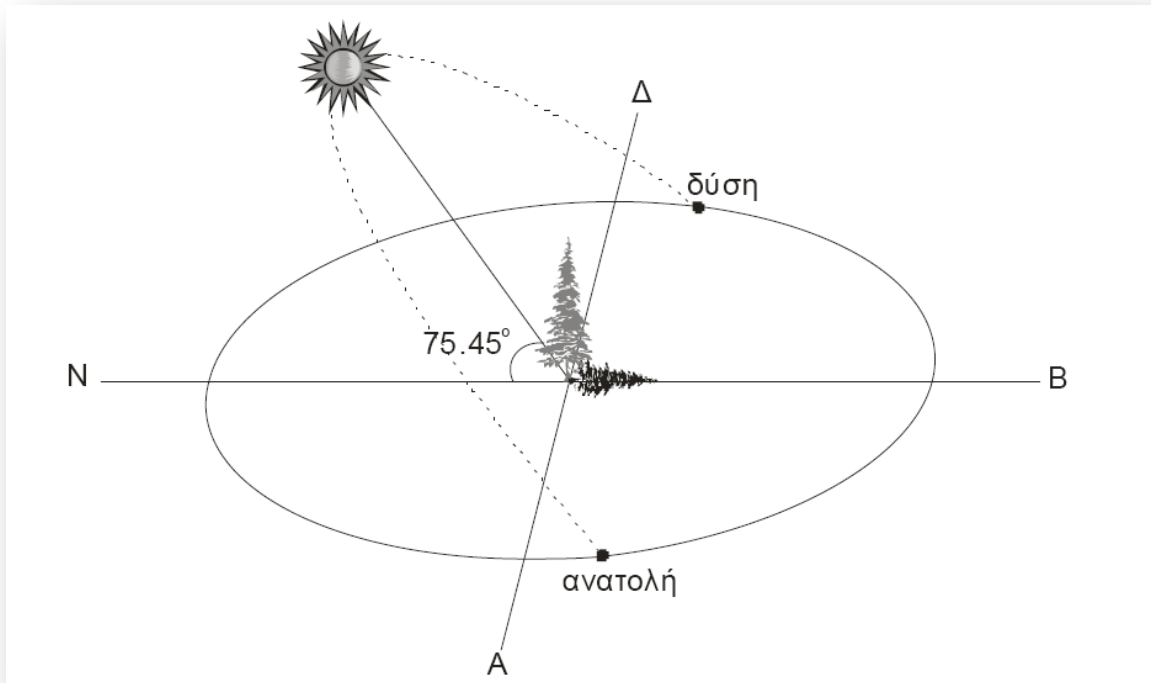
Στα Σχήματα 4-6 παρουσιάζεται επακριβώς η κίνηση του ηλίου που διαγράφει στον ουράνιο θόλο για γεωγραφικό πλάτος 38° (Αθήνα) για τις χαρακτηριστικές μέρες του έτους.



Σχήμα 4. Σχηματική αναπαράσταση της τροχιάς του ηλίου για $\delta < 0$ (Mohan 2003).



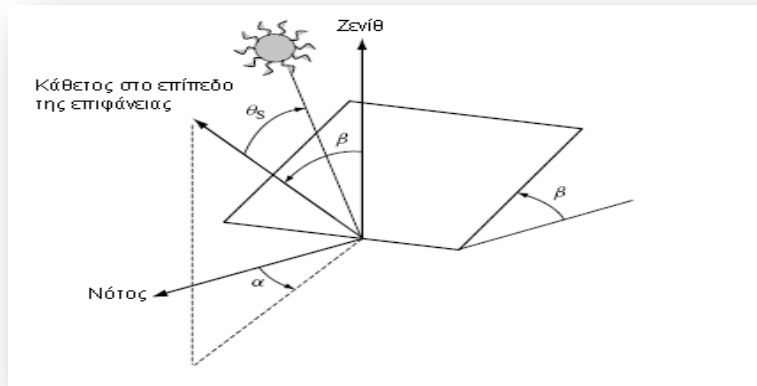
Σχήμα 5. Σχηματική αναπαράσταση της τροχιάς του ηλίου για $\delta = 0$ (Mohan 2003).



Σχήμα 6. Σχηματική αναπαράσταση της τροχιάς του ηλίου για $\delta > 0$ (Mohan 2003).

1.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΣΠΤΩΣΗΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ

Οι εξισώσεις (2), (4), (5) περιγράφουν την κίνηση του ήλιου και τις γωνίες της που σχηματίζονται στο οριζόντιο επίπεδο. Ωστόσο άμα επιθυμούμε, σε περιπτώσεις υπολογισμού των ίδιων γωνιών για κεκλιμένο επίπεδο, θα πρέπει να μετασχηματιστούν καταλλήλως. Η θέση μιας επιφάνειας μπορεί να συνδεθεί από την κλίση της β και από το αζιμούθιο α όπως φαίνεται στο Σχήμα 7.



Σχήμα 7. Χαρακτηριστικές γωνίες που σχηματίζονται από τη θέση του ηλίου και το οριζόντιο επίπεδο (Luque and Hegedus. 2002).

Η γωνία πρόσπτωσης μεταξύ της ηλιακής ακτινοβολίας και της καθέτου στην επιφάνεια για περιοχές του βορείου ημισφαιρίου, από τους Garner και Ohmura (1968) και Duffie και Beckman (1980), δίνεται από τη σχέση:

$$\cos\theta_s = \sin\delta \sin\varphi \cos\beta - \sin\delta \cos\varphi \sin\beta \cos\alpha + \cos\delta \cos\varphi \cos\beta \cos\omega + \cos\delta \sin\varphi \sin\beta \cos\alpha \cos\omega + \cos\delta \sin\alpha \sin\omega \sin\beta \quad (8)$$

1.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Η ακτινοβολία, πριν φτάσει στην ατμόσφαιρα της Γης από τον ήλιο ταξιδεύει σε ευθεία γραμμή χωρίς να υποστεί καμία μεταβολή. Καθώς η ηλιακή ακτινοβολία διαπερνά την ατμόσφαιρα της Γης μεταβάλλεται όταν έρχεται σε επαφή με τα συστατικά που αποτελούν τη ατμόσφαιρα. Ένα μέρος της απορροφάται από μόρια και χημικές ενώσεις όπως το άζωτο, το όζον, το οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα και τους υδρατμούς. Άλλα συστατικά, όπως τα σταγονίδια του νερού και η σκόνη, προκαλούν διασκορπισμό της ακτινοβολίας και τα σύννεφα όπου την αντανακλούν. Όλα τα παραπάνω μειώνουν την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, ώστε η ενέργεια που φτάνει στην επιφάνεια της Γης να είναι αισθητά μειωμένη. Με άλλα λόγια, η ατμόσφαιρα της Γης προστατεύει όλους τους ζώντες οργανισμούς από υπερβολική έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία.

Η ισχύς της ηλιακής ακτινοβολίας (W/m^2) είναι η τιμή της έντασής της ανά μονάδα επιφανείας. Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει ανά μονάδα επιφανείας εκτός γήινης ατμόσφαιρας σε ένα επίπεδο που είναι κάθετο στις ηλιακές ακτίνες και βρίσκεται στη μέση απόσταση Ηλίου – Γης ονομάζεται ηλιακή σταθερά G_{sc} . Από πειραματικές μετρήσεις έχουν προταθεί διάφορες τιμές της ηλιακής σταθεράς, όπως

$$G_{sc} = 1367 W/m^2, \text{ με αβεβαιότητα } 1\%. \quad (9)$$

Η ακτινοβολία, που προσπίπτει σε ένα σώμα στην επιφάνεια της ατμόσφαιρας της Γης, παρουσιάζει ομαλές μεταβολές ετήσιες και ημερήσιες που οφείλονται σε πολλούς παράγοντες όπως την κίνηση του Ηλίου. Οι μεταβολές αυτές έχουν μελετηθεί και μπορούν να καθοριστούν θεωρητικά. Η ακτινοβολία για κάποια ημέρα του έτους σε μία οριζόντια επιφάνεια εκτός ατμόσφαιρας δίνεται από τη σχέση (Kreith και Kreider (1978) και Duffie και Beckman (1980))

$$\varepsilon_0 = 1 + 0,033 \cos \frac{360n}{365} \quad (10)$$

Η προηγούμενη σχέση για τον υπολογισμό της ενέργειας στην επιφάνεια κατά τη διάρκεια μιας ολόκληρης ημέρας μετατρέπεται ως εξής

$$\bar{H}_0 = \frac{24}{\pi} G_{sc} \varepsilon_0 \left(\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + \frac{\pi \omega_s}{180} \sin \phi \sin \delta \right) \quad (11)$$

όπου η τιμή 24 αντιστοιχεί στις 24 ώρες κατά την διάρκεια μίας ημέρας.

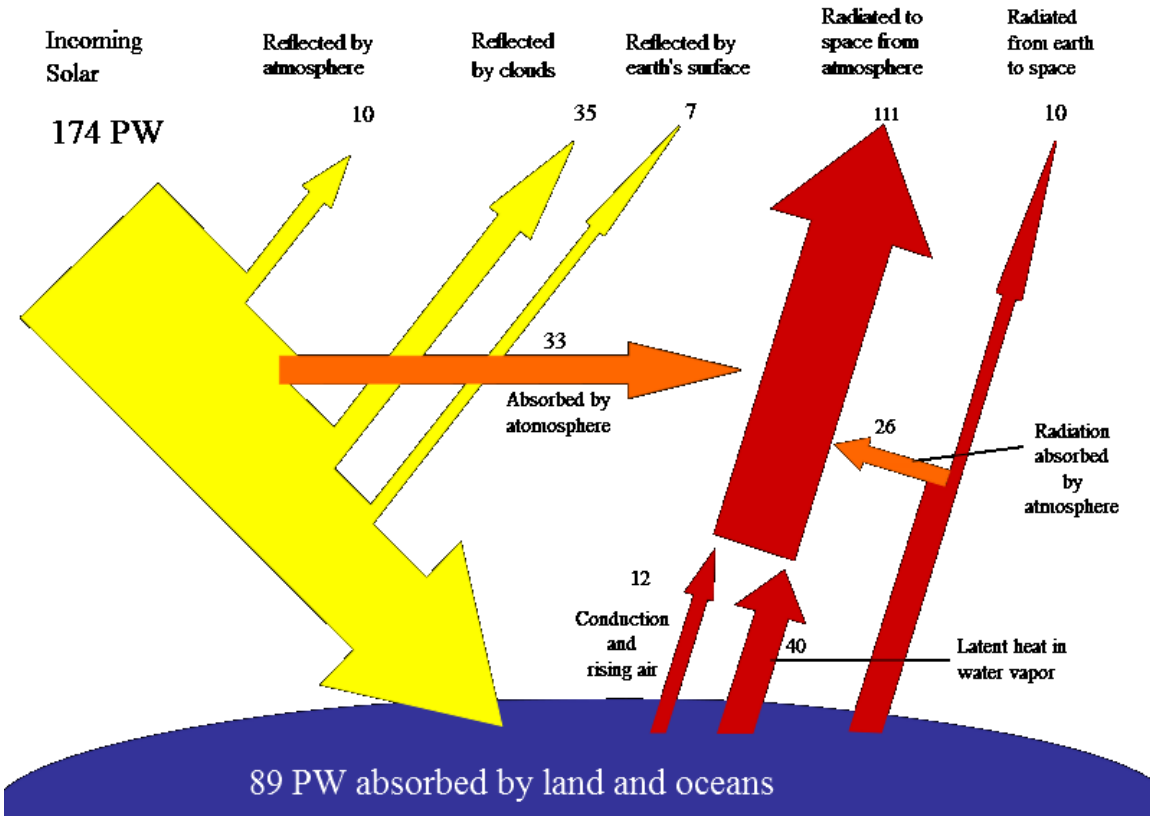
Η σχέση μεταξύ της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια της Γης και σε αυτή εκτός της ατμόσφαιρας μας δίνει τον συντελεστή διαπερατότητας \bar{K} (ή συντελεστής αιθριότητας) και υπολογίζεται για κάθε μήνα

$$\bar{K} = \frac{\bar{H}}{\bar{H}_0} \quad (12)$$

Ο συντελεστής αιθριότητας είναι πολύ σημαντικός να τον γνωρίζουμε γιατί βάσει αυτού χαρακτηρίζεται το ηλιακό κλίμα μίας συγκεκριμένης περιοχής και επίσης μπορούμε να υπολογίσουμε την ηλιακή ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο. Συνήθως σε μετεωρολογικούς σταθμούς με κατάλληλα όργανα μετριέται η ενέργεια που προσπίπτει στο οριζόντιο επίπεδο και με κατάλληλους υπολογισμούς υπολογίζεται ο συντελεστής αιθριότητας για την συγκεκριμένη θέση.

1.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΕΠΙΠΕΔΑ

Η ηλιακή ακτινοβολία, όπως ήδη έχει αναφερθεί, καθώς εισέρχεται στη γήινη ατμόσφαιρα εξασθενεί με διάφορους τρόπους. Η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια της Γης τη διακρίνουμε σε τρεις συνιστώσες. Η πρώτη συνιστώσα είναι η άμεση ακτινοβολία, η οποία είναι αυτή που καταφέρνει να περάσει όλα τα στρώματα της ατμόσφαιρας χωρίς να αλλάξει κατεύθυνση. Η δεύτερη συνιστώσα είναι η διάχυτη ακτινοβολία, η οποία φτάνει στην επιφάνεια της Γης καθώς διαθλάται ή αντανακλάται από τα σωματίδια που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα. Τρίτη και τελευταία συνιστώσα είναι η ανακλώμενη ακτινοβολία η οποία έχει υποστεί ανάκλαση στην επιφάνεια του εδάφους. Σχήμα 8.



Σχήμα 8. Περιγραφή της άμεσης, , διαθλόμενης και ανακλώμενης ακτινοβολίας του ηλίου. [Πηγή: http://en.wikipedia.org/wiki/Earth's_energy_budget]

Οι Liu and Jordan (1960) μελέτησαν τα φαινόμενα αυτά και πρότειναν μία εμπειρική σχέση μεταξύ του κλάσματος της διάχυτης ακτινοβολίας προς την ολική ακτινοβολία για οριζόντιο επίπεδο και του συντελεστή διαπερατότητας.

$$\frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} = 1,390 - 4,027\bar{K} + 5,531\bar{K}^2 - 3,108\bar{K}^3 \quad (13)$$

Άλλοι ερευνητές όπως ο Page (1961) χρησιμοποιώντας δεδομένα από δέκα διαφορετικές τοποθεσίες σε γεωγραφικά πλάτη 40° N και 40° S πρότεινε την παρακάτω σχέση

$$\frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} = 1 - 1,13\bar{K} \quad (14)$$

Σε σχετικά πρόσφατη μελέτη των Luque and Hegedus (2002) για την περιοχή της Μεσογείου χρησιμοποιώντας στην μελέτη τους 150.000 ζεύγη δεδομένων από 11 διαφορετικούς σταθμούς της Ευρώπης προτάθηκαν οι παρακάτω σχέσεις

$$\begin{aligned} \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} &= 0,952 & \bar{K} &\leq 0,13 \\ \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} &= 0,868 + 1,335\bar{K} - 5,782\bar{K}^2 + 3,721\bar{K}^3 & 0,13 &< \bar{K} \leq 0,8 \\ \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} &= 0,141 & \bar{K} &< 0,8 \end{aligned} \quad (15)$$

Άλλοι ερευνητές (Lalas et al., 1987, Paliatsos et al., 2003) μελετώντας την ηλιακή ακτινοβολία στον ελληνικό χώρο δημιούργησαν ξεχωριστούς τύπους. Ειδικότερα, οι Lalas et al. (1987) πρότειναν την παρακάτω σχέση

$$\frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} = 1,446 - 2,965\bar{K} + 1,727\bar{K}^2 \quad (16)$$

Συνεπώς, αφού υπολογιστεί η διάχυτη ακτινοβολία, είναι δυνατόν να υπολογιστεί η ανακλώμενη ακτινοβολία, με απλή αφαίρεση της διάχυτης από την ολική ακτινοβολία.

Η ανακλώμενη ακτινοβολία γενικά, είναι η πιο ασθενής ακτινοβολία από τις άλλες δύο συνιστώσες και ο λόγος είναι ότι οι περισσότεροι τύποι εδαφών έχουν πολύ μικρή ανακλαστικότητα. Εξαίρεση, αποτελεί η περίπτωση αν η επιφάνεια στην οποία ανακλάται η ηλιακή ακτινοβολία είναι το χιόνι, τότε η ένταση της ανακλώμενης ακτινοβολίας αυξάνεται σημαντικά (Πίνακας 2). Για τον υπολογισμό της ανακλώμενης ακτινοβολίας συνήθως θεωρούμε ένα απλό μοντέλο περιοχής όπου είναι μια οριζόντια επιφάνεια άπειρη σε έκταση και που ανακλά την ηλιακή ακτινοβολία ισοτροπικά. Με βάση αυτή τη θεωρία χρησιμοποιούμε ένα συντελεστή ανάκλασης του εδάφους, η τιμή του οποίου εξαρτάται από το είδος της επιφάνειας. Για τη Ελλάδα γενικά, μπορούμε να πούμε ότι ο συντελεστής ανάκλασης ισούται περίπου με $\rho = 0,2$.

Πίνακας 2. Τιμές συντελεστή ανάκλασης για διάφορες επιφάνειες ανάκλασης. (Dobos 2003)

Δάσος	0,05 – 0,2
Ξηρή άργιλος	0,15 – 0,35
Άμμος	0,2 – 0,4
Γρανίτης	0,3 – 0,35
Ξηρή άλμη	0,5
Φρέσκο χιόνι	0,9

1.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΩΡΙΑΙΑΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Η ακτινοβολία που προσπίπτει σε ένα κεκλιμένο επίπεδο και το ποσοστό συμμετοχής, της κάθε συνιστώσας εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας, δηλαδή των προσανατολισμό και την κλίση της.

Η άμεση ακτινοβολία που θα δεχθεί το κεκλιμένο επίπεδο εξαρτάται από τη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών. Η διάχυτη και η ανακλώμενη ακτινοβολία που δέχεται το κεκλιμένο επίπεδο δεν εξαρτώνται από τον προσανατολισμό του επιπέδου και ούτε προέρχονται από όλο τον ουράνιο θόλο ή το έδαφος της γύρω περιοχής. Συγκεκριμένα, η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία προέρχεται από το τμήμα του ουράνιου θόλου το οποίο το κεκλιμένο επίπεδο «βλέπει». Επίσης, για τον υπολογισμό σε μια κεκλιμένη επιφάνεια πρέπει να ληφθεί υπόψη και μια σειρά από άλλες παραμέτρους, όπου όλες μαζί συνιστούν έναν διορθωτικό συντελεστή R_b . Ο διορθωτικός συντελεστής R_b για την άμεση ηλιακή ακτινοβολία είναι ο λόγος της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο κεκλιμένο επίπεδο (I_{bT}) προς αυτή που προσπίπτει σε οριζόντιο επίπεδο (I_b) (Duffie και Beckman (1980)).

$$R_b = \frac{I_{bT}}{I_b} = \frac{I_{bn} \cos\theta}{I_{bn} \cos\theta_z} = \frac{\cos\theta}{\cos\theta_z} \quad (17)$$

Αντικαθιστώντας στην παραπάνω εξίσωση το $\cos\theta_z$ προκύπτει η παρακάτω σχέση:

$$R_b = \frac{\cos\theta}{\cos\phi \cos\delta \cos\omega + \sin\phi \sin\delta} \quad (18)$$

Από την εξίσωση αυτή γίνεται κατανοητό ότι ο διορθωτικός συντελεστής R_b εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος, από την ημέρα και την ώρα του έτους.

Για τον υπολογισμό της διάχυτης ακτινοβολίας θεωρούμε ότι η διάχυτη ακτινοβολία είναι ιστροπική και ομοιόμορφα κατανεμημένη. Ο διορθωτικός συντελεστής για τη διάχυτη ακτινοβολία (R_d) είναι ο λόγος της διάχυτης ακτινοβολίας που προσπίπτει στο κεκλιμένο επίπεδο (I_{dT}) προς αυτή στο οριζόντιο (I_d). Για συγκεκριμένη κεκλιμένη επιφάνεια με κλίση β ο

διορθωτικός συντελεστής λαμβάνει υπόψη του το ποσοστό του ουράνιου θόλου που «βλέπει» το κεκλιμένο επίπεδο και εκφράζεται από τη σχέση:

$$R_d = \frac{I_{dT}}{I_d} = \frac{1+\cos\beta}{2} \quad (19)$$

Ο διορθωτικός συντελεστής για την ανακλώμενη ακτινοβολία (R_r) είναι ο λόγος της ανακλώμενης ακτινοβολίας που προσπίπτει σε ένα κεκλιμένο επίπεδο (I_{rT}) προς την ανακλώμενη ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο (I_r). Θεωρώντας πάλι ότι η ανακλώμενη ακτινοβολία είναι ιστροπική για ένα κεκλιμένο επίπεδο με κλίση β ο τύπος του διορθωτικού συντελεστή της ανακλώμενης ακτινοβολίας είναι:

$$R_r = \frac{I_{rT}}{I_r} = \frac{1-\cos\beta}{2} \quad (20)$$

Θεωρώντας ότι η ολική ηλιακή ακτινοβολία σε ένα κεκλιμένο επίπεδο β ισούται με το άθροισμα των τριών επιμέρους ακτινοβολιών που δέχεται το κεκλιμένο επίπεδο, καταλήγουμε στον τύπο:

$$I_T = I_b R_b + I_d I_d + I_r R_r \quad (21)$$

Χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις (19) – (21), η εξίσωση που εκφράζει την ολική ηλιακή ακτινοβολία, παίρνει τη μορφή:

$$I_T = I_b \frac{\cos\theta}{\cos\theta_z} + I_d \frac{1+\cos\beta}{2} + I_r \frac{1-\cos\beta}{2} \quad (22)$$

Η εξίσωση (22) είναι πάρα πολύ χρήσιμη για τον υπολογισμό της ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας σε ένα κεκλιμένο επίπεδο. όμως, θα πρέπει να είναι διαθέσιμες μετρήσεις και για τις τρεις συνιστώσες της ηλιακής ακτινοβολίας, γεγονός που σημαίνει ότι πρακτικά αυτό είναι δύσκολο.

Για να ξεπεραστεί αυτή η δυσκολία, διαιρούμε την τελευταία σχέση με την ολική ηλιακή ακτινοβολία (I) έτσι προκύπτει η σχέση:

$$\frac{I_T}{I} = \left(1 - \frac{I_d}{I}\right) R_b + \frac{I_d}{I} \left(\frac{1+\cos\beta}{2}\right) + \rho \frac{1-\cos\beta}{2} \quad (23)$$

\bar{K}

με αποτέλεσμα στη μετασηματισμένη σχέση να υπεισέρχεται ο δείκτης αιθριότητας. Ο συγκεκριμένος δείκτης μπορεί να υπολογιστεί από μετρήσεις που πραγματοποιούνται σε μετεωρολογικούς σταθμούς.

1.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Για τον υπολογισμό της ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολία που προσπίπτει σε κεκλιμένο επίπεδο (H_T), θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι ημερήσιες τιμές του διορθωτικού συντελεστή R_b . Αυτό πραγματοποιείται ολοκληρώνοντας από την ωριαία γωνία ανατολής μέχρι την ωριαία γωνία δύσης για το κεκλιμένο και το οριζόντιο επίπεδο αντίστοιχα (Duffie και Beckman (1980)).

$$R_b = \frac{\int_{\omega_{sr}}^{\omega_{ss}} \cos\theta d\omega}{\int_{\omega_{sr}}^{\omega_{ss}} \cos\theta_z d\omega} \quad (24)$$

Αναλύοντας το ολοκλήρωμα ο τύπος μετατρέπεται ως εξής

$$R_b = \frac{\cos(\varphi-\beta)\cos\delta\sin\omega_s + \frac{\pi\omega_s}{180}\sin(\varphi-\beta)\sin\delta}{\cos\varphi\cos\delta\sin\omega_s + \frac{\pi\omega_s}{180}\sin\varphi\sin\delta} \quad (25)$$

όπου ω'_s παίρνει τιμές ανάλογα με την ελάχιστη τιμή των ωριαίων γωνιών στο κεκλιμένο και στο οριζόντιο επίπεδο, αντίστοιχα

$$\omega'_s = \min\{\omega_s, \cos^{-1}[-\tan(\varphi - \beta \tan\delta)]\} \quad (26)$$

Επακόλουθα, για τον υπολογισμό της μηνιαίας, ολικής, ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο θα χρησιμοποιηθούν οι μέσες, μηνιαίες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας:

$$\overline{H_T} = \overline{H_b} \overline{R_b} + \overline{H_d} \frac{1+\cos\beta}{2} + \overline{H_p} \frac{1-\cos\beta}{2} \quad (27)$$

Με το ίδιο σκεπτικό διαιρώντας με τη μέση μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο εισάγουμε έμμεσα το δείκτη αιθριότητας στην εξίσωση.

$$\frac{H_T}{H} = \left(1 - \frac{H_d}{H}\right) \overline{R_b} + \frac{\overline{H_d}}{H} \left(\frac{1+\cos\beta}{2}\right) + \rho \frac{1-\cos\beta}{2} \quad (28)$$

1.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΤΗΣΙΑΣ, ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΑΙ Η ΣΧΕΣΗ ΤΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΚΛΙΣΗ ΤΟΥ

Η ετήσια ηλιακή ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη του αλγορίθμου της εφαρμογής, ώστε να μπορούμε να κάνουμε ακριβή πρόβλεψη της ετήσιας, ηλιακής ακτινοβολίας. Ο υπολογισμός της μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα των δεδομένων.

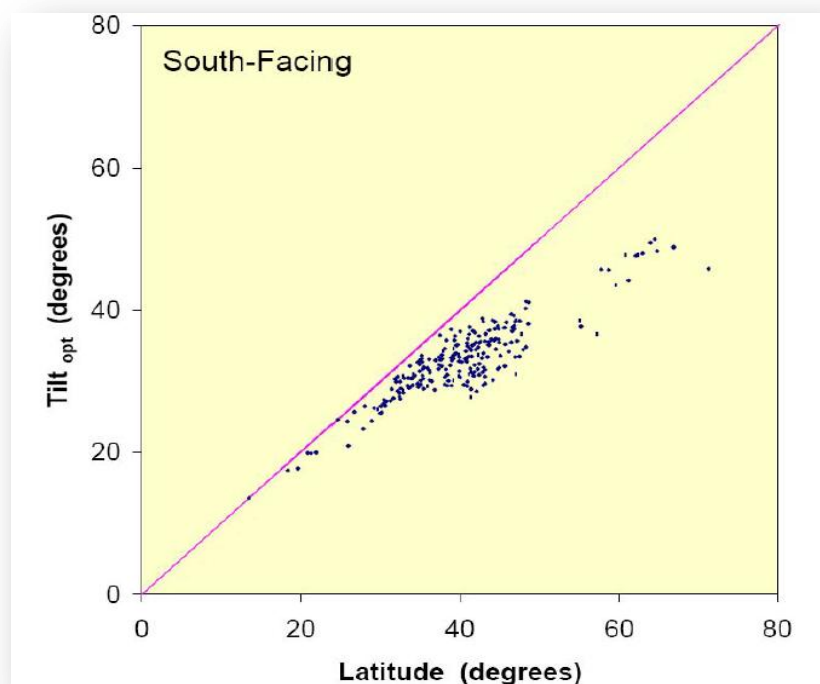
Συγκρίνοντας τις ετήσιες, τιμές ηλιακές ακτινοβολίες για επίπεδα με διαφορετική κλίση μπορούμε να δημιουργήσουμε μοντέλα και τύπους τα οποία θα παρέχουν πληροφορίες για τις βέλτιστες κλίσεις καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, είτε για τη βέλτιστη μεταβολή κλίσης καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Η πιο απλή προσέγγιση για τη βέλτιστη κλίση το επιπέδου θεωρείται η κλίση που ισούται με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής ($\beta = \varphi$). Η κατεύθυνση του κεκλιμένου επιπέδου θεωρείται για το βόρειο ημισφαίριο η νότια κατεύθυνση και για το νότιο ημισφαίριο ο βόρειος προσανατολισμός. Αυτή η μέθοδος προκύπτει από το συμπέρασμα, ότι οι ακτίνες το ηλίου έχουν μέγιστη ένταση όταν προσπίπτουν κάθετα.

Ένα άλλο μοντέλο εξεύρεσης βέλτιστης κλίσης, για μέγιστη ετήσια ηλιακή ακτινοβολία, θεωρεί ότι η κλίση β μπορεί να δοθεί από τη σχέση (Duffie και Beckman (1980)).

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0.69|\varphi| \quad (29)$$

Στο Σχήμα 9 εμφανίζεται η βέλτιστη γωνία κλίσης συναρτήσει του γεωγραφικού πλάτους.

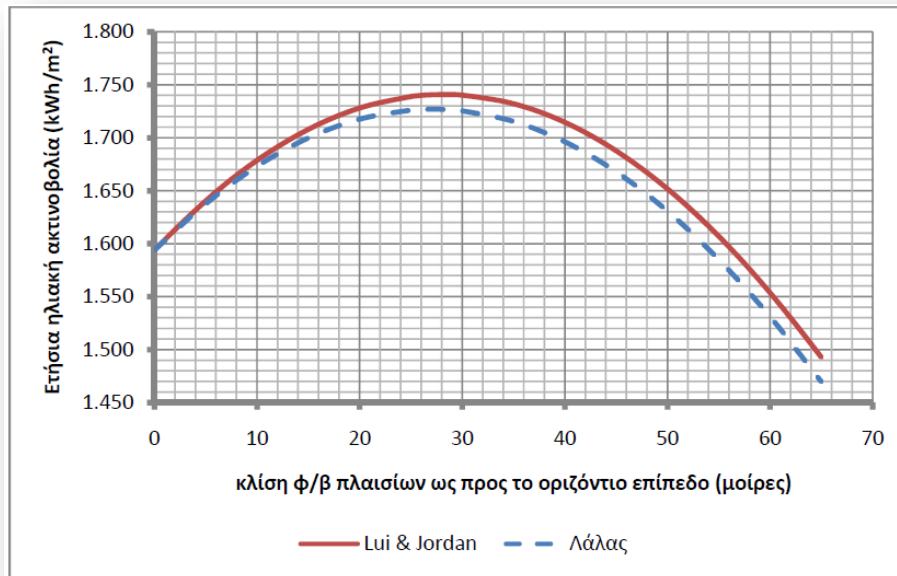


Σχήμα 9. Διάγραμμα βέλτιστης γωνίας κλίσης επιπέδου β συναρτήσει του γεωγραφικού πλάτους για 239 παρατηρούμενες τοποθεσίες στις Η.Π.Α (Christensen and Barker, 2001).

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι τα χαρακτηριστικά του προσανατολισμού και της κλίσης του κεκλιμένου επιπέδου, πρέπει να μελετιούνται ξεχωριστά για κάθε περίπτωση. Επειδή πιθανότατα ένα έντονο ανάγλυφο της περιοχής μπορεί να επηρεάσει την κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια ενός έτους.

1.8 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΛΟΓΟΥ H_d/H

Σε προηγούμενη αναφορά στον υπολογισμό το λόγου H_d/H (15), (16) παρουσιάστηκαν οι σχέσεις που προτάθηκαν από διάφορους ερευνητές (Liu and Jordan 1960, Lalas et al. 1987). Συγκρίνοντας αυτές τις δύο σχέσεις παρατηρούμε ότι η διαφορά τους, για τον ελληνικό χώρο και για γωνίες κλίσης $\beta > 20^\circ$, δίνει το πολύ 1% απόκλιση η μία σχέση από την άλλη (Σχήμα 10). Αυτό σημαίνει ότι η διαφορά αυτή, για τον ελληνικό χώρο, είναι ασήμαντη σε σχέση με άλλους παράγοντες τους οποίους δε μπορούμε να προσεγγίσουμε και να περιγράψουμε αρκετά σωστά ώστε να μας εξασφαλίζουν μικρότερα σφάλματα για τον υπολογισμό της ολικής ηλιακής ενέργειας.



Σχήμα 10. Διάγραμμα ετήσια ηλιακής ολικής ακτινοβολίας με κλίση φ/β πλαισίων. [Πηγή: http://artemis.cslab.ntua.gr/el_thesis/artemis.ntua.ece/DT2008-0059/DT2008-0059.pdf]

1.9 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΩΡΙΑΙΑΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΑΠΟ ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ

Για την πλήρη μελέτη μιας περιοχής για φαινόμενα σκίασης και τις επιπτώσεις τους στην ολική ηλιακή ενέργεια πρέπει να μελετηθεί η ωριαία μεταβολή της ακτινοβολίας. Στατιστικές μελέτες από μετεωρολογικά δεδομένα έχουν δείξει ότι ο λόγος της εξωγήινης ακτινοβολίας προς την ημερήσια τιμή της ισούται με τον αντίστοιχο λόγο της διάχυτης ακτινοβολίας (Duffie και Beckman (1980)).

$$r = \frac{G}{H} = \frac{G_0}{H_0} = \frac{\pi \cos\omega - \cos\omega_s}{T \frac{\pi}{180} \omega_s \cos\omega_s - \sin\omega_s} \quad (30)$$

Τροποποιώντας τον παραπάνω τύπο για βέλτιστα αποτελέσματα μετατρέπεται ως εξής

$$r = \frac{G}{H} = \frac{G_0}{H_0} (a + b \cos\omega) \quad (31)$$

Όπου τα a και b δίνονται από τους παρακάτω εμπειρικούς τύπους:

$$a = 0,409 + 0,5016 \sin(\omega_s - 60^\circ) \quad (32)$$

$$b = 0,6609 - 0,4767\sin(\omega_s - 60^0) \quad (33)$$

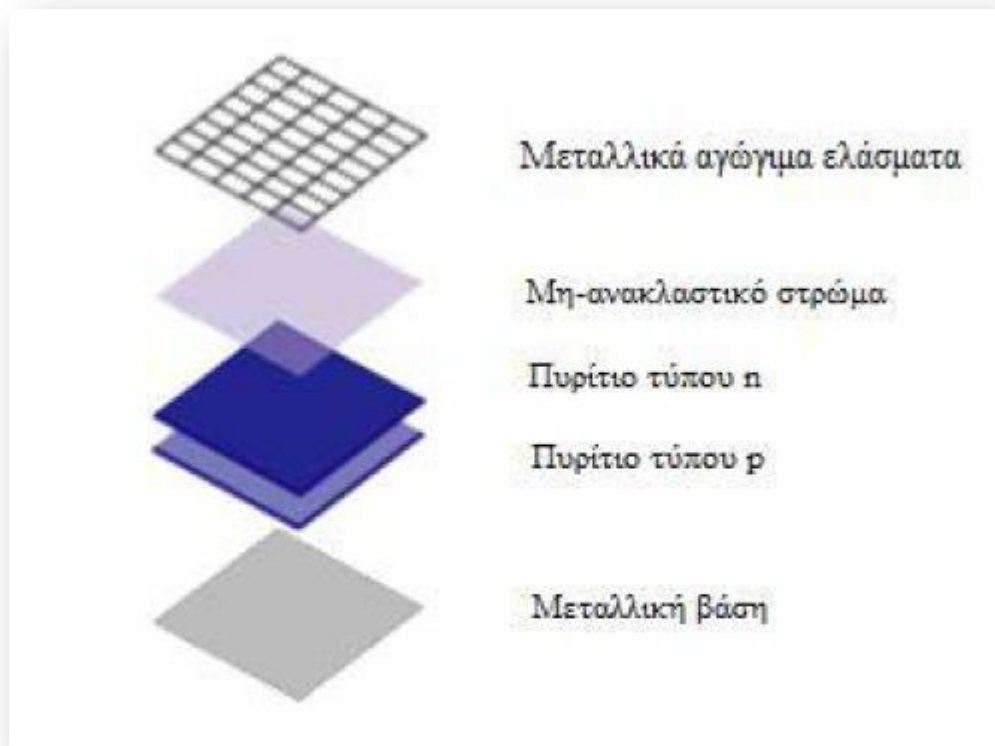
Αυτή η προσέγγιση (31) - (33) είναι ένας απλουστευμένος τρόπος υπολογισμού ωριαίας ακτινοβολίας χωρίς τη χρήση υπολογισμού ολοκληρωμάτων.

2 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

2.1 ΔΟΜΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

Κατασκευαστικά, για λόγους μηχανικής αντοχής και ευχρηστίας, τα Φ/Β στοιχεία έχουν ενσωματωμένα στο περίγραμμά τους μεταλλικά ελάσματα ανοδιωμένου αλουμινίου, που για λόγους προστασίας είναι αεροστεγώς και υδατοστεγώς κλεισμένα μέσα σε ειδικό γυαλί και ειδικό μονωτικό πλαστικό. Τα Φ/Β στοιχεία αποτελούνται από :

- Μεταλλική βάση
- Πυρίτιο τύπου P
- Πυρίτιο τύπου N
- Μη ανακλαστικό στρώμα επικάλυψης
- Μεταλλικά αγωγία ελάσματα



Σχήμα 11. Δομή φωτοβολταϊκού στοιχείου (<http://www.energotechniki.gr/site/xpage.asp?sid=211&page=banner2>).

Το Φ/Β στοιχείο αποτελείται από πολλά λεπτά οριζόντια ελάσματα, όπως παρουσιάζονται στο Σχήμα 11 και είναι περισσότερα, σε σχέση με τα κάθετα και είναι αυτά τα στοιχεία που μαζεύουν τα ηλεκτρόνια που διεγείρονται και αποτελούν το ρεύμα. Στη συνέχεια τα ηλεκτρόνια διοχετεύονται στα κάθετα παχιά ελάσματα, που ονομάζονται “busbars” ή

διαφορετικά ζυγοί. Οι ζυγοί των στοιχείων ενώνονται μεταξύ τους και έτσι έχουμε πολλά Φ/Β στοιχεία συνδεδεμένα μεταξύ τους τα οποία και αποτελούν το πλαίσιο. Κάθε πλαίσιο έχει δύο ακροδέκτες τον θετικό και τον αρνητικό πόλο.

2.2 ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Τα Φ/Β στοιχεία μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους με τέσσερις διαφορετικούς τρόπους :

1. Σε μια απλή σειρά όπου συνδέουμε τα Φ/Β στοιχεία μεταξύ τους σε σειρά.
2. Σε απλές παράλληλες σειρές (Series-Parallel, SP) όπου συνδέουμε τα στοιχεία μεταξύ τους σε σειρά και αυτή τη σειρά τη συνδέουμε παράλληλα με άλλες σειρές. Συνήθως, κάθε σειρά αποτελείται από 9 στοιχεία και κάθε πλαίσιο από 4 σειρές.
3. Σε διατάξεις αθροιστικές σταυρωτού δεσμού (Total-Crossed-Tied, TCT), που προκύπτει από την SP διάταξη συνδέοντας τα ηλεκτρικά συστήματα σταυρωτά σε κάθε σειρά του σημείου συνάντησης.
4. Σε διάταξη γεφυρωτής διασύνδεσης (bridge-linked) στην οποία όλα τα στοιχεία αλληλοσυνδέονται με γεφυρωτή σύνδεση.
5. Σε διάταξη κυψέλης (honeycomb).

2.3 ΕΙΔΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Τα Φ/Β στοιχεία διακρίνονται σε τρεις κυρίως κατηγορίες, ανάλογα με το υλικό παρασκευής, τη δομή του βασικού υλικού καθώς και τον τρόπο παρασκευής. Έτσι, έχουμε την παρακάτω κατηγοριοποίηση:

2.3.1 Τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων πυριτίου μεγάλου πάχους

Φ/Β στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου (Single Crystalline Silicon, sc-Si)

Το πάχος τους είναι γύρω στα 0,3mm. Η απόδοση τους στην βιομηχανία κυμαίνεται από 15 - 18% για το πλαίσιο. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις έως και 24,7%. Το μονοκρυσταλλικά Φ/Β στοιχεία χαρακτηρίζονται από το πλεονέκτημα της καλύτερης απόδοσης. Ένα μειονέκτημά τους είναι το υψηλό κόστος κατασκευής σε σύγκριση με τα πολυκρυσταλλικά. Βασικές τεχνολογίες παραγωγής μονοκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών είναι η μέθοδος CZ (Czochralski) και η μέθοδος FZ (float zone). Και οι δύο βασίζονται στην ανάπτυξη ράβδου πυριτίου. Το μονοκρυσταλλικό φωτοβολταϊκό με την υψηλότερη απόδοση στο εμπόριο σήμερα, έχει απόδοση πλαισίου 18,5% και έχει μεταλλικές επαφές στο πίσω μέρος του πλαισίου αποκομίζοντας έτσι μεγαλύτερη επιφάνεια αλληλεπίδρασης με την ηλιακή ακτινοβολία. (Σχήμα 12)

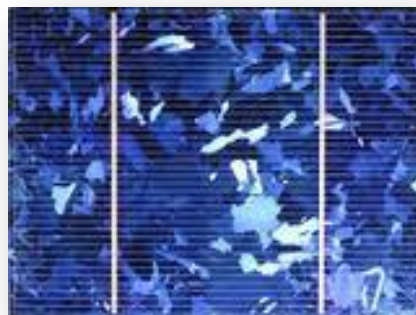


Σχήμα 12. Φωτοβολταϊκού στοιχείου μονοκρυσταλλικού πυριτίου
(<http://www.energotechniki.gr/site/xpage.asp?sid=211&page=banner2>)

Φ/Β στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου (*MultiCrystalline Silicon, mc-Si*)

Το πάχος τους είναι επίσης περίπου 0,3mm. Η μέθοδος παραγωγής τους κοστίζει φθηνότερα σε σύγκριση με αυτή των μονοκρυσταλλικών γι' αυτό και η τιμή πώλησής τους είναι συνήθως λίγο χαμηλότερη. Οπτικά μπορεί κανείς να παρατηρήσει τις επιμέρους μονοκρυσταλλικές περιοχές. Όσο μεγαλύτερη είναι η έκταση της μονοκρυσταλλικής περιοχής τόσο μεγαλύτερη είναι και η απόδοση για τα πολυκρυσταλλικά Φ/Β στοιχεία. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις έως και 20% ενώ στο εμπόριο τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία διατίθενται με αποδόσεις από 13 έως και 15% για τα Φ/Β πλαίσια (πάνελ). (Σχήμα 13)

Βασικότερες τεχνολογίες παραγωγής είναι: η μέθοδος απ' ευθείας στερεοποίησης DS (directional solidification), η ανάπτυξη λιωμένου πυριτίου ("χύτευση"), και η ηλεκτρομαγνητική χύτευση EMC.



Σχήμα 13. Φωτοβολταϊκού στοιχείου πολυκρυσταλλικού πυριτίου
(<http://www.energotechniki.gr/site/xpage.asp?sid=211&page=banner2>)

Φ/Β στοιχεία ταινίας πυριτίου (*Ribbon Silicon*)

Σε αυτά τα στοιχεία εφαρμόζεται νέα τεχνολογία Φ/Β στοιχείων. Προσφέρει έως και 50% μείωση στην χρήση του πυριτίου σε σχέση με τις παραδοσιακές τεχνικές κατασκευής μονοκρυσταλλικών και πολυκρυσταλλικών Φ/Β στοιχείων πυριτίου. Η απόδοση για τα Φ/Β στοιχεία του έχει φτάσει πλέον γύρω στο 12-13% ενώ το πάχος του είναι περίπου 0,3mm. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις έως και 18%. (Σχήμα 14)

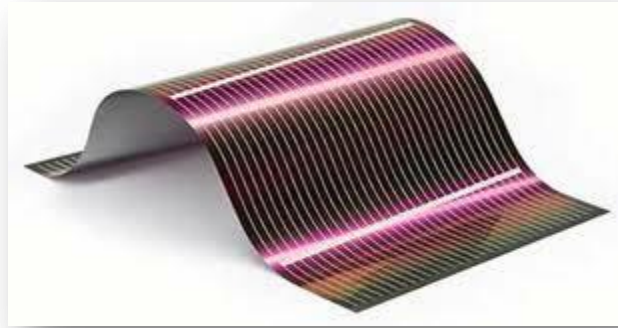


Σχήμα 14. Φωτοβολταϊκού στοιχείου ταινίας πυριτίου
(<http://www.energotechniki.gr/site/xpage.asp?sid=211&page=banner2>)

2.3.2 Φ/Β υλικά λεπτών υμένων, THIN FILM

Δισεληνοϊνδιούχος χαλκός (CuInSe₂ ή CIS, με προσθήκη γαλλίου CIGS)

Ο δισεληνοϊνδιούχος χαλκός έχει εξαιρετική απορροφητικότητα στο προσπίπτον φως αλλά παρόλα αυτά η απόδοση του με τις σύγχρονες τεχνικές κυμαίνεται στο 11% (πλαίσιο). Εργαστηριακά έγινε εφικτή απόδοση στο επίπεδο του 18,8% η οποία είναι και η μεγαλύτερη που έχει επιτευχθεί μεταξύ των Φ/Β τεχνολογιών λεπτής επιστρώσεως. Με την πρόσμιξη γαλλίου η απόδοση του μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο CIGS. Το πρόβλημα που υπάρχει είναι ότι το ίδιο υπάρχει σαν ιχνοστοιχείο στην φύση. Στα επόμενα χρόνια πάντως αναμένεται το κόστος του να είναι μειωμένο αισθητά. (Σχήμα 15)



Σχήμα 15. Δισεληνοϊδιούχος χαλκός (<http://www.energotechniki.gr/site/xpage.asp?sid=211&page=banner2>)

Φ/Β στοιχεία άμορφου πυριτίου (*Amorphous ή Thin film Silicon, a-Si*)

Τα Φ/Β στοιχεία αυτά, έχουν αισθητά χαμηλότερες αποδόσεις σε σχέση με τις δύο προηγούμενες κατηγορίες. Πρόκειται για ταινίες λεπτών επιστρώσεων οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση ημιαγωγού υλικού (πυρίτιο στην περίπτωση μας) πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης, χαμηλού κόστους όπως γυαλί ή αλουμίνιο. Έτσι και λόγω της μικρότερης ποσότητας πυριτίου που χρησιμοποιείται η τιμή τους είναι γενικότερα αρκετά χαμηλότερη. Ο χαρακτηρισμός άμορφο φωτοβολταϊκό προέρχεται από τον τυχαίο τρόπο με τον οποίο είναι διατεταγμένα τα άτομα του πυριτίου. Οι επιδόσεις που επιτυγχάνονται με χρησιμοποιώντας Φ/Β thin films πυριτίου κυμαίνονται για το πλαίσιο από 6% έως 8% ενώ στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις ακόμα και 14%. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα για το φωτοβολταϊκό στοιχείο a-Si είναι το γεγονός ότι δεν επηρεάζεται πολύ από τις υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης, πλεονεκτεί στην αξιοποίηση της απόδοσης του σε σχέση με τα κρυσταλλικά Φ/Β, όταν υπάρχει διάχυτη ακτινοβολία (συννεφιά).

Το μειονέκτημα των άμορφων πλαισίων είναι η χαμηλή τους ενεργειακή πυκνότητα κάτι που σημαίνει ότι για να παράγουμε την ίδια ενέργεια χρειαζόμαστε σχεδόν διπλάσια επιφάνεια σε σχέση με τα κρυσταλλικά Φ/Β στοιχεία. Επίσης υπάρχουν αμφιβολίες όσον αφορά την διάρκεια ζωής των άμορφων πλαισίων μιας και δεν υπάρχουν στοιχεία από παλιές εγκαταστάσεις αφού η τεχνολογία είναι σχετικά καινούρια. Παρόλα αυτά οι κατασκευαστές πλέον δίνουν εγγυήσεις απόδοσης 20 ετών. Το πάχος του πυριτίου είναι περίπου 0,0001 mm ενώ το υπόστρωμα μπορεί να είναι από 1 έως 3 mm. (Σχήμα 16)



Σχήμα 16. Φωτοβολταϊκού στοιχείου άμορφου πυριτίου (<http://www.energotechniki.gr/site/xpage.asp?sid=211&page=banmer2>)

2.3.2.3 Τελουριούχο Κάδμιο (CdTe)

Το τελουριούχο κάδμιο έχει ενεργειακό διάκενο γύρω στο 1eV το οποίο είναι πολύ κοντά στο ηλιακό φάσμα κάτι που του δίνει σοβαρά πλεονεκτήματα όπως την δυνατότητα να απορροφά το 99% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Οι σύγχρονες τεχνικές όμως μας προσφέρουν αποδόσεις πλαισίου γύρω στο 6-8%. Στο εργαστήριο η απόδοση στα Φ/Β στοιχεία έχει φθάσει το 16%. Μελλοντικά αναμένεται το κόστος του να πέσει αρκετά. Τροχοπέδη για την χρήση του αποτελεί το γεγονός ότι το κάδμιο σύμφωνα με κάποιες έρευνες είναι καρκινογόνο με αποτέλεσμα να προβληματίζει το ενδεχόμενο της εκτεταμένης χρήσης του. Επίσης προβληματίζει ή έλλειψη του τελούριου. Σημαντικότερη χρήση του είναι ή ενθυλάκωση του στο γυαλί ως δομικό υλικό, κατάλληλο για ενσωμάτωση στα κτίρια (BIPV Building IntegratedPhotovoltaic). (Σχήμα 17)



Σχήμα 17. Τελουριούχο Κάδμιο (<http://www.energotechniki.gr/site/xpage.asp?sid=211&page=banmer2>)

Αρσενικούχο Γάλλιο (GaAs)

Το γάλλιο είναι ένα παραπροϊόν της ρευστοποίησης άλλων μετάλλων όπως το αλουμίνιο και ο ψευδάργυρος. Είναι πιο σπάνιο ακόμα και από τον χρυσό. Το αρσενικό δεν είναι σπάνιο άλλα έχει το μειονέκτημα ότι είναι δηλητηριώδες. Το αρσενικούχο γάλλιο έχει ενεργειακό διάκενο 1,43eV που είναι ιδανικό για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η απόδοση του στην μορφή πολλαπλών συνενώσεων (multijunction) είναι η υψηλότερη που έχει επιτευχθεί και αγγίζει το 29%. Επίσης τα Φ/Β στοιχεία GaAs είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες γεγονός που επιβάλλει σχεδόν την χρήση τους σε εφαρμογές ηλιακών συγκεντρωτικών συστημάτων (solar concentrators). Τα Φ/Β στοιχεία GaAs έχουν το πλεονέκτημα ότι αντέχουν σε πολύ υψηλές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, για αυτό αλλά και λόγω της πολύ υψηλής απόδοσης του ενδείκνυται για διαστημικές εφαρμογές. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι το υπερβολικό κόστος του μονοκρυσταλλικού GaAs υποστρώματος. (Σχήμα 18)

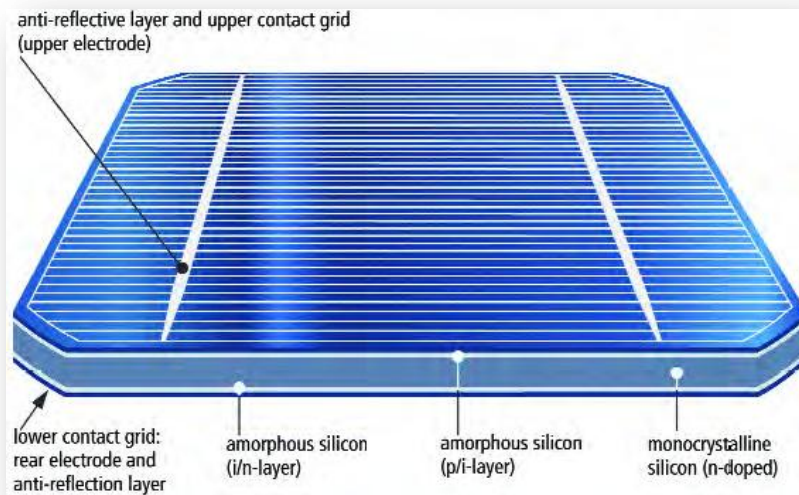


Σχήμα 18. Αρσενικούχο Γάλλιο (<http://www.energotechniki.gr/site/xpage.asp?sid=211&page=banner2>)

2.3.3 Πολυστρωματικά Φ/Β στοιχεία

Μια άλλη κατηγορία είναι τα Φ/Β στοιχεία που αποτελούνται από στρώσεις υλικών διαφόρων τεχνολογιών HIT (Heterojunction with Intrinsic Thinlayer – Ετεροενώσεις με ενδογενή λεπτά στρώματα). Τα πιο γνωστά εμπορικά πολυστρωματικά Φ/Β στοιχεία αποτελούνται από δύο στρώσεις άμορφου πυριτίου (πάνω και κάτω) ενώ ενδιάμεσα υπάρχει μια στρώση μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ο υψηλός βαθμός απόδοσης του πλαισίου που φτάνει σε εμπορικές εφαρμογές στο 17,2% και το οποίο σημαίνει ότι χρειαζόμαστε μικρότερη επιφάνεια για να έχουμε την ίδια εγκατεστημένη ισχύ. Τα αντίστοιχα Φ/Β στοιχεία έχουν απόδοση 19,7%. Άλλα πλεονεκτήματα για τα πολυστρωματικά Φ/Β στοιχεία είναι η υψηλή τους απόδοση σε υψηλές

θερμοκρασίες αλλά και η μεγάλη τους απόδοση στην διαχεόμενη ακτινοβολία. Φυσικά, αφού τα Φ/Β αυτά έχουν τα παραπάνω πλεονεκτήματα, είναι ακριβότερα σε σχέση με τα συμβατικά Φ/Β πλαίσια. (Σχήμα 19)



Σχήμα 19. Πολυστρωματικά Φ/Β στοιχεία (<http://www.energotechniki.gr/site/xpage.asp?sid=211&page=banner2>)

2.3.4 Άλλες τεχνολογίες

Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς και διάφορα εργαστήρια στον κόσμο παρουσιάζουν νέες πατέντες. Κάποιες από τις τεχνολογίες στα Φ/Β στοιχεία που φαίνεται να ξεχωρίζουν και μελλοντικά πιθανώς να γίνει ευρεία η χρήση τους είναι τα νανοκρυσταλλικά Φ/Β στοιχεία πυριτίου (nc-Si) και τα Οργανικά/Πολυμερή στοιχεία.

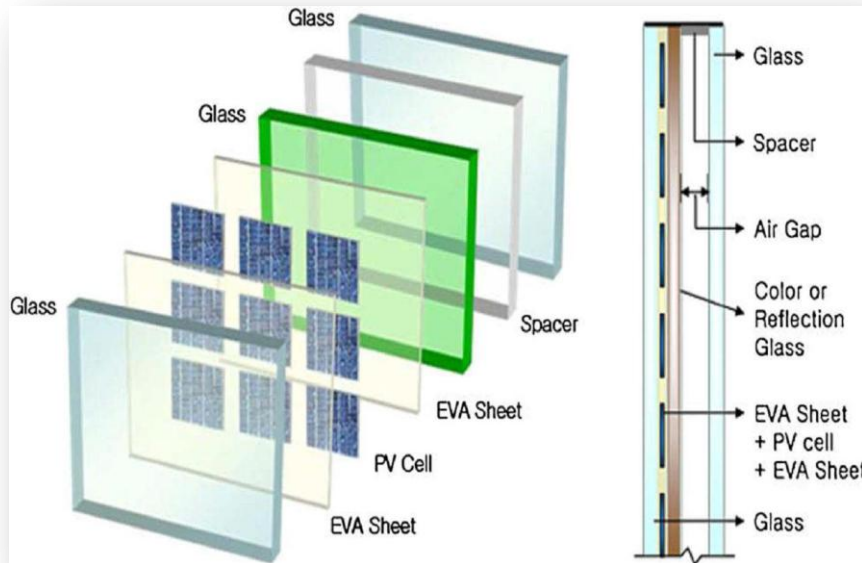
2.4 ΔΟΜΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο αποτελείται από έναν αριθμό φωτοβολταϊκών στοιχείων. Για να λειτουργήσει το πλαίσιο τα στοιχεία θα πρέπει να προστατεύονται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι πλαισίων και εξαρτώνται από το είδος των φωτοβολταϊκών στοιχείων καθώς και την εφαρμογή τους. Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο αποτελείται από διάφορα στρώματα (Σχήμα 20), τα οποία είναι:

- Ειδικό γυαλί
- Συμπυκνωμένο πολυμερές υλικό (Ethylene Vinyl Acetate (EVA) Sheet) για την ενθυλάκωση των στοιχείων
- Ηλιακά στοιχεία
- Συμπυκνωμένο υλικό (EVA)
- Ειδικό γυαλί

- Κενό αέρος
- Ειδικό γυαλί

Τα Φ/Β στοιχεία περικλείονται συνήθως από δυο κομμάτια γυαλιού ή ένα φύλλο γυαλιού και ένα πλαστικό, ενώ μερικές φορές εξ ολοκλήρου από πλαστικό. Τα είδη των γυαλιών που χρησιμοποιούνται είναι διαφανή, χρωματισμένα και αντανακλούν την θερμότητα. Το συμπυκνωμένο υλικό είναι συνήθως EVA, υλικό που εμφανίζει πολύ καλή ηλεκτρική μόνωση και μεγάλη διαπερατότητα στο φως.



Σχήμα 20. Δομή φωτοβολταϊκού πλαισίου (<http://www.energotechniki.gr/site/xpage.asp?sid=211&page=banner2>)

Τα Φ/Β στοιχεία συνδέονται σε σειρά, παράλληλα ή σε συνδυασμούς όπως προαναφέραμε παραπάνω προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες σε τάση και σε ρεύμα. Τα Φ/Β στοιχεία πρέπει να είναι όμοια, για να εμφανίζουν όμοια ηλεκτρικά χαρακτηριστικά και να επιτυγχάνεται η ομαλή λειτουργία του φωτοβολταϊκού πλαισίου. Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα Φ/Β πλαίσια τοποθετούνται επάνω σε περιστρεφόμενα στηρίγματα που ακολουθούν την τροχιά του ήλιου. Με αυτό τον τρόπο, επιτυγχάνεται η μεγιστοποίηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας άρα και τη μεγιστοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

2.5 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟ ΒΑΘΜΟ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

2.5.1 Γενικά

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το βαθμό απόδοσης του Φ/Β πλαισίου μπορεί να είναι είτε εσωτερικοί είτε εξωτερικοί. Εσωτερικοί είναι τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του Φ/Β στοιχείου R_s , οι οπτικές απώλειες, η γήρανση, η χωροταξική τοποθέτηση των Φ/Β στοιχείων στο Φ/Β πλαίσιο και η δίοδος αντεπιστροφής ενώ εξωτερικοί είναι η ακτινοβολία, η σκίαση, η θερμοκρασία, ο άνεμος, η ρύπανση και οι ηλεκτρικές απώλειες.

2.5.2 Η αντίσταση R_s

Η αντίσταση R_s είναι ένας σημαντικός παράγοντας που παίζει ρόλο στο βαθμό απόδοσης του φωτοβολταϊκού στοιχείου. Όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση μεταξύ της όψης του στοιχείου και της ένωσης p-n τόσο μεγαλύτερη είναι και η αντίσταση άρα και οι απώλειες ισχύος. Οπότε για να έχουμε καλύτερο βαθμό απόδοσης πρέπει να έχουμε όσο το δυνατόν μικρότερη R_s .

2.5.3 Η γήρανση

Λόγω της φθοράς των Φ/Β πλαισίων καθώς και των υπόλοιπων μερών που απαρτίζουν το Φ/Β σύστημα αναμένεται ότι με την πάροδο του χρόνου θα παρουσιάζεται μία μικρή βαθμιαία πτώση στην ποσότητα παραγωγής της ηλεκτρικής ισχύος, που συνήθως υπολογίζεται από 1% ως 2% για κάθε έτος.

2.5.4 Οι οπτικές απώλειες

Με τον όρο οπτικές απώλειες εννοούμε τη διαφοροποίηση της ανακλαστικότητας του Φ/Β πλαισίου (υαλοπίνακας, αντανακλαστικό επίστρωμα, υλικό Φ/Β στοιχείων) σε σχέση με την αντίστοιχη σε STC (Standard Testing Conditions). Η ανακλαστικότητα του οπτικού συστήματος όπως του Φ/Β πλαισίου, σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή σε Πρότυπες Συνθήκες Αναφοράς, αυξάνει καθώς αυξάνει η γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών στην επιφάνειά του, ιδιαίτερα σε γωνίες πρόσπτωσης μεγαλύτερες των 60° .

Επίσης, οπτικές απώλειες έχουμε και με τη διαφοροποίηση του φάσματος της ακτινοβολίας. Καθώς το $A.M=1.5$ ηλιακό φάσμα που καθορίζεται από τις STC, χρησιμοποιείται ως αναφορά για τις προδιαγραφές απόδοσης των πλαισίων, η ετήσια παραγωγή του πλαισίου θεωρείται σχετικά ανεξάρτητη από τις μεταβολές του ηλιακού φάσματος γιατί οι διακυμάνσεις που παρατηρούνται στην απόδοση των Φ/Β πλαισίων κατά τη διάρκεια της ημέρας, εξαλείφονται κατά μέσο όρο σε ετήσια βάση. Αυτά όσον αφορά Φ/Β ευρείας φασματικής περιοχής. Για Φ/Β στενής φασματικής περιοχής οι ετήσιες απώλειες είναι σημαντικότερες.

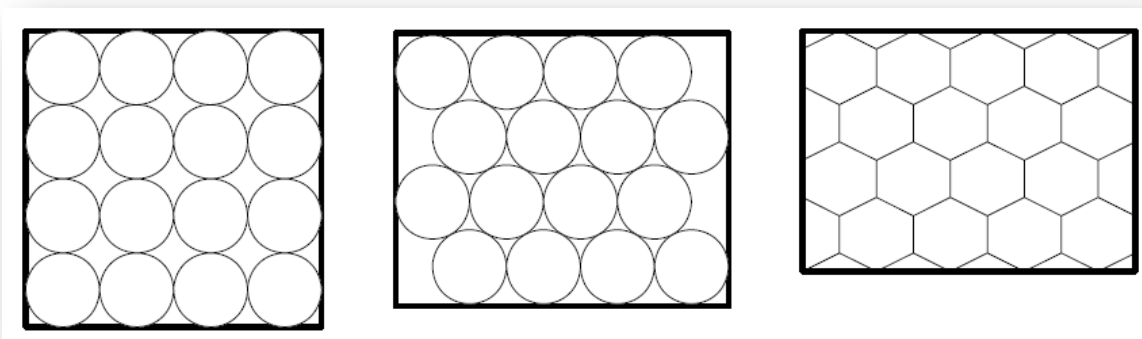
Επιπλέον, υπάρχουν απώλειες λόγω διαφοροποίησης της πόλωσης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η μέση ετήσια επίδραση του παράγοντα αυτού προσδιορίζεται γύρω στο 2%. Τέλος, οπτικές απώλειες παρατηρούνται και λόγω χαμηλών τιμών της πυκνότητας ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας. Η απόδοση του

ηλιακού στοιχείου μειώνεται στις χαμηλές τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας, ιδιαίτερα κάτω από την τιμή των 200 W/m^2 . Οι οπτικές απώλειες, αποδεικνύονται μικρής σημασίας για εμπορικά πλαίσια καλής ποιότητας. Σε άλλες όμως περιπτώσεις οι ενεργειακές αυτές απώλειες αποδεικνύονται σχετικά σημαντικές και γενικά υπολογίζονται σε 3%, κατά μέσο όρο στο έτος.

2.5.5 Η χωροταξική τοποθέτηση

Η χωροταξική τοποθέτηση των Φ/Β στοιχείων μεταξύ τους έχει σημασία αφού όσο πιο πυκνά είναι τοποθετημένα μεταξύ τους τόσο μεγαλύτερος είναι και ο συντελεστής κάλυψης του Φ/Β πλαισίου, ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος της συνολικής ενεργού επιφάνειας των ηλιακών στοιχείων, δηλαδή της επιφάνειας του ημιαγωγού όπου γίνεται η απορρόφηση και μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας, προς τη συνολική επιφάνεια του Φ/Β πλαισίου.

Η τιμή του κυμαίνεται από 0,78 για κυκλικά στοιχεία σε παράλληλα στοιχισμένες σειρές (Σχήμα 21 (a)), 0,88 για κυκλικά στοιχεία συγχωνευμένα μεταξύ τους (Σχήμα 21 (b)) και φτάνει μέχρι 0,98 για τα μεγαλύτερου κόστους τετραγωνικά ή εξαγωνικά ηλιακά στοιχεία (Σχήμα 21 (c)).



Σχήμα 21. Χωροταξική δομή φωτοβολταϊκών στοιχείων. (a,b,c) [Πηγή: Καγκαράκης, 1992]

2.5.6 Η δίοδος αντεπιστροφής

Η δίοδος αντεπιστροφής εμποδίζει την εκφόρτιση του ηλεκτρικού συσσωρευτή διαμέσου του Φ/Β πλαισίου, όταν αυτό δε φωτίζεται και προκαλεί απώλειες ενέργειας της τάξης του 1%. Ο συντελεστής απωλειών της δίοδου αντεπιστροφής είναι $s_d=0,99$.

2.5.7 Η ακτινοβολία

Η ενέργεια που παράγεται από ένα Φ/Β πλαίσιο σε ετήσια βάση, είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία και ως εκ τούτου, εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση εγκατάστασης του συστήματος. Η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στην επιφάνεια ενός συλλέκτη είναι με τη σειρά της άμεσα εξαρτώμενη από τον προσανατολισμό του πλαισίου ως προς τον ήλιο. Για μεγαλύτερα λαμβανόμενα ποσά της ηλιακής ενέργειας, τα πλαίσια πρέπει να προσανατολίζονται κατάλληλα και να είναι τοποθετημένα στη βέλτιστη γωνία κλίσης εφόσον δεν χρησιμοποιούνται στρεφόμενες βάσεις ενός ή δύο αξόνων. Η αύξηση της ηλιακής ακτινοβολίας έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και ως εκ τούτου, μεγαλύτερη παραγόμενη ισχύ.

2.5.8 Η σκίαση

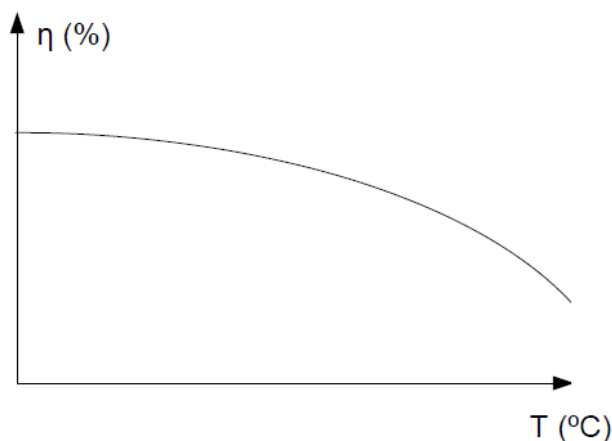
Ένας άλλος παράγοντας επίδρασης της DC ενεργειακής απόδοσης των Φ/Β πλαισίων είναι η σκίαση. Το φαινόμενο της σκίασης εμφανίζεται είτε σε περιπτώσεις που συναντώνται εμπόδια στον ορίζοντα των πλαισίων όπως παρακείμενα κτήρια, βλάστηση κλπ., είτε σε περιπτώσεις με περιορισμένη έκταση εγκατάστασης όπως για παράδειγμα στις στέγες κτηρίων όπου προκαλείται σκίαση από τη μία σειρά στην επόμενη. Ιδιαίτερα στη δεύτερη περίπτωση, οι επιπτώσεις της σκίασης μπορεί να είναι σημαντικές και για το λόγο αυτό είναι αναγκαίος ο λεπτομερής προσδιορισμός των απωλειών που προκαλούν.

Ένα τυπικό Φ/Β πλαίσιο, αποτελείται από Φ/Β στοιχεία ίδιων ηλεκτρικών χαρακτηριστικών συνδεδεμένων σε σειρά. Συνεπώς, η σκίαση ή η βλάβη ενός και μόνο Φ/Β στοιχείου, θα μπορούσε να επιφέρει ολική αχρήστευση του πλαισίου. Ένα σκιασμένο στοιχείο, συμπεριφέρεται κατά βάση όπως η απλή δίοδος p-n, η οποία, όταν το κύκλωμα είναι κλειστό, δέχεται από τα υπόλοιπα υγιή Φ/Β στοιχεία μία υψηλή ανάστροφη τάση. Αν τα υπόλοιπα φωτιζόμενα στοιχεία του πλαισίου είναι μεγάλου αριθμού, αυτή η τάση μπορεί να φτάσει την τάση διάσπασης της σκιασμένης δίοδου, προκαλώντας την καταστροφή της. Στην πράξη, για τα τυπικά Φ/Β πλαίσια, το σκιασμένο στοιχείο λειτουργεί ως μία μεγάλη αντίσταση, όπου αποδίδεται η ενέργεια που προσφέρουν τα υπόλοιπα. Παρατεταμένος σκιασμός ενός στοιχείου σε συνδυασμό με έντονο φωτισμό των υπολοίπων μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή του στοιχείου αυτού και κατά συνέπεια στην αχρήστευση όλου του πλαισίου, επειδή δεν υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης ενός κατεστραμμένου στοιχείου. Το φαινόμενο αυτό αναφέρεται ως φαινόμενο Hot Spot (κατάσταση “θερμής κηλίδας”).

Για να αποτραπεί μία τέτοια εξέλιξη, το Φ/Β πλαίσιο εφοδιάζεται με δίοδους (δίοδοι παράκαμψης), οι οποίες συνδέονται παράλληλα σε τμήματα των κυττάρων που είναι συνδεδεμένα σε σειρά, επιτρέποντας έτσι την χρησιμοποίηση του Φ/Β πλαισίου, ακόμα και αν κάποιο Φ/Β στοιχείο του υστερεί ή καταστραφεί.

2.5.9 Η θερμοκρασία

Συγκεκριμένα με την αύξηση της θερμοκρασίας προκαλείται αντίστοιχη αύξηση της ενδογενούς συγκέντρωσης των φορέων του ημιαγωγού, με αποτέλεσμα να πραγματοποιούνται περισσότερες επανασυνδέσεις φορέων. Έτσι, εκδηλώνεται ισχυρό ρεύμα διαρροής διαμέσου της διόδου, που συνεπάγεται μείωση της V_{oc} και του FF. Παράλληλα μειώνεται και η απόδοση του Φ/Β στοιχείου. (Σχήμα 22)



Σχήμα 22. Διάγραμμα αποδοτικότητας με θερμοκρασία φωτοβολταϊκού στοιχείου. [Πηγή: Καγκαράκης, 1992]

Αν ο συντελεστής απόδοσης ενός Φ/Β στοιχείου σε μια δεδομένη θερμοκρασία (π.χ. 20°C) είναι η , η τιμή του σε μια διαφορετική θερμοκρασία (θ) θα είναι:

$$\eta_{\theta} = \eta \cdot \sigma_{\theta} \quad (34)$$

όπου σ_{θ} είναι ένας αδιάστατος συντελεστής της θερμοκρασίας διόρθωσης της απόδοσης. Στη δεδομένη θερμοκρασία, ο σ_{θ} είναι ίσος με τη μονάδα, και μειώνεται κατά περίπου 0,005 ανά βαθμό αύξησης θερμοκρασίας, για τα συνηθισμένα Φ/Β ηλιακά στοιχεία πυριτίου του εμπορίου.

2.5.10 Ο άνεμος

Η ταχύτητα του ανέμου, μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της θερμοκρασίας του στοιχείου καθώς μεγάλες ταχύτητες, έχουν ως αποτέλεσμα χαμηλότερες θερμοκρασίες λειτουργίας του Φ/Β πλαισίου. Όταν οι άνεμοι είναι βόρειοι είναι συνήθως κρύοι, με αποτέλεσμα τα Φ/Β να λειτουργούν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με αυτές που θα λειτουργούσαν εάν υπήρχε άπνοια, υπό τα ίδια ποσοστά της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Αντίθετα συμβαίνει για θερμούς ανέμους.

2.5.11 Η ρύπανση

Η ηλεκτροπαραγωγή των Φ/Β πλαισίων μπορεί να μειωθεί από ρύπανση της επιφάνειάς τους, από την επικάλυψη σκόνης, φύλλων, χιονιού, αλατιού από τη θάλασσα, εντόμων και άλλων ακαθαρσιών. Η μείωση είναι σημαντικότερη σε αστικές και βιομηχανικές περιοχές λόγω της αιθάλης που αιωρείται στην ατμόσφαιρα και προσκολλάται ισχυρά στη γυάλινη ή πλαστική επιφάνεια των Φ/Β πλαισίων, χωρίς να μπορεί η βροχή να την ξεπλύνει αρκετά. Στις περιπτώσεις αυτές χρειάζεται να γίνεται περιοδικός καθαρισμός των Φ/Β πλαισίων με απορρυπαντικό. Πάντως, σε περιοχές με συχνές χιονοπτώσεις ή ανεμοθύελλες, οι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται συνήθως με κλίση 90° (κάθετοι) για την αποφυγή συσσώρευσης χιονιού, ή τουλάχιστον 45° για να μην συγκρατείται η σκόνη.

Όταν η φωτοβολταϊκή γεννήτρια βρίσκεται σε μία περιοχή που εκτιμάμε ότι ο βαθμός ρύπανσης είναι σημαντικός, είναι σκόπιμο να προβλέπεται στους υπολογισμούς μας η αντίστοιχη μείωση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα Φ/Β πλαίσια, με τη χρησιμοποίηση ενός αδιάστατου συντελεστή καθαρότητας σ_p , ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος της ηλεκτρικής ισχύος που παράγει το ρυπασμένο Φ/Β πλαίσιο προς την ηλεκτρική ισχύ που παράγει όταν η επιφάνειά του είναι εντελώς καθαρή. Επομένως, η τιμή του σ_p είναι τόσο μικρότερη από τη μονάδα όσο εντονότερη είναι η ρύπανση του περιβάλλοντος, όσο μικρότερη είναι η κλίση του Φ/Β πλαισίου και όσο σπάνιες είναι οι βροχές στην περιοχή κλπ.

2.5.12 Οι ηλεκτρικές απώλειες

Πέρα από τους παραπάνω παράγοντες, πρέπει κατά το σχεδιασμό ενός Φ/Β συστήματος, να προνοήσουμε για τις ηλεκτρικές απώλειες στους αγωγούς που συνδέουν τα Φ/Β πλαίσια στις συστοιχίες, καθώς και τις συνδέσεις τους με άλλα μέρη του συστήματος, όπως διατάξεις ρύθμισης, προστασίας και ελέγχου, συσσωρευτές, μετατροπείς κλπ. Επομένως, κατά τον υπολογισμό της απαιτούμενης επιφάνειας των Φ/Β πάνελς ενός συστήματος, πρέπει να γίνεται πρόβλεψη, ανάλογα με την περίπτωση και για την κάλυψη όλων αυτών των απωλειών, που μπορεί να είναι της τάξης περίπου του 30% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ή και περισσότερο.

3 ΤΑ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

3.1 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Η Ελλάδα, σαν μία χώρα της ανατολικής Μεσογείου, παρουσιάζει ένα ιδιαίτερα υψηλό ηλιακό δυναμικό, περίπου 1,400-1,800 kWh/m² ετησίως σε οριζόντιο επίπεδο, ανάλογα το γεωγραφικό πλάτος και το ανάγλυφο της περιοχής. Επειδή η ηλιακή ακτινοβολία είναι μια μορφή ενέργειας με σχεδόν σταθερή και προβλέψιμη ένταση (W/m²) στην διάρκεια του χρόνου και της ημέρας, μπορούμε να αναφερθούμε με αρκετή σιγουριά ότι η επένδυση σε φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις είναι μία επένδυση χαμηλού επενδυτικού ρίσκου.

Για τον υπολογισμό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε οποιαδήποτε κεκλιμένη ή/και περιστρεφόμενη επιφάνεια, είναι απαραίτητη η γνώση της ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο.

Στην Ελλάδα η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ) καταγράφει εδώ και πολλά χρόνια τις ώρες ηλιοφάνειας ανά ημέρα (hr/day), αλλά και σε κάποιες περιπτώσεις την ολική ηλιακή ακτινοβολία kWh/m² για διάφορες περιοχές της χώρας μας.

Οι θέσεις των μετεωρολογικών σταθμών επιλέγονται ώστε οι μετρήσεις να είναι αξιόπιστες και να μην επηρεάζονται από φυσικά εμπόδια ή τοπικά φαινόμενα που να αλλοιώνουν το αποτέλεσμα. Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται **οι μέσες τιμές για την μέση μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία ανά μήνα** στο οριζόντιο επίπεδο για διάφορες περιοχές της Ελλάδος. Οι τιμές αυτές υπολογίστηκαν από την επεξεργασία μετρήσεων της μέσης μηνιαίας ηλιοφάνειας (hr/mo) με χρονική διάρκεια πάνω από 30 έτη για τις περισσότερες περιοχές, οι οποίες παραχωρήθηκαν από την ΕΜΥ.

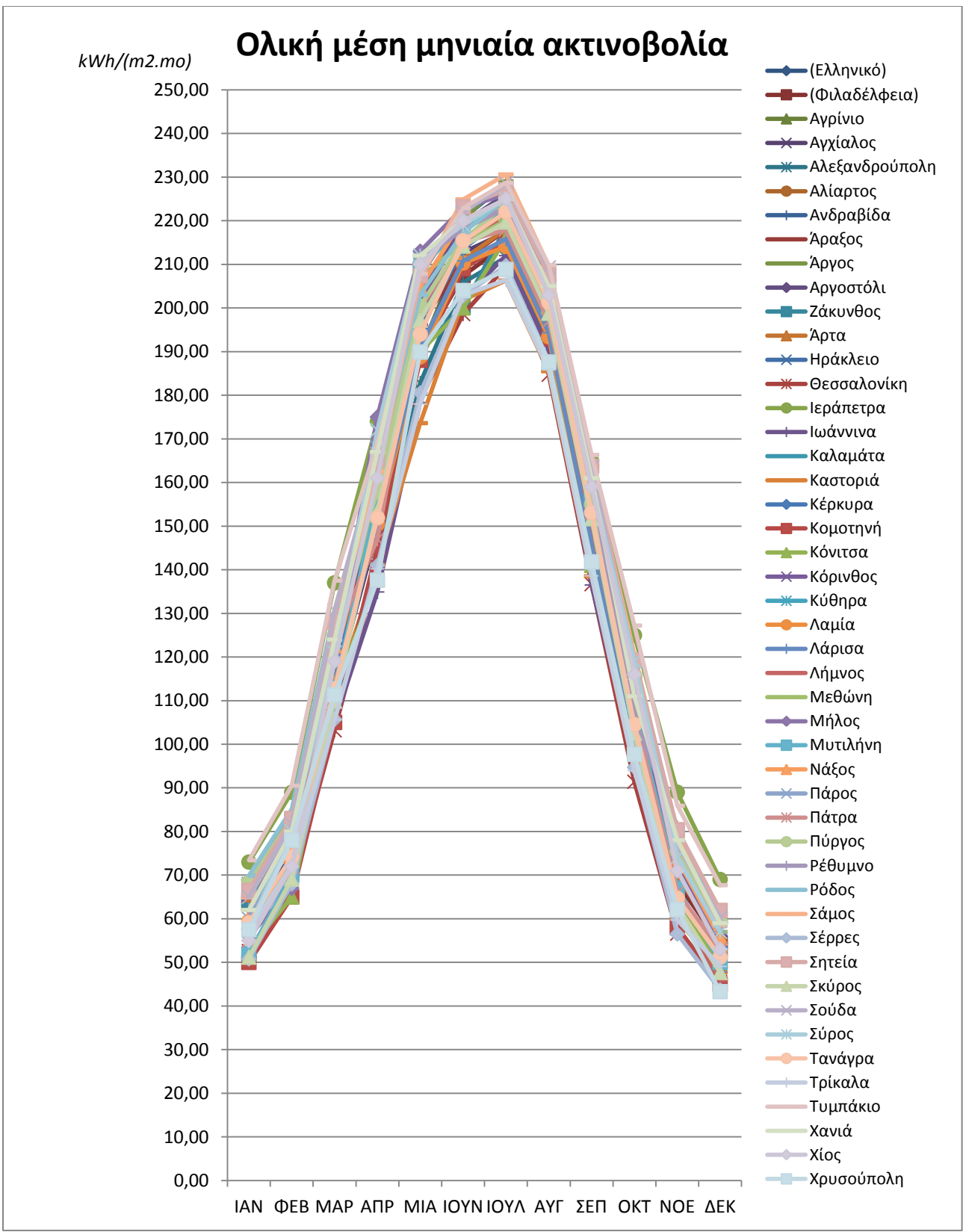
Πίνακας 3. Τιμές μέσης ηλιακής ολικής ακτινοβολίας από μετεωρολογικούς σταθμούς της ΕΜΥ. (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010)

Περιοχή/μήνας	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΙΑ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
(Ελληνικό)	63.00	79.00	117.70	154.30	195.40	214.00	222.40	202.70	152.60	109.00	70.70	55.70
(Φιλαδέλφεια)	63.30	77.70	118.90	152.70	190.40	207.40	214.50	198.60	156.00	111.10	68.10	54.40
Αγρίνιο	63.50	78.30	119.40	148.40	189.90	214.10	224.20	200.30	151.30	109.80	69.80	55.10
Αγχιάλος	61.30	74.30	112.50	149.20	189.70	212.70	217.40	195.10	146.80	98.80	63.10	51.50
Αλεξανδρούπολη	50.70	68.90	107.30	141.80	182.80	205.80	211.60	192.30	144.20	99.40	57.80	43.70
Αλιάρτος	51.00	70.00	114.00	158.00	206.00	216.00	220.00	204.00	153.00	102.00	66.00	49.00
Ανδραβίδα	68.40	83.40	128.40	159.50	200.20	220.60	228.40	205.50	156.10	115.60	75.20	60.10
Αραξος	62.60	78.60	119.70	155.60	196.10	210.90	217.80	197.60	152.40	110.20	69.40	54.60
Άργος	68.70	83.60	127.70	159.50	202.50	220.60	229.00	206.40	157.20	115.50	74.80	59.20
Αργοστόλι	65.00	80.00	124.90	157.30	204.30	219.40	226.10	203.10	155.60	112.60	72.60	56.10
Ζάκυνθος	64.20	77.60	110.10	158.80	190.80	200.10	218.50	203.80	154.00	104.30	65.40	52.80
Άρτα	65.50	79.70	120.40	149.10	190.20	211.20	218.10	196.40	150.60	110.00	69.50	56.20
Ηράκλειο	65.60	81.60	125.00	166.50	207.30	222.40	227.10	207.00	163.00	117.30	78.60	61.20
Θεσσαλονίκη	52.60	67.50	103.20	140.70	179.10	198.60	209.50	184.70	136.70	91.40	56.60	45.50

Ιεράπετρα	73.00	89.00	137.00	174.00	210.00	220.00	224.00	205.00	165.00	125.00	89.00	69.00
Ιωάννινα	51.80	66.40	105.20	134.90	178.30	202.10	212.00	190.30	136.50	96.10	57.60	45.10
Καλαμάτα	68.20	82.30	126.10	156.20	198.70	216.00	222.00	200.90	154.90	114.50	75.20	59.30
Καστοριά	57.60	71.30	111.20	141.10	173.60	201.80	206.30	185.50	138.50	97.00	60.00	47.70
Κέρκυρα	57.70	73.50	116.70	149.90	195.40	213.60	221.00	197.80	148.20	103.10	64.40	50.70
Κομοτηνή	50.00	65.00	105.00	145.00	188.00	209.00	215.00	193.00	145.00	99.00	58.00	45.00
Κόνιτσα	53.00	65.00	112.00	138.00	190.00	200.00	216.00	194.00	141.00	99.00	63.00	50.00
Κόρινθος	65.40	82.80	123.40	157.90	201.70	218.30	223.20	201.90	154.20	111.90	72.00	55.20
Κύθηρα	68.00	81.00	127.00	161.00	210.00	220.00	223.00	204.00	160.00	117.00	78.00	60.00
Λαμία	59.40	73.10	113.90	150.50	188.80	210.30	214.10	193.40	145.50	100.30	65.30	52.10
Λάρισα	55.10	71.40	112.10	151.10	190.90	210.80	215.80	194.30	145.90	97.80	61.20	47.80
Λήμνος	51.10	69.60	112.30	154.30	199.50	215.30	220.90	198.50	150.80	104.60	61.30	46.00
Μεθώνη	62.00	78.00	125.00	155.00	207.00	215.00	220.00	199.00	157.00	116.00	77.00	57.00
Μήλος	56.00	67.00	120.00	175.00	213.00	223.00	226.00	205.00	164.00	112.00	77.00	52.00
Μυτιλήνη	52.00	70.00	113.00	156.00	209.00	219.00	223.00	201.00	156.00	109.00	67.00	50.00
Νάξος	60.30	77.00	122.60	161.20	204.70	220.40	224.50	204.80	159.10	115.90	73.70	55.60
Πάρος	60.00	80.00	125.00	168.00	211.00	220.00	223.00	202.00	160.00	117.00	75.00	58.00
Πάτρα	55.00	72.00	124.00	147.00	200.00	215.00	218.00	197.00	153.00	107.00	66.00	53.00
Πύργος	68.40	83.10	127.50	157.90	200.40	215.60	223.80	202.10	155.00	115.90	75.50	59.30
Ρέθυμνο	62.00	81.00	119.00	164.00	211.00	218.00	223.00	204.00	160.00	106.00	81.00	58.00
Ρόδος	69.90	85.10	130.80	164.00	203.00	217.20	225.10	204.30	158.90	120.20	79.20	61.20
Σάμος	64.90	82.10	126.70	162.50	206.80	224.90	230.60	209.60	163.70	120.50	78.60	58.50
Σέρρες	50.80	68.00	105.70	141.00	180.50	202.80	209.70	187.70	140.80	94.70	56.50	43.70
Σητεία	66.50	83.00	128.40	165.20	207.40	223.20	227.10	207.50	163.70	119.30	80.40	61.90
Σκύρος	51.20	69.10	109.90	153.30	197.20	214.20	219.70	198.80	151.70	102.50	62.90	47.70
Σούδα	65.00	81.70	130.70	166.50	208.50	221.90	228.50	209.30	163.60	116.30	76.80	60.30
Σύρος	58.00	80.00	121.00	172.00	212.00	219.00	225.00	204.00	160.00	119.00	74.00	57.00
Τανάγρα	59.10	74.20	112.70	151.90	194.00	215.40	222.00	201.30	153.10	104.50	64.70	51.20
Τρίκαλα	57.30	72.20	105.60	140.20	178.00	202.90	206.40	185.80	138.60	94.00	59.70	49.10
Τυμπάκιο	73.40	90.50	137.50	169.00	207.80	222.90	228.70	209.80	166.30	127.20	85.90	67.70
Χανιά	62.00	80.00	124.00	167.00	212.00	220.00	225.00	205.00	161.00	111.00	78.00	59.00
Χίος	55.00	72.00	119.00	161.00	210.00	220.00	225.00	203.00	159.00	116.00	71.00	53.00
Χρυσούπολη	57.50	78.00	111.30	137.60	189.90	204.00	208.80	187.60	141.80	97.70	62.10	43.30

Το παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 23) εμφανίζει την μεταβολή της μέσης ηλιακής ολικής ακτινοβολίας ανά μήνα σε όλες τις περιοχές του παραπάνω πίνακα.

Όπως παρατηρούμε στο παρακάτω διάγραμμα, η ηλιακή ακτινοβολία παρουσιάζει την μέγιστη ένταση της κατά την διάρκεια της θερινής περιόδου, λόγω την θέσης του ήλιου, αλλά και λόγω της αύξησης των ωρών ηλιοφάνειας (μείωση των νεφώσεων). Αντίθετα με τους χειμερινούς μήνες, όπου η ηλιακή ακτινοβολία μειώνεται.



Σχήμα 23. Διάγραμμα μέσης ηλιακής ολικής ακτινοβολίας για διάφορες περιοχές της Ελλάδος.

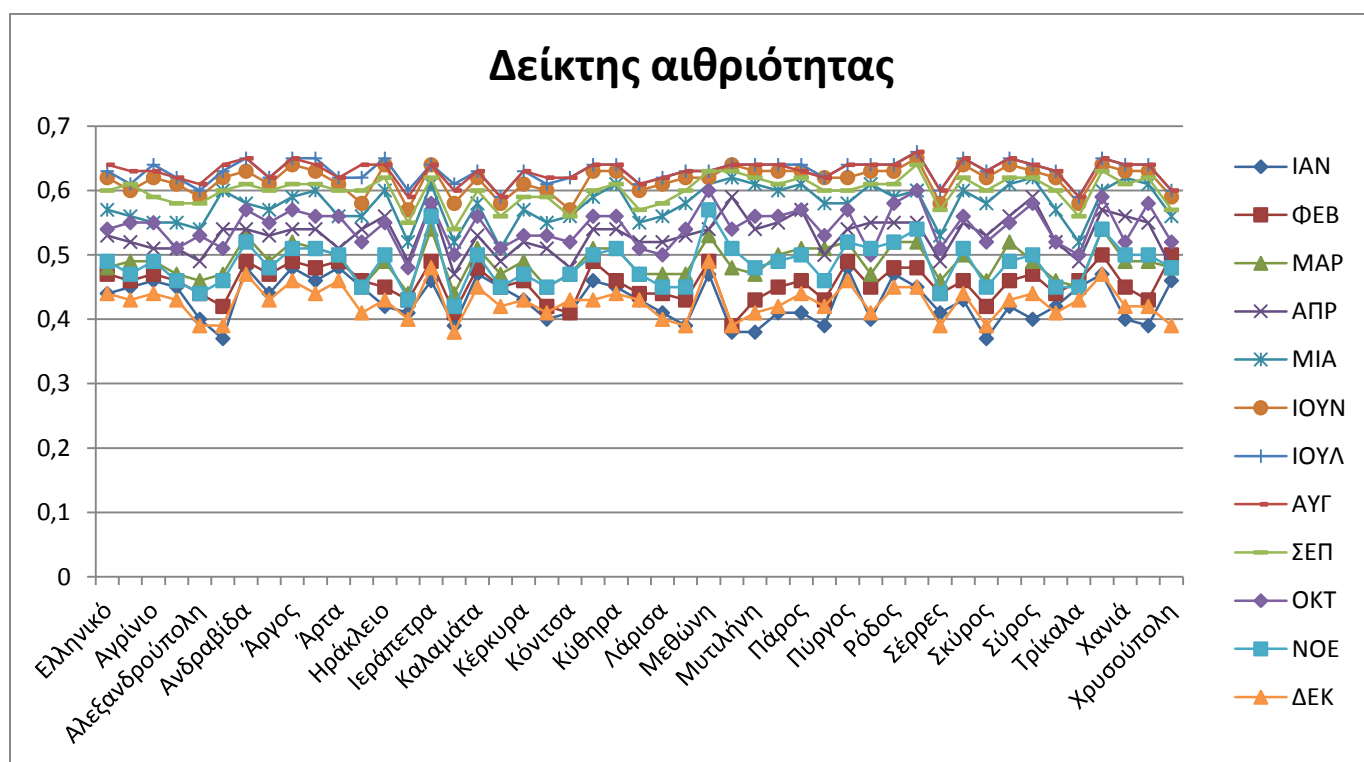
Επίσης από επεξεργασία των δεδομένων των μετεωρολογικών σταθμών μπορέσαμε να εξάγουμε τον μέσο συντελεστή αιθριότητας k όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα. (Πίνακας 4)

Πίνακας 4. Συντελεστή αιθριότητας k για διάφορες περιοχές τις Ελλάδος. (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010)

Περιοχή/μήνας	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Ελληνικό	0.44	0.47	0.48	0.53	0.57	0.62	0.63	0.64	0.6	0.54	0.49	0.44
Φιλαδέλφεια	0.45	0.46	0.49	0.52	0.56	0.6	0.61	0.63	0.61	0.55	0.47	0.43
Αγρίνιο	0.46	0.47	0.49	0.51	0.55	0.62	0.64	0.63	0.59	0.55	0.49	0.44
Αγχίαλος	0.45	0.46	0.47	0.51	0.55	0.61	0.62	0.62	0.58	0.51	0.46	0.43
Αλε/πολη	0.4	0.44	0.46	0.49	0.54	0.59	0.6	0.61	0.58	0.53	0.44	0.39
Αλιάρτος	0.37	0.42	0.47	0.54	0.6	0.62	0.63	0.64	0.6	0.51	0.46	0.39
Ανδραβίδα	0.48	0.49	0.53	0.54	0.58	0.63	0.65	0.65	0.61	0.57	0.52	0.47
Άραξος	0.44	0.47	0.49	0.53	0.57	0.61	0.62	0.62	0.6	0.55	0.48	0.43
Άργος	0.48	0.49	0.52	0.54	0.59	0.64	0.65	0.65	0.61	0.57	0.51	0.46
Αργοστόλι	0.46	0.48	0.51	0.54	0.6	0.63	0.65	0.64	0.61	0.56	0.51	0.44
Άρτα	0.48	0.49	0.5	0.51	0.56	0.61	0.62	0.62	0.6	0.56	0.5	0.46
Ζάκυνθος	0.45	0.46	0.45	0.54	0.56	0.58	0.62	0.64	0.6	0.52	0.45	0.41
Ηράκλειο	0.42	0.45	0.49	0.56	0.6	0.64	0.65	0.64	0.62	0.55	0.5	0.43
Θεσσαλονίκη	0.41	0.43	0.44	0.49	0.52	0.57	0.6	0.59	0.55	0.48	0.43	0.4
Ιεράπετρα	0.46	0.49	0.54	0.58	0.61	0.64	0.64	0.64	0.62	0.58	0.56	0.48
Ιωάννινα	0.39	0.41	0.44	0.47	0.52	0.58	0.61	0.6	0.54	0.5	0.42	0.38
Καλαμάτα	0.47	0.48	0.51	0.53	0.58	0.62	0.63	0.63	0.6	0.56	0.5	0.45
Καστοριά	0.45	0.45	0.47	0.49	0.51	0.58	0.59	0.59	0.56	0.51	0.45	0.42
Κέρκυρα	0.43	0.46	0.49	0.52	0.57	0.61	0.63	0.63	0.59	0.53	0.47	0.43
Κομοτηνή	0.4	0.42	0.45	0.51	0.55	0.6	0.61	0.62	0.59	0.53	0.45	0.41
Κόνιτσα	0.41	0.41	0.47	0.48	0.56	0.57	0.62	0.62	0.56	0.52	0.47	0.43
Κόρινθος	0.46	0.49	0.51	0.54	0.59	0.63	0.64	0.64	0.6	0.56	0.5	0.43
Κύθηρα	0.45	0.46	0.51	0.54	0.61	0.63	0.64	0.64	0.61	0.56	0.51	0.44
Λαμία	0.43	0.44	0.47	0.52	0.55	0.6	0.61	0.61	0.57	0.51	0.47	0.43
Λάρισα	0.41	0.44	0.47	0.52	0.56	0.61	0.62	0.62	0.58	0.5	0.45	0.4
Λήμνος	0.39	0.43	0.47	0.53	0.58	0.62	0.63	0.63	0.6	0.54	0.45	0.39
Μεθώνη	0.47	0.49	0.53	0.54	0.61	0.62	0.63	0.63	0.63	0.6	0.57	0.49
Μήλος	0.38	0.39	0.48	0.59	0.62	0.64	0.64	0.64	0.63	0.54	0.51	0.39
Μυτιλήνη	0.38	0.43	0.47	0.54	0.61	0.63	0.64	0.64	0.62	0.56	0.48	0.41
Νάξος	0.41	0.45	0.5	0.55	0.6	0.63	0.64	0.64	0.61	0.56	0.49	0.42
Πάρος	0.41	0.46	0.51	0.57	0.61	0.63	0.64	0.63	0.62	0.57	0.5	0.44
Πάτρα	0.39	0.43	0.51	0.5	0.58	0.62	0.62	0.62	0.6	0.53	0.46	0.42
Πύργος	0.48	0.49	0.52	0.54	0.58	0.62	0.64	0.64	0.6	0.57	0.52	0.46
Ρέθυμνο	0.4	0.45	0.47	0.55	0.61	0.63	0.64	0.64	0.61	0.5	0.51	0.41
Ρόδος	0.47	0.48	0.52	0.55	0.59	0.63	0.64	0.64	0.61	0.58	0.52	0.45

Σάμος	0.45	0.48	0.52	0.55	0.6	0.65	0.66	0.66	0.64	0.6	0.54	0.45
Σέρρες	0.41	0.44	0.46	0.49	0.53	0.58	0.6	0.6	0.57	0.51	0.44	0.39
Σητεία	0.43	0.46	0.5	0.55	0.6	0.64	0.65	0.65	0.62	0.56	0.51	0.44
Σκύρος	0.37	0.42	0.46	0.53	0.58	0.62	0.63	0.63	0.6	0.52	0.45	0.39
Σούδα	0.42	0.46	0.52	0.56	0.61	0.64	0.65	0.65	0.62	0.55	0.49	0.43
Σύρος	0.4	0.47	0.49	0.59	0.62	0.63	0.64	0.64	0.62	0.58	0.5	0.44
Τανάγρα	0.42	0.44	0.46	0.52	0.57	0.62	0.63	0.63	0.6	0.52	0.45	0.41
Τρίκαλα	0.45	0.46	0.45	0.49	0.52	0.58	0.59	0.59	0.56	0.5	0.45	0.43
Τυμπάκιο	0.47	0.5	0.54	0.57	0.6	0.64	0.65	0.65	0.63	0.59	0.54	0.47
Χανιά	0.4	0.45	0.49	0.56	0.62	0.63	0.64	0.64	0.61	0.52	0.5	0.42
Χίος	0.39	0.43	0.49	0.55	0.61	0.63	0.64	0.64	0.62	0.58	0.5	0.42
Χρυσούπολη	0.46	0.5	0.48	0.48	0.56	0.59	0.6	0.6	0.57	0.52	0.48	0.39

Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα δείκτη αιθριότητας k για όλους τους μήνες του έτους σε σχέση με τις περιοχές που έχουμε μετεωρολογικά στοιχεία. (Σχήμα 24)

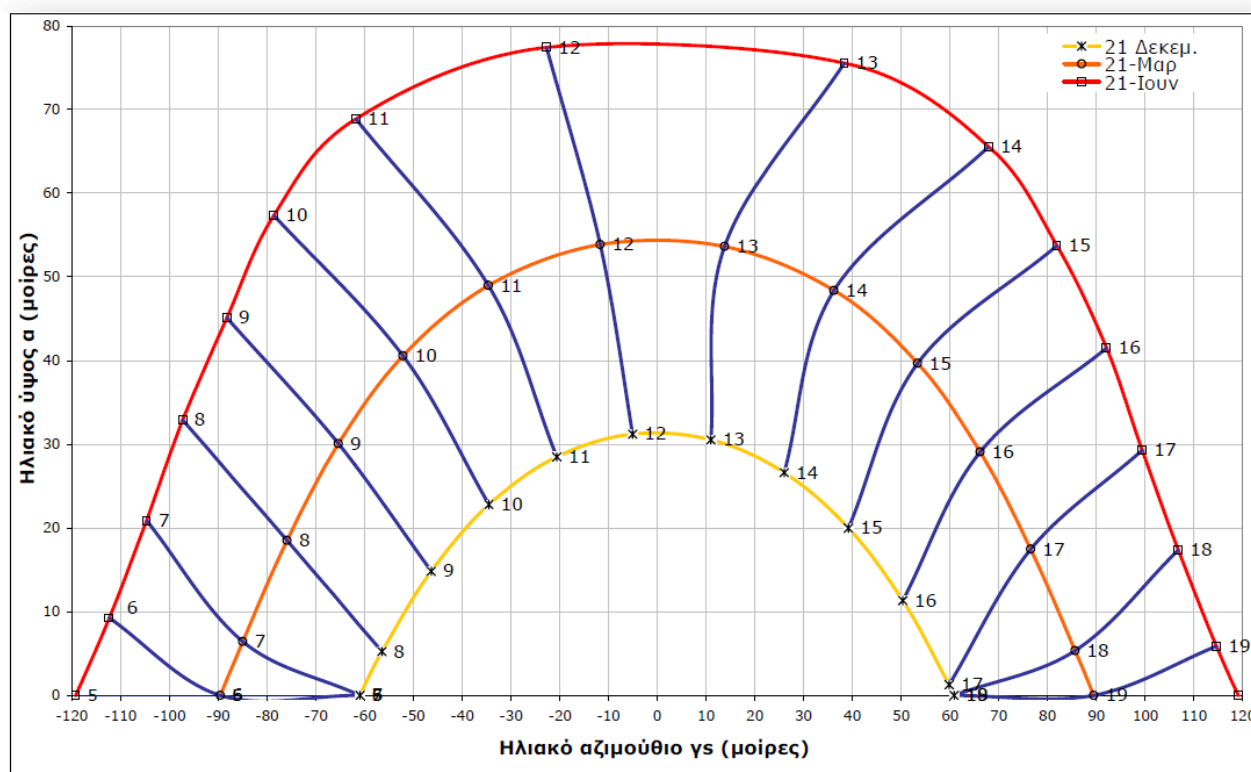


Σχήμα 24. Διάγραμμα δείκτη αιθριότητας k για τους μήνες του έτους σε σχέση με περιοχές της Ελλάδος.

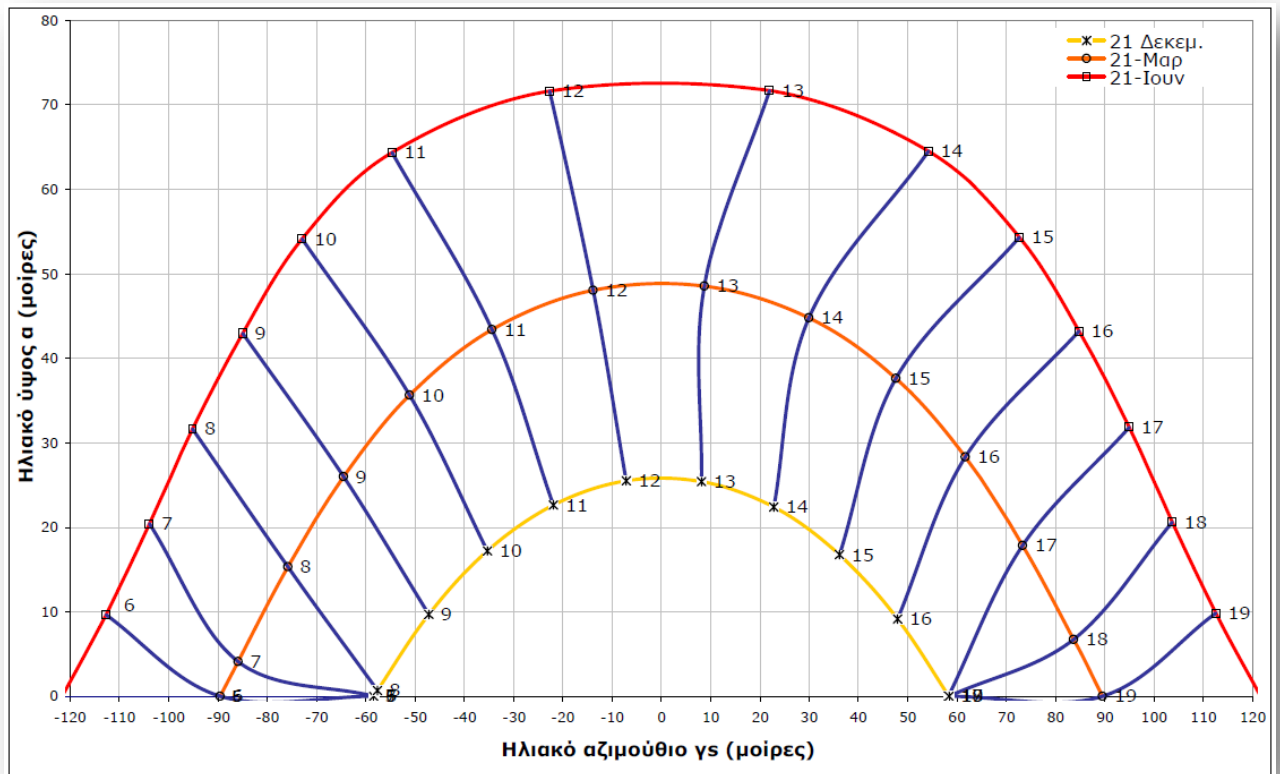
Παρατηρούμε ότι οι τιμές κάθε μήνα κυμαίνονται σε ένα ορισμένο πλαίσιο. Με τους καλοκαιρινούς μήνες να είναι υψηλότερα από τους χειμερινούς. Επίσης οι μεταβολές για κάθε μήνα δεν είναι πολύ μεγάλες γιατί η γεωγραφική εξάπλωση της Ελλάδας δεν είναι τόσο μεγάλη ώστε να έχουμε μεγάλα εύρη τιμών.

Για όποιες περιοχές δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα ηλιακής ακτινοβολίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν δεδομένα από την πλησιέστερη περιοχή στην οποία παρατηρείται παρόμοια μορφολογία εδάφους (ορεινοί όγκοι, κ.α.) και παρόμοιος προσανατολισμός.

Στα παρακάτω διαγράμματα (Σχήμα 25) εμφανίζεται το ηλιακό ύψος σε σχέση με το ηλιακό αζιμούθιο, για 35° γεωγραφικό πλάτος το πρώτο και το δεύτερο για 40° μοίρες γεωγραφικό πλάτος, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Αυτό που διαπιστώνουμε, είναι σαφώς ότι στο θερινό ηλιοστάσιο έχουμε την μέγιστη ημέρα με το μέγιστο ηλιακό ύψος, πράγμα που σημαίνει ότι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μέγιστη. Στις 21 Δεκεμβρίου (χειμερινό ηλιοστάσιο) έχουμε ακριβώς την αντίθετη κατάσταση, δηλαδή η μέρα έχει την μικρότερη χρονική διάρκεια, το μέγιστο ηλιακό ύψος έχει την ελάχιστη τιμή του έτους. Στις 21 Μαρτίου όλου έχουμε ισημερία η κατάσταση είναι ενδιάμεση από τις δύο παραπάνω καταστάσεις και το ίδιο πρέπει παρατηρούμε και τις 21 Σεπτεμβρίου.



Σχήμα 25. Διάγραμμα ηλιακού ύψους σε σχέση με τις ηλιακό αζιμούθιο, για 35° γεωγραφικό πλάτος. [Πηγή: Αργυρίου et al. 2010]



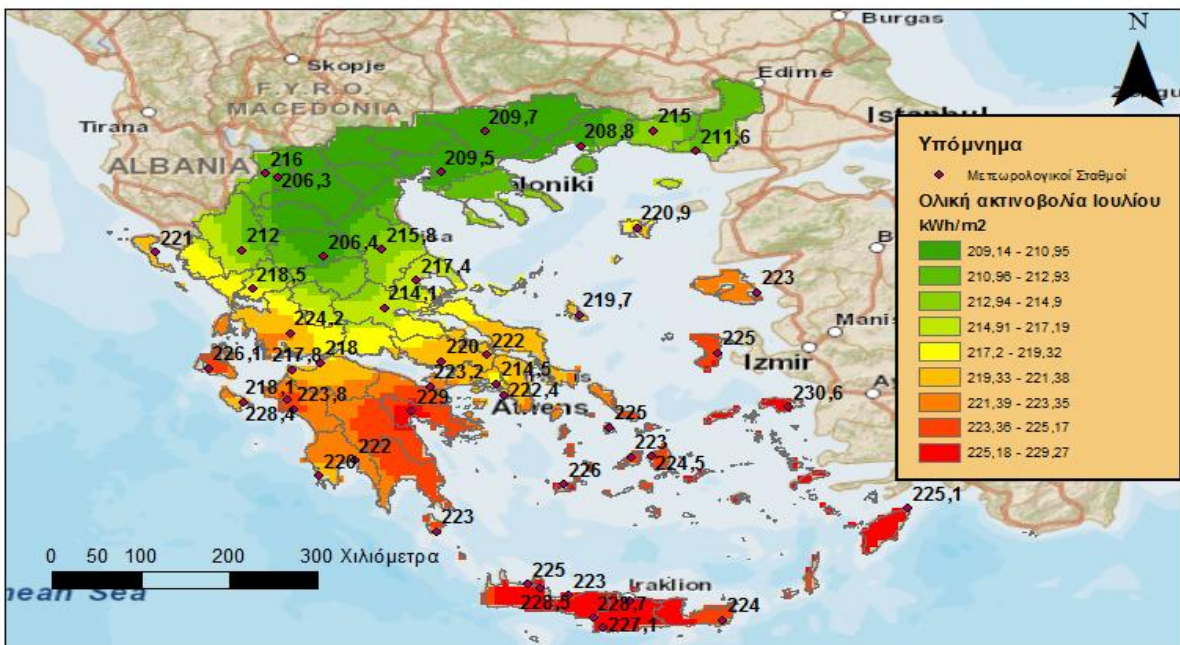
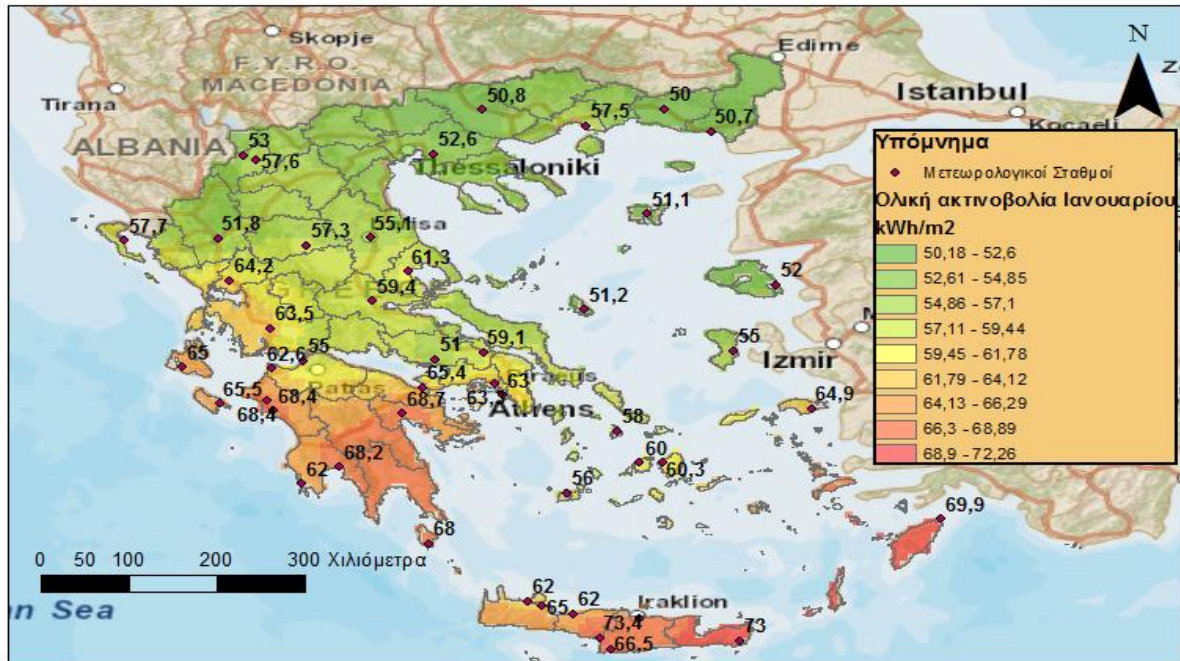
Σχήμα 26. Διάγραμμα ηλιακού ύψους σε σχέση με τις ηλιακό αζιμούθιο, για 35° γεωγραφικό πλάτος. [Πηγή: Αργυρίου et al. 2010]

3.2 ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΟΛΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΑΙΘΡΙΟΤΗΤΑΣ

Στον παρακάτω χάρτη (Σχήμα 27) εμφανίζεται χωρικά η κατανομή της μέσης μηνιαίας ολικής ηλιακής ακτινοβολίας και μπορεί να συγκριθεί για τις δύο χαρακτηριστικές περιόδους τον Ιανουάριο (χειμώνα) και Ιούλιο (καλοκαίρι).

Επισημαίνουμε για τον χειμώνα, ότι βορειοανατολικά η ολική ηλιακή ακτινοβολία είναι λιγότερη έντονη από βορειοδυτικά. Αντίθετα νοτιοανατολικά η ολική ηλιακή ακτινοβολία είναι πιο έντονη από αυτή στα νοτιοδυτικά. Για το καλοκαίρι κυρίως οι ανωμαλίες εμφανίζονται στην οροσειρά της Πίνδου με την χαμηλότερη ένταση ηλιακής ακτινοβολίας γιατί φαίνεται ότι το έντονο ανάγλυφο ελαττώνει την ένταση της. Οι μέγιστες τιμές καταγράφονται στα Δωδεκάνησα και στην Κρήτη.

Χάρτης μέσης μηνιαίας ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο στην Ελλάδα

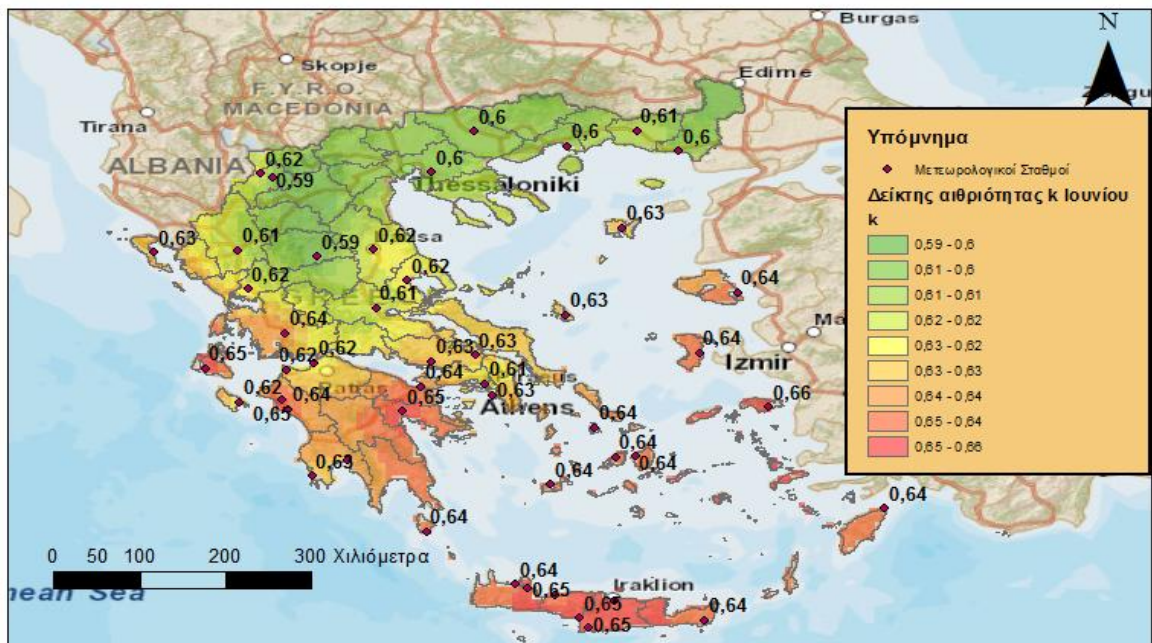
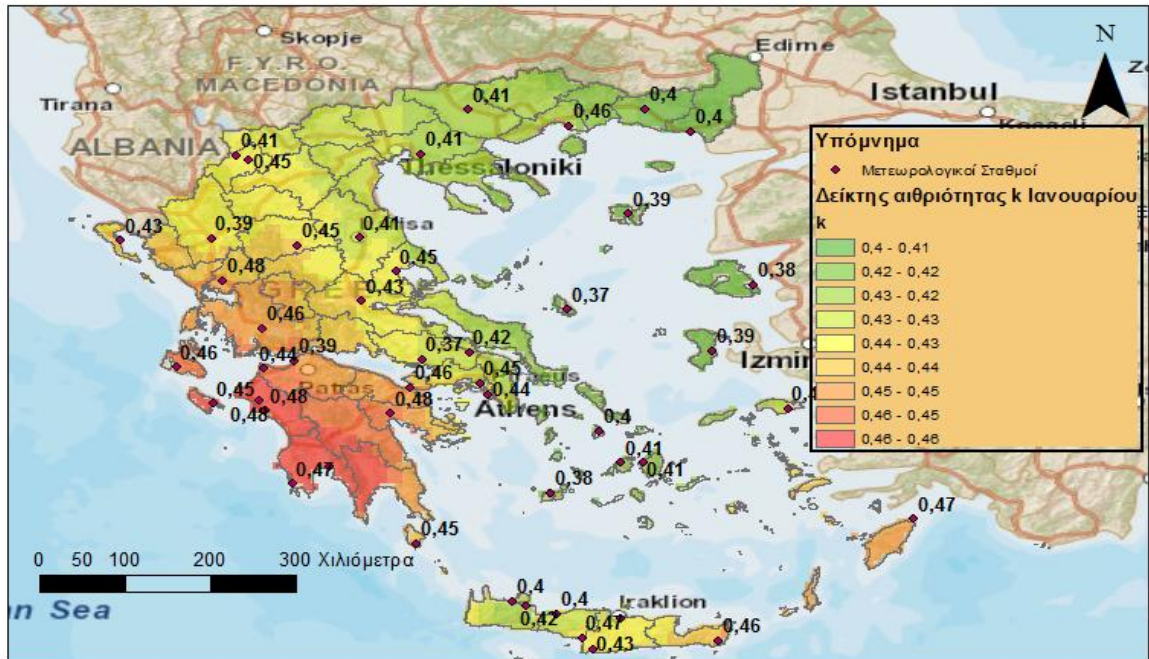


Σχήμα 27. Χάρτης κατανομής της μέσης μηνιαίας ολικής ηλιακής ακτινοβολίας

Ο συντελεστής αιθριότητας k είναι γενικά ένας δείκτης κλιματολογικός που σχετίζεται με την καλοκαιρία της περιοχής. Για παράδειγμα, ένας υψηλός δείκτης σημαίνει ότι ο καιρός γενικά είναι καλός, αντίθετα ένας χαμηλός δείκτης σημαίνει ότι ο καιρός δεν ήταν αίθριος. Άρα στον επόμενο χάρτη (Σχήμα 28) περιμένουμε να έχουμε μικρότερους συντελεστές τον Ιανουάριο (χειμώνα) από ότι τον Ιούλιο (καλοκαίρι). Αναλυτικά τον μήνα Ιανουάριο οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ από 0.40 έως 0.46 σχετικά χαμηλά αφού επικρατεί άστατος καιρός τον χειμώνα. Τον Ιούνιο οι τιμές ανέρχονται από 0.59 έως 0.66. Γεωγραφικά, κανονικά οι περιοχές που είναι σε μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη πρέπει να έχουν μικρότερο συντελεστή αιθριότητας k από ότι άλλες περιοχές που βρίσκονται νοτιότερα. Τον Ιανουάριο οι χαμηλότερες τιμές επικρατούν στην ανατολική Μακεδονία, Έβρο και δυτικό Αιγαίο, ενώ υψηλότερες τιμές επικρατούν ανατολική Πελοπόννησο και τα νησιά του νότιου Ιόνιου. Μάλιστα έχουν υψηλότερες τιμές και από αυτές της Κρήτης και της Ρόδου.

Για τον μήνα Ιούνιο οι χαμηλότερες τιμές συντελεστή αιθριότητας k είναι σε περιοχές της βόρειας Ελλάδας και στην περιοχή της οροσειράς της Πίνδου. Οι υψηλότερες τιμές είναι σε περιοχές της Κρήτης, των Δωδεκανήσων και της ανατολικής Πελοποννήσου. Το καλοκαίρι η δυτική Πελοπόννησος δεν έχει τόσο σχετικά υψηλές τιμές σε σχέση με αυτές που εντοπίσαμε στον μήνα Ιανουάριο.

Χάρτης μέσου μηνιαίου συντελεστή αιθριότητας κ στην Ελλάδα



Σχήμα 28. Χάρτης συντελεστή αιθριότητας κ

4 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

4.1 Η ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Μόλις από το 1995 σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία θεσπίστηκαν διατάξεις για την απελευθέρωση της ηλεκτρικής ενέργειας, τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τα Φ/Β έργα. Μέχρι σήμερα υπογράφηκαν και εκδόθηκαν αρκετοί νόμοι και αποφάσεις, που άλλες αναιρούν και άλλες συμπληρώνουν προηγούμενες αποφάσεις, ή δημιουργούν νέα πλαίσια εφαρμογής μέσω επενδυτικών προγραμμάτων. Στη συνέχεια αναφέρονται οι σημαντικότερες διατάξεις για τα Φ/Β έργα, όπως ισχύουν σήμερα.

ΥΑΠΕ/Φ1/14810/04.10.2011(ΦΕΚ Β'/2373/25.10.2011)
Κανονισμός Αδειών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και μέσω Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (Σ.Η.Θ.Υ.Α.).
Υ.Α.Π.Ε. /Φ1/οικ. 18018 (ΦΕΚ Β' 2132)
Τροποποίηση της υπ' αρ. πρωτ. Δ6/Φ1/οικ.19500/4.11.2004 (Β'1671) κοινής υπουργικής απόφασης με την οποία τροποποιήθηκε η υπ'αρ. πρωτ. 13727/724/24.7.2003 (Β'1087) κοινή υπουργική απόφαση ως προς την αντιστοίχιση δραστηριοτήτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τους βαθμούς όχλησης που αναφέρονται στην πολεοδομική νομοθεσία.
Υ.Α. 9154 ΦΕΚ 583 Β 14.04.2011
Τροποποιήσεις ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε γήπεδα, οικόπεδα και κτίρια.
Αρ. 072528 ΦΕΚ 102 Β 01.02.2011
Τροποποίηση της με αριθμ. 168040/03-09-2010 κοινής απόφασης των Υπουργών Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής και Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων «Καθορισμός κριτηρίων με τα οποία διαβαθμίζεται η αγροτική γη σε ποιότητες και κατατάσσεται σε κατηγορίες παραγωγικότητας»

Υ.Α.Π.Ε./Φ1/οικ.27904 ΦΕΚ 2143 Β 31.12.2010

Τροποποίηση της Δ6/Φ1/οικ. 8684/24.4.2007 (ΦΕΚ Β΄ 694) απόφασης του Υπουργού Ανάπτυξης, όπως τροποποιήθηκε με την Δ6/Φ1/οικ.15450/18.7.2007 (ΦΕΚ Β΄ 1276) απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης, για την Έγκριση Α΄ Φάσης του κατ' άρθρο 14 παρ. 1 του ν. 3468/2006 Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Σταθμών.

Υ.Α.Π.Ε./Φ1/οικ.26928

Ερμηνευτική εγκύκλιος διατάξεων ν.3851/2010 σχετικών με την εξέταση αιτημάτων για την εγκατάσταση σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. σε γεωργική γη υψηλής παραγωγικότητας, συμπεριλαμβανομένης της κατηγορίας των επαγγελματιών αγροτών.

Υ.Α.Π.Ε./Φ1/οικ.24840 ΦΕΚ 1900 Β 03.12.2010

Τήρηση Μητρώου Αδειών και υποβολή στοιχείων και πληροφοριών στην Υπηρεσία Εξυπηρέτησης Επενδυτών για έργα Α.Π.Ε. από κατόχους μονάδων Α.Π.Ε.

Υ.Α.Π.Ε./Φ1/οικ.24839 ΦΕΚ 1901 Β 03.12.2010

Εγγυοδοσία για την υπογραφή Συμβάσεων Σύνδεσης στα δίκτυα διανομής σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση Α.Π.Ε. που εξαιρούνται από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής.

Ενοποίηση των διατάξεων

Ενοποίηση των διατάξεων του ν.3468/2006 όπως τροποποιήθηκαν από τους ν.3734/2009, ν.3851/2010, 3889/2010 και λοιπών διατάξεων νόμων

Απόφαση Φ1 οικ.19598 ΦΕΚ 1630 Β / 11.10.2010

Απόφαση για την επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και την κατανομή της στο χρόνο μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Απόφαση Δ5/ΗΛΒ/Φ.1.16/οικ.18803 ΦΕΚ 1557 Β 22.09.2010
Τροποποίηση διατάξεων του Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος και Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΦΕΚ 655/Β'/17.5.2005)
Απόφαση 40158 ΦΕΚ 1556 Β 22.9.2010
Έγκριση ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων και ηλιακών συστημάτων σε γήπεδα και κτίρια σε εκτός σχεδίου περιοχές.
ΚΥΑ Α.Υ./Φ1/οικ.18513 ΦΕΚ 1557 Β / 22.09.2010
Συμπλήρωση του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις
Υ.Α. Φ1/οικ.17149 ΦΕΚ 1497 Β/ 06.09.2010
Τύπος και περιεχόμενο συμβάσεων πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και μέσω Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης στο Σύστημα και το Διασυνδεδεμένο Δίκτυο και στο Δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νήσων, σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 12 παρ. 3 του Ν. 3468/2006, όπως ισχύει, πλην ηλιοθερμικών και υβριδικών σταθμών.
Απόφαση 36720 ΦΕΚ 376 Α.Α.Π./06.09.2010
Έγκριση ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε κτίρια και οικόπεδα εντός σχεδίου περιοχών, και σε οικισμούς.
Ν.3851/10 (ΦΕΚ Α' 85/4-6-10)
Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής

N.3468/06 (ΦΕΚ Α' 129/27-6-06)

Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις

N.3734/09 (ΦΕΚ Α' 8/28-1-09)

Προώθηση της συμπαράγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας, ρύθμιση ζητημάτων σχετικών με το Υδροηλεκτρικό Έργο Μεσοχώρας και άλλες διατάξεις

ΦΕΚ Δ 114 (Αριθ. οικ. 5219)- 17.02.2004

Καθορισμός εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας για τις οποίες αντί της έκδοσης άδειας δόμησης απαιτείται Έγκριση Εργασιών. Διαδικασία έγκρισης και απαιτούμενα δικαιολογητικά.

N. 2941/01 (Τεύχος ΦΕΚ Α' 201/12-09-01)

Απλοποίηση διαδικασιών ίδρυσης εταιρειών, αδειοδότησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ρύθμιση θεμάτων της Α.Ε. «ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΝΑΥΠΗΓΕΙΑ

N. 2244/94 (Τεύχος ΦΕΚ Α' 168/07-10-94)

Ρύθμιση θεμάτων Ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις

N. 2773/99 (Τεύχος ΦΕΚ Α' 286/22-12-99)

Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας-Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις

N. 2647/98 (Τεύχος ΦΕΚ Α' 237/22-10/98)
Μεταβίβαση αρμοδιοτήτων στις περιφέρειες και την αυτοδιοίκηση και άλλες διατάξεις

Υ.Α. ΣΕ 2708/17-12-87 ΥΒΕΤ (Τεύχος ΦΕΚ Β' 761)
Δικαιολογητικά που απαιτούνται για την έκδοση αδειών ίδρυσης, εγκατάστασης και λειτουργίας των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής

Υ.Α. Δ6/Φ1/ΟΙΚ12230/3.8.99 ΥΠΑΝ (Τεύχος ΦΕΚ Β' 1560/04-08-99)
[Αποτελεί τροποποίηση της Υ.Α. ΣΕ 2708/17-12-87 ΥΒΕΤ (Τεύχος ΦΕΚ Β' 761)] Τροποποίηση διαδικασίας έκδοσης αδειών εγκατάστασης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση ΑΠΕ μη εγγυημένης ισχύος στα ηλεκτρικά συστήματα Κρήτης, Ρόδου και Κω της ΔΕΗ και λοιπές ρυθμίσεις

Προεδρικό Διάταγμα 328/12-12-1999
Σύσταση και καταστατικό Ανώνυμης Εταιρείας «Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε.

Υ.Α. 8860/11.5.1998 ΥΠΑΝ
[Αποτελεί τροποποίηση της Υ.Α. ΣΕ 2708/17-12-87 ΥΒΕΤ (Τεύχος ΦΕΚ Β' 761)] Τροποποίηση διατάξεων της απόφασης του Υπουργού ΒΕΤ 8295/19.4.1995

Υ.Α. Δ6/Φ1/51298/2.8.1996 ΥΠΑΝ (Τεύχος ΦΕΚ Β 766/28.08.1996)
[Αποτελεί τροποποίηση της Υ.Α. ΣΕ 2708/17-12-87 ΥΒΕΤ (Τεύχος ΦΕΚ Β' 761)] Τροποποίηση και αντικατάσταση διατάξεων καθώς και διόρθωση παροραμάτων της απόφασης του Υπουργού Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας με αριθ. πρωτ. Δ6/Φ1/ΟΙΚ.8295/19.4.1995

Υ.Α. Δ6/Φ1/ΟΙΚ.13129/2.8.96 ΥΠ.ΑΝ (Τεύχος ΦΕΚ Β 766/28.8.1996)
Προσδιορισμός παραβάσεων και καθορισμός διαδικασίας επιβολής σχετικών κυρώσεων σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής

Υ.Α. Δ6/Φ1/ΟΙΚ.8295/19.4.1995 ΥΒΕΤ (Τεύχος ΦΕΚ Β 385/10.5.1995)
[Αποτελεί τροποποίηση της Υ.Α. ΣΕ 2708/17-12-87 ΥΒΕΤ (Τεύχος ΦΕΚ Β' 761)]
Α. Διαδικασίες και δικαιολογητικά που απαιτούνται για την έκδοση των αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, τα καταβλητέα παράβολα καθώς και κάθε άλλη αναγκαία λεπτομέρεια.
Β. Καθορισμός γενικών τεχνικών και οικονομικών όρων των συμβάσεων μεταξύ παραγωγών και ΔΕΗ, λεπτομέρειες διαμόρφωσης των τιμολογίων καθώς και όροι διασύνδεσης.

4.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗΣ

Με τον νέο νόμο (Ν. 3851/2010, ΦΕΚ 85Α, 4-6-2010) για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ρυθμίστηκαν θέματα, που αφορούν την εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων σε οικόπεδα, σε αγροτεμάχια, σε γήπεδα και σε στέγες.

Για την ερμηνεία του νέου νόμου για τα Φ/Β απαιτείται η συσχέτισή του με τους προηγούμενους νόμους και τις ρυθμίσεις, αλλά πάντα υπό το πρίσμα των αναμενόμενων υπουργικών αποφάσεων που αυτός προβλέπει, ώστε να σχηματίζεται μια σαφής εικόνα του νέου επενδυτικού τοπίου. Στην πορεία, επισημαίνονται ορισμένα καίρια σημεία του νέου νόμου.

Ο εθνικός μας στόχος είναι ως το 2020 η κάλυψη με *ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Φ/Β πάρκα, ανεμογεννήτριες* του 40% τουλάχιστον της ακαθάριστης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, η αναλογία των Φ/Β στο σύνολο των *ανανεώσιμων πηγών ενέργειας*, καθορίστηκε στις αρχές του Σεπτεμβρίου 2010 στο 20%.

Ο νέος νόμος για τα Φ/Β απλουστεύει κάποιες από τις παλιότερες διαδικασίες αδειοδότησης. Ειδικότερα, δεν προϋποτίθεται η άδεια παραγωγής ή άλλη διαπιστωτική απόφαση (γνωστή και ως "εξαίρεση") για την εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων ισχύος έως 1 MWp. Αλλά για την εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων ισχύος μεγαλύτερης του 1 MWp ο νόμος προαπαιτεί την έκδοση άδειας παραγωγής από τη ΡΑΕ (και όχι από τον υπουργό Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής όπως ίσχυε ως σήμερα). Επίσης, μαζί με την άδεια παραγωγής, απαιτείται και η έκδοση άδειας εγκατάστασης και άδειας λειτουργίας όπως ίσχυε και στο παρελθόν. Επίσης, δεν απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση για

συστήματα που εγκαθίστανται σε κτίρια και οργανωμένους υποδοχείς βιομηχανικών δραστηριοτήτων. Για συστήματα που εγκαθίστανται σε γήπεδα (οικόπεδα και αγροτεμάχια), ο νόμος δεν προαπαιτεί την περιβαλλοντική αδειοδότηση αν είναι έως 500 KWp εφόσον πληρούνται κάποιες προϋποθέσεις. Για τα συστήματα αυτά, απαιτείται ειδική περιβαλλοντική εξαίρεση ("βεβαίωση απαλλαγής από ΕΠΟ") από την αρμόδια περιφέρεια, η οποία δίνεται σε 20 μέρες από την υποβολή της σχετικής αίτησης, όπως προβλέπει ο νόμος. Για όσα συστήματα εγκαθίστανται σε γήπεδα, απαιτείται ΕΠΟ αν βρίσκονται σε περιοχές *Natura*, παράκτιες ζώνες (100μ από οριογραμμή αιγιαλού) και σε γήπεδα που η γειτνίασή τους είναι σε απόσταση μικρότερη από εκατόν πενήντα (150) μέτρα, με άλλο γήπεδο, για το οποίο έχει εκδοθεί άδεια παραγωγής ή απόφαση ΕΠΟ ή προσφορά σύνδεσης Φ/Β σταθμού και η συνολική ισχύς των σταθμών υπερβαίνει τα 500 KWp.

Για την εγκατάσταση των Φ/Β συστημάτων δεν απαιτείται η έκδοση οικοδομικής άδειας, αλλά μόνο η έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας, η οποία εκδίδεται από την αρμόδια διεύθυνση πολεοδομίας. Στις συμβάσεις σύνδεσης που συνάπτει ο αρμόδιος διαχειριστής με τους φορείς Φ/Β σταθμών που εξαιρούνται από τη λήψη άδειας παραγωγής, καθορίζεται προθεσμία σύνδεσης στο σύστημα ή δίκτυο. Η προθεσμία αυτή είναι αποκλειστική και ορίζεται εγγύηση ή ποινική ρήτρα που καταπίπτει αν δεν πραγματοποιήσει ο φορέας τη σύνδεση εντός προθεσμίας που έχει καθορισθεί. Το ύψος της εγγύησης ορίζεται με υπουργική απόφαση μέχρι τις αρχές Αυγούστου 2010. Από αυτή την εγγύηση όσα έργα αφορούν εγκαταστάσεις σε κτίρια και όσοι σταθμοί υπέγραψαν σύμβαση σύνδεσης πριν τις 4-6-2010 (ημερομηνία ισχύος του νέου νόμου 3851/2010) απαλλάσσονται. Οι τιμές πώλησης της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας ορίζονται (Σχήμα 29) ως εξής

Έτος	Συστήματα σε οικιακές & εμπορικές στέγες ≤10 kWp (€/MWh)	Μήνας	Ηπειρωτικό δίκτυο (€/MWh)		Μη διασυνδεδεμένα νησιά (€/MWh)
			>100kWp	≤100kWp	Ανεξαρτήτως ισχύος (με εξαίρεση τα μικρά συστήματα έως 10 kWp σε κτίρια όπου ισχύουν ενιαίες τιμές για όλη τη χώρα)
2009	550	Φεβρουάριος	400	450	450
		Αύγουστος			
2010	550	Φεβρουάριος	392,04	441,05	441,05
		Αύγουστος			
2011	550	Φεβρουάριος	372,83	419,43	419,43
		Αύγουστος			
2012	522,5	Φεβρουάριος	333,81	375,53	375,53
		Αύγουστος			
2013	496,38	Φεβρουάριος	298,38	336,23	336,23
		Αύγουστος			
2014	471,56	Φεβρουάριος	268,94	302,56	302,56
		Αύγουστος			
Για κάθε έτος ν από το 2015 και μετά μΟΤΣ _{v-1} = Μέση Οριακή Τιμή Συστήματος κατά το προηγούμενο έτος v-1	-5% ετησίως		1,3*μΟΤΣ _{v-1}	1,4*μΟΤΣ _{v-1}	1,4*μΟΤΣ _{v-1}
Διάρκεια σύμβασης	25 έτη		20 έτη		
Οι τιμές που καθορίζονται στον ανωτέρω πίνακα αναπροσαρμόζονται κάθε έτος, κατά ποσοστό 25% του δείκτη τιμών καταναλωτή του προηγούμενου έτους					

Σχήμα 29. Τιμές πώλησης της παραγόμενης ηλιακής κилоβατώρας [Πηγή: Ένας πρακτικός οδηγός για επενδύσεις στα Φ/Β, Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών]

Επισημαίνεται ότι, από τον Φεβρουάριο του 2010, δεν παρέχονται πια από τον αναπτυξιακό νόμο επιδοτήσεις για την εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων, όπως ίσχυε παλαιότερα. Δεδομένης όμως της πτώσης των τιμών που παρατηρείται και αναμένεται να συνεχιστεί και τα επόμενα χρόνια, οι επενδύσεις θα εξακολουθήσουν να είναι βιώσιμες και κερδοφόρες με την κοστολόγηση που παρέχεται από το νόμο όπως αναλύεται στον πίνακα παραπάνω. Ένα θέμα που απασχόλησε παλιότερα αρκετούς επενδυτές είναι η εγκατάσταση Φ/Β σε γαίες υψηλής παραγωγικότητας. Ο νέος νόμος για τα Φ/Β προβλέπει πλέον τα εξής:

- Δεν επιτρέπεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β σταθμούς σε αγροτεμάχια της Αττικής που χαρακτηρίζονται ως αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας, όπως και σε περιοχές της Επικράτειας που ήδη έχουν καθοριστεί ως αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας από εγκεκριμένα Γενικά Πολεοδομικά Σχέδια (Γ.Π.Σ.) ή Σχέδια Χωρικής Οικιστικής Οργάνωσης Ανοιχτής Πόλης

(Σ.Χ.Ο.Ο.Α.Π.) του ΝΟΜΟΥ 2508/1997 (ΦΕΚ 124 Α'), καθώς και Ζώνες Οικιστικού Ελέγχου (Ζ.Ο.Ε.) του άρθρου 29 του ΝΟΜΟΥ 1337/1983 (ΦΕΚ 33 Α'), εκτός αν προβλέπεται διαφορετικά σ' αυτά τα εγκεκριμένα σχέδια.

• Με την επιφύλαξη του προηγούμενου εδαφίου, επιτρέπεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β σταθμούς σε αγροτεμάχια χαρακτηριζόμενα ως αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας. Σ' αυτήν την περίπτωση η άδεια χορηγείται μόνον για τους Φ/Β σταθμούς για τους οποίους εκδόθηκαν ήδη άδειες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή, σε περίπτωση απαλλαγής, δεσμευτικές προσφορές σύνδεσης από τον αρμόδιο Διαχειριστή, καλύπτουν εδαφικές εκτάσεις που δεν υπερβαίνουν το 1% της συνολικής καλλιεργήσιμης έκτασης του συγκεκριμένου νομού. Για την εφαρμογή της διάταξης του προηγούμενου εδαφίου χρησιμοποιούνται τα στοιχεία της *Ετήσιας Γεωργικής Στατιστικής Έρευνας* του έτους 2008 της *Γενικής Γραμματείας της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας της Ελλάδας*. Για να υπολογιστεί η κάλυψη λαμβάνεται υπόψη η οριζόντια προβολή επί του εδάφους των Φ/Β στοιχείων. Με κοινή απόφαση των Υπουργών Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων και Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής καθορίζονται οι όροι και οι προϋποθέσεις για την εγκατάσταση Φ/Β σταθμών σε αγροτεμάχια, χαρακτηριζόμενα ως αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας. Οι εν λόγω όροι και οι προϋποθέσεις αναφέρονται στην μέγιστη κάλυψη του εδάφους ανά σταθμό, τις ελάχιστες αποστάσεις από τα όρια του γηπέδου του σταθμού, τους περιορισμούς στον τρόπο θεμελίωσης και τις υποχρεώσεις για την αποκατάσταση του γηπέδου μετά την αποξήλωση των Φ/Β σταθμών.

Όσοι ενδιαφέρονται να αρχίσουν τώρα μία επένδυση στα Φ/Β, θα πρέπει να έχουν υπόψη τους, ότι ισχύουν τα εξής:

4.2.1 Για οικιακά συστήματα

Από 1η Ιουλίου 2009 ισχύει ένα πρόγραμμα για τα Φ/Β – Α.Π.Ε. για την εγκατάσταση μικρών Φ/Β συστημάτων στον οικιακό-κτιριακό τομέα. Με αυτό το πρόγραμμα για τα Φ/Β – Α.Π.Ε. παρέχονται κίνητρα με τη μορφή ενίσχυσης της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας, έτσι ώστε ο οικιακός καταναλωτής να κάνει απόσβεση του συστήματος που εγκατέστησε και να έχει και ένα λογικό κέρδος. Το πρόγραμμα για τα Φ/Β – Α.Π.Ε. αφορά οικιακούς καταναλωτές που επιθυμούν να εγκαταστήσουν Φ/Β ισχύος έως 10 κιλοβάτ (KWp) στο δώμα ή τη στέγη κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων των στεγάστρων βεραντών. Η ένταξη στο πρόγραμμα για τα Φ/Β – Α.Π.Ε., προϋποθέτει την κατοχή κυριότητά του χώρου στον οποίο εγκαθίσταται το Φ/Β σύστημα. Δυστυχώς, η πρώτη φάση του προγράμματος ισχύει μόνο για το ηπειρωτικό δίκτυο και για τα νησιά εκείνα που είναι διασυνδεδεμένα στο δίκτυο αυτό (π.χ. Εύβοια, Ιόνια, Σποράδες, νησιά Αργοσαρωνικού). Από το εν λόγω πρόγραμμα εξαιρούνται προς το παρόν τα λεγόμενα μη διασυνδεδεμένα νησιά (Κρήτη, Δωδεκάνησα, Κυκλάδες, νησιά Β.Α. Αιγαίου) για τα οποία προβλέπεται ότι θα ενταχθούν στο πρόγραμμα για τα Φ/Β – Α.Π.Ε. σε μια δεύτερη φάση.

Για τις πολυκατοικίες είναι υποχρεωτικό να τηρούνται οι παρακάτω όροι. Είτε να συναινέσουν εγγράφως οι υπόλοιποι ιδιοκτήτες, είτε το φωτοβολταϊκό να εγκατασταθεί εξ ονόματος όλων των ιδιοκτητών (τους οποίους στην περίπτωση αυτή εκπροσωπεί ο διαχειριστής). Σε κάθε πολυκατοικία μπορεί να μπει ένα μόνο σύστημα. Αν η ταράτσα είναι κοινόκτητη μπορούν οι κύριοι του χώρου αυτού να την παραχωρήσουν σε κάποιο άλλο ιδιοκτήτη του κτιρίου που δεν έχει δικαιώματα στην ταράτσα. Όλη η παραγόμενη από το φωτοβολταϊκό ηλεκτρική ενέργεια διοχετεύεται στο δίκτυο της Δ.Ε.Η. και ο οικιακός

μικροπαραγωγός ενέργειας πληρώνεται με 55 λεπτά την κιλοβατώρα (0,55 €/kWh), τιμή που είναι εγγυημένη για 25 χρόνια. Ο οικιακός μικροπαραγωγός ενέργειας συνεχίζει να αγοράζει ρεύμα από τη Δ.Ε.Η. και να το πληρώνει στην τιμή που το πληρώνει και σήμερα (περίπου 10-12 λεπτά την κιλοβατώρα). Αυτό σημαίνει, ότι η Δ.Ε.Η. θα εγκαταστήσει ένα νέο μετρητή για να καταγράψει την παραγόμενη ενέργεια. Για παράδειγμα, αν στο δίμηνο το φωτοβολταϊκό παράγει ηλεκτρική ενέργεια αξίας 300 € και στο κτίριο καταναλώνεται ενέργεια αξίας 100 €, ο πιστωτικός λογαριασμός του θα είναι 200 €, ποσό που θα καταθέσει η Δ.Ε.Η. στον τραπεζικό λογαριασμό του ιδιοκτήτη του φωτοβολταϊκού.

Δύο είναι οι προϋποθέσεις για να ενταχθεί κανείς στο πρόγραμμα για τα Φ/Β – Α.Π.Ε.

:

1. Να έχει μετρητή της Δ.Ε.Η. στο όνομά του (ή αν επιλεγεί η συλλογική εγκατάσταση στον κοινόχρηστο λογαριασμό της πολυκατοικίας).
2. Να καλύπτει μέρος των αναγκών σε ζεστό νερό από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (π.χ. γεωθερμική αντλία θερμότητας, βιομάζα, ηλιακό θερμοσίφωνα).

Ιδιαίτερα καίρια είναι η ρύθμιση ότι ο οικιακός παραγωγός ηλιακού ηλεκτρισμού δεν θεωρείται πια επιτηδευματίας, οπότε δεν υποχρεώνεται να ανοίξει βιβλία εσόδων-εξόδων στην εφορία. Όπως αναφέρει η σχετική κοινή υπουργική απόφαση, "*δεν υφίστανται για τον κύριο του φωτοβολταϊκού συστήματος φορολογικές υποχρεώσεις για τη διάθεση της ενέργειας αυτής στο δίκτυο*". Με άλλα λόγια, δεν φορολογούνται τα έσοδα που έχει ο οικιακός μικροπαραγωγός από την πώληση της ενέργειας. Η μόνη άδεια που απαιτείται είναι η έγκριση εκτέλεσης εργασιών μικρής κλίμακας, η οποία παρέχεται από την Πολεοδομία.

4.2.2 Μικρές εφαρμογές έως 10kWp σε στέγες επιχειρήσεων

Από 1η Ιουλίου 2009 ισχύει ένα πρόγραμμα για τα Φ/Β – Α.Π.Ε. για την εγκατάσταση μικρών φωτοβολταϊκών συστημάτων στον κτιριακό τομέα. Μ' αυτό το πρόγραμμα για τα Φ/Β – Α.Π.Ε. παρέχονται κίνητρα με τη μορφή ενίσχυσης της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας, ώστε η μικρή επιχείρηση να κάνει απόσβεση του συστήματος που εγκατέστησε και να έχει και ένα λογικό κέρδος. Το πρόγραμμα για τα Φ/Β – Α.Π.Ε. αφορά πολύ μικρές επιχειρήσεις που επιθυμούν να εγκαταστήσουν Φ/Β ισχύος έως 10 κιλοβάτ (KWp) στο δώμα ή τη στέγη κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων των στεγάστρων βεραντών.

Για να ενταχθούν στο πρόγραμμα για τα Φ/Β – Α.Π.Ε., απαιτείται να έχουν την κυριότητά του χώρου, στον οποίο θα εγκαταστήσουν το φωτοβολταϊκό σύστημα. Πολύ μικρή επιχείρηση είναι αυτή που απασχολεί έως 10 άτομα και έχει κύκλο εργασιών και σύνολο ενεργητικού έως 2 εκατ. € ετησίως. Δυστυχώς, η πρώτη φάση του προγράμματος ισχύει μόνο για το ηπειρωτικό δίκτυο και για τα νησιά εκείνα που είναι διασυνδεδεμένα στο δίκτυο αυτό (π.χ. Εύβοια, Ιόνια, Σποράδες, νησιά Αργοσαρωνικού). Εξαιρούνται από το πρόγραμμα προς το παρόν τα λεγόμενα μη διασυνδεδεμένα νησιά (Κρήτη, Δωδεκάνησα, Κυκλάδες, νησιά Β.Α. Αιγαίου) τα οποία θα ενταχθούν στο πρόγραμμα για τα Φ/Β – Α.Π.Ε. σε μια δεύτερη φάση.

Όλη η παραγόμενη από το φωτοβολταϊκό ηλεκτρική ενέργεια διοχετεύεται στο δίκτυο της Δ.Ε.Η. και ο μικροπαραγωγός ενέργειας πληρώνεται γι' αυτή με 55 λεπτά την κιλοβατώρα (0,55 €/ kWh), τιμή που είναι εγγυημένη για 25 χρόνια. Ο μικροπαραγωγός ενέργειας συνεχίζει να αγοράζει ρεύμα από τη Δ.Ε.Η. και να το πληρώνει στην τιμή που το πληρώνει και σήμερα. Στην πράξη αυτό σημαίνει ότι η Δ.Ε.Η. θα εγκαταστήσει ένα νέο μετρητή που καταγράφει την παραγόμενη ενέργεια. Για παράδειγμα αν, στο δίμηνο το φωτοβολταϊκό παράγει ηλεκτρική ενέργεια αξίας 1.000 € και η επιχείρηση καταναλώνει ενέργεια αξίας 400 €, ο πιστωτικός της λογαριασμός θα είναι 600 €, ποσό που θα κατατεθεί από την Δ.Ε.Η. στον τραπεζικό λογαριασμό του ιδιοκτήτη του φωτοβολταϊκού. Η μοναδική προϋπόθεση για την ένταξη στο πρόγραμμα για τα Φ/Β – Α.Π.Ε. είναι να μην έχει πάρει η επιχείρηση κάποια άλλη επιδότηση για το φωτοβολταϊκό από εθνικά ή κοινοτικά προγράμματα. Τα όποια έσοδα έχει η επιχείρηση από την πώληση της ενέργειας είναι αφορολόγητα, με την προϋπόθεση ότι τα κέρδη εμφανίζονται σε ειδικό λογαριασμό αφορολόγητου αποθεματικού. Στην περίπτωση διανομής ή κεφαλαιοποίησής τους, ισχύει η τρέχουσα φορολογία για τα κέρδη που διανέμονται. Η μόνη άδεια που απαιτείται είναι η έγκριση εκτέλεσης εργασιών μικρής κλίμακας, η οποία παρέχεται από την Πολεοδομία.

4.2.3 Μικρές εφαρμογές σε στέγες κτιρίων του δημοσίου και μη κερδοσκοπικών οργανισμών

Με βάση το νέο νόμο για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Φ/Β πάρκα, ανεμογεννήτριες, και για κτίρια όπου στεγάζονται Νομικά Πρόσωπα Δημοσίου Δικαίου (Ν.Π.Δ.Δ.) ή Νομικά Πρόσωπα Ιδιωτικού Δικαίου (Ν.Π.Ι.Δ.) μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα, ισχύουν οι ίδιοι όροι και τα ίδια κίνητρα που ισχύουν και για τον οικιακό-κτιριακό τομέα. Στις κατηγορίες αυτές υπάγονται μεταξύ άλλων σχολεία, νοσοκομεία, κ.λ.π.

4.2.4 Εμπορικές – βιομηχανικές στέγες

Επιτρέπεται επίσης από 4-6-2010 η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων κάθε ισχύος σε στέγες κτιρίων και στέγαστρα. Για τα συστήματα αυτά δεν χρειάζεται περιβαλλοντική αδειοδότηση, ενώ για συστήματα ισχύος έως 1 MWp δεν χρειάζεται και άδεια παραγωγής ή άλλη διαπιστωτική απόφαση. Για συστήματα >1 MWp απαιτείται άδεια παραγωγής από τη Ρ.Α.Ε., αρκεί μόνο να γίνει η προσφορά όρων σύνδεσης από τον Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. και μία έγκριση εκτέλεσης εργασιών μικρής κλίμακας που παρέχεται από την Πολεοδομία. Τα παραπάνω ισχύουν μόνο για το ηπειρωτικό δίκτυο, αφού τα αυτόνομα νησιωτικά δίκτυα θεωρούνται κορεσμένα και θα υπάρχουν κατά διαστήματα ειδικές ρυθμίσεις γι' αυτά (*Εφημερίς της κυβέρνησης της Ελληνικής Δημοκρατίας*).

4.2.5 Φ/Β πάρκα σε γήπεδα

Ακόμη επιτρέπεται από 4-6-2010 η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε γήπεδα (αγροτεμάχια) από επαγγελματίες αγρότες, όπως αυτοί ορίζονται με σχετική

απόφαση του Υπουργού Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, με τον όρο ότι πρόκειται για σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε εκτάσεις ιδιοκτησίας τους, εγκατεστημένης ισχύος έως 100 KWp. Απαγορεύεται η μεταβίβαση των σταθμών της περίπτωσης αυτής πριν από την πάροδο πενταετίας από την έναρξη λειτουργίας τους, εκτός αν πρόκειται για μεταβίβαση λόγω κληρονομικής διαδοχής. Για τους μη επαγγελματίες αγρότες, όλους τους άλλους επενδυτές δηλαδή, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε γήπεδα (αγροτεμάχια και οικόπεδα) επιτρέπεται μετά τις 4-9-2010 και για ισχύ έως 500 KWp (ή 1 MWp εντός βιομηχανικών περιοχών). Όσον αφορά για συστήματα μεγαλύτερης ισχύος υπάρχει προς το παρόν πάγωμα στην κατάθεση νέων αιτήσεων. Το αν θα επιτραπεί, τότε και με ποιους όρους η κατάθεση αιτήσεων και σ' αυτήν την περίπτωση θα εξαρτηθεί από τις υπουργικές αποφάσεις που θα εκδοθούν μετά από τις 4-9-2010 και οι οποίες θα καθορίζουν το μερίδιο των φωτοβολταϊκών στο ενεργειακό μίγμα ως το 2020.

4.2.6 Παλαιές αιτήσεις για φωτοβολταϊκούς σταθμούς

Ο νέος νόμος για τα Φ/Β πιθανόν επισπεύσει τις διαδικασίες για έκδοση άδειας παραγωγής στις παλαιότερες αιτήσεις που είχαν κατατεθεί στη Ρ.Α.Ε., διότι με το νέο νόμο καταργείται η διαδικασία της Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (Π.Π.Ε.Α.) και η περιβαλλοντική αδειοδότηση θα γίνεται πλέον σε ένα ενιαίο στάδιο, αυτό της Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.). Συνεπώς, όσες αιτήσεις άδειας παραγωγής βρίσκονταν στο στάδιο της Π.Π.Ε.Α., αν έχουν περάσει θετικά τα υπόλοιπα κριτήρια αξιολόγησης της Ρ.Α.Ε., λογικά θα λάβουν σύντομα την άδεια παραγωγής και μάλιστα χωρίς να απαιτείται η υπογραφή του Υ.Π.Ε.Κ.Α., η οποία καθυστέρουσε περαιτέρω τις άδειες. Όσοι φωτοβολταϊκοί σταθμοί (κυρίως "εξαιρέσεις") βρίσκονταν στο στάδιο της Ε.Π.Ο. και δεν συνεχίζουν να έχουν τέτοια υποχρέωση με βάση τη νέα νομοθεσία, υποχρεώνονται να λάβουν τώρα μόνο τη βεβαίωση απαλλαγής από την Περιφέρεια και να προχωρήσουν στο επόμενο στάδιο (προσφορά όρων σύνδεσης). Επισημαίνεται, ότι αυτή η βεβαίωση πρέπει να δοθεί από την αρμόδια περιβαλλοντική αρχή της οικείας Περιφέρειας εντός αποκλειστικής προθεσμίας είκοσι (20) ημερών, μετά την άπρακτη παρέλευση της οποίας θεωρείται αυτή χορηγηθείσα. Ο κάτοχος άδειας παραγωγής, μετά από σχετική απόφαση της Ρ.Α.Ε., μπορεί να μεταβιβάσει την άδειά του σε άλλα φυσικά ή νομικά πρόσωπα. Αντίθετα, οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί, οι οποίοι απαλλάσσονται από την άδεια παραγωγής, απαγορεύεται να μεταβιβάζονται πριν από την έναρξη της λειτουργίας τους. Επιτρέπεται όμως, κατ' εξαίρεση, η μεταβίβασή τους σε νομικά πρόσωπα, αν το εταιρικό κεφάλαιο της εταιρίας προς την οποία γίνεται η μεταβίβαση κατέχεται εξ' ολοκλήρου από το μεταβιβάζον φυσικό ή νομικό πρόσωπο (*Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας*).

Μέρος Β΄

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

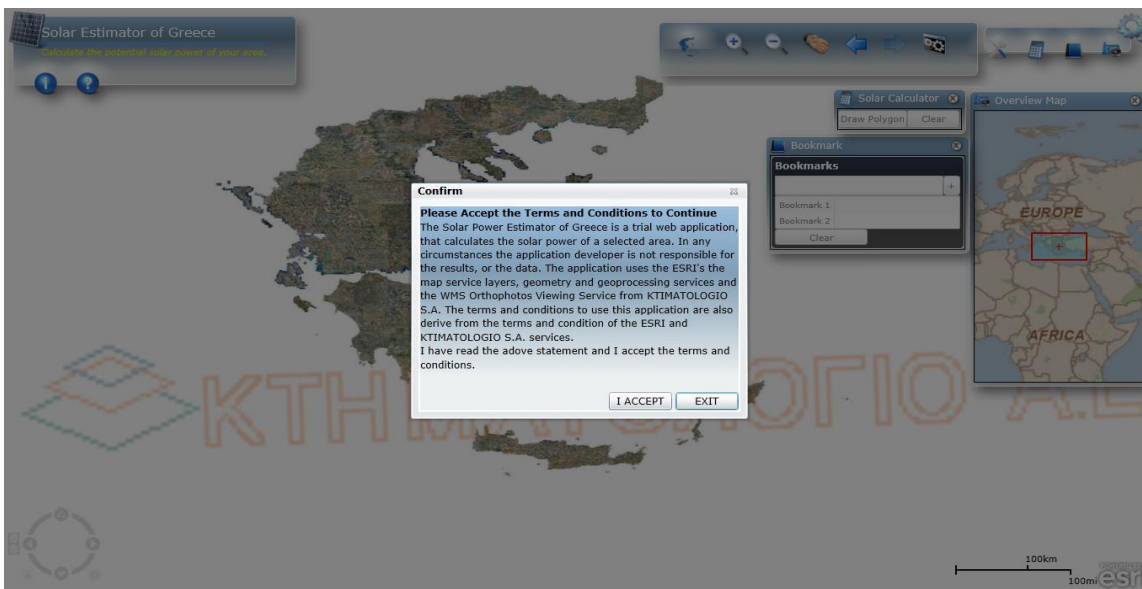
Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας των GIS, των υπηρεσιών του διαδικτύου και την συνεχή αύξηση των χρηστών στο διαδίκτυο έχει αρχίσει να αναπτύσσονται διαδικτυακές υπηρεσίες GIS όπου οι χρήστες χωρίς να είναι εξειδικευμένοι πάνω σε τέτοιου είδους τεχνολογίες, μπορούν να τις χρησιμοποιούν. Έτσι αξιοποιήσαμε όλα τα παραπάνω στοιχεία, ούτως ώστε να δημιουργηθεί μία διαδικτυακή υπηρεσία, η οποία υλοποιεί πολύπλοκες χωρικές επεξεργασίες, αναλύει μεγάλο όγκο δεδομένων και εφαρμόζοντας πολύπλοκους μαθηματικούς τύπους, να παρέχει στο χρήστη τα κατάλληλα αποτελέσματα έτσι ώστε να λάβει τη σωστή απόφαση για το αν θα πρέπει να προχωρήσει στην επένδυση, που τον ενδιαφέρει. Ο χρήστης δε χρειάζεται να εισάγει κανένα προσωπικό του στοιχείο και επίσης δεν απαιτείται να έχει οποιαδήποτε γνώση GIS, ή φωτοβολταϊκής τεχνολογίας, παρά μόνο να έχει τις βασικές γνώσεις πρόσβασης στο διαδίκτυο.

Η παρούσα εφαρμογή θα παρουσιαστεί και θα αναλυθεί, με διεξοδικό τρόπο, η δημιουργία της και η λειτουργία της. Επίσης θα αναφερθούν κάποιες περαιτέρω βελτιώσεις, για την καλύτερη λειτουργικότητα της εφαρμογής, στο μέλλον.

2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

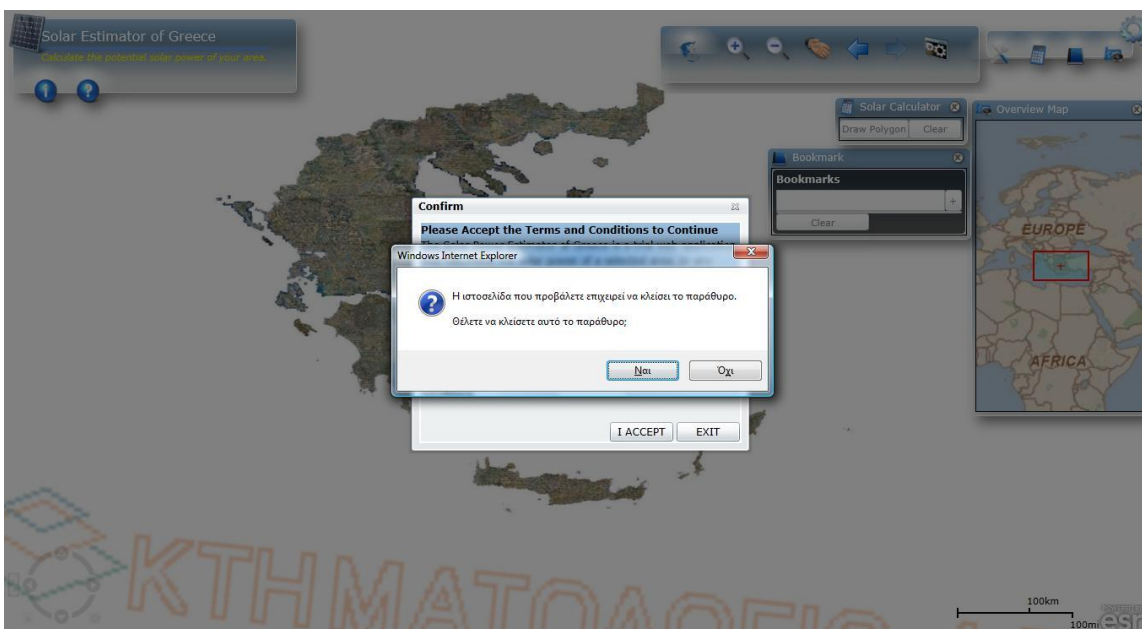
Το όνομα της εφαρμογής είναι «Solar Power Estimator of Greece», η απόδοση στα ελληνικά είναι «Εκτιμητής ηλιακής ισχύος για την Ελλάδα». Από εδώ και ως το κάθε εξής η εφαρμογή θα αναφέρεται εν συντομία ως “**SPE of Greece**”.

Καθώς ο χρήστης εισέρχεται στη σελίδα χρησιμοποιώντας οποιοδήποτε φυλλομετρητή, του εμφανίζεται ένα μήνυμα αποδοχής των όρων και των προϋποθέσεων για τη χρήση της εφαρμογής. Όπως βλέπετε στο Σχήμα 30



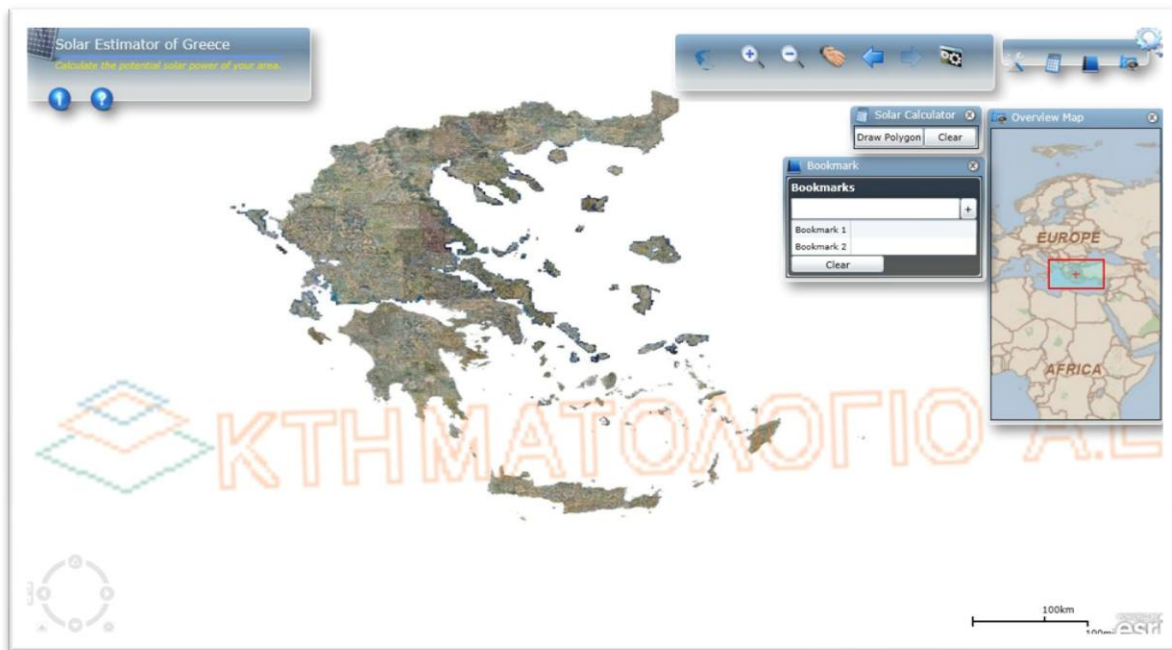
Σχήμα 10. Μήνυμα αποδοχής όρων.

Σε γενικές γραμμές το μήνυμα αυτό εμφανίζεται ώστε να παρουσιάσει κάποιες βασικές πληροφορίες για την εφαρμογή και για να ενημερώσει το χρήστη ότι πρόκειται να χρησιμοποιήσει μέσω αυτής της υπηρεσίας που προέρχονται από άλλους servers όπως της ESRI και του ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ Α.Ε. .Ο χρήστης έχει δύο επιλογές, η μία είναι να αποδεχθεί τους όρους και τις προϋποθέσεις του μηνύματος και να προχωρήσει στην χρήση της εφαρμογής, κάνοντας κλικ το κουμπί “I ACCEPT”, είτε να κάνει κλικ στο κουμπί “EXIT” και να τερματιστεί η εφαρμογή. (Σχήμα 31)



Σχήμα 11. Μήνυμα μην αποδοχής των όρων του SPE of Greece.

Ο χρήστης όταν αποδεχθεί τους όρους πλοηγείται στην κύρια σελίδα της εφαρμογής όπως βλέπετε στην παρακάτω Σχήμα. (Σχήμα 32)



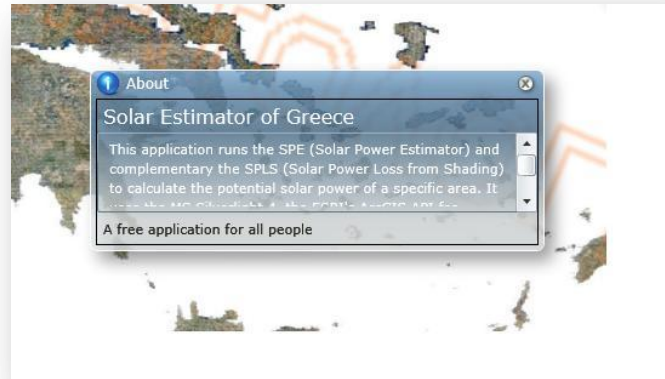
Σχήμα 12. Κεντρική οθόνη πλοήσης.

Ο χρήστης αμέσως ενημερώνεται για το όνομα της εφαρμογής, και αμέσως μπορεί να χρησιμοποιήσει μια σειρά από λειτουργίες για να εξάγει τα βέλτιστα αποτελέσματα στην αναζήτησή του. Αριστερά και πάνω υπάρχει το σύμβολο της εφαρμογής και από το οποίο εξάγεται ένα πάνελ με το όνομα της εφαρμογής, από κάτω μία διακριτική ετικέτα και δύο εικονίδια το ένα που είναι γενικές πληροφορίες για την εφαρμογή (About) και το δεύτερο γενικές οδηγίες χρήσης της εφαρμογής (Help), όπου παρέχουν στο χρήστη τη δυνατότητα εμφάνισης και εξαφάνισης των αντίστοιχων παραθύρων. (Σχήμα 33)



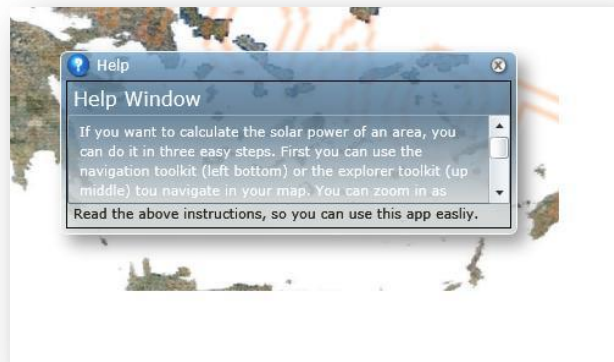
Σχήμα 13. Πάνελ με τον τίτλο και τα βοηθήματα του SPE of Greece.

Το κείμενο του παραθύρου γενικών πληροφοριών (About) παρέχει στο χρήστη κάποιες γενικές πληροφορίες για την εφαρμογή, την τεχνολογία που χρησιμοποιήθηκε και τις υπηρεσίες που χρησιμοποιεί η εφαρμογή, όπως και την υπενθύμιση των όρων και των προϋποθέσεων χρήσης της εφαρμογής. (Σχήμα 34)



Σχήμα 34. Παράθυρο "About".

Το παράθυρο γενικών οδηγιών χρήσης της εφαρμογής (Help) προσφέρει στο χρήστη κάποιες οδηγίες και τον βοηθάει στην γρήγορη εκμάθηση της λειτουργικότητας της εφαρμογής. (Σχήμα 35)



Σχήμα 14. Παράθυρο "Help"

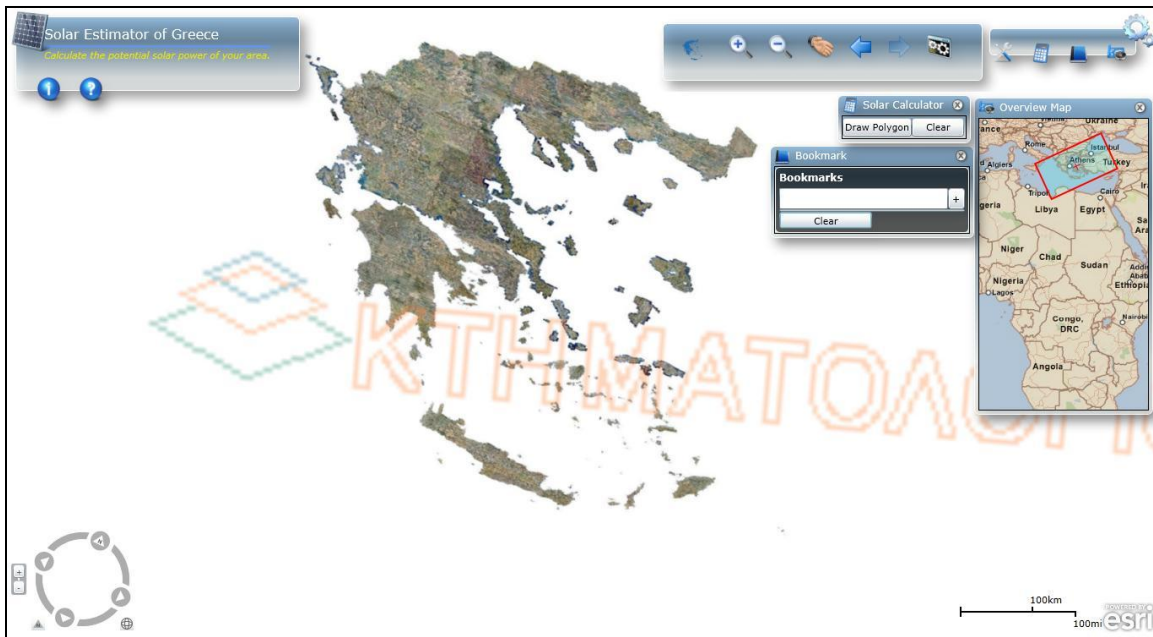
Κεντρικά στη σελίδα εμφανίζεται ο χάρτης όπου η θέση του χάρτη είναι σε τέτοιες γεωγραφικές συντεταγμένες όπου φαίνεται η Ελλάδα στην πλήρη έκτασή της. Και πάνω σ' αυτό το χάρτη συνδέονται οι περισσότερες λειτουργικότητες της εφαρμογής.

Αριστερά και κάτω εμφανίζεται ένα “πολυεργαλείο” πλοήγησης του χάρτη (Navigation Toolkit). Το “πολυεργαλείο” αυτό έχει δύο καταστάσεις οπτικοποίησης “visual states”την κανονική κατάσταση όπου το “πολυεργαλείο” είναι σε μικρό μέγεθος και διαφανές. Στη δεύτερη κατάσταση (mouse over state) όπου το “πολυεργαλείο” είναι στο κανονικό του μέγεθος, αδιαφανές και πλήρες λειτουργικό. (Σχήμα 36)



Σχήμα 15. Πολυεργαλείο πλοήγησης χάρτη.

Το πολυεργαλείο πλοήγησης (navigation toolkit) παρέχει στο χρήστη μία σειρά λειτουργιών του χάρτη. Αναλυτικότερα, αριστερά υπάρχουν δύο σύμβολα συν (+) και πλην (-) όπου μπορείς να κάνεις μεγέθυνση ή σμίκρυνση μιας περιοχής του χάρτη. Κεντρικά υπάρχει η περιοχή της πυξίδας, όπου ο χρήστης μπορεί να ενημερωθεί για τον προσανατολισμό του χάρτη και να επέμβει πάνω σ' αυτό χρησιμοποιώντας αυτό το εργαλείο κάνοντας κλικ πάνω στα εικονίδια Βορράς (N), Ανατολή, Νότος, Δύση, πλοηγώντας αντίστοιχα στη διεύθυνση του εικονιδίου, τον δακτύλιο, όπου παρέχει στο χρήστη τη λειτουργικότητα της περιστροφής του χάρτη. Κάτω αριστερά στο πολυεργαλείο υπάρχει το εικονίδιο «επιστροφής του χάρτη Βορρά- Νότου προσανατολισμό και κάτω δεξιά το εικονίδιο πλοήγησης του χάρτη στην πλήρης αρχική έκτασή του. (Σχήμα 37)



Σχήμα 16. Περιστρεφόμενη λειτουργία του πολυεργαλείου πλοήγησης.

Πάνω δεξιά υπάρχει το πάνελ εργαλείων (Toolbar) με δεξιά το σύμβολό του και αριστερά μια σειρά εικονιδίων. Από δεξιά προς τα αριστερά έχουμε το εικονίδιο της προεπισκόπησης χάρτη (Overview Map), το εικονίδιο σελιδοδείκτη (Bookmark), το εικονίδιο ηλιακού υπολογιστή (Solar Calculator) και τελευταίο το εικονίδιο πολυεργαλείου (Toolkit). Όλα αυτά τα εικονίδια παρέχουν την ικανότητα στο χρήστη εμφάνισης και εξαφάνισης των αντίστοιχων παραθύρων. (Σχήμα 38)



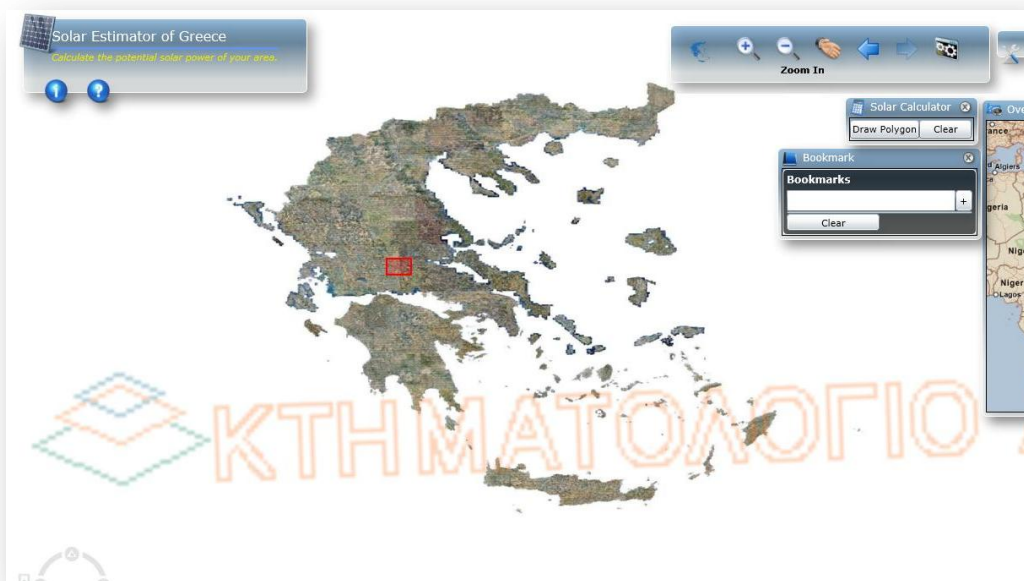
Σχήμα 38. Toolbar

Κεντρικά και πάνω δεξιά είναι το πάνελ πολυεργαλείο το οποίο περιέχει μια σειρά από εικονίδια. (Σχήμα 39) Από αριστερά προς τα δεξιά εμφανίζονται τα εξής τα εικονίδια:



Σχήμα 39. Πολυεργαλείο toolbar

1. Το εικονίδιο της Ελλάδος (Greece's Extent) το οποίο δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να επιστρέψει στην αρχική εμφάνιση έκτασης της Ελλάδος
2. Το εικονίδιο μεγέθυνσης (Zoom In), όπου ο χρήστης επιλέγοντας αυτό το εικονίδιο του επιτρέπει να σχεδιάσει ένα ορθογώνιο σε μια επιλεγμένη περιοχή του χάρτη κάνοντας ένα αριστερό κλικ στην περιοχή που τον ενδιαφέρει και κρατώντας το έως ότου το πολύγωνο να καταλαμβάνει την επιφάνεια της περιοχής ενδιαφέροντος πλοήγησης του χρήστη. Έπειτα η εφαρμογή μεγεθύνει αυτόματα την επιλεγμένη περιοχή όπως την όρισε ο χρήστης. (Σχήμα 40)



Σχήμα 40. Χρήση του εργαλείου Zoom In


3. Το εικονίδιο σμίκρυνσης (Zoom Out), όπου ο χρήστης επιλέγοντας αυτό το εικονίδιο του επιτρέπει να σχεδιάσει ένα ορθογώνιο σε μια επιλεγμένη περιοχή του χάρτη κάνοντας ένα αριστερό κλικ στην περιοχή που τον ενδιαφέρει και κρατώντας το έως ότου το πολύγωνο να καταλαμβάνει την επιφάνεια της περιοχής

ενδιαφέροντος πλοήγησης του χρήστη. Έπειτα η εφαρμογή σμικρύνει αυτόματα την επιλεγμένη περιοχή όπως την όρισε ο χρήστης.

4. Το εικονίδιο μετακίνησης (Pan), το οποίο επιτρέπει στο χρήστη με τον δείκτη ποντικιού να τον μετατρέψει σε εργαλείο μετακίνησης του χάρτη κάνοντας αριστερό κλικ.

5. Το εικονίδιο προηγούμενης προβολής επιφάνειας χάρτη (Previous Extent), όπου ο χρήστης κανόνas κλικ σε αυτό το εικονίδιο πηγαίνει διαδοχικά σε προηγούμενες περιοχές χάρτη που είχε πλοηγηθεί.

6. Το εικονίδιο επόμενης προβολής επιφάνειας χάρτη (Next Extent), όπου ο χρήστης κανόνas κλικ σε αυτό το εικονίδιο πηγαίνει διαδοχικά σε επόμενες περιοχές χάρτη που είχε πλοηγηθεί.

 **Σημείωση:** Στην αρχή το εικονίδιο (Next Extent), είναι απενεργοποιημένο λόγω του ότι ο χρήστης δεν έχει πλοηγηθεί σε προηγούμενες επιφάνειες χάρτη. Μόλις όμως επιλέξει έστω και μια φορά το εικονίδιο προηγούμενης περιοχής χάρτη αυτόματα το εικονίδιο αυτό ενεργοποιείται. Αντίστροφα συμβαίνει και με το εικονίδιο προηγούμενης προβολής επιφάνειας χάρτη (Previous Extent).

7. Το εικονίδιο μετάβασης εφαρμογής πλήρης οθόνης (Full Screen), όπου ο χρήστης επιλέγοντας αυτό το εικονίδιο μεταβαίνει το παράθυρο το φυλλομετρητή σε πλήρη οθόνη.

Δεξιά και κάτω είναι η περιοχή κλίμακας του χάρτη. Αυτό το αντικείμενο προσφέρει στο χρήστη την πληροφορία της κλίμακας του χάρτη. Ενημερώνεται αυτόματα καθώς ο χρήστης χρησιμοποιεί το χάρτη και χρησιμοποιεί δύο μονάδες μέτρησης, χιλιόμετρα ή μέτρα και μίλια ή πόδια (για μεγάλη ή μικρή κλίμακα αντίστοιχα).

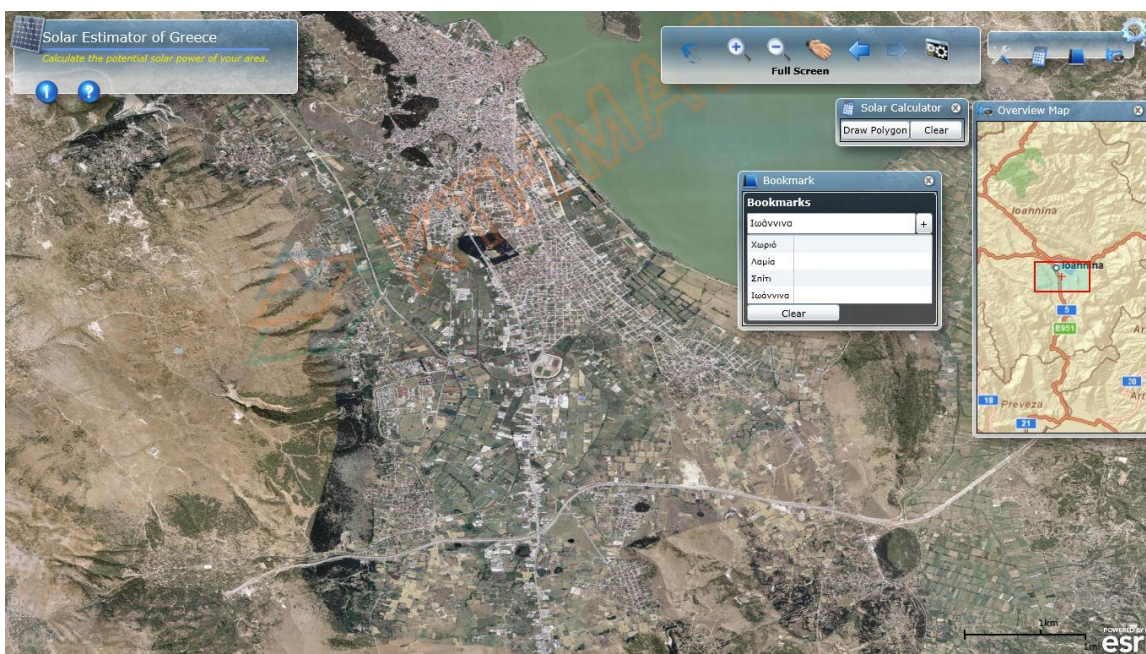
Κεντρικά και κάτω βρίσκεται το αντικείμενο μπάρας προόδου φορτώσεως χάρτη, που ενημερώνει το χρήστη για το ποσοστό προόδου, που έχει διεκπεραιωθεί για να ενημερωθούν όλα τα επίπεδα του χάρτη. Το αντικείμενο αυτό εμφανίζεται μόνο όταν η πρόοδος ενημέρωσης λαμβάνει χώρα, αλλιώς εξαφανίζεται.

Δεξιά βρίσκεται το παράθυρο προεπισκόπησης χάρτη όπου εμφανίζεται ένας χάρτης ο οποίος βρίσκεται σε πολύ μεγαλύτερη κλίμακα απ' ότι ο κύριος χάρτης και είναι συγχρονισμένος με αυτόν έτσι ώστε κάθε αλλαγή που συμβαίνει στον κύριο χάρτη αυτόματα να ενημερώνεται και ο χάρτης προεπισκόπησης. Ο χρήστης λαμβάνει πληροφορίες για την ακριβή θέση προβολής επιφάνειας κύριου χάρτη από το ορθογώνιο με το κόκκινο περίγραμμα και το σταυρόνημα που βρίσκεται στο κέντρο αυτού. Επίσης του παρέχεται και η διαδραστική λειτουργικότητα μετακινώντας το κόκκινο ορθογώνιο στο χάρτη προεπισκόπησης να μετακινείται αντίστοιχα και ο κύριος χάρτης. (Σχήμα 41)



Σχήμα 41. Παράθυρο Overview Map

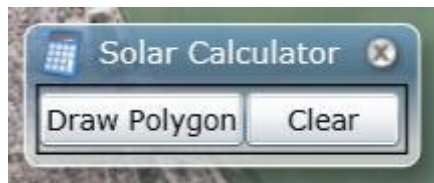
Κεντρικά και λίγο δεξιά βρίσκεται το παράθυρο σελιδοδείκτης (Bookmark). Ο χρήστης μπορεί να προσθέσει τις περιοχές ενδιαφέροντος του ως αγαπημένες τοποθεσίες έτσι ώστε όταν επισκεφτεί ξανά την εφαρμογή να μπορεί να πλοηγηθεί γρήγορα και με ακρίβεια. Εάν επιθυμεί να μην υπάρχουν αυτές οι προεπιλεγμένες περιοχές μπορεί να τις διαγράψει επιλέγοντας το κουμπί «καθαρίζω» (Clear). (Σχήμα 42)



Σχήμα 42. Χρήση του εργαλείου Bookmark

Στο παράθυρο ηλιακός υπολογιστής (Solar Calculator) ο χρήστης αφού έχει πλοηγηθεί στον κύριο χάρτη στην τοποθεσία που έχει επιλέξει κάνοντας αριστερό κλικ στο

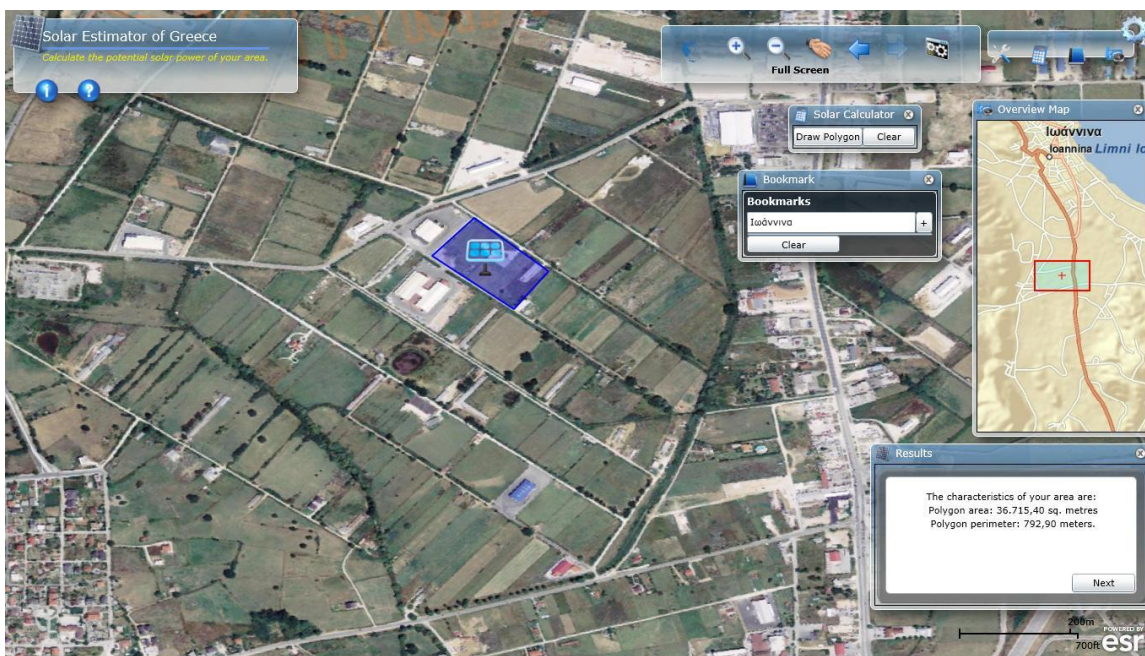
κουμπί «σχεδίασε ένα πολύγωνο» (Draw Polygon), μετατρέπει τον δείκτη ποντικιού σε ένα εργαλείο δημιουργίας πολυγώνου, όπου με διαδοχικά αριστερά κλικ ο χρήστης οριοθετεί την περιοχή που έχει επιλέξει και με διπλό κλικ κλίνει αυτόματα το πολύγωνο και ξεκινάει άμεσα η επεξεργασία των δεδομένων. Εάν για οποιοδήποτε λόγο ο χρήστης επιθυμεί να σταματήσει την σχεδίαση μπορεί πολύ απλά να επιλέξει το κουμπί «εκκαθάριση» (Clear). (Σχήμα 43)



Σχήμα 43. Παράθυρο Solar Calculator

Τέλος, έπειτα από μία πετυχημένη ολοκλήρωση πολυγώνου από τον ηλιακό υπολογιστή εμφανίζεται το παράθυρο αποτελεσμάτων (Results).

Ο χρήστης από αυτό το παράθυρο θα λάβει όλες τις πληροφορίες για το πολύγωνο που έχει σχεδιάσει για το αν η περιοχή που επέλεξε είναι κατάλληλη για επένδυση εγκατάστασης Φ/Β συστήματος σε αυτή. (Σχήμα 44)



Σχήμα 44. Χρήση του Solar Calculator.

3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΩΝ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ

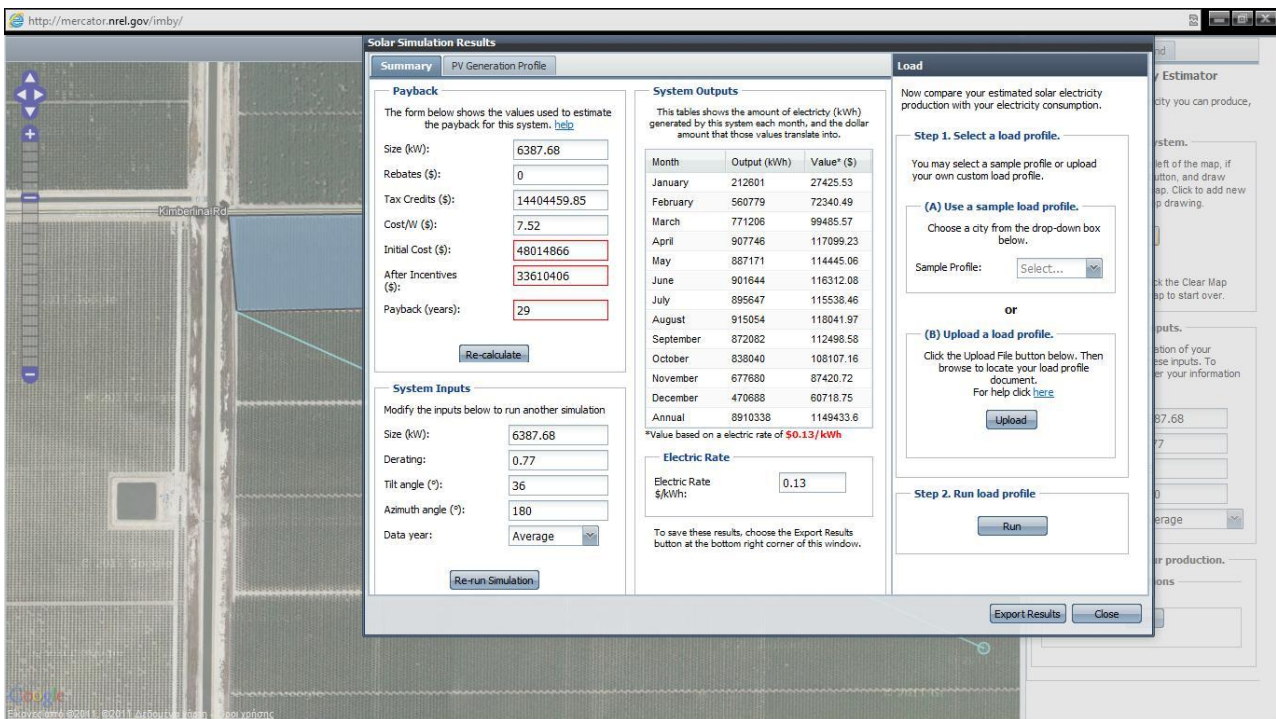
Την τελευταία περίοδο λόγω της αυξανόμενης ζήτησης για εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων, δημιουργήθηκε η ανάγκη ανάπτυξης εφαρμογών υπολογισμού ηλιακού δυναμικού, κόστους επένδυσης και ανάλυσης κερδοφορίας. Στην αρχή η ανάπτυξη desktop εφαρμογών ήταν η πρώτη λύση για τα προβλήματα τα οποία ανέκυπταν. Έτσι δημιουργήθηκαν πολλές εφαρμογές που η μέθοδος προσέγγισης λύσης του προβλήματος για την ανάπτυξή τους ήταν αφενός η καλύτερη κατά το δυνατόν σύμφωνα με την προσέγγιση στην ρεαλιστικότητα των αποτελεσμάτων, ωστόσο είχε το μειονέκτημα ότι η πληθώρα δεδομένων ως εισερχόμενα δεδομένα, επέφεραν την αύξηση τόσο του οικονομικού κόστους όσο και του χρόνου για την έκδοση αποτελεσμάτων. Από το 2008 και μετά αναπτύχθηκαν διαδικτυακές εφαρμογές για τον ίδιο λόγο που αναφέραμε και πιο πάνω με συγκριτικό πλεονέκτημα την απλούστευση της διαδικασίας των δεδομένων, τη μείωση χρόνου έκδοσης αποτελεσμάτων και την διεύρυνση των κατηγοριών των χρηστών που θα χρησιμοποιήσουν παρόμοιες εφαρμογές.

Παρακάτω θα σας παρουσιαστούν οι σημαντικότερες Web-GIS εφαρμογές από την Ελλάδα και το εξωτερικό και θα αναλυθούν οι μέθοδοι επίλυσης προβλημάτων.

Η πρώτη εφαρμογή ονομάζεται “In My Backyard” (IMBY) που εξάγει αποκλειστικά αποτελέσματα για την περιοχή των ΗΠΑ. Ο κύριος σκοπός ανάπτυξης της ήταν να παρέχει στους χρήστες μια εκτίμηση της παραγωγής ενέργειας από ένα φωτοβολταϊκό σύστημα. Η εφαρμογή έχει αναπτύχθει χρησιμοποιώντας το OpenLayers API και τα χαρτογραφικά δεδομένα της εφαρμογής παρέχονται από την Google Maps όπως και η γεωκωδικοποίηση της εφαρμογής. Ο χρήστης αφού πλοηγηθεί στην περιοχή ενδιαφέροντος, σχεδιάζει την περιοχή που επιλέγει με ένα εργαλείο σχεδίασης πολυγώνου και εισάγει κάποιες τιμές για τα χαρακτηριστικά αυτής της επιφάνειας, όπως το ποσοστό αξιοποίησης της περιοχής από Φ/Β πάνελς, τις απώλειες της μετατροπής από DC σε AC, την κλίση της επιφάνειας και τον προσανατολισμό της. Τέλος ο χρήστης επιλέγει τη χρονική περίοδο για τα αποτελέσματα που τον ενδιαφέρουν και η εφαρμογή εξάγει τα αποτελέσματα από τον υπολογισμό των δεδομένων που του έχει εισάγει ο χρήστης. Τα αποτελέσματα διακρίνονται ως εξής:

- το κόστος, την φορολογία και την απόσβεση κεφαλαίου,
- την μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. (Σχήμα 45)

Ο αλγόριθμος που ακολουθείται για να παραχθούν τα αποτελέσματα προέρχεται από τον NREL’s PVWatts calculator τα εισερχόμενα δεδομένα τα οποία επεξεργάζεται προέρχονται από το SUNY/ Perez με δεδομένα χωρικής ανάλυσης 10 km.



Σχήμα 45. "In My Backyard" (IMBY)

Η παραπάνω εφαρμογή θεωρείται μία από τις καλύτερες διαδικτυακές εφαρμογές σε αυτό τον τομέα αλλά με τα εξής μειονεκτήματα:

- Ο χρήστης πρέπει να γνωρίζει το μέγεθος της δυναμικότητας το Φ/Β συστήματος
- Δίνεται η απεριόριστη ευχέρεια του χρήστη να σχεδιάσει το πολύγωνο που θα επιλέξει σε οποιαδήποτε περιοχή
- Δεν υπολογίζει απώλειες σκίασης αφού δε χρησιμοποιεί δεδομένα υψομέτρου.

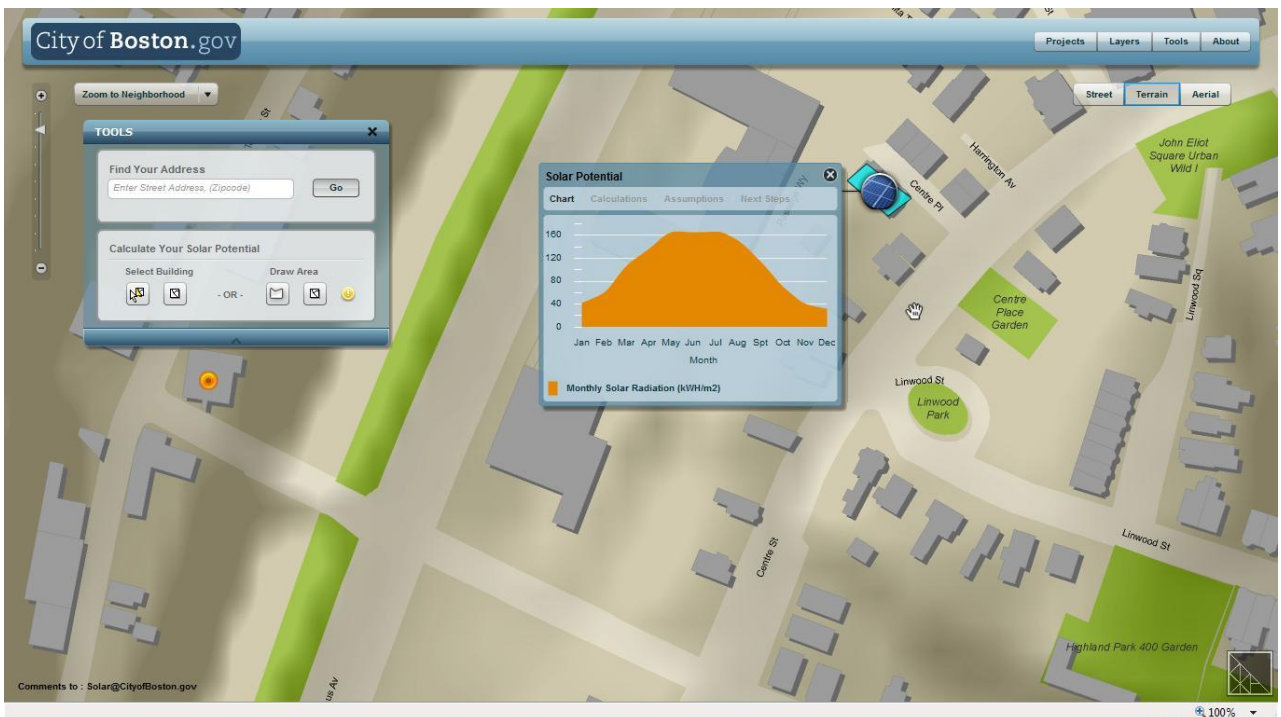
Η δεύτερη διαδικτυακή εφαρμογή προέρχεται στην εταιρεία CH2M Hill με δύο προϊόντα, τον Solar Map και τον Solar estimate. και οι δύο χρησιμοποιούν ως υπόβαθρό το Google Maps. Οι εφαρμογές αυτές λειτουργούν σε μεγάλα προγράμματα σε αρκετές πόλεις της Αμερική όπως το Μπέρκλεϋ, το Πόρτλαντ, το Σακραμέντο και το Σαν Ντιέγκο. Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι δύο εργαλεία αναλόγως με την περίπτωση, το PVWatts ή το Clean Power Estimator. Για την ανάλυση της περιοχής χρησιμοποιείται η εφαρμογή S.A.F.E.™, η οποία υπολογίζει την σκίαση και το ποσοστό διαθέσιμης περιοχής για κάθε σκεπή. Η εφαρμογή εξάγει τα εξής αποτελέσματα: εμβαδόν ταράτσας, ωφέλιμο εμβαδόν ταράτσας που θα χρησιμοποιηθεί, εκτίμηση για την ισχύ του Φ/Β συστήματος, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανά χρόνο, έσοδα από την επένδυση και περιβαλλοντικά οφέλη. (Σχήμα 46)



Σχήμα 46. San Fransisco Solar map.

Τα μειονεκτήματα από την παραπάνω εφαρμογή είναι ότι δεν υπολογίζει την σκίαση που μπορεί να υφίσταται η επιλεγμένη περιοχή από το ανάγλυφο

Η τρίτη διαδικτυακή εφαρμογή είναι το SOLAR BOSTON MAP που έχει δημιουργηθεί από την εταιρεία ESRI και χρησιμοποιεί αποκλειστικά τα εργαλεία του ArcGIS. Ως υπόβαθρο χρησιμοποιεί ένα επίπεδο που προέρχεται από τον χαρτογραφικό κόμβο της Βοστώνης. Τα εργαλεία που χρησιμοποιεί είναι ο Solar Analyst του ArcGIS, το ESRI ArcGIS API for Flex, επίσης η εφαρμογή χρησιμοποιεί ένα DEM τριών μέτρων κάρναβο, που προέρχεται από επεξεργασία LIDAR δεδομένων. Η εφαρμογή εξάγει τα εξής αποτελέσματα το εμβαδόν της σκεπής, το ποσοστό που θα χρησιμοποιηθεί, ένα γράφημα με την μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία, μία εκτίμηση με την ισχύ του φωτοβολταϊκού συστήματος, τα έσοδα της επένδυσης και περιβαλλοντικά οφέλη. (Σχήμα 47)



Σχήμα 47. SOLAR BOSTON MAP


Η εφαρμογή αυτή είναι μια από τις καλύτερες. Ωστόσο ένα μειονέκτημα της είναι ότι δε μπορεί να υπολογίσει μεγάλες επιφάνειες.

Η τέταρτη εφαρμογή είναι το SOLAR SONOMA COUNTY. Αυτή η εφαρμογή έχει αναπτυχθεί από την εταιρεία Project DX, για την πολιτεία Sonoma στην Καλιφόρνια. Τα εργαλεία της εφαρμογής υπολογίζουν στοιχεία για φωτοβολταϊκά συστήματα ή για οικιακούς ηλιακούς θερμοσίφωνες ή ηλιακούς θερμοσίφωνες για πισίνες. Η εφαρμογή χρησιμοποιεί δεδομένα από το χαρτογραφικό υπόβαθρό του Google Maps. (Σχήμα 48)

Property Energy Footprint

Use this page to see the estimated solar potential of your property and configure solar solutions. Find out about potential savings, costs, incentives and environmental benefits of different types and sizes of solar installations. As you finish projects, this page lets you monitor your reduced energy demand. Finally, use the map to see what actions your neighbors have taken on their properties.

ProjectDX only provides rough calculations based on information we have about your property characteristics. We strongly recommend you contact a service provider to get an accurate estimate of your property solar potential.



Solar Electric

0% of total energy demand met^a

Many properties can meet 100% of their electricity needs with solar power.

[Configure](#) [Learn More](#)

Solar Pool Heating

0% of total energy demand met^a

Typical energy savings of 15 - 25% could be achieved with solar pool heating.

[Configure](#) [Learn More](#)

Solar Hot Water

0% of total energy demand met^a

Potential savings of \$100/month could be achieved with solar hot water.

[Configure](#) [Learn More](#)


Current Property

85 Santa Rosa Ave, Santa Rosa, California 95401

Find another Property

Enter street address and zip code

See projects in the neighborhood



Property Profile

Total ext. roof area: 25,650 sq ft

Pool size: 0 sq ft

Est. avg. electric bill: \$2,098/month

Est. avg. gas bill: \$1,090/month

[UPDATE THESE ESTIMATES](#)

Please check ProjectDX assumptions about your property and energy usage.

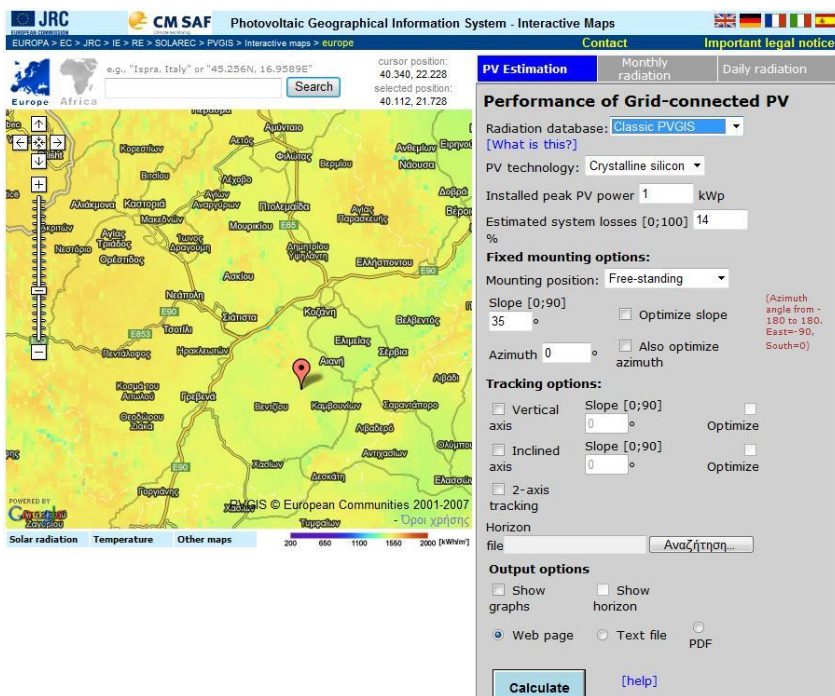
^a Energy demand is estimated from the combination of all fuel sources used on the property (electricity, gas, etc.)

Σχήμα 48. SOLAR SONOMA COUNTY

Η εφαρμογή εξάγει τα εξής αποτελέσματα, ανάλογα με το εργαλείο που έχει χρησιμοποιήσει ο χρήστης:

- Το συνολικό κόστος
- Η εξοικονόμηση από τους λογαριασμούς ηλεκτρικού ρεύματος
- Τη συνολική ισχύ του συστήματος
- Το χρόνο αποπληρωμής του δανείου
- Τα περιβαλλοντικά οφέλη

Η πέμπτη εφαρμογή για τη Ευρώπη είναι το PVGIS, που χρησιμοποιεί ως υπόβαθρο το Google Maps και υπολογίζει για οποιαδήποτε περιοχή της Ευρώπης επιλέξει ο χρήστης το κατάλληλο φωτοβολταϊκό σύστημα και την ενέργεια που θα εξάγει αυτό. (Σχήμα 49)



Σχήμα 49. PVGIS

Το μεγάλο μειονέκτημα γι' αυτήν την εφαρμογή είναι τις πάρα πολλές παραμέτρους που θα πρέπει ο χρήστης να επεξεργαστεί και να εισάγει στην εφαρμογή έτσι ώστε η εφαρμογή να του εξάγει τα αποτελέσματα. Αυτό το κάνει μία από τις πιο δύσκολες λειτουργικά διαδικτυακές εφαρμογές στον τομέα αυτό.

Τελευταία εφαρμογή είναι μία εφαρμογή που δουλεύει για την Ελλάδα και ονομάζεται ΗΛΙ.Ο.Σ. Αυτή η εφαρμογή δημιουργήθηκε από την CO2online και χρηματοδοτήθηκε από την WWF και την τράπεζα Eurobank EFG. Η εφαρμογή χρησιμοποιεί ως υπόβαθρο το Google Maps και τον γεωκωδικοποιητή της. Ο χρήστης πρέπει να εισάγει τη διεύθυνση που μένει, την επιφάνεια που θέλει να χρησιμοποιήσει, τον προσανατολισμό και την κλίση της στέγης αν υπάρχει, για να του εξαχθούν τα αποτελέσματα για το κόστος της επένδυσης, τα έσοδα από την επένδυση, οι πληροφορίες για το επιτόκιο και την αποπληρωμή του δανείου που θα χρειαστεί αν πάρει. (Σχήμα 50)

Σχήμα 50. ΗΛΙ.Ο.Σ

Τα μειονεκτήματα της εφαρμογής είναι τα πολλά δεδομένα που θα πρέπει να εισάγει ο χρήστης, ότι δουλεύει μόνο σε περιοχές που υπάρχουν γεωκωδικοποιημένα από την Google και τέλος δε λαμβάνει υπόψη απώλειες σκίασης από το ανάγλυφο της περιοχής.

4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ SPE OF GREECE (SOLAR POWER ESTIMATOR OF GREECE)

4.1 ΣΚΟΠΟΣ

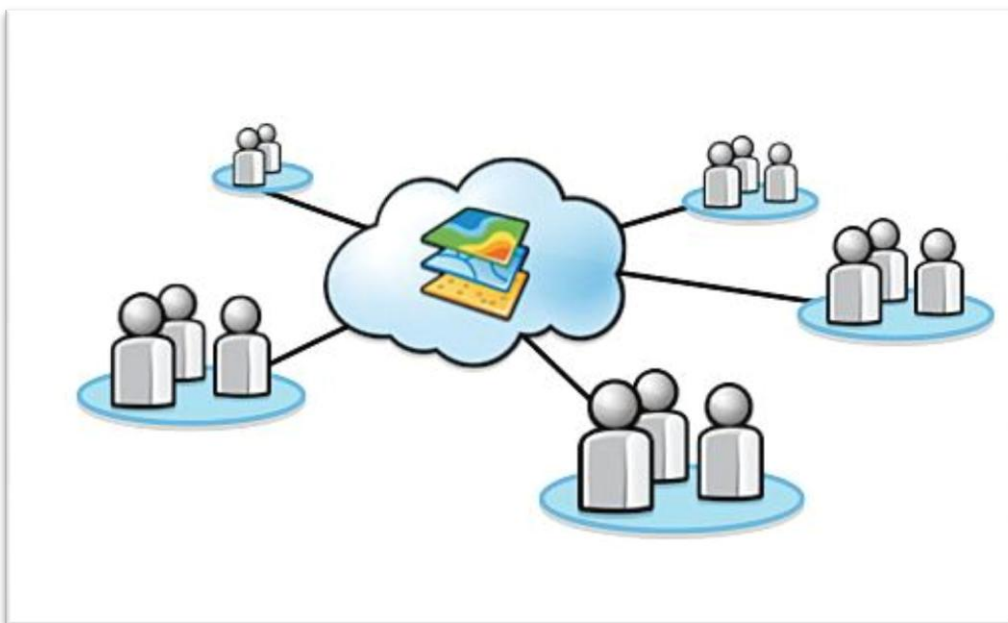
Η ανάγκη δημιουργίας του SPE of Greece, είναι να αναπτυχθεί μία διαδικτυακή εφαρμογή που έχει ως σκοπό τη χρήση της από ένα πολύ ευρύ φάσμα ανθρώπων που τους ενδιαφέρει να επενδύσουν πάνω σε Φ/Β συστήματα σε μία περιοχή, που είτε τους ανήκει, είτε ενδιαφέρονται για αυτή, έτσι ώστε να την εκμεταλλευτούν οικονομικά και περιβαλλοντολογικά.

4.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Το SPE of Greece έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- είναι μια απλή εφαρμογή, χωρίς να ζητά από τους χρήστες, τα προσωπικά στοιχεία ή εξειδικευμένα στοιχεία για την περιοχή που θα επιλέξουν.

- είναι εύχρηστη εφαρμογή, όπου ο κάθε χρήστης, χρησιμοποιώντας απλά εργαλεία μπορεί να πλοηγηθεί στην επιλέξιμη περιοχή, να την ορίσει και να αξιολογήσει τα αποτελέσματα που θα εξάγει η εφαρμογή
- είναι ελεύθερη που σημαίνει ότι δεν υπάρχει καμία επιβάρυνση στον χρήστη για να μάθει την ενεργειακή απόδοση της επιλέξιμης περιοχής του (Σχήμα 51)



Σχήμα 51. Ελεύθερη πρόσβαση στην εφαρμογή από όλους τους χρήστες.

- η επιλέξιμη περιοχή μπορεί να έχει οποιαδήποτε χαρακτηριστικά πλην πολύ μικρών περιοχών ή περιοχών τεράστιας εκτάσης ή περιέργων γεωμετρικά σχημάτων όπου πρακτικά είναι αδύνατον να εγκατασταθούν Φ/Β συστήματα
- προωθεί την πράσινη ανάπτυξη αφού αυτό έχει καθοριστεί και ως εθνικός στόχος ώστε το 2020 το 40% της ενέργειας που καταναλώνεται να προέρχεται από ΑΠΕ
- αυξάνει το επενδυτικό ενδιαφέρον στην εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων και όπου γενικά θεωρείται σαν επένδυση χαμηλού επενδυτικού ρίσκου.

4.3 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Η εφαρμογή αυτή ακολουθεί τη φιλοσοφία των mash ups. Με αυτή τη λογική η εφαρμογή γίνεται σύνδεσμος πολλών GIS υπηρεσιών, ταυτόχρονα, προσφέροντας στον χρήστη όλα τα πλεονεκτήματά τους. Η εφαρμογή φιλοξενείται και αυτή σε ένα Web server χωρίς όμως να κατέχει πρωτογενή δεδομένα. Ο SPE of Greece είναι στην ουσία ένας web geoprocessor (διαδικτυακός γεωεπεξεργαστής) που έχει είσοδο μόνο τα δεδομένα που εισάγονται από το σύστημα του χρήστη. Αυτά τα γεωεπεξεργάζεται και η έξοδος είναι μια σειρά δεδομένων τα οποία εξάγονται στην εφαρμογή όπου τα λαμβάνει ο χρήστης.

Όλη η δύναμη της παραπάνω αρχιτεκτονικής είναι στο ότι δε χρειάζεσαι από την πλευρά της ανάπτυξης της εφαρμογής να έχεις τεράστιο όγκο δεδομένων, που επιφέρει ταυτόχρονα και τεράστιο κόστος για τη συλλογή, την αποθήκευση και την συντήρησή τους.

4.4 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ

Ο SPE of Greece στηρίζεται πάνω στις εξής τεχνολογίες:

- .NET 4 Framework. Η τεχνολογία αυτή παρέχεται από την Microsoft και είναι η κύρια βιβλιοθήκη όπου αντλεί προγραμματιστικά η εφαρμογή τα αντικείμενά της. Μέσα από τα αντικείμενά της μπορούμε να αναπτύξουμε τα εργαλεία που θα περιγράψουμε παρακάτω.
- Silverlight 4. Η τεχνολογία αυτή μας παρέχεται από την Microsoft και έχει δημιουργηθεί για να παρέχει στους χρήστες πλούσια λειτουργικότητα στις εφαρμογές τους (Rich Infrastructures Applications, RIA). Με λίγα λόγια η τεχνολογία αυτή μας επιτρέπει να αναπτύξουμε εφαρμογές πλούσιες σε οπτικά εφέ και ταυτόχρονα σε λειτουργικότητα χωρίς το σύστημα του χρήστη να κινδυνεύει από κακόβουλο λογισμικό που μπορεί να εισαχθεί μέσα στη λειτουργικότητα που φέρει.
- ESRI ArcGIS API for Silverlight 2.3. Η τεχνολογία αυτή δημιουργήθηκε από την εταιρεία ESRI με την έκδοση 2.3, που ανακοινώθηκε τον Νοέμβριο 2011 και που μας παρέχει τις κατάλληλες βιβλιοθήκες έτσι ώστε να δημιουργήσαμε μια χαρτογραφική εφαρμογή επικοινωνώντας άμεσα με GeoServices REST Specification και με άλλες υπηρεσίες. Επίσης μας παρέχει μια πλούσια σε αντικείμενα λειτουργικότητα για χαρτογραφικές εφαρμογές, μέσω Silverlight.
- GeoServices REST Specification. Η τεχνολογία αυτή στηρίζεται πάνω σε Representational State Transfer (REST) τεχνολογία. Έτσι μπορούμε να επικοινωνούμε με Geoservers που έχουν αναπτυχθεί κατά OGC (Open Geospatial



Consortium) και ανήκουν στην ESRI. Η επικοινωνία γίνεται μέσω JavaScript Object Notation (JSON), πράγμα που το κάνει ένα παρά πολύ εύχρηστο πρωτόκολλο επικοινωνίας της μεριάς του χρήστη με η μεριά του server και αντίστροφα.

- Windows Azure. Αυτή η τεχνολογία έχει αναπτυχθεί από την Microsoft και μας παρέχει τη δυνατότητα μέσω cloud-computing και συγκεκριμένα PaaS (Platform as a Service), να μας παρέχει έτοιμες πλατφόρμες όπου φιλοξενούν διαδικτυακές εφαρμογές προσφέροντας μας πολλά πλεονεκτήματα.



Για να αναπτυχθεί η εφαρμογή χρειάστηκαν τα παρακάτω λογισμικά:

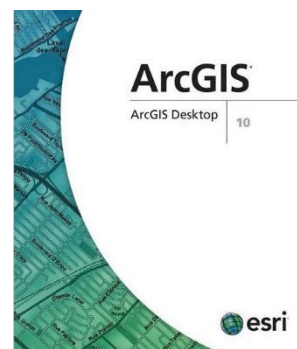
- Visual Studio 2010. Αυτό το λογισμικό έχει αναπτυχθεί από την Microsoft για να δημιουργούνται εφαρμογές τεχνολογίας .NET Framework. Με αυτό το εργαλείο αναπτύχθηκε το κύριο προγραμματιστικό κομμάτι του SPE of Greece.



- Expression Blend 4. Αυτό το λογισμικό έχει αναπτυχθεί από την Microsoft κυρίως για την ανάπτυξη του σχεδιαστικού τομέα εφαρμογών στο Silverlight/WPF. Με αυτό το εργαλείο αναπτύχθηκε το σχεδιαστικό κομμάτι το οποίο ακολουθήθηκε μέσα από τα πρότυπα που μας παρέχει η ESRI, (ESRIStandardApplication).



- ArcGIS Desktop 10. Αυτό το λογισμικό έχει αναπτυχθεί από την ESRI είναι ένα πρόγραμμα το οποίο διαχειρίζεται GIS δεδομένα και



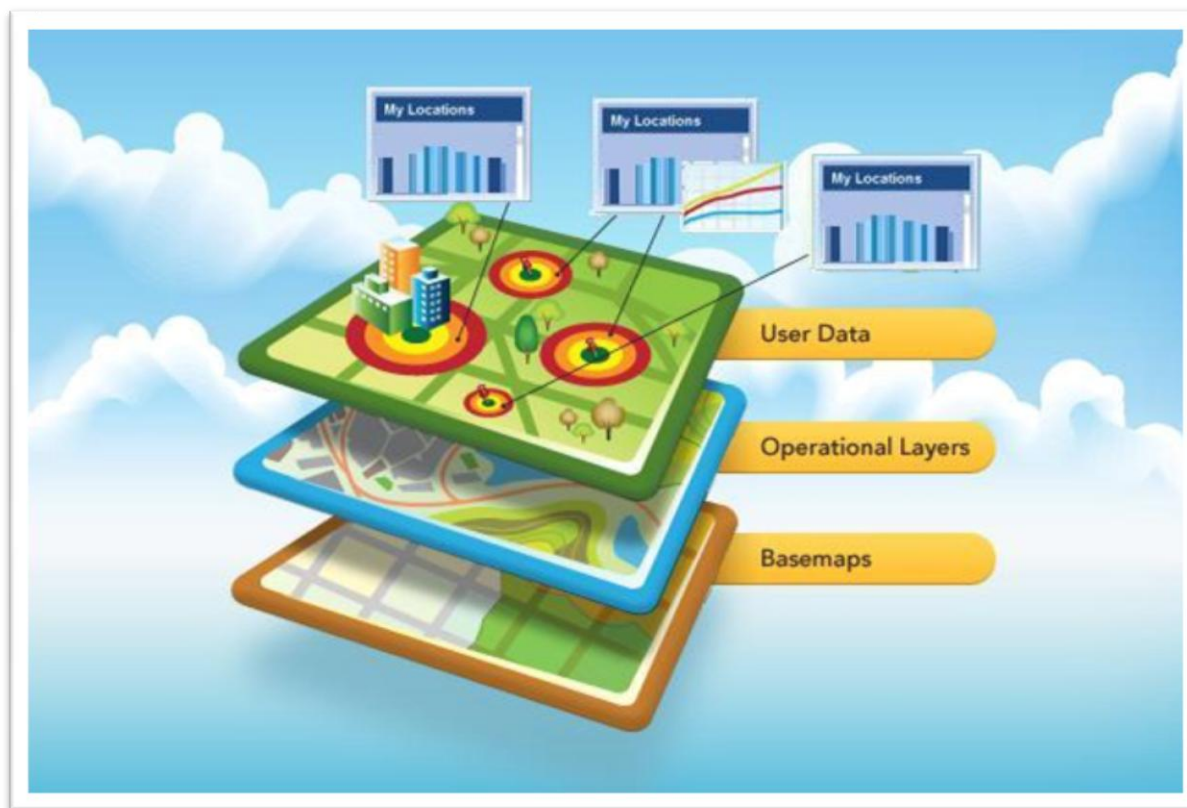
χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία δεδομένων της εφαρμογής.

- Windows Azure. Αυτό το λογισμικό φιλοξενεί την εφαρμογή SPE of Greece.

4.5 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Ο SPE of Greece έχει σχεδιαστεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να είναι πλήρως φιλικός και λειτουργικός προς τους χρήστες.

Ο χάρτης της εφαρμογής είναι το διαδραστικό κομμάτι της εφαρμογής όπου ο χρήστης αλληλεπιδρά. Ο χάρτης αποτελείται από πολλά επίπεδα, που διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες (Σχήμα 52), όπως διακρίνεται και στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 52. Οι τρεις κατηγορίες επιπέδων.

1. Το υπόβαθρο (Basemaps) είναι το επίπεδο πάνω στο οποίο επικάθονται όλα τα άλλα επίπεδα. Αυτό το επίπεδο προέρχεται από ένα geoserver της ESRI. Είναι αυτό το οποίο καθορίζει τις ιδιότητες του χάρτη και κατ' επέκταση όλων των άλλων


επιπέδων που επικάθονται πάνω. Για παράδειγμα το προβολικό σύστημα που είναι WGS '84 και τα όρια ανάλυσης του χάρτη.

2. Το επιχειρησιακό επίπεδο (Operational Layers). Αυτό το επίπεδο αποτελείται από πολλά επίπεδα στα οποία αλληλεπιδρά ο χρήστης. Αυτά είναι:

➤ Το WMS “Υπηρεσία θέασης ορθοφωτογραφιών” του ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ Α.Ε., που βρίσκεται στο κεντρικό χάρτη της εφαρμογής και είναι η κύρια πηγή άντλησης πληροφοριών πλοήγησης του χρήστη στο χάρτη για την εξεύρεση τοποθεσίας που επιθυμεί να εκτελέσει τον υπολογισμό για την εξεύρεση του ηλιακού δυναμικού.

➤ Το επίπεδο που βρίσκεται στο χάρτη προεπισκόπησης, που προέρχεται από ένα geoserver της ESRI και μας παρέχει πληροφορίες για τα τοπωνύμια της ευρύτερης περιοχής που πλοηγείται ο χρήστης.

➤ Τα γραφικά επίπεδα τα οποία προέρχονται από τους servers που αλληλεπιδρά η εφαρμογή και τα δεδομένα αυτά προσφέρουν πληροφορίες για την ανάλυση κατά την εκτέλεση μίας αναζήτησης και επιστρέφουν πληροφορίες στο χρήστη, όπως το γραφικό επίπεδο που επιστρέφει το σημείο “ετικέτα” εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού συστήματος.

 Σημείωση: Όλα τα γραφικά επίπεδα δεν είναι ορατά από τον χρήστη, λόγω της μη αξιοποιήσιμης πληροφορίας τους από τον χρήστη.

3. Το γραφικό επίπεδο στο οποίο εισέρχονται τα δεδομένα το χρήστη (User's Data) το επίπεδο αυτό είναι το μόνο που μπορεί να δεχθεί πληροφορία. Έχει το σπουδαιότερο ρόλο στον γεωεπεξεργασία των δεδομένων, δημιουργείται όταν ο χρήστης επιλέξει να χρησιμοποιήσει το εργαλείο “Draw Polygon” του “Sun Calculator”.

4.6 “ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΘΕΑΣΗΣ ΟΡΘΟΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ” WMS

Η Υπηρεσία Θέασης Ορθοφωτογραφιών δημιουργήθηκε από την Κτηματολόγιο ΑΕ με σκοπό, να δοθεί σε όλους τους πολίτες η δυνατότητα για δωρεάν περιήγηση σε χαρτογραφικό υλικό όλης της χώρας.

Αυτή η υπηρεσία εντάσσεται σε ένα ευρύτερο έργο, το οποίο η Κτηματολόγιο ΑΕ υλοποίησε στο πλαίσιο του επιχειρησιακού προγράμματος «Κοινωνία της Πληροφορίας» του Γ΄ Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης, καταρχήν για τις ανάγκες κτηματογράφησης της χώρας. Παράλληλα, η υποδομή που δημιουργεί το έργο αυτό ήδη αξιοποιείται από τον ευρύτερο δημόσιο τομέα για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητάς του, ενώ μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί και από τον ιδιωτικό τομέα για την υποστήριξη υπηρεσιών και την παραγωγή νέων προϊόντων.

Η Υπηρεσία αυτή περιέχει δύο κατηγορίες ορθοφωτοχάρτων, η πρώτη κατηγορία είναι αυτή που αναφέρεται σε αστικές περιοχές και έχουν χρησιμοποιηθεί Very Large Scale Orthofotos (VLSO) λήψεις και την δεύτερη κατηγορία σε εξω-αστικές περιοχές που χρησιμοποιήθηκαν Large Scale Orthofotos (LSO) λήψεις.

Οι διαφορές τους είναι στο μέγεθος κελιού (pixel size) των Ορθοφωτογραφιών, για τις αστικές περιοχές, (VLSO=Very Large Scale Orthofoto), είναι 0,2μ και για τις εξω-αστικές περιοχές το μέγεθος κελιού (pixel size) των Ορθοφωτογραφιών, (LSO=Large Scale Orthofoto), είναι 0,5μ.

Αντίστοιχα, το Ψηφιακό Μοντέλο Επιφανείας (DSM) για τις αστικές περιοχές είναι 0,8μ, ενώ Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DTM) για τις εξω-αστικές περιοχές είναι 5μ.



Ψηφιακές Ορθοφωτογραφίες Πολύ Μεγάλης Κλίμακας (VLSO)



ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε. – Διεύθυνση Υπηρεσιών & Προϊόντων
«Χρήση HEPOS στην παραγωγή LSO/VLSO»

Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Ορθοφωτογραφίες πλήρως ορθοαναηγμένες (Fully Rectified Images / True Orthos)

Μέγεθος Εικονοστοιχείου στο Έδαφος	0.20 m
Διαστάσεις Πινακίδας (m)	800 * 600
Ραδιομετρική Ανάλυση	True Color (24-bit)
Περίοδοι Αεροφωτογράφισης	05/2007 – 09/2007

Ψηφιακό Μοντέλο Επιφανείας (DSM)

Μέγεθος Εικονοστοιχείου στο Έδαφος	0.80 m
Διαστάσεις Πινακίδας (m)	960 * 760
Περιμετρική Επκάλυψη (m)	80 m



Ψηφιακές Ορθοφωτογραφίες Μεγάλης Κλίμακας (LSO)

Τεχνικά Χαρακτηριστικά



ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε. – Διεύθυνση Υπηρεσιών & Προϊόντων
«Χρήση HEPOS στην παραγωγή LSO/VLSO»

Ορθοφωτογραφίες

Μέγεθος Εικονοστοιχείου στο Έδαφος	0.50 m
Διαστάσεις Πινακίδας (m)	4000 * 3000
Ραδιομετρική Ανάλυση	True Color (24-bit)
Περίοδοι Αεροφωτογράφισης	03/2007– 09/2008

Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM)

Μέγεθος Εικονοστοιχείου στο Έδαφος	5 m
Διαστάσεις Πινακίδας (m)	4600 * 3600
Περιμετρική Επικάλυψη (m)	300 m

Σχήμα 53. Ψηφιακές ορθοφωτογραφίες πολύ μεγάλης και μεγάλης κλίμακας και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους. Πηγή [http://www.hepos.gr/hepos/HEPOS_pub_2008d_gr.pdf]

Το Γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς των ορθοφωτογραφιών είναι το ευρωπαϊκό σύστημα αναφοράς ETRS '89 (European Terrestrial Reference System 1989), που ορίστηκε βάσει του ITRF '89 (International Terrestrial Reference Frame 1989). Έπειτα χρησιμοποιήθηκαν τριγωνομετρικοί σταθμοί για την ολοκλήρωση της υλοποίησης προβολής τους στο σύστημα αναφοράς.

Για τον έλεγχο της ακρίβειας των υποβάθρων μετρήθηκαν 5.000 σημεία, με ακρίβεια: οριζοντιογραφική 5cm και υψομετρική 15cm. Τα αποτελέσματα του ελέγχου για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% είναι:

- $RMSE_{xy}$:

$$LSO \leq 1.41 \text{ m,}$$

$$VLSO \leq 0.28\text{m}/0.56\text{m, (οριζ/υψομ)}$$

- Απόλυτη ακρίβεια:

$$LSO \leq 2.44 \text{ m,}$$

$$VLSO \leq 0.48\text{m}/0.96\text{m, (οριζ/υψομ)}$$

Σύμφωνα με τα προηγούμενα, η Υπηρεσία Θέασης Ορθοφωτογραφιών παρέχει στον χρήστη ένα αξιόπιστο και αρκετά ευδιάκριτο χάρτη για όλον τον χερσαίο Ελλαδικό χώρο, που μπορεί να χρησιμοποιήσει για να ορίσει το οικόπεδο του.

Οι ορθοφωτογραφίες, που παρέχονται με αυτή την υπηρεσία, αφορούν στο σύνολο της Ελληνικής Επικράτειας με εξαίρεση ορισμένες παραμεθόριες περιοχές καθώς και ορισμένες διαβαθμισμένες εγκαταστάσεις, για τις οποίες ισχύουν περιορισμοί και απαγορεύσεις από τις αρμόδιες Αρχές και Υπηρεσίες της χώρας σε ότι αφορά στις διαδικασίες των αεροφωτογραφίσεων.

Οι ορθοφωτογραφίες αυτές, που προέκυψαν από φωτοληψίες περιόδου 2007 έως 2009, αποτελούν το πλέον πρόσφατα ενημερωμένο χαρτογραφικό υλικό με τη μεγαλύτερη δυνατή ανάλυση.

Η πρόσβαση στις υπηρεσίες θέασης ορθοφωτογραφιών γίνεται μέσω WMS (Web Mapping Service) έκδοσης 1.1.0 σε γεωγραφικό σύστημα WGS '84. Το WMS είναι ένα ανοικτό πρότυπο που έχει οριστεί από το OGC (Open Geospatial Consortium) και το οποίο παρέχει μια κοινή τυποποιημένη διεπαφή για πρόσβαση σε θεματικές ενότητες χαρτών που παρέχονται από κάποιον χωρικό εξυπηρετητή. Οι χρήστες αυτών των διεπαφών (interfaces) που είναι συμβατοί με αυτό το ανοικτό πρότυπο μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους ασχέτως με το λογισμικό πελάτη (client software) που χρησιμοποιούν. Η υπηρεσία αυτή διατίθεται στην διεύθυνση:

<http://gis.ktimanet.gr/wms/wmsopen/wmsserver.aspx>

4.6.1 Ειδικούς όρους χρήσης

Η χρήση της Δικτυακής Πύλης αποτελεί τεκμήριο ότι ο επισκέπτης/ χρήστης έχει μελετήσει, κατανοήσει και αποδεχτεί όλους τους όρους χρήσης της Δικτυακής Πύλης. Σε περίπτωση που ο επισκέπτης/ χρήστης δεν συμφωνεί με τους όρους χρήσης της παρούσας, οφείλει να μην κάνει χρήση των υπηρεσιών και του περιεχομένου της Δικτυακής Πύλης.

Οι παρόντες όροι χρήσης μπορούν να αναθεωρούνται και να ενημερωθούν οποιαδήποτε στιγμή και χωρίς προειδοποίηση.

4.6.2 Δικαιώματα Πνευματικής και Βιομηχανικής Ιδιοκτησίας

Εκτός των ρητά αναφερόμενων εξαιρέσεων (πνευματικά δικαιώματα τρίτων), το σύνολο του περιεχομένου της Δικτυακής Πύλης, που - ενδεικτικά - περιλαμβάνει κείμενα, γραφικά, εικόνες, φωτογραφίες σχέδια, video, ήχους κλπ. (εφεξής περιεχόμενο) αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία, κατατεθειμένα σήματα και σήματα υπηρεσιών της ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε. και προστατεύεται από το ισχύον εθνικό, κοινοτικό και διεθνές δίκαιο.

Η ΚΤ.Α.Ε διατηρεί όλα τα πνευματικά δικαιώματα χρήσης καθώς και τους τίτλους ιδιοκτησίας αναφορικά με το περιεχόμενο, όλα τα αντίγραφα που δημιουργούνται βάσει αυτού, καθώς και το σύνολο των πνευματικών δικαιωμάτων και λοιπών δικαιωμάτων ιδιοκτησίας που άπτονται αυτού.

Το περιεχόμενο της ΔΠ δε δύναται να αποτελέσει εν όλο ή εν μέρει αντικείμενο πώλησης, αντιγραφής, τροποποίησης, αναπαραγωγής, αναδημοσίευσης ή να «φορτωθεί», να μεταδοθεί ή να διανεμηθεί με οποιονδήποτε τρόπο χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση της ΚΤ.Α.Ε. Κατ' εξαίρεση επιτρέπεται η μεμονωμένη αποθήκευση ενός και μόνο αντιγράφου τμήματος του περιεχομένου σε έναν απλό προσωπικό υπολογιστή, για προσωπική και όχι δημόσια ή εμπορική χρήση και χωρίς απαλοιφή της ένδειξης προέλευσής τους από τη ΔΠ της ΚΤ.Α.Ε., χωρίς να θίγονται με κανένα τρόπο τα σχετικά δικαιώματα πνευματικής και βιομηχανικής ιδιοκτησίας.

4.6.3 Προστασία Προσωπικών Δεδομένων

Η διαχείριση και προστασία των προσωπικών δεδομένων του επισκέπτη/ χρήστη της Δικτυακής Πύλης υπόκειται στους όρους της παρούσας ανακοίνωσης καθώς επίσης και στα οριζόμενα στο εθνικό, κοινοτικό και διεθνές δίκαιο σχετικά με την προστασία του ατόμου από την διαχείριση των δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα, όπως εκάστοτε ισχύει.

Οι παρόντες όροι προστασίας προσωπικών δεδομένων μπορεί να αναθεωρούνται και να ενημερώνονται οποιαδήποτε στιγμή και χωρίς προειδοποίηση. Οι χρήστες της ΔΠ παρακαλούνται να ελέγχουν ανά τακτά χρονικά διαστήματα τους εν λόγω όρους για τυχόν αλλαγές, καθώς η συνεχής χρήση της ΔΠ συνεπάγεται ότι αποδέχονται όλες τις ενδεχόμενες τροποποιήσεις αυτών.

Ο διαχειριστής της ΔΠ συλλέγει προσωπικά στοιχεία των επισκεπτών/ χρηστών της, μόνο όταν αυτοί οι ίδιοι εκουσίως τα παρέχουν. Προσωπικά στοιχεία είναι τα στοιχεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της ταυτότητας ή την επικοινωνία με κάποιο άτομο καθώς και άλλα στοιχεία που αφορούν το εν λόγω άτομο. Τα προσωπικά στοιχεία τα οποία συλλέγονται στη ΔΠ είναι τα ακόλουθα:

- Ονοματεπώνυμο
- Διεύθυνση και αριθμός τηλεφώνου
- Αριθμός κινητού τηλεφώνου και τηλεμοιότητας (φαξ)
- Επαγγελματικός κλάδος
- Ηλεκτρονική διεύθυνση (email).
- Στοιχεία εργασίας (επωνυμία, διεύθυνση, αριθμός τηλεφώνου και τηλεμοιότητας (φαξ))

Ο διαχειριστής μπορεί να χρησιμοποιεί τα στοιχεία αυτά για ενημερωτικούς σκοπούς ή για να προβαίνει σε προτάσεις νέων συνδρομητικών υπηρεσιών προς το συνδρομητή, εκτός αν ο τελευταίος δεν επιθυμεί κάτι τέτοιο. Ο διαχειριστής της ΔΠ δε θα διαθέσει προς πώληση ή άλλως μεταφέρει ή δημοσιοποιήσει προσωπικά στοιχεία των επισκεπτών/ χρηστών της ΔΠ σε τρίτους, που δε σχετίζονται με τον ίδιο (το διαχειριστή της ΔΠ), χωρίς τη συγκατάθεσή του επισκέπτη/ χρήστη, με εξαίρεση την εφαρμογή σχετικών νομικών υπαγορεύσεων και προς τις αρμόδιες και μόνο αρχές.

Ο διαχειριστής είναι δυνατόν να επεξεργάζεται τμήμα ή το σύνολο των στοιχείων που έχουν αποστείλει οι επισκέπτες/ χρήστες για λόγους στατιστικούς και βελτίωσης των παρεχομένων υπηρεσιών - πληροφοριών του.

Ο επισκέπτης/ χρήστης μπορεί να επικοινωνήσει με το διαχειριστή της Δικτυακής Πύλης προκειμένου να διασταυρώσει την ύπαρξη προσωπικού του αρχείου, την διόρθωση αυτού, την αλλαγή του ή την διαγραφή του.

Η παρούσα Δικτυακής Πύλης περιλαμβάνει συνδέσμους (links) προς άλλους δικτυακούς τόπους οι οποίοι βρίσκονται υπό την ευθύνη τρίτων φορέων (φυσικά ή νομικά πρόσωπα). Σε καμία περίπτωση δεν ευθύνεται ο διαχειριστής της ΔΠ για τους όρους προστασίας των προσωπικών δεδομένων τους οποίους αυτοί οι δικτυακοί τόποι ακολουθούν.

4.6.4 Περιορισμός ευθύνης

Η ΚΤ.Α.Ε., χωρίς να εγγυάται και συνεπώς να ευθύνεται, καταβάλλει τη μέγιστη δυνατή προσπάθεια, ώστε οι πληροφορίες και το σύνολο του περιεχομένου να διέπονται από τη μέγιστη ακρίβεια, σαφήνεια, χρονική εγγύτητα, πληρότητα, ορθότητα και διαθεσιμότητα. Σε καμία περίπτωση, συμπεριλαμβανομένης και αυτής της αμέλειας, δεν προκύπτει ευθύνη της ΚΤ.Α.Ε. για οιαδήποτε ζημία τυχόν προκληθεί στον επισκέπτη / χρήστη εξ αφορμής αυτής της χρήσης του δικτυακού μας τόπου.

Το περιεχόμενο της ΔΠ διατίθεται «ως έχει», χωρίς καμία εγγύηση ρητή ή έμμεση, τις οποίες όλες ρητά αρνείται η ΚΤ.Α.Ε. Η ΚΤ.Α.Ε. σε καμία περίπτωση δεν εγγυάται την αδιάκοπη και άνευ λαθών παροχή των υπηρεσιών και του περιεχομένου της, ούτε ακόμη την έλλειψη «ιών» ή άλλων επιζήμιων συστατικών, είτε πρόκειται για το Δικτυακό της τόπο, είτε για κάποιο άλλο site ή server μέσω των οποίων λαμβάνετε το περιεχόμενο της.

4.6.5 «Δεσμοί» (Links) προς άλλους δικτυακούς τόπους

Η ΔΠ παρέχει τη δυνατότητα πρόσβασης σε δικτυακούς τόπους τρίτων μέσα από κατάλληλους συνδέσμους (links). Οι εν λόγω σύνδεσμοι έχουν τοποθετηθεί αποκλειστικά για τη διευκόλυνση των επισκεπτών/ χρηστών της ΔΠ, ενώ οι δικτυακοί τόποι στους οποίους παραπέμπουν υπόκεινται στους αντίστοιχους, των δικτυακών αυτών τόπων, όρους χρήσης. Η τοποθέτηση των συνδέσμων δεν δύναται σε καμία περίπτωση να εκληφθεί ως ένδειξη έγκρισης ή αποδοχής του περιεχομένου των αντίστοιχων δικτυακών τόπων από τον διαχειριστή της ΔΠ, ο οποίος δεν φέρει καμία ευθύνη για το περιεχόμενο τους ούτε για τις πρακτικές προστασίας απορρήτου ή την ακρίβεια των υλικών που υπάρχουν σε αυτούς. Εάν ο επισκέπτης/ χρήστης της ΔΠ αποφασίσει να χρησιμοποιήσει, διαμέσου των συνδέσμων της, κάποιον από τους δικτυακούς τόπους τρίτων, αποδέχεται ότι πράττει τούτο με δική του ευθύνη.

4.6.6 Εφαρμοστέο δίκαιο -Δωσιδικία

Οι ανωτέρω όροι και προϋποθέσεις χρήσης της ΔΠ, καθώς και οποιαδήποτε τροποποίησή τους διέπονται και συμπληρώνονται από το εθνικό δίκαιο, το κοινοτικό δίκαιο και τις σχετικές διεθνείς συνθήκες. Οποιαδήποτε διάταξη των ανωτέρω όρων διαπιστωθεί ότι είναι αντίθετη με το ως άνω νομικό πλαίσιο ή καταστεί εκτός ισχύος, παύει αυτοδικαίως να ισχύει και αφαιρείται από το παρόν, χωρίς σε καμία περίπτωση να θίγεται η ισχύς των

λοιπών όρων. Το παρόν αποτελεί τη συνολική συμφωνία μεταξύ του διαχειριστή του ΔΠ και του επισκέπτη/ χρήστη των σελίδων και υπηρεσιών του και δε δεσμεύει παρά μόνο αυτούς. Καμία τροποποίηση των όρων αυτών δε θα λαμβάνεται υπόψη και δε θα αποτελεί τμήμα της συμφωνίας αυτής, εάν δεν έχει διατυπωθεί εγγράφως και δεν έχει ενσωματωθεί σε αυτή.

Με το παρόν συμφωνείται ρητά ότι για οποιαδήποτε διαφορά προκύψει από την εφαρμογή των παρόντων όρων και την εν γένει χρήση της ΔΠ, αρμόδια θα είναι τα Δικαστήρια Αθηνών.

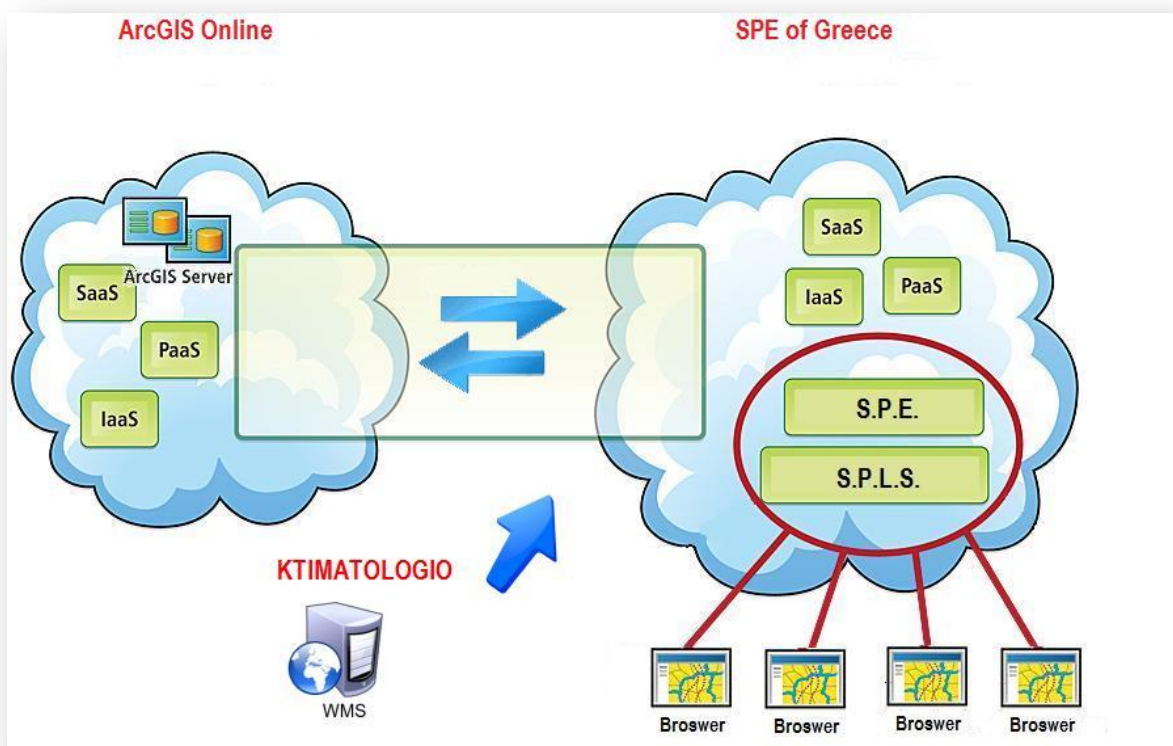
4.7 ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΘΕΜΑΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΧΑΡΤΗ

Οι λόγοι που οδήγησαν τον SPE of Greece να χρησιμοποιήσουν την υπηρεσία θέασης των ορθοφωτογραφιών του ΚΤΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ ως το κύριο επίπεδο πλοήγησης του κύριου χάρτη από τους χρήστες της εφαρμογής είναι το πάρα πολύ μικρό RMS περίπου 0,5 μέτρα σε όλη την έκταση της Ελλάδας, το επίπεδο αυτό εμφανίζει μόνο τον χερσαίο χώρο της Ελλάδος, το ότι περιέχει πρόσφατες αεροφωτογραφίες από το 2008-2009 και τελευταίο την διαλειτουργικότητα μεταξύ του ESRI – Arc GIS API for Silverlight και των WMS επιπέδων όπου είναι OGC ISO Standard. Από την άλλη μεριά τα μειονεκτήματα της υπηρεσίας αυτής είναι το χαμηλό IT Capacity σε σχέση με μέγεθος των αρχείων (ορθοφωτογραφιών) που αναζητούνται, το ότι δεν υπάρχουν ετικέτες (labels) για τα τοπωνύμια, ότι κάποιες περιοχές διαφέρουν σε σχέση με την πραγματικότητα και τέλος ο θαλάσσιος ελληνικός χώρος εμφανίζεται λευκός.

Για να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα που προκύπτουν από τα μειονεκτήματα που αναφέρθηκαν πιο πάνω δημιουργήθηκε το παράθυρο του χάρτη προεπισκόπησης που χρησιμοποιεί έναν mapServer της ESRI από το ArcGIS OnLine που περιέχει ετικέτες (labels) για περιοχές, πόλεις, δρόμους κτλ. Επίσης η θαλάσσια περιοχή της Ελλάδος εμφανίζεται κανονικά (γαλάζια) και τέλος υπάρχει ένα “ψευτοσκιασμένο” ανάγλυφο που βοηθά τον χρήστη να καταλάβει τη γενική τοπογραφία της περιοχής.

4.8 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΗ ΓΕΩΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (MODEL-BUILDINGS & WEB-GEOPROCESSING)

Ο SPE of Greece είναι στην πραγματικότητα μια Web GIS εφαρμογή. Αυτό σημαίνει ότι πίσω από την πλοήγηση του χάρτη και την οριοθέτηση μιας περιοχής από τον χρήστη, για να εξαχθούν τα αποτελέσματα για την περιοχή που όρισε, πρέπει να εκτελέσει ένα πολύπλοκο μοντέλο-συγκρότημα (model building). Στην παρακάτω σχήμα αναπαρίσταται μια απλή απεικόνιση για το πώς η εφαρμογή πραγματοποιεί αυτές τις διαδικασίες. (Σχήμα 54)



Σχήμα 54. Σχεδιάγραμμα επικοινωνίας του SPE of Greece.

Αρχικά, όλα έχουν ως αφετηρία το κάλεσμα της εφαρμογής από το χρήστη. Ο SPE of Greece, όπου βρίσκεται μέσα σε ένα σύννεφο (Cloud) ανταποκρίνεται στο κάλεσμά με το να συνδέσει με τις κατάλληλες παραμέτρους το ArcGIS Online, που βρίσκεται και αυτό μέσα σε ένα σύννεφο (Cloud), το WMS του ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ και δημιουργεί το οικοδόμημα επιπέδων του χάρτη. (Σχήμα 55)



Σχήμα 55 Αλληλεπίδραση του χρήστη με τα επίπεδα.

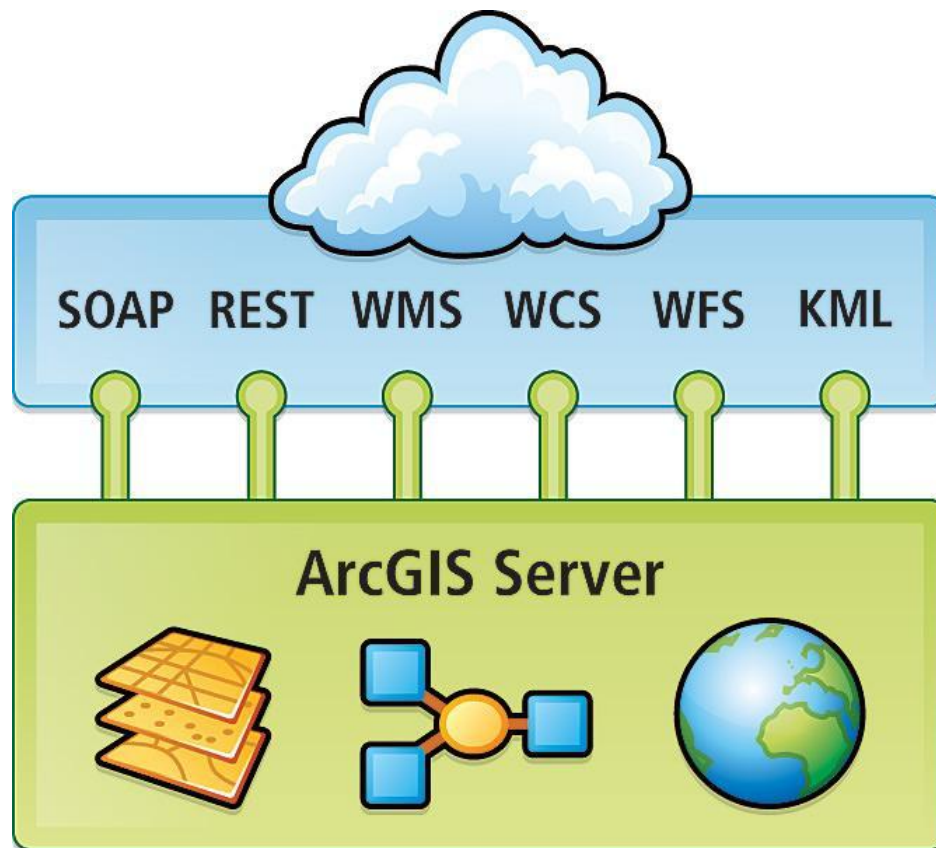
Καθώς ο χρήστης αλληλεπιδρά με αυτές τις δύο υπηρεσίες πλοηγείται στην περιοχή που θα επιλέξει και θα οριοθετήσει το οικοπέδο του. Μόλις ολοκληρωθεί η παραπάνω διαδικασία ξεκινάει να εκτελείται το μοντέλο-συγκρότημα (model building).

Το μοντέλο-συγκρότημα (model building) προέρχεται σαν κύριο μοντέλο από το SPE of Greece και οι διεργασίες οι οποίες λαμβάνουν μέρος γίνονται είτε στο Windows Azure που βρίσκεται ο SPE of Greece, είτε στο Cloud-computing που βρίσκεται ο ArcGIS Online και όλο αυτό, μπορεί να επιμεριστεί στις παρακάτω λειτουργίες:

- Στις υπηρεσίες γεωμετρίας (geometry services)
- Στην διαδικτυακή γεωεπεξεργασία (web geoprocessing)
- Στις υπηρεσίες SOEs (Server Object Extension)
- Στους SPE (Solar Power Estimator) & SPLS (Solar Power Loss from Shading)

4.8.1 Υπηρεσίες γεωμετρίας (geometry services)

Η εταιρεία ESRI θέλοντας να ακολουθήσει και αυτή στην καινούργια ιδεολογία για δωρεάν και ελεύθερες υπηρεσίες GIS, δημιούργησε τον ArcGIS Online Server. Με αυτόν τον τρόπο, ξεκίνησε να παρέχονται πολλές καινούργιες υπηρεσίες με έναν καινοτόμο τρόπο. Στον παρακάτω σχήμα (Σχήμα 56) επισημαίνονται μερικά από αυτά που προσφέρει. Όπως παρέχονται υπηρεσίες σε SOAP, REST, WMS, WCS, WFS, KML. Οι τέσσερις τελευταίες μάλιστα είναι κατά OGC που έχουμε αναφέρει σε προηγούμενες ενότητες.



Σχήμα 56 Δυνατότητες διαφορετικών υπηρεσιών ArcGIS Server


Επίσης με τον ArcGIS Online έχουν δημοσιευτεί υπηρεσίες όπως εργασίες – ερωτήματα (tasks) ή καλύτερα εργαλεία. Αυτά εκτελούν έναν αλγόριθμο γεωπεξεργασίας, υπηρεσίες πορείας, ή χωρικές αναλύσεις. Οι υπηρεσίες αυτές όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω είναι ελεύθερα προσβάσιμες από όλους που έχουν πρόσβαση σε οποιαδήποτε ArcGIS εφαρμογή.

Αυτά τα εργαλεία χρησιμοποιούν ArcObjects και μπορεί να έχει πρόσβαση ο οποιοσδήποτε σε αυτά μέσω HTTPS σύνδεση. Η χρήση των HTTPS συνδέσεων με τα εργαλεία προσφέρει κρυπτογραφημένες υπηρεσίες επικοινωνίας με τον server και παρέχει ένα υψηλό επίπεδο ασφάλειας, όπου αυτό μπορεί να αυξηθεί και άλλο άμα χρησιμοποιηθούν HTTPS πρωτόκολλα συνδρομητές επί πληρωμής που χρησιμοποιούν premium URLs.

Συγκεκριμένα τα ArcGIS Online υπηρεσίες γεωμετρίας είναι κυρίως πόροι επεξεργασίας αλγορίθμων που υποστηρίζουν διεργασίες που σχετίζονται με γεωμετρίες. Οι λειτουργίες που χρησιμοποιούνται από την εφαρμογή είναι οι παρακάτω:

- Προβολή: όπου επιστέφει μία σειρά από γεωγραφικά προβαλλόμενες γεωμετρίες.
- Εμβαδόν και Περίμετρος: όπου υπολογίζει το εμβαδόν και την περίμετρο κάθε πολυγώνου που εντάσσονται μέσα σε σειρές.
- Σημειακή ετικέτα: όπου επιστρέφει ένα σημείο μέσα με ένα πολύγωνο που εντάσσεται με σειρά.
- Σχέση: όπου ορίζει ένα ζευγάρι σχέσης που αντιπροσωπεύει την σχέση των γεωμετριών που έχουν εισαχθεί στην υπηρεσία.

Ο SPE of Greece χρησιμοποιεί ξεχωριστά καθεμία από αυτές τις υπηρεσίες για να υπολογίσει τα γεωμετρικά και χωρικά χαρακτηριστικά των γεωμετριών που εισάγει ο χρήστης κάθε φορά που ένα πολύγωνο σχεδιάζεται από αυτόν.

 Σημείωση: Όλα τα παραπάνω δεδομένα εξόδου από τις υπηρεσίες, είναι δεδομένα εισόδου αξιολόγησης για τον SPE, που θα αναλυθεί διεξοδικά σε παρακάτω κεφάλαιο.

4.8.2 Διαδικτυακή γεωπεξεργασία (web geoprocessing)

Η γεωπεξεργασία ξεκίνησε να αναπτύσσεται από την αρχή διάδοσης της σύγχρονης GIS τεχνολογίας. Η αρχή έγινε από τότε όπου GIS αναλυτές ξεκίνησαν να προσπαθούν να λύσουν πραγματικά προβλήματα με έναν καινούργιο τρόπο πέρα από την κλασική μεθοδολογία τους. Η δημιουργία όμως εκατοντάδων εργαλείων και ο συνδυασμός αυτός αμέσως τους έδωσαν την ευκαιρία να εξελίξουν την μεθοδολογία τους. Η αρχή, πίσω από την γεωπεξεργασία είναι ότι δεν χρειάζεται πια να φτιάχνω περίπλοκα μοντέλα για να εκτελέσω μία εργασία αλλά απλά να την καλώ όποτε την χρειάζομαι. Αυτό πέρασε σιγά σιγά από τοπικό επίπεδο σε διαδικτυακό με την μορφή που θα αναλυθεί πιο κάτω.

Ο ArcGIS Server πέρα από τις υπηρεσίες που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, προσφέρει επίσης και ολοκληρωμένες διαδικτυακές GIS υπηρεσίες σε out-of-the-box εφαρμογές και χαρτογραφικές υπηρεσίες, ανάλυσης, συλλογής δεδομένων, επεξεργασίας και διαχείρισης χωρικών πληροφοριών.

Μία υπηρεσία διαδικτυακής γεωεπεξεργασίας αποτελείται από εργαλεία γεωεπεξεργασίας που είναι προσβάσιμα από χρήστες. Τα εργαλεία αυτά δημιουργούνται μέσω έκδοσης εργαλειοθηκών γεωεπεξεργασίας ή μέσω χαρτών που στα επίπεδα τους περιέχουν αντίστοιχα εργαλεία. Όταν ένα εργαλείο καλείται από χρήστες τότε αυτό εκτελεί τον αλγόριθμο του στον server με τους δικούς του υπολογιστικούς πόρους. Άρα ο υπολογιστής του χρήστη δεν χρησιμοποιείται, αυτό συνεπάγεται κάποια πλεονεκτήματα, όπως


- ελευθερώνονται οι υπολογιστικοί πόροι του χρήστη, ώστε να είναι η υπηρεσία πιο ελαφριά,
- η διαδικασία της γεωεπεξεργασίας συνήθως είναι μία πολύπλοκη διεργασία με πολλές μεταβλητές όπου δεν μπορούν να καθοριστούν πάντα και άμα η εκτέλεση γινότανε από υπολογιστικούς πόρους του χρήστη (client-side), πιθανότατα να εξήγαγε λάθος αποτελέσματα,
- μπορεί τα εργαλεία γεωεπεξεργασίας να προστατεύονται από διάφορες εξωτερικές λειτουργίες,
- η γεωεπεξεργασία γίνεται πιο γρήγορα, αφού δεν χρειάζεται να μεταφερθεί, να αποθηκευτεί και να εκτελεστεί ο αλγόριθμος στον υπολογιστή του χρήστη.

Η δημόσια έκδοση εργαλείων γεωεπεξεργασίας στο διαδίκτυο με την μορφή του σχήματος της ESRI γίνεται μόνο μέσω ArcGIS Server που θα πρέπει πρώτα να εγκατασταθεί στον σύστημα του server.

Στον SPE of Greece, η διαδικτυακή γεωεπεξεργασία viewshed geoprocessing (υπηρεσία σκίασης) γίνεται μέσω του ArcGIS Online. Αυτή η υπηρεσία συνδυάζεται μόνο μέσω του εργαλείου SPE (που θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο). Ο SPE έχει σαν δεδομένα εισόδου τα δεδομένα εξόδου της υπηρεσίας γεωεπεξεργασίας. Η υπηρεσία αυτή δουλεύει πάνω σε εργαλεία του ArcGIS ArcToolbox viewshed, όπου σε τελική ανάλυση αυτό το εργαλείο χρησιμοποιεί ένα συγκρότημα-μοντέλο (model-building) που αποτελείται από άλλα εργαλεία του ArcToolbox.

4.8.3 Υπηρεσίες SOEs (Server Object Extension)

Ο SOE (Server Object Extension) είναι ένα είδος server που επιτρέπει, να επεκτείνει την λειτουργικότητα της βάσης ενός ArcGIS Server και στηρίζεται στην τεχνολογία της ERSI. Οι SOEs χρησιμοποιούν τον κώδικα που κρύβονται πίσω από τα ArcObjects για να συνεργαστούν με αυτά τα γεωγραφικά δεδομένα του συστήματος πληροφοριών (GIS) και οι χάρτες.

 Σημείωση: Τα ArcObjects είναι τα βασικά στοιχεία στα οποία το ArcGIS είναι δομημένο.

Οι SOEs είναι κατάλληλοι για μια καλά σχεδιασμένη επιχειρησιακή λογική που μπορεί να αναπτυχθεί χρησιμοποιώντας ArcGIS APIs. Τα συγκριτικά του πλεονεκτήματα είναι:

1. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη, προτόκωλλα διαδικτυακών εφαρμογών για παράδειγμα, Javascript, Flex, Silverlight, iOS, και ούτω καθεξής, μέσω Representational State Transfer (REST) και/ή Simple Object Access Protocol (SOAP) Web services.

2. Επίσης όταν δημιουργούνται SOEs, παρέχονται από coarse-grained μεθόδους, όπου μπορούν να εκτελέσουν ένα μεγάλο αριθμό εργασιών με μεγάλη ταχύτητα.

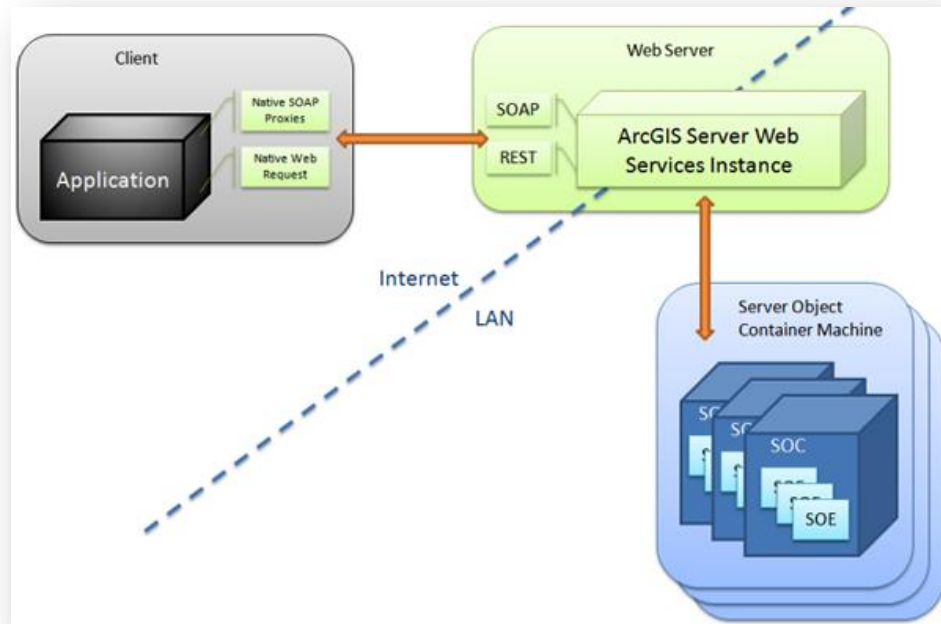
3. Για την ανάπτυξη ενός SOE απαιτεί γνώση των ArcObjects, .NET, ή γλώσσες προγραμματισμού Java και τεχνολογιών επικοινωνίας υπηρεσία Web, όπως REST και SOAP.

4. Προσφέρει εκατοντάδες out-of-the-box εργαλεία γεωεπεξεργασίας από το ArcGIS, που μπορούν να δημιουργηθούν με ειδικά μοντέλα γεωεπεξεργασίας.

5. Λειτουργούν με πολύ λιγότερους πόρους μνήμης σε σχέση με την γεωεπεξεργασία, οπότε άμα μια διεργασία εκτελείται πολλές φορές την ημέρα είναι καλύτερο να χρησιμοποιηθούν SOEs.

6. Συγκριτικά με την διαδικτυακή γεωεπεξεργασία είναι πολύ πιο γρήγορή και απλή. Παράδειγμα, σε δοκιμή μιας υπηρεσία γεωμετρίας SOE ήταν σε θέση να χειριστεί πάνω από 98.000 αιτήσεις ανά ώρα για μια απλή δημιουργία περιοχής σε συγκεκριμένη απόσταση (buffer), σε σύγκριση με περίπου 11.000 αιτήσεις την ώρα που πραγματοποιούνται από μια υπηρεσία γεωεπεξεργασίας.

Στο σχήμα 56, εμφανίζεται πως οι SOEs φιλοξενούνται και είναι προσβάσιμες μέσω υπηρεσιών Web. Οι πελάτες ανακαλύπτουν πώς να εργαστούν με ένα SOE που ορίζονται στο υπόδειγμα σύμβασης, όπως Web Service Description Language (WSDL) για SOAP υπηρεσίες και JavaScript Object Notation (JSON) για τις υπηρεσίες REST. Οι πελάτες στέλνουν αιτήματα στο διαδίκτυο με Hypertext Transfer Protocol (HTTP) σε μια υπηρεσία Web που φιλοξενείται σε υπηρεσίες Web ArcGIS Server όπως το παράδειγμα. Αυτό το παράδειγμα περιέχει ένα πελάτη SOAP και REST που αποστέλλει ένα αίτημα σε έναν SOE που φιλοξενείται σε έναν GIS Server. Ο SOE επεξεργάζεται το αίτημα, εκτελεί την επιχειρησιακή λογική (συνήθως αποκτώντας πρόσβαση στον server). Η απάντηση αποστέλλεται πίσω στον πελάτη μέσω του ίδιου καναλιού HTTP. (Σχήμα 57)



Σχήμα 57 Δομή λειτουργίας του SOE.

Ο SPE of Greece για να αναλύσει την γενική τοπογραφία της περιοχής που έχει επιλέξει ο χρήστης πρέπει να χρησιμοποιήσει SOEs, που φιλοξενούνται από ArcGIS Servers. Οι SOEs είναι προσβάσιμοι μέσω του API REST ArcGIS Server. Η διαδικτυακή αναζήτηση γίνεται ορίζοντας ένα SOE REST σχήμα (που προέρχονται μέσω των Υπηρεσιών ArcGIS Server Directory). Η απάντηση από τον SOE περιέχει δεδομένα σε μορφή JSON (JavaScript Object Notation). Ο SOE επιστρέφει την ανύψωση για μια συγκεκριμένη θέση στην επιφάνεια της γης.

Τα δεδομένα προέρχονται από μία Υπηρεσία που βρίσκεται στον ArcGIS Online. Αυτός ο Server περιέχει τιμές υψομέτρου παγκοσμίως. Τα δεδομένα προέρχονται από τρία γεωγραφικά προγράμματα για την δημιουργία ενός κοινού DEM ολόκληρου του πλανήτη ανύψωσης και βαθυμετρίας.

Τα δεδομένα από το πρόγραμμα SRTM - (Shuttle Radar Topography Mission) ανακτήθηκαν τον Φεβρουάριο του 2000 μετά από μια 11-ημέρη αποστολή του διαστημικού λεωφορείου Endeavour. Η ανάλυση των δεδομένων είναι 3 sec μήκος τόξου (περίπου το 92,5 μέτρα) κατά μήκος του ισημερινού και των μεσημβρινών. Η έκταση των δεδομένων είναι από 60⁰ N έως 56⁰ S, η οποία καλύπτει σχεδόν πλήρως τις κατοικημένες περιοχές του πλανήτη. Το υψόμετρο κυμαίνεται από -418 σε 8.649 μέτρα.

Το GTOPO30 είναι ένα ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο όλου του κόσμου που αναπτύχθηκε από USGS και ολοκληρώθηκε το 1996. Το GTOPO30 προέρχονταν από διάφορες πηγές raster και vector των γεωγραφικών πληροφοριών. Η χωρική ανάλυση του μοντέλου είναι 30 sec μήκος τόξου (περίπου 925 μέτρα) κατά μήκος του ισημερινού και των μεσημβρινών. Οι μονάδες αντιπροσωπεύουν την αύξηση σε μέτρα πάνω από την μέση στάθμη της θάλασσας. Οι τιμές ανύψωσης κυμαίνονται από -407 μέχρι 8.752 μέτρα. Στο

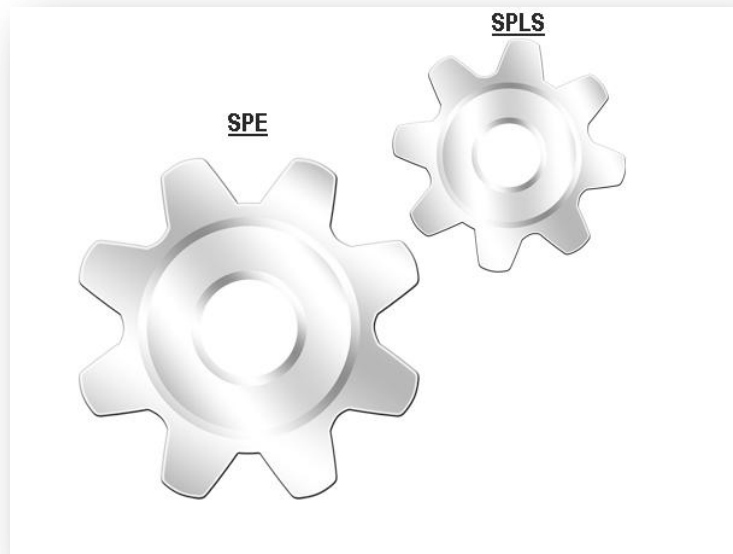
DEM, έχουν οριστεί κάποιες ωκεάνιες περιοχές ως "χωρίς δεδομένα" (NoData) όπου έχει οριστεί η τιμή -9999. Ολόκληρη η περιοχή του πλανήτη (90 N έως 90 A) καλύπτεται από αυτό το DEM.

Το πρόγραμμα GEBCO (General Bathymetry Chart of the Oceans), Γενικό Διάγραμμα Βαθυμετρίας των Ωκεανών διαθέτει παγκοσμίως δεδομένα βαθυμετρίας, είναι διαθέσιμα σε ανάλυση 30 sec μήκος τόξου. Οι πιο πρόσφατες ενημερώσεις για την ακρίβεια των δεδομένων έγιναν το 2009. Αυτά τα δεδομένα που δημιουργήθηκαν από τον συνδυασμό βαθυμετρήσεων που έγιναν από πλοία. Αυτά τα δεδομένα τα διαχειρίζονταν το βρετανικό Ωκεανογραφικό Κέντρο Δεδομένων (British Oceanographic Data Center).

Το τελικό DEM δημοσιεύτηκε, έπειτα από επαναδειγματοληψία από τα κομμάτια που ήτανε ποιοτικά καλύτερα, με ακρίβεια 92,5 μέτρων.

4.8.4 SPE (Solar Power Estimator) & SPLS (Solar Power Loss from Shading)

Ο SPE of Greece χρησιμοποιεί και συνεργάζεται με όλες τις παραπάνω υπηρεσίες που αναφέρθηκαν. Αυτό όμως που τον κάνει ξεχωριστό και να διαφέρει από όλες τις άλλες διαδικτυακές εφαρμογές που ανήκουν στην ίδια κατηγορία, είναι ότι ο αλγόριθμος (εργαλείο) έχει αναπτυχθεί ειδικά για τον γεωγραφικό χώρο της Ελλάδας. Σαν δομή ο SPE περιέχει μέσα του σαν υποσύνολο τον SPLS. Ο SPLS δουλεύει σε συνεργασία με τον SPE και εκτελεί τις εντολές που του στέλνει ο SPE. Σαν σχέδιο μπορούμε να τον φανταστούμε παρατηρώντας την παρακάτω σχήμα. (Σχήμα 58).



Σχήμα 58 Σχέδιο υποθετικής λειτουργίας του SPE με τον SPLS.

Ο SPE είναι ο κύριος διαχειριστής της εφαρμογής και εκτελείται, μόλις ο χρήστης ολοκληρώσει τον σχεδιασμό του πολυγώνου. Έπειτα στέλνει με την κατάλληλη δομή τα

μηνύματα στις υπηρεσίες γεωμετρίας και μόλις οι υπηρεσίες αυτές απαντήσουν, ο SPE επεξεργάζεται τα δεδομένα και αξιολογεί την επιφάνεια που έχει ορίσει ο χρήστης. Κατόπιν τούτου, ο SPE συνεργάζεται με την υπηρεσία γεωεπεξεργασία ορατότητας που αναφέρθηκε πιο πάνω και επίσης αξιολογώντας τα δεδομένα που έχει λάβει από αυτή την υπηρεσία μεταβιβάζει τα δεδομένα που έχει αξιολογήσει στον SPLS. Ο SPLS μεταβαίνει από κατάσταση αδράνειας, σε κατάσταση ενεργοποίησης. Στη συνέχεια ο SPLS αποστέλλει μηνύματα μέσω REST APIs στους SOEs, για να λάβει δεδομένα υψομέτρων. Αυτά τα δεδομένα τα αξιολογεί και έπειτα τα επεξεργάζεται ώστε να επικοινωνήσει με τον SPE και να του μεταφέρει τα αποτελέσματά του. Έπειτα ο SPLS αδρανοποιείται και ο SPE ξεκινά την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων με την δημιουργία γραφήματος στηλών για την συνολική, μέση ισχύ για κάθε χαρακτηριστική μέρα κάθε μήνα στην διάρκεια ενός έτους και τις απώλειες ισχύος από σκίαση για κάθε χαρακτηριστική μέρα κάθε μήνα στην διάρκεια ενός έτους. Τέλος, επεξεργάζεται τα δεδομένα για να εξάγει την αξιολόγησή για την περιοχή που ο χρήστης έχει ορίσει και την εκτίμηση για την συνολική ισχύ του Φ/Β συστήματος που θα εγκατασταθεί στην επιλεγμένη επιφάνεια σε ένα έτος, το περιβαλλοντικό όφελος από την εγκατάσταση Φ/Β συστήματος σε μάζα μη εκπεμπόμενου διοξειδίου του άνθρακα CO₂, διοξειδίου του θείου SO₂, διοξειδίου του αζώτου NO₂, τη συνολική ισχύ του Φ/Β συστήματος που θα εγκατασταθεί, τα κέρδη σε ευρώ τον πρώτο χρόνο λειτουργίας του Φ/Β συστήματος και τέλος την εκτίμηση κόστους της επένδυσης των Φ/Β συστημάτων.

Ο SPE στην ουσία είναι το κύριο μοντέλο γεωεπεξεργασίας. Κυμαίνεται στα επίπεδα της χωρικής ανάλυσης δύο, τριών, τεσσάρων διαστάσεων. Αυτό σημαίνει ότι λειτουργεί με την φιλοσοφία της χωρικής ανάλυσης, των τριών διαστάσεων ανάλυσης και των τεσσάρων διαστάσεων ανάλυσης χρησιμοποιώντας τη μεταβλητή του χρόνου. Ο SPE μεταβαίνει σε αυτά τα επίπεδα ανάλογα με την φάση της γεωεπεξεργασίας. Κάθε φορά που μεταβαίνει σε επίπεδο που χρησιμοποιεί περισσότερες διαστάσεις καταναλώνει όλο και περισσότερους υπολογιστικούς πόρους. Γι' αυτό το λόγο όταν μεταβαίνει στην τεσσάρων διαστάσεων ανάλυση αρχίζει, ο χρόνος γεωεπεξεργασίας να αυξάνεται.

Βέβαια ο χρόνος γεωεπεξεργασίας είναι συνάρτηση και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της γενικής περιοχής που βρίσκεται η περιοχή που έχει επιλέξει ο χρήστης. Για παράδειγμα μία περιοχή με μεγάλες κλίσεις και έντονο ανάγλυφο δίνει στην πλειονότητά του μικρότερους χρόνους γεωεπεξεργασίας. Αντίθετα, μια γενική τοπογραφία με χαμηλό ανάγλυφο και μικρές κλίσεις αυξάνει τις περισσότερες φορές τον χρόνο γεωεπεξεργασίας.

4.9 ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

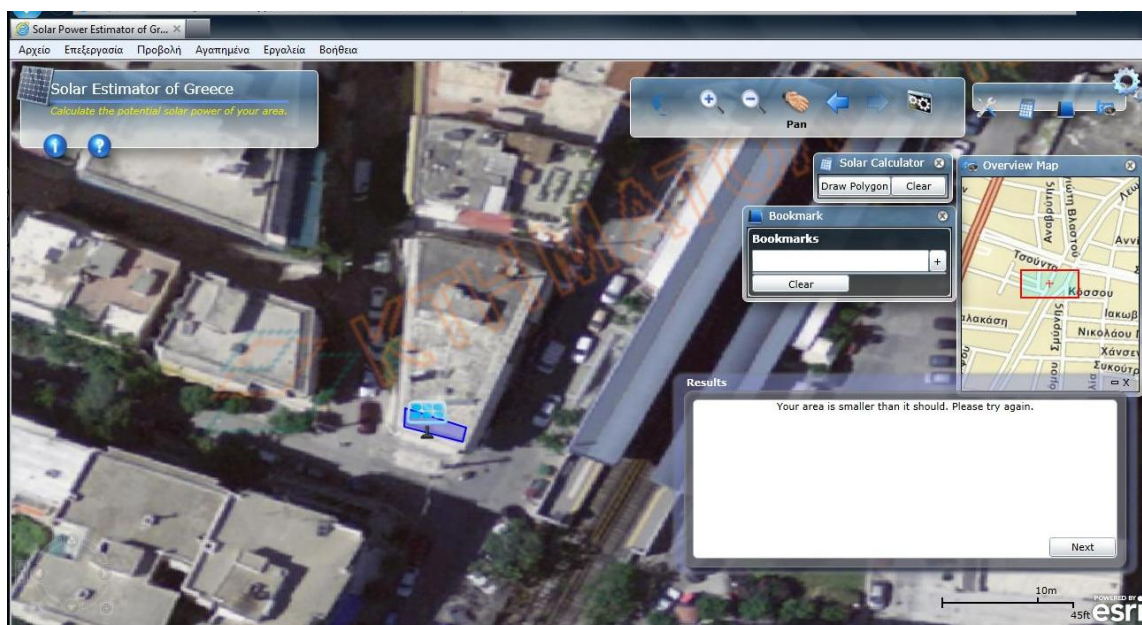
Για να είναι ο SPE εύχρηστος και να εξάγει αξιόπιστα αποτελέσματα θα πρέπει, να έχει την κατάλληλη ευαισθησία ανάλυσης, ώστε να υπάρχει μία χρυσή τομή μεταξύ των εισερχόμενων δεδομένων, της εισαγωγή δεδομένων από τους χρήστες (πελάτες) και του χρόνου ολοκλήρωσης εκτέλεσης του αλγορίθμου ώστε να είναι αρκετά σύντομος. Αυτό σημαίνει, ότι τα εισερχόμενα δεδομένα που ο χρήστης θα χρησιμοποιήσει θα πρέπει να έχουν την κατάλληλη ανάλυση ώστε οι χρήστες να μπορούν να βρискουν αρκετά ευδιάκριτα και εύκολα το οικόπεδο που τους ενδιαφέρει. Ο χρήστης που δημιουργεί το πολύγωνο είναι στην δικιά του ευχέρεια να το κάνει όσο πιο καλοσχηματισμένο ώστε να ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα. Τέλος, ο SPE επεξεργάζεται τα δεδομένα με τέτοιο τρόπο ώστε τα

δεδομένα που εξάγει να είναι αρκετά αξιόπιστα ώστε να τον βοηθήσουν να πάρει την απόφαση για το αν τον συμφέρει να συνεχίσει στην επένδυση.

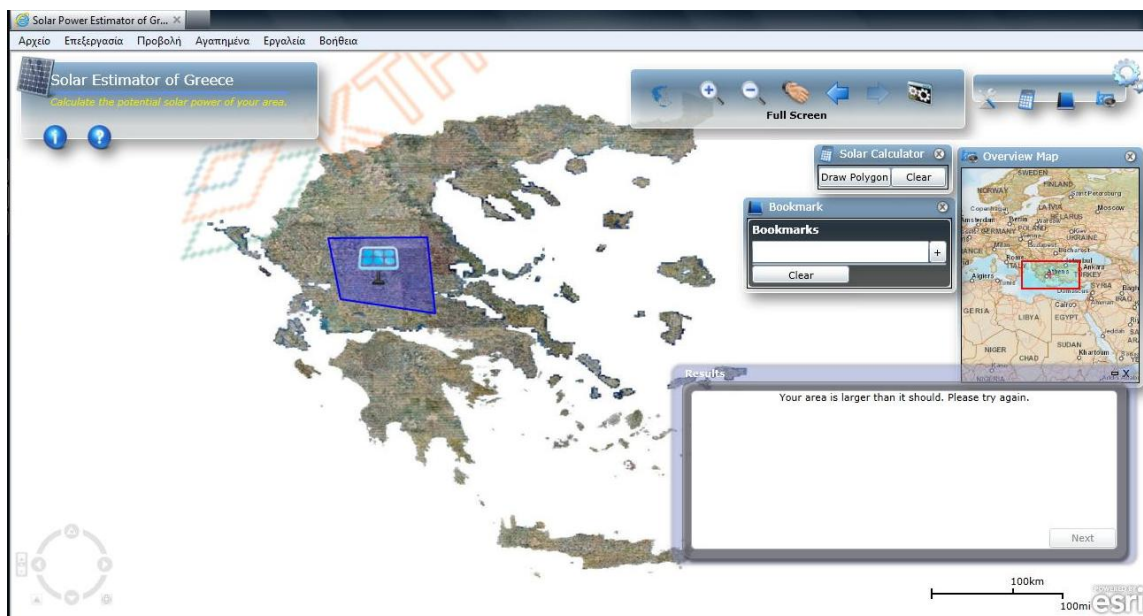
4.10 ΧΡΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Ο χρήστης είναι ελεύθερος να σχεδιάσει σε οποιοδήποτε μέρος της Γης και οποιοδήποτε μέγεθος επιθυμεί πολύγωνα για να εξετάσει το πιθανόν ηλιακό δυναμικό. Παρόλα αυτά, ο SPE of Greece φιλτράρει τα δεδομένα που του εισάγονται, ώστε να είναι ρεαλιστικά τα μοντέλα που εκτελέσει και να μην καταναλώνονται υπολογιστικοί πόροι παραπάνω από όσοι πρέπει να καταναλώνονται.

Το πρώτο φίλτρο είναι το μέγεθος του πολυγώνου όπου το εμβαδόν που έχει το πολύγωνο πρέπει να είναι μεταξύ 100m^2 και $1.000.000\text{m}^2$, θεωρώντας ότι για μικρότερη περιοχή τα αποτελέσματα που θα εξάγει δεν θα είναι ρεαλιστικά ή άμα η περιοχή είναι μεγαλύτερη τότε η δημιουργία ενός φωτοβολταϊκού πάρκου είναι ένα έργο τόσο μεγάλο όπου ο SPE of Greece δεν μπορεί να αποδώσει σωστά αποτελέσματα σύμφωνα με το οικονομικό μέγεθος του έργου. Οπότε, άμα το εμβαδόν είναι μικρότερο εμφανίζεται ένα μήνυμα στον χρήστη ότι «η περιοχή που επέλεξε είναι πολύ μικρή» (Σχήμα 58), ενώ άμα είναι μεγαλύτερη τότε το μήνυμα που εμφανίζεται είναι ότι «η περιοχή είναι πολύ μεγάλη» (Σχήμα 59).



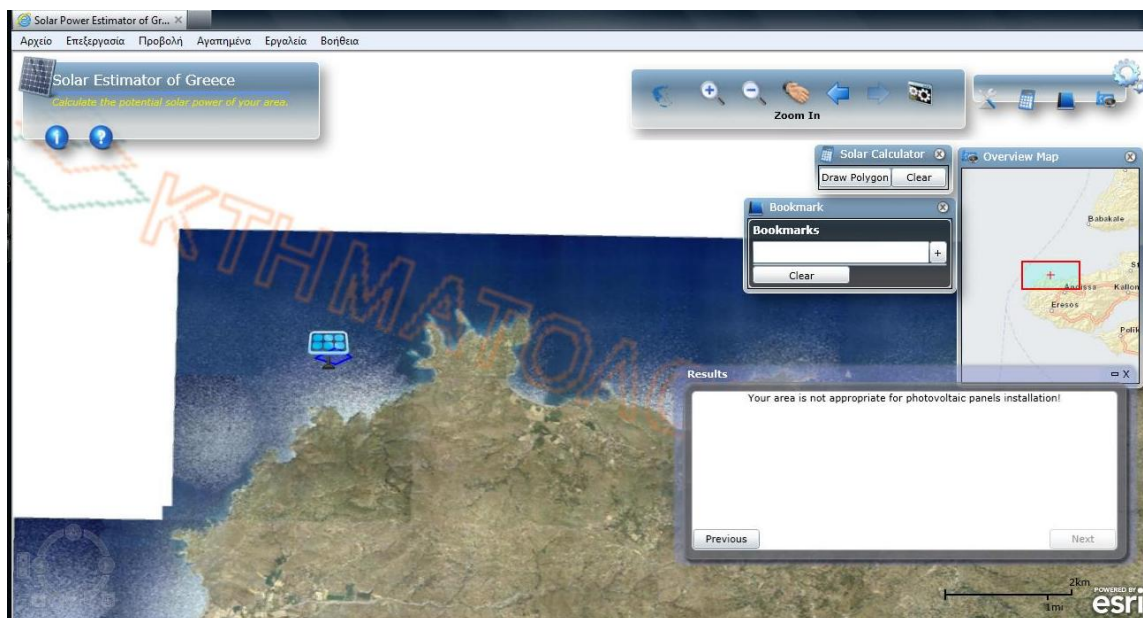
Σχήμα 58. Εμφάνιση μηνύματος, όταν σχεδιάζεται μία πολύ μικρή περιοχή.



Σχήμα 59. Εμφάνιση μηνύματος όταν σχεδιάζεται μία πολύ μεγάλη περιοχή.

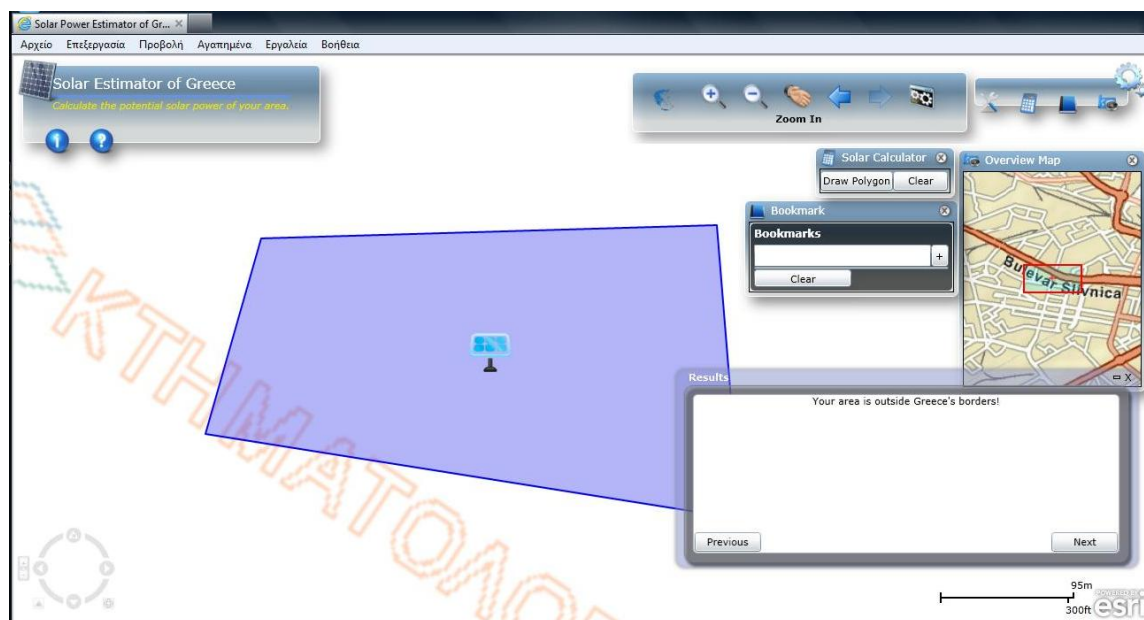
Επίσης, άμα το πολύγωνο έχει πολύ περίεργο γεωμετρικά σχήμα όπου καλύπτει την προηγούμενη προϋπόθεση, αλλά δεν είναι ρεαλιστικό το σχήμα τότε εμφανίζεται ένα μήνυμα ότι το πολύγωνο είναι πολύ παράξενο και πρέπει ξανασχεδιάσει το πολύγωνο.

Το δεύτερο φίλτρο είναι εάν ο χρήστης προσπαθήσει να σχεδιάσει ένα πολύγωνο μέσα στον θαλάσσιο χώρο της Ελλάδος τότε εμφανίζεται ένα μήνυμα που αναφέρει ότι η περιοχή που επιλέγει δεν είναι κατάλληλη για εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων. (Σχήμα 60)



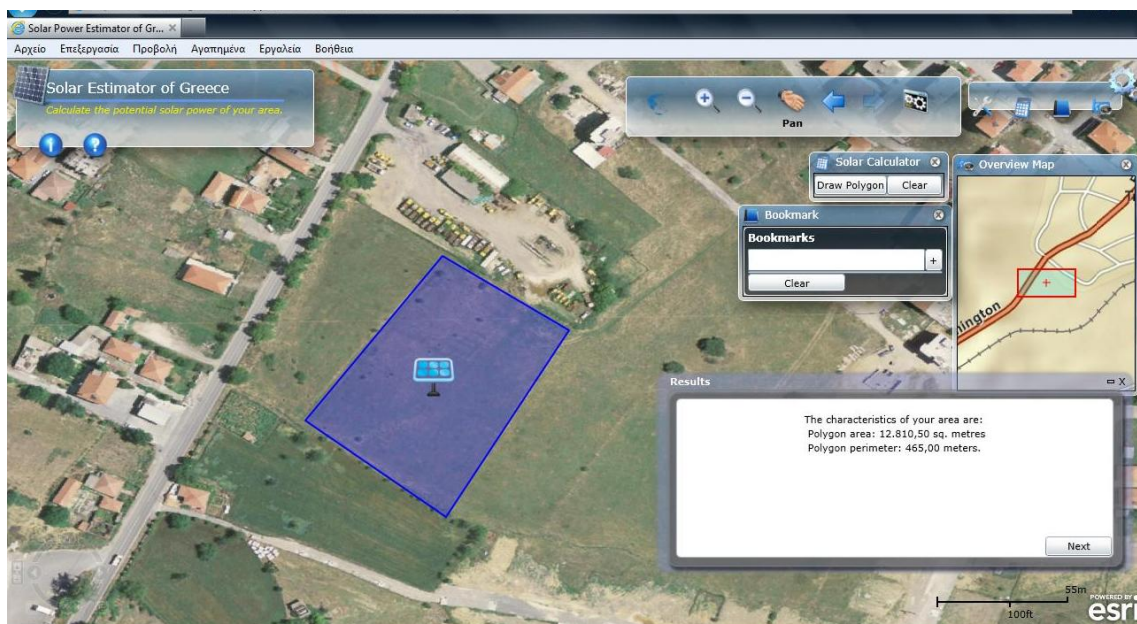
Σχήμα 60. Εμφάνιση μηνύματος, όταν η περιοχή που σχεδιάζεται είναι στον θαλάσσιο χώρο της Ελλάδος.

Το ίδιο συμβαίνει εάν ο χρήστης επιλέξει να σχεδιάσει ένα πολύγωνο που βρίσκεται εκτός των συνόρων της Ελλάδας. (Σχήμα 61). Όποτε αν και ο χρήστης είναι ελεύθερος να σχεδιάσει όποιο πολύγωνο επιθυμεί ο SPE of Greece θα φιλτράρει τα δεδομένα για το αν πληρούν τις παραπάνω προϋποθέσεις.



Σχήμα 61. Εμφάνιση μηνύματος όταν σχεδιάζεται ένα πολύγωνο εκτός των ελληνικού χώρου.

Αν ο χρήστης έχει σχεδιάσει ένα αρκετά ρεαλιστικό πολύγωνο και περάσει από τα χωρικά φίλτρα του SPE of Greece τότε εκκινεί ο αλγόριθμος υπολογισμού ηλιακού δυναμικού SPE καθώς και ο αλγόριθμος υπολογισμού απωλειών ηλιακού δυναμικού από σκίαση SPLS. Στην πρώτη καρτέλα του παραθύρου αποτελεσμάτων είναι μία εισαγωγική καρτέλα με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της επιλέξιμης περιοχής, όπου αναγράφονται το εμβαδόν της περιοχής σε τετραγωνικά μέτρα και την περίμετρο της σε μέτρα, με ακρίβεια δύο δεκαδικών ψηφίων. Στο παρακάτω παράδειγμα η περιοχή έχει εμβαδόν 12.810,50 τετρ. μέτρα και περίμετρο 465,00 μέτρα. (Σχήμα 62).

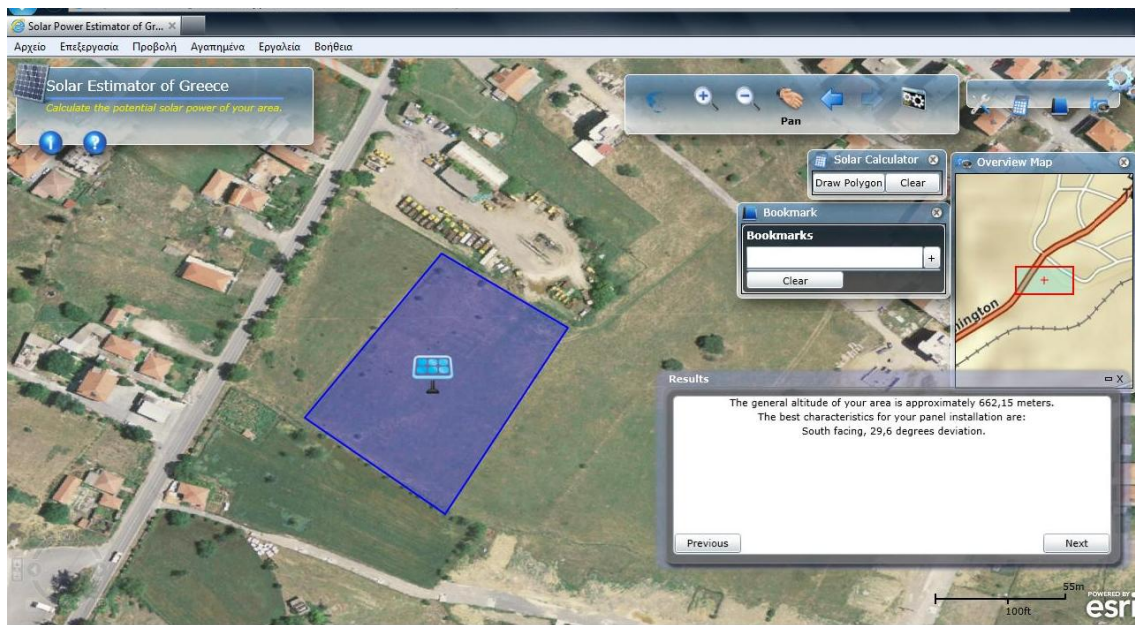


Σχήμα 62. Παρουσίαση αποτελεσμάτων πρώτης καρτέλας, γενικά χαρακτηριστικά της περιοχής.

Ο χρήστης κάνοντας κλικ πάνω στο κουμπί επόμενο πλοηγείται στην επόμενη καρτέλα, όπου εμφανίζεται το γενικό υψόμετρο της περιοχής σε μέτρα και τα βέλτιστα χαρακτηριστικά των Φ/Β πάνελς, τον προσανατολισμό και την κλίση τους, για να έχουν την μέγιστη απόδοση.

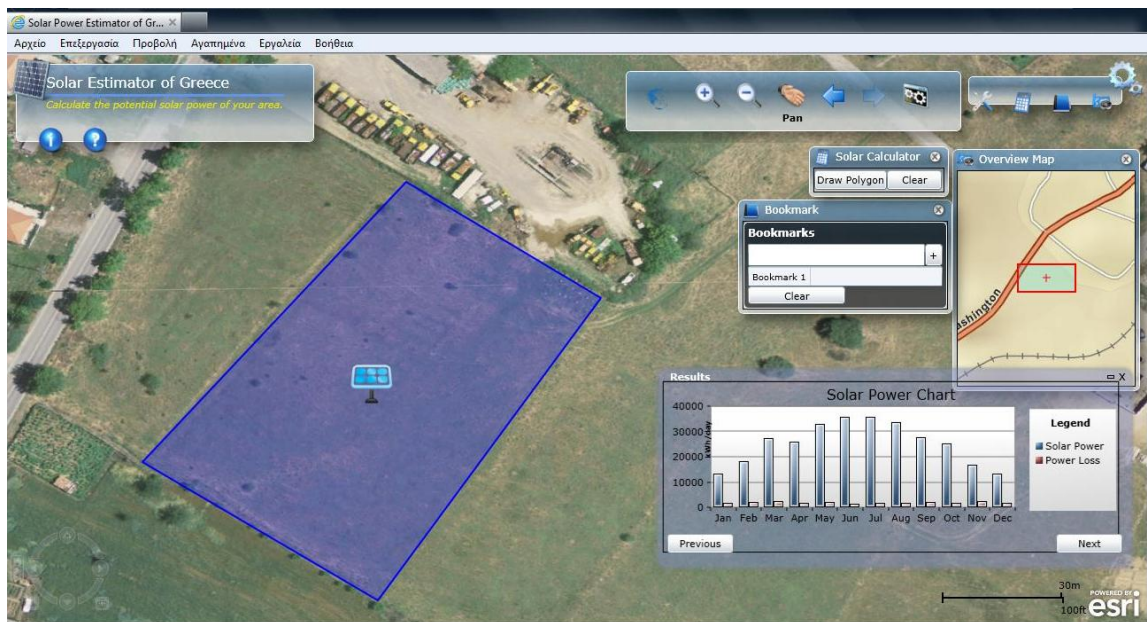
📌 Σημείωση: Ο SPE υπολογίζει μόνο για Φ/Β συστήματα που είναι σταθερού τύπου, χωρίς κινούμενους άξονες.

Στο παρακάτω σχήμα το γενικό υψόμετρο της περιοχής είναι 662,15 μέτρα και τα βέλτιστα χαρακτηριστικά των Φ/Β πάνελς είναι να είναι προσανατολισμένα προς τον Νότο και να έχουν κλίση $29,6^{\circ}$. (Σχήμα 63)



Σχήμα 63. Εμφάνιση μηνύματος της δεύτερης καρτέλας, γενικά χαρακτηριστικά για την εγκατάσταση του Φ/Β συστήματος.

Στην συνέχεια ο χρήστης κάνοντας πάλι κλικ πάνω στο κουμπί επόμενο, του εμφανίζεται η καρτέλα με το διάγραμμα της μέσης ημερησίας ενεργειακής ηλιακής απόδοσης ανά μήνα στην διάρκεια ενός έτους και ενεργειακών απωλειών από σκίαση ανά μήνα στην διάρκεια ενός έτους, στο ίδιο διάγραμμα. (Σχήμα 64)



Σχήμα 64. Εμφάνιση τρίτης καρτέλας, μηνιαίο διάγραμμα απόδοσης και απωλειών στην διάρκεια ενός έτους.

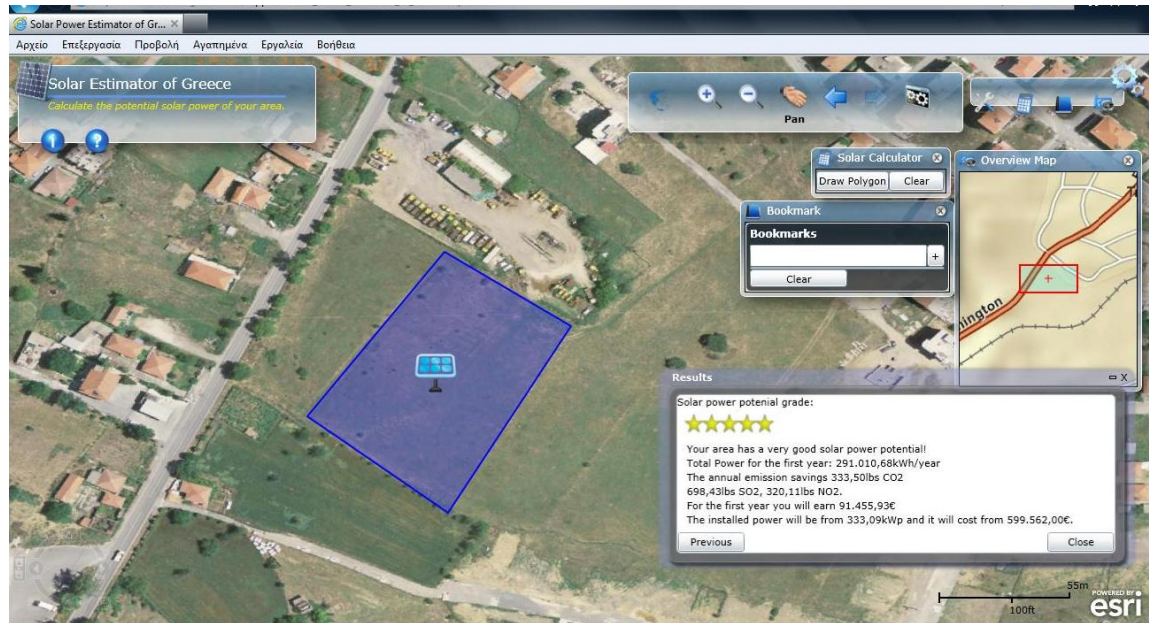
Στο παραπάνω παράδειγμα η ελάχιστη ενεργειακή απόδοση είναι γύρω στα 12.000 kWh/day στους χειμερινούς μήνες και η μέγιστη απόδοση είναι γύρω 35.000 kWh/day τους καλοκαιρινούς μήνες. Αντίθετα οι απώλειες σκίασης είναι υψηλότερες τους χειμερινούς μήνες και ελαχιστοποιούνται τους καλοκαιρινούς μήνες. Αυτό οφείλεται στο ότι ο ήλιος έχει μεγαλύτερο μέγιστο ύψος ηλίου οπότε και οι ώρες που η περιοχή σκιάζεται μειώνονται.

Η ακρίβεια αποτελεσμάτων προέρχεται από την χωρική κατανομή των μετεωρολογικών σταθμών που έχουμε δεδομένα για τις μέσες τιμές της μέσης μηνιαίας ολικής ηλιακής ακτινοβολίας ανά μήνα και του συντελεστή αιθριότητας. Δηλαδή, εάν το πολύγωνο που έχει σχεδιάσει ο χρήστης είναι κοντά σε έναν μετεωρολογικό σταθμό τότε τα αποτελέσματα είναι πιο αξιόπιστα από ότι εάν το πολύγωνο βρίσκεται μακρύτερα από αυτόν. Γενικά χωρίς να πούμε ότι η χωρική κατανομή των σταθμών είναι και η πιο ομοιόμορφη ή πιο αντιπροσωπευτική για την χωρική κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας στην Ελλάδα, είναι αρκετή ακριβής εάν υπολογίσουμε ότι οι διακυμάνσεις της ηλιακής ακτινοβολίας εξαρτώνται κυρίως από την μεταβολή του γεωγραφικού πλάτους, οπότε αφού η Ελλάδα έχει σχετική μικρή διακύμανση γεωγραφικού πλάτους, περίπου 12° μοίρες.

Ακόμα, για τον υπολογισμό της σκίασης από το ανάγλυφο της γύρω περιοχής έχει οριστεί σαν ακτίνα επιρροής τα επτά χιλιόμετρα, αυτό σημαίνει ότι ο SPLS επεξεργάζεται δεδομένα σε ένα εμβαδόν $153.860.000\mu^2$ ($E_{\mu\beta_{\text{κυκλ}}} = \pi \cdot r^2 \Rightarrow E_{\mu\beta_{\text{κυκλ}}} = 3,14 \cdot 7.000\mu^2$). Τα δεδομένα ανάγλυφου προέρχονται από μία υπηρεσία που εξυπηρετείται από SOE. Το DEM (Digital Elevation Model) που βρίσκεται στην βάση δεδομένων για τον Ελλαδικό χώρο το μέγεθος κελιού (cell size) είναι περίπου στα 90 μέτρα. Κατά συνέπεια επεξεργάζονται γύρω στα 18.995 κελιά για το αν σκιάζουν το πολύγωνο που έχει σχεδιάζει ο χρήστης. Ο χρόνος εκτέλεσης του αλγορίθμου ξεκινάει από 6 δευτερόλεπτα μέχρι 25 δευτερόλεπτα. Ο χρόνος διεκπεραιώσεως εξαρτάται από το ανάγλυφο της περιοχής, εάν το ανάγλυφο είναι έντονο τότε οι χρόνοι διεκπεραιώσεως είναι μικροί, εάν όμως το ανάγλυφο της περιοχής είναι ομαλό τότε οι χρόνοι διεκπεραιώσεως αρχίζουν και αυξάνονται με μέγιστο τα 25 δευτερόλεπτα. Σε επόμενες εκδόσεις με αναβάθμιση του αλγορίθμου εκτιμάται ότι οι χρόνοι διεκπεραιώσεως θα μειωθούν σε 10 δευτερόλεπτα.

Στο τελευταίο βήμα του χρήστη είναι να αναγνώσει την τελευταία καρτέλα των αποτελεσμάτων. Εκεί μπορεί ο χρήστης να λάβει όλη την πληροφορία για την αξιολόγηση της περιοχής του, για το αν είναι αρκετά ενδιαφέρουσα η πρόταση εγκατάστασης Φ/Β συστημάτων. Η παρουσίαση αποτελεσμάτων από πάνω προς τα κάτω είναι εμφάνιση των 5 αστέρων, όπου φαίνεται ξεκάθαρα η αξιολόγηση της περιοχής. Άμα η περιοχή δεν είναι αρκετά προσοδοφόρα τότε το μήνυμα είναι αντίστοιχο και η βαθμολογία πέφτει κάτω από τα 2,5 αστέρια. Αντίθετα μία προσοδοφόρα περιοχή έχει μία αξιολόγηση από 2,5 αστέρια και πάνω με 4,5 – 5 αστέρια να θεωρείτε μία σίγουρη και αρκετά ελκυστική επένδυση η εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων με μεγάλη απόδοση και γρήγορη απόσβεση κεφαλαίου.

Στο παρακάτω παράδειγμα η περιοχή έχει μία πολύ καλή απόδοση με αξιολόγηση 5/5 αστέρια. Με τον πρώτο χρόνο το Φ/Β σύστημα που θα εγκατασταθεί να παράγει θα είναι περίπου 291.010,68 kWh/year. Τα περιβαλλοντικά ισοδύναμα οφέλη από την εξοικονόμηση ενέργειας που θα παραχθεί από καύση πετρελαίου θα είναι 333,50 λίμπρες CO₂, 698,43 λίμπρες SO₂, 320,11 λίμπρες NO₂. Τον πρώτο χρόνο λειτουργίας του Φ/Β συστήματος τα έσοδα θα αγγίξουν 91.455,93 ευρώ. Η εγκαταστημένη ισχύ του Φ/Β συστήματος θα είναι 333,09 KWp. και το κόστος της επένδυσης θα ξεκινήσει από 599.562 Ευρώ. (Σχήμα 65)



Σχήμα 65. Εμφάνιση τελική καρτέλας, αξιολόγησης της περιοχής.

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων παρατηρούμε ότι πρόκειται για μία αρκετά καλή επένδυση, από την άποψη της ηλιακής δυναμικότητας αφού δεν σκιάζεται από γειτονικούς ορεινούς όγκους, η επένδυση απαιτεί ένα αρκετά υψηλό κεφάλαιο, που ίσως πρέπει να καλυφτεί από τραπεζικό δανεισμό, αλλά η απόσβεση του κεφαλαίου θα γίνει σχετικά σε μικρό χρονικό διάστημα δηλαδή μετά από έξι χρόνια.

Μέρος Γ΄

1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διαδικτυακή εφαρμογή SPE of Greece είναι η υλοποίηση μιας πρωτοποριακής ιδέας για την προώθηση τεχνολογιών ΑΠΕ. Από τη στιγμή που έχει οριστεί ως εθνικός στόχος ότι μέχρι το 2020 το 40% της ηλεκτρικής ενέργειας που θα καταναλώνεται θα είναι από ΑΠΕ η εφαρμογή SPE of Greece συμβάλει αποτελεσματικά προς αυτή την κατεύθυνση. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής αποδεικνύουν ότι:

- ✓ ο χρήστης μπορεί άμεσα να χρησιμοποιήσει την εφαρμογή χωρίς την εγκατάσταση περίπλοκων λογισμικών και ειδικών γνώσεων πάνω στην τεχνολογία Φ/Β.
- ✓ η εφαρμογή υπολογίζει, γρήγορα και αρκετά ρεαλιστικά με το μοντέλο που χρησιμοποιεί, μία πρώτη εκτίμηση για το ηλιακό δυναμικό της περιοχής που θα επιλέξει ο χρήστης.
- ✓ ο χρήστης έχει μια πρώτη εκτίμηση για τον αν η επένδυσή του θα είναι αρκετά κερδοφόρα, ώστε να προχωρήσει σε αυτήν.
- ✓ ο πολίτης ενημερώνεται για τις δυνατότητες των ΑΠΕ και συγκεκριμένα των Φ/Β τεχνολογιών στην προστασία του περιβάλλοντος.

2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΜΕΛΕΤΗ

Αν και υπάρχουν αρκετά περιθώρια βελτίωσης της εφαρμογής, επί του παρόντος θα επιστήσουμε την προσοχή μας σε κάποιες απλές σκέψεις.

1. Μπορεί να βελτιωθεί η ταχύτητα φόρτωσης του WMS επιπέδου.
2. Τα αποτελέσματα μπορούν να γίνουν πιο αναλυτικά σε όποιοι θα ήθελε να μάθει κάποιες λεπτομέρειες.
3. Ακόμα να παρέχεται η δυνατότητα στον χρήστη να μπορεί να εκτυπώνει τα αποτελέσματα ή να μπορεί τα προωθήσει ηλεκτρονικά (email) ή ακόμα και να μπορεί να τα προωθήσει σε κάποιο μέσο κοινωνικής δικτύωσης, π.χ. Facebook, Twitter κ.λ.π.
4. Να υπάρχει απευθείας σύνδεση με εταιρείες που κατασκευάζουν, εμπορεύονται και εγκαθιστούν Φ/Β συστήματα.
5. Η εφαρμογή μπορεί να συνδεθεί με χωρικά δεδομένα από το δίκτυο της Δ.Ε.Η. ώστε να υπολογίζεται και το κόστος σύνδεσης με το δίκτυό της.
6. Τέλος, ένα πολύ μεγάλο βήμα θα ήταν, η εφαρμογή να χρησιμοποιεί δεδομένα από τον χαρτογραφικό κόμβο της Ρ.Α.Ε. (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας), όπου παρέχονται χωρικά δεδομένα για ήδη εγκαταστημένα συστήματα.

Ίσως όλες αυτές οι παραπάνω προτάσεις αποτελέσουν στόχο ανάπτυξης περαιτέρω της εφαρμογής SPE of Greece για τη βελτίωση των αποτελεσμάτων.

3 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alam S., Garg, N. S., Kaushik, C. S., (2007). *Computation of Monthly Mean Hourly Global Solar Radiation from Daily Total*, Journal of Energy and Environment, Vol. 6, May 2007, 10-17
- Allen, G. R., Trezza R., Tasumi, M., (2006). *Analytical integrated functions for daily solar radiation on slopes*, Science Direct, Agricultural and Forest Meteorology 139 (2006) 55–73.
- Chaves, A., Bahill, A. T., (2010). Locating Sites for Photovoltaic Solar. *Solar Panels*, ArcUser Fall 2010 25-27.
- Christensen, C. B., and Barker, G. M. (2001). Effects of tilt and azimuth on annual incident solar radiation for United States locations. *Proc. Solar Forum 2001 Conf.*, Washington, DC, American Solar Energy Society, 225-232.
- Collares-Pereira M. and Rabl A.(1979). The average distribution of solar radiation- correlations between diffuse and hemispherical and between daily and hourly radiation values. *Solar Energy* Volume 22, Issue 2, 1979, Pages 155–164
- Coops, N.C., Waring, R.H., Moncrieff ,J.B.(2000). *Estimating mean monthly incident solar radiation on horizontal and inclined slopes from mean monthly temperatures extremes*. *Int J Biometeorol*, 204-211
- Dean, J., Kandt, A., Burman, K., Lisell, L., Helm, C., (2009). *Analysis of Web-Based Solar Photovoltaic Mapping Tools*, conference paper, ASME 3rd International. Conference Paper NREL/CP-7A2-45181
- Dobos E. (2003). Albedo. *Encyclopedia of Soil Science*. DOI: 10.1081/E-ESS 120014334
- Dubayah R., Rich M. P., (2010). *Topographic solar radiation models for GIS*, *International Journal of Geographical Information Science*, Volume 9, Issue 4, 1995 , 405-419 .
- Duffie, J.A., Beckman, W.A., (1980). *Solar Engineering of Thermal Process*, 1st ed. John Wiley and Sons, NY.
- Dunlop, D. E., Šúri, M., Huld, A. T., (2003). *Photovoltaic Potential Assessment to Support Renewable Energies Growth in 10 EU Candidate Countries*, *Proceedings of*

the Conference C79 of the Solar Energy Society CREST “Photovoltaic Science, Applications and Technology”. 2003, 1007-1016

- ESRI ArcGIS Resource Center ArcGIS API for Silverlight
<http://help.arcgis.com/en/webapi/silverlight/help/index.html>
- Feick, R., Blakey, A., (2010). *Energy from sun, Using Web-GIS to explore rooftop PV cell feasibility*, Goetec event 2010.
http://www.geoplace.com/Media/MediaManager/Blakey_RobFeick.pdf
- Fu P.; Rich P.M. (2002). *A geometric solar radiation model with applications in agriculture and forestry*, Computers and Electronics in Agriculture, Volume 37, Number 1. 25-35.
- Fu, P., Rich, M. P., (1999) *Design and Implementation of the Solar Analyst: An ArcView Extension for Modeling Solar Radiation at Landscape Scales*
<http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap867/p867.htm>
GIS Best Practices, GIS is a green technology
- Garner, B.J., Ohmura, A., (1968). *A method for calculating direct shortwave radiation income of slopes*. J. Appl. Meteorol. 7, 796–800.
- HelioSystems AE Φωταβολταϊκά Συστήματα http://www.selasenergy.gr/fv_panels.php
- Hofierka, J., Šúri, M., (2002). *The solar radiation model for Open source GIS: implementation and applications*, Proceedings of the *Open source GIS - GRASS users conference* - Trento, Italy
- Huld A. T., Šúri, M., Dunlop, E. D., (2003). *GIS-based Estimation of Solar Radiation and PV Generation in Central and Eastern Europe on the Web*, 9th EC-GI&GIS Workshop.
- Jackson, R. J. (1967) *The effect of slope, aspect and albedo on potential evapotranspiration from hillslopes and catchments*. *Journal of Hydrology*. Volume #6, 1967.60-69.
- Kreith, F., and Kreider, J. F., (1978), *Principles of Solar Engineering*. New York: McGraw- Hill.
- Kuhlemann R., Hammer A., Drews A. (2005). *Geolocation of high resolution data of Meteosat-8 (VCS-XPIF format)*, Energy-Specific Solar Radiation Data from Meteosat Second Generation (MSG): The Heliosat-3 Project, HELIOSAT-3. 1-21
- Kumar, L., Skidmore, K. A., Knowles E., (1997). *Modelling topographic variation in solar radiation in a GIS Environment*, International Journal of Geographical Information Science, vol. 11, no. 5, 475- 497

- Lalas, D.P., Petrakis M., Papadopoulos C. (1987). Correlations for the estimation of the diffuse radiation component in Greece. *Solar Energy*, 39, 455-458.
- Liu, B.Y.U., Jordan, R.C. (1960). The inter-relationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation. *Solar Energy*, 4, 1–19.
- Lloyd W. Swift, Jr., (1976). *Algorithm for solar radiation on mountain slopes*, *Water resources research*, Vol. 12, No. , 108-112
- Luque, A., Hegedus, S. (2002). *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*, Wiley.
- Marion, B., Anderberg, M., George,R., Gray-Hann, P., Heimiller, D.,(2001). *PVWATTS Version 2 –Enhanced Spatial Resolution for Calculating Grid-Connected PV Performance Preprint*, Conference Paper, NCPV Program Review Meeting, Lakewood, NREL (National Renewable Energy Laboratory), Colorado (.ppt)
- Mohan, N. (2003). *First Course on Power Electronics and Drivers*. MNPERE.
- Mugur C. Balan, Mihai Damian, Lorentz Jäntschi, (2008). *Preliminary Results on Design and Implementation of a Solar Radiation Monitoring System*, *Sensors* 8, no. 2. 963-978.
- Ostapowicz, K., (2009). *Solar Energy Modelling with ArcGIS*, Department of GIS, Cartography and Remote Sensing, ENERegion Summer School 2009 on "Regional Potentials for Renewable Energy Generation", Institute of Geography and Spatial Management, Jagiellonian University, Salzburg, Austria (.ppt)
- Page, J.K. (1961). The estimation of the monthly mean values of daily total shortwave radiation on vertical and inclined surfaces from sunshine records for latitudes 40° N–40° S. In: *Proceedings of the United Nations Conference on New Sources of Energy* [paper no. 35/5/98].
- PVGIS <http://re.jrc.cec.eu.int/pvgis/pv>
- Redweik, P. M.; Catita, C.; Brito, M. C. (2011). *3D Local scale solar radiation model based on urban lidar data*. ISPRS Hannover Workshop 2011 High-Resolution Earth Imaging for Geospatial Information.
- Rich, P. M., R. Dubayah, W. A. Hetrick, and S. C. Saving (1994). *Using Viewshed Models to calculate intercepted solar radiation applications in ecology..* American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Technical Papers. 524-529.
- Stoffel, T., Renne, D., Myers, D., Wilcox, S., Sengupta, M., George, R., Turchi, C., (2010). *Concentrating Solar Power: Best Practices Handbook for the Collection and Use of Solar Resource Data (CSP)*, Technical report Department of Energy's (DOE)

- Αργυρίου Α., Γαγλία Α., Δασκαλάκη Ε., Ζαχαρίας Π., Κατσάνος Δ., Κοντογιαννίσης Σ., Λαδόπουλος Γ., Λαδόπουλος Ι. (2010). Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητήριου Ελλάδος.
- Δημακόπουλος, Γ., (2008). *Εμπειρικές σχέσεις παγκόσμιας εμβέλειας για τον υπολογισμό ηλιακών μεγεθών καθώς και προσαρμογή και αξιολόγηση της ακρίβειάς τους στην περιοχή των Αθηνών*, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Ενεργειακός κύκλος σπουδών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
- Ένας πρακτικός οδηγός για επενδύσεις σε φωτοβολταϊκούς σταθμούς. (2009). Σύνδεσμος Εταιριών φωτοβολταϊκών.
- Ένας πρακτικός οδηγός για επενδύσεις στα φωτοβολταϊκά. (2011). Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών.
- Ένας πρακτικός οδηγός. (2011). Σύνδεσμος Εταιριών φωτοβολταϊκών.
- ΕΝΕΡΓΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΕ. Εναλλακτικές Κατασκευές
<http://www.energotechniki.gr/site/xpage.asp?sid=211&page=banner2>
- Καγκαρακής Κ., (1992), « Φωτοβολταϊκή τεχνολογία », Εκδόσεις Συμμετρία
- Καράμπελας Ε., (2008), «Χρήση HEPOS στην παραγωγή LSO/LSO» Παρουσίαση,
http://www.hepos.gr/hepos/HEPOS_pub_2008d_gr.pdf
- Λάλας Δ.Π, Πισιμάνης Δ.Κ., Νοταρίδου Β.Α., “Μέθοδοι υπολογισμού εντάσεως ηλιακής ακτινοβολίας σε αυθαίρετης κλίσεως επίπεδο και πίνακες για 30⁰ , 45⁰ και 60⁰ στον Ελληνικό χώρο”. Τεχνικά Χρονικά – Β, 1982, Τόμος 2, Τεύχος 3-4.
- Λαμπρινός Ν., (2008). *Πηγές άντλησης γεωγραφικών δεδομένων χάρτες – αεροφωτογραφίες –δορυφορικές εικόνες, Παιδαγωγικό τμήμα δημοτικής εκπαίδευσης, σημειώσεις για το μάθημα μελέτη φυσικού και κοινωνικού περιβάλλοντος Μέρος Β:*
- Μπούρης, Δ.(2010), *Τυπολόγιο Υπολογισμού Προσπιπώμενης Ηλιακής Ακτινοβολίας σε οριζόντια και κεκλιμένη επιφάνεια*, “Εισαγωγή στα Φωτοβολταϊκά Συστήματα - Ηλιακή Τεχνική και Φωτοβολταϊκά Συστήματα” Τμήμα Μηχανικών Διαχείρισης Ενεργειακών Πόρων, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Κοζάνης.
- ΝΑΪΣ ΑΕ Κατασκευαστική Ενεργειακή
http://www.nais.com.gr/lang_el/useful_information/index/1
- Τζαχάνης, Α., Νίνος Ν., (2007). *Η ενεργειακή απόδοση των ηλιοτροπικών πάνελ, Διημερίδα, Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η θέση τους στο νέο ενεργειακό τοπίο της χώρας και στην περιοχή της Θεσσαλίας.*