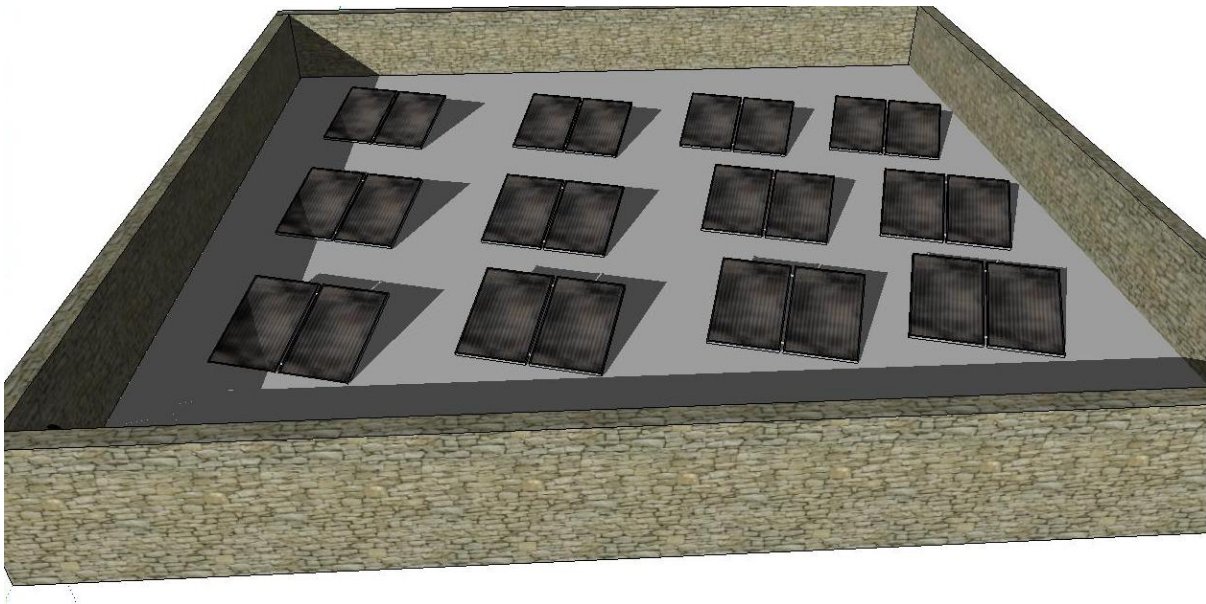




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
« ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΗΔΕΝΙΣΜΟΥ ΣΚΙΑΣΗΣ ΗΛΙΑΚΩΝ
ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ – ΚΩΔΙΚΑΣ – ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ »



Επιβλέπων καθηγητής: Κ. Αντωνόπουλος

Μελέτη: Σταμάτιος Κοιλάκος

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
I. ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	4
II.ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ.....	5
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	6
1. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ.....	6
1.1 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....	6
1.1.1 Παγκόσμια (υπέρ) θέρμανση (global (over) warming).....	7
1.1.2 Εξάντληση των φυσικών (ορυκτών) πόρων.....	7
1.1.3 Όξινη βροχή.....	8
2. ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	9
2.1 Στερεά.....	9
2.2 Υγρά.....	9
2.3 Αέρια.....	9
3. ΑΝΑΝΕΩΣΗΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	11
3.1 Η Ηλιακή Ενέργεια.....	11
3.2 Η Αιολική Ενέργεια.....	11
3.3 Η Γεωθερμική Ενέργεια.....	12
3.4 Η Ενέργεια από Βιομάζα.....	12
3.5 Η Υδροηλεκτρική Ενέργεια.....	12
4. Η ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΤΗΣ ΓΗΣ.....	13
4.1 Ο ήλιος.....	13
4.2 Η ακτινοβολία του ήλιου.....	13
4.3 Η ηλιακή σταθερά.....	13
4.4 Ολική, απευθείας, διάχυτη και διάχυτα ανακλώμενη ακτινοβολία.....	14
4.5 Η κίνηση της γης γύρω από το ήλιο.....	18
4.6 Ημερήσια ενεργειακή απολαβή από τον ήλιο.....	19
4.7 Ηλιοφάνεια.....	20
4.8 Προσανατολισμός του συλλέκτη.....	21
5. ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ.....	23
5.1 Επίπεδοι συλλέκτες.....	23
5.2 Συλλέκτες κενού.....	26
5.3 Συγκεντρωτικοί συλλέκτες.....	26
6. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ – ΘΕΡΜΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (ένα καινοτόμο μοντέλο).....	28

6.1	Υβριδικά φωτοβολταϊκά/θερμικά ηλιακά συστήματα	29
7.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ MATLAB	33
	ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	34
8.	ΠΡΟΣΧΕΔΙΟ	34
8.1	Μαθηματικό μοντέλο προσχέδιου	34
8.1.1	Γωνία πρόσπτωσης του ηλίου στην επιφάνεια συλλέκτη.....	34
8.1.2	Ηλιακή θέση	35
8.1.3	Ηλιακή ακτινοβολία	36
8.1.4	Παράδειγμα Σκιάς	40
8.2	Παρουσίαση γραφικών παραστάσεων και πινάκων	41
8.2.1	Γωνία πρόσπτωσης του ηλίου στην επιφάνεια συλλέκτη.....	41
8.2.2	Ηλιακή θέση	42
8.2.3	Ηλιακή ακτινοβολία	44
8.2.4	Παράδειγμα σκιάς.....	52
9.	ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	58
9.1	Επιφάνεια συλλεκτών υπό σκιά λόγω τοιχίου.....	58
9.1.1	Νότιος τοίχος.....	59
9.1.2	Δυτικός (+Νότιος) τοίχος.....	69
9.1.3	Ανατολικός (+Νότιος) τοίχος.....	119
9.2	Επιφάνεια συλλεκτών υπό σκιά λόγω συλλέκτη	190
10.	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	218
10.1	Παράδειγμα 1ο.....	218
10.2	Παράδειγμα 2ο.....	220
10.3	Παράδειγμα 3ο.....	221
10.4	Παράδειγμα 4ο.....	222
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	223
	Βιβλία.....	223
	Ισότοπος.....	224
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ (ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΤΗΝ MATLAB)	225
	ΠΡΟΣΧΕΔΙΟ.....	225
	Γωνία πρόσπτωσης του ηλίου στην επιφάνεια συλλέκτη	225
	Ηλιακή θέση.....	226
	Ηλιακή ακτινοβολία.....	228
	Παράδειγμα σκιάς	232
	ΕΦΑΡΜΟΓΗ	234

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία έχει σαν στόχο να παρουσιάσει μια μελέτη μηδενισμού σκίασης ηλιακών συλλεκτών που τοποθετούνται σε διάφορες οροφές κτιρίων λαμβάνοντας υπόψη δύο βασικούς λόγους σκίασης, αυτή που δημιουργείται από το τοίχιο της οροφής ή του διπλανού κτιρίου αλλά και αυτή που δημιουργούν οι διπλανοί συλλέκτες. Αναπτύχθηκε μαθηματικό μοντέλο βάσει του οποίου εφαρμόστηκε κώδικας ούτως ώστε να προκύψουν οι βέλτιστες λύσεις ανάλογα την περίπτωση.

Αρχικά προσεγγίζεται μέσω βιβλιογραφίας το παγκόσμιο ενεργειακό πρόβλημα αλλά και η ανάγκη βελτιστοποίησης των συστημάτων εκμετάλλευσης των πόρων. Οι τελευταίοι χωρίζονται σε συμβατικές αλλά και σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ηλιακή, αιολική, γεωθερμική, βιομάζας και υδροηλεκτρική). Βασικότερη όλων όμως είναι η ηλιακή καθώς αυτή είναι η απαρχή για όλες τις υπόλοιπες και αποτελεί το αντικείμενο της παρούσας εργασίας. Γι αυτό το λόγο, γίνεται μια εκτενέστερη αναφορά στα χαρακτηριστικά της ακτινοβολίας και της τροχιάς του ηλίου.

Κατόπιν αναλύουμε τον τρόπο λειτουργίας των άμεσων δεκτών της ηλιακής ενέργειας που κατηγοριοποιούνται σε επίπεδους συλλέκτες, συλλέκτες κενού και συγκεντρωτικούς συλλέκτες. Επίσης γίνεται μια αναφορά σε ένα καινοτόμο μοντέλο συνδυασμού ηλιακών συλλεκτών – φωτοβολταϊκών που προσφέρει δύο διαφορετικούς τρόπους απολαβής ηλιακής ενέργειας.

Στη συνέχεια, ξεκινάμε τη δημιουργία ενός προσχέδιου για να μπορέσουμε να εξηγήσουμε τον τρόπο με τον οποίο προσεγγίζουμε τις παραμέτρους, ταυτόχρονα παρουσιάζουμε με πίνακες και γραφικές παραστάσεις τα μεγέθη της ηλιακής ακτινοβολίας σε ένα ηλιακό έτος αλλά και την προβολή της σκίασης στο επίπεδο.

Ωστόσο, το κυριότερο κομμάτι της εργασίας είναι η αναλυτική περιγραφή σκίασης συλλέκτη λόγω ανατολικού, δυτικού και νότιου τοιχίου και λόγω των διπλανών συλλεκτών. Συγκεκριμένα, για κάθε ώρα των ημερών όλου του έτους (που υπαγορεύουν την ηλιακή θέση ως προς τον συλλέκτη) υπολογίζουμε τον μέγιστο αριθμό των συλλεκτών σε δεδομένη επιφάνεια και ύψος τοιχίου ανάλογα με τη γωνία κλίσης και αζιμούθιου των συλλεκτών. Αναλυτικότερα, για τα παραπάνω δημιουργήθηκε μαθηματικό μοντέλο το οποίο υπολογίζει την υπό σκιάν επιφάνεια των συλλεκτών και με τη χρήση αυτού αλλά και του προγράμματος της Matlab καταφέραμε να βρίσκουμε τον αριθμό, τη γωνία κλίσης και τη γωνία αζιμούθιου των συλλεκτών ούτως ώστε να υπάρχει μηδενική επιρροή της σκίασης τους (μικρότερη του 1%) στη μέγιστη απόδοσή τους.

Τέλος, δίνονται ενδεικτικά τέσσερα παραδείγματα διαφορετικών περιπτώσεων επιφάνειας οροφής, ύψους τοιχίου και μεγέθους συλλεκτών από τα οποία προκύπτει η βέλτιστη τοποθέτηση και ο αριθμός των συλλεκτών στο χώρο. Επαληθεύεται με αυτόν τον τρόπο η σωστή λειτουργία του προγράμματος.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ι. ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

(Αντικείμενο της μελέτης)

Η πλειοψηφία των τεχνολογιών ανανεώσιμης ενέργειας τροφοδοτείται από τον ήλιο. Το σύστημα γη-ατμόσφαιρα, είναι στην ισορροπία τέτοιο που η ακτινοβολία θερμότητας στο διάστημα είναι ίση με την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία. Το προκύπτον επίπεδο ενέργειας μέσα στο σύστημα γη-ατμόσφαιρα μπορεί κατά προσέγγιση να περιγραφεί ως γήινο «κλίμα». Η υδρόσφαιρα (νερό) απορροφά ένα σημαντικό μέρος της εισερχόμενης ακτινοβολίας. Η περισσότερη ακτινοβολία απορροφάται στα χαμηλά γεωγραφικά πλάτη γύρω από τον ισημερινό, αλλά αυτή η ενέργεια απελευθερώνεται σε όλη την υδρόγειο υπό μορφή ανέμων και ωκεάνιων ρευμάτων. Η κίνηση κυμάτων μπορεί να διαδραματίσει έναν ρόλο στο στάδιο της μεταφοράς της μηχανικής ενέργειας μεταξύ της ατμόσφαιρας και του ωκεανού. Η ηλιακή ενέργεια είναι επίσης αρμόδια την αύξηση των εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουν τα βιολογικά καύσιμα.

Ένα από τα πιο βασικά ενεργειακά συστήματα είναι οι ηλιακοί συσσωρευτές. Ένας ηλιακός συσσωρευτής είναι μια συσκευή για την εκμετάλλευση της ενέργειας του ήλιου σε μια άμεση χρησιμοποιήσιμη ή αποθηκεύσιμη μορφή. Η ενέργεια από τον ήλιο είναι υπό μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από τις υπέρυθρες ακτίνες (μακροχρόνιες) στα υπεριώδη (σύντομα) μήκη κύματος. Η ηλιακή ενέργεια που «χτυπά» τη γήινη επιφάνεια σε οποιοδήποτε χρόνο εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες, καθώς επίσης και τη θέση και τον προσανατολισμό της επιφάνειας, αλλά συνολικά, υπολογίζει κατά μέσο όρο περίπου 1000 Watt ανά τετραγωνικό μέτρο κάτω από τους σαφείς ουραμούς με την επιφάνεια άμεσα κάθετη στις ακτίνες του ήλιου.

Το σύστημα ηλιακής θέρμανσης αποτελείται από τον ηλιακό συλλέκτη, ένα κύκλωμα μεταφοράς θερμότητας που περιλαμβάνει το ρευστό και τα μέσα να κυκλοφορηθεί και ένα σύστημα αποθήκευσης συμπεριλαμβανομένου ενός εναλλάκτη θερμότητας (εάν το ρευστό που κυκλοφορεί μέσω του συλλέκτη δεν είναι το ίδιο υγρό που χρησιμοποιείται για να θερμάνει το αντικείμενο του συστήματος). Το σύστημα μπορεί ή όχι να περιλάβει τη δευτεροβάθμια διανομή της θερμότητας μεταξύ των διαφορετικών δεξαμενών αποθήκευσης ή των χρηστών της θερμότητας. Το σύστημα δύναται να χρησιμοποιηθεί με ποικίλους τρόπους, συμπεριλαμβανομένης της θέρμανσης του εσωτερικού ζεστού νερού, θέρμανση των πισινών, θέρμανση του νερού για ένα κύκλωμα θέρμανσης θερμαντικών σωμάτων ή πάτωμα-σπειρών, θέρμανση ενός βιομηχανικού στεγνωτήρα, ή παροχή της ενέργειας εισαγωγής για ένα σύστημα ψύξης, μεταξύ των άλλων. Η αποθήκευση θερμότητας προορίζεται συνήθως να καλύψει ημέρα ή δύο απαιτήσεις, αλλά άλλες έννοιες υπάρχουν συμπεριλαμβανομένης της εποχιακής αποθήκευσης. Αυτός ο τρόπος μπορούμε να δούμε ότι οι ηλιακοί συσσωρευτές είναι ένας καλός τρόπος να συλλέξει η ενέργεια.

II. ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ

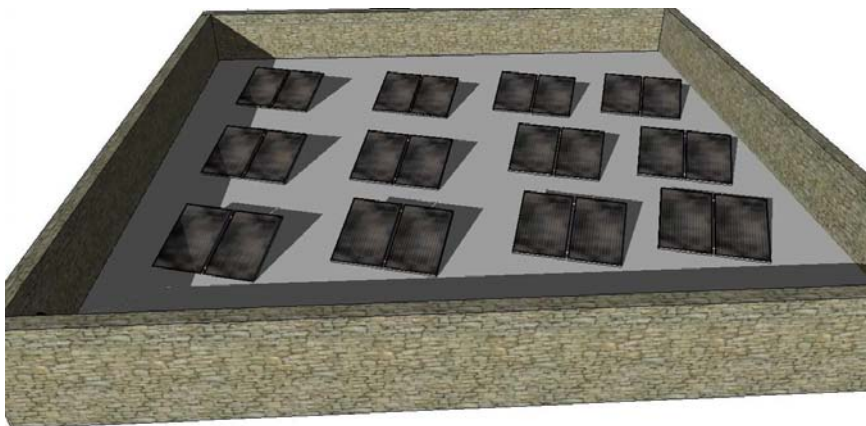
(Στόχος της μελέτης)

Ο στόχος μας είναι η ερευνητική εστίαση στην εύρεση μιας λύσης, στο πρόβλημα που εμφανίζεται από την απουσία καθορισμού του βέλτιστου σχεδίου για τους ηλιακούς συσσωρευτές, προκειμένου να αποκτηθεί η καλύτερη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας. Οι ηλιακοί συσσωρευτές κατά κανόνα τοποθετούνται στις στέγες των κτιρίων και πρέπει να εκμεταλλευτούν τον ήλιο, έτσι ένας συλλέκτης που αντικρίζει το βορρά και βρίσκεται στο νότιο ημισφαίριο και ένας στραμμένος προς το νότο στο βόρειο ημισφαίριο είναι ιδανικές.

Το μέγεθος των συλλεκτών επίσης επιλέγεται για να ταιριάζει το γεωγραφικό πλάτος της θέσης. Όπου η ηλιοφάνεια είναι εύκολα - διαθέσιμη, η σειρά τετραγωνικών μέτρων 2 έως 10 θα παράσχει όλη τη θέρμανση ζεστού νερού που απαιτείται για ένα χαρακτηριστικό οικογενειακό σπίτι. Τέτοια συστήματα είναι ένα κύριο χαρακτηριστικό της βιώσιμης κατοικίας, δεδομένου ότι το νερό και η θέρμανση χώρου είναι συνήθως ο μεγαλύτερος ενιαίος καταναλωτής της ενέργειας στις οικογένειες. Μέχρι τώρα ο τρόπος του σχεδίου των ηλιακών συσσωρευτών σε ισχύ ήταν εμπειρικός, σύμφωνα με τις διάφορες μετρήσεις που είχαν γίνει πειραματικά από επιχειρήσεις των ηλιακών συσσωρευτών. Προκειμένου να βελτιστοποιηθεί το σχέδιο πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε μαθηματικά μοντέλα και θα σχεδιάσουμε προγράμματα που θα κατασκευαστούν σύμφωνα με τον υπολογισμό της ηλιακής ενέργειας στην ώρα κάθε ημέρας του έτους, της γωνίας αζιμούθιου και της αντίστοιχης κλίσης των συλλεκτών.

Επιπλέον, με την μέτρηση των διαστάσεων της σκιάς που δημιουργείται από τα διαφορετικά ύψη τοίχων (σε μια πραγματική στέγη), φθάνουμε στο συνολικό υπολογισμό κάθε περίπτωσης για την βέλτιστη τοποθέτηση των συλλεκτών ανάλογα με:

- το γεωγραφικό πλάτος
- την επιφάνεια τοποθέτησης
- την επιφάνεια συλλεκτών
- την απόσταση μεταξύ των συλλεκτών
- την απόσταση μεταξύ των συλλεκτών και του τοίχου
- το ύψος των τοιχίων



ΕΙΚΟΝΑ II. Παράδειγμα τοίχου – συλλεκτών

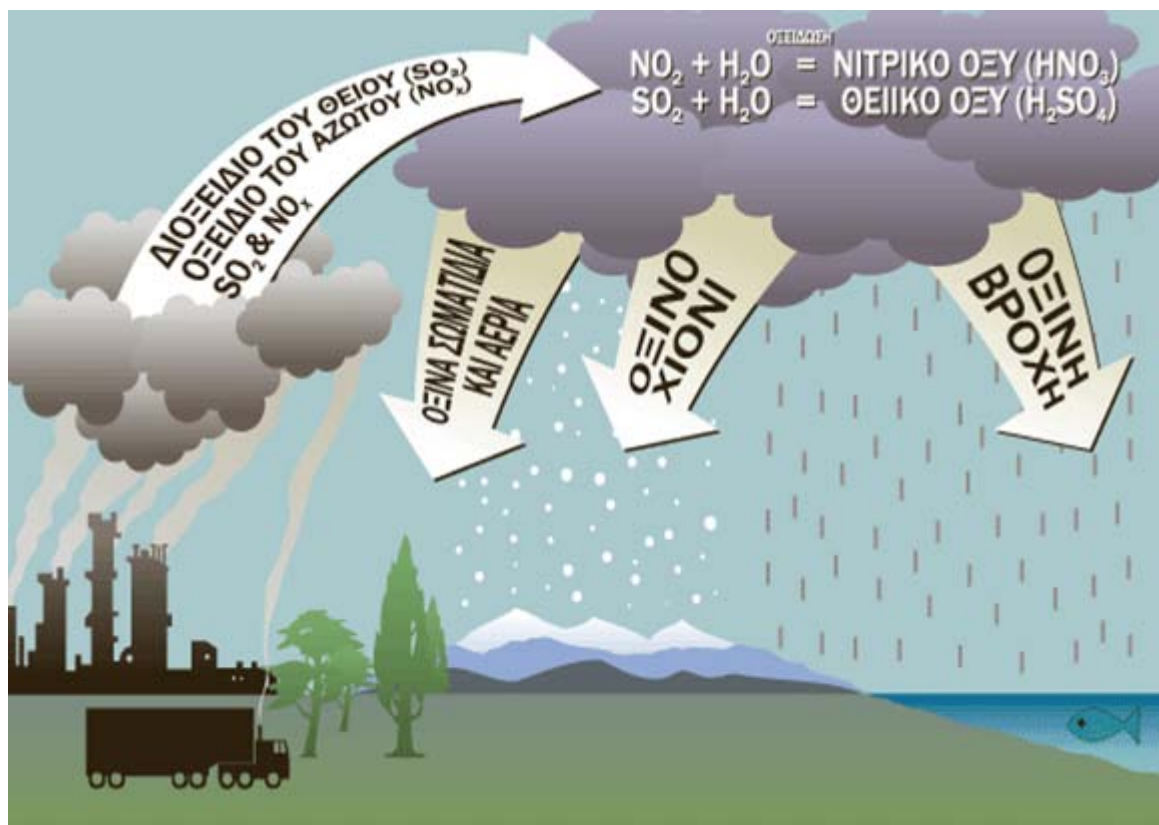
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Το ενεργειακό πρόβλημα έχει γίνει εδώ και αρκετά χρόνια αντιληπτό από την ανθρωπότητα. Ιστορικά η απαρχή της ολοκληρωτικής παρέμβασης του ανθρώπου στο περιβάλλον για την παραγωγή ενέργειας, έγινε πριν από δύο περίπου αιώνες κατά την εποχή της βιομηχανικής επανάστασης. Από εκείνο το σημείο και έπειτα ο άνθρωπος καταναλώνει ακατάπαυτα φυσικούς πόρους (ορυκτούς κυρίως) για την παραγωγή ενέργειας και μάλιστα με τρόπο ανεξέλεγκτο. Το αποτέλεσμα αυτής της «εξέλιξης» συσσωρευτικά δημιούργησε μια σειρά σημαντικών προβλημάτων με ποικίλες επιπτώσεις στον τομέα του περιβάλλοντος αλλά και της παγκόσμιας οικονομίας.

1.1 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Οι πλέον σημαντικές επιπτώσεις της υπερβολικής κατανάλωσης ενεργειακών πόρων εμφανίζονται στον τομέα του περιβάλλοντος. Τα προβλήματα που έχουν δημιουργηθεί σήμερα είναι μεγάλης κλίμακας και σε κάποιο ποσοστό μη αναστρέψιμα.



ΕΙΚΟΝΑ 1. Επιπτώσεις από παραγωγή ενέργειας στο περιβάλλον (λόγω καύσης)

1.1.1 Παγκόσμια (υπέρ) θέρμανση (global (over) warming)

Ο όρος παγκόσμια υπερθέρμανση αναφέρεται στην αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης και των ωκεανών. Σύμφωνα με την αρμόδια επιτροπή του ΟΗΕ η μέση θερμοκρασία του πλανήτη τον τελευταίο αιώνα έχει αυξηθεί κατά 0,6 βαθμούς Κελσίου. Οι προβλέψεις της ίδιας επιτροπής για το τέλος του αιώνα που διανύουμε είναι ακόμη πιο δυσμενείς, καθώς πιθανολογείται επιπλέον αύξηση της θερμοκρασίας έως και 5,8 βαθμούς Κελσίου.^[19]

Το φαινόμενο της παγκόσμιας υπερθέρμανσης έχει άμεσα συνδεθεί με την παραγωγή των αερίων θερμοκηπίου από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και τα αποτελέσματα αυτής της αύξησης έχουν γίνει πλέον αισθητά. Στους πόλους της γης ήδη παρατηρείται λιώσιμο τεράστιων παγόβουνων με γρήγορο ρυθμό. Το επίπεδο της θάλασσας συνεπακόλουθα αναμένεται να ανεβεί και να επιφέρει ανάλογες επιπτώσεις.

Με την χρήση δορυφόρων (από το 1992) έχει διαπιστωθεί ότι η μέση αύξηση του επιπέδου της θάλασσας είναι 2,8 χιλιοστά/έτος αλλά διατηρούνται επιφυλάξεις για την αξιοπιστία (διακριτική ικανότητα) των μετρήσεων. Άλλα αρνητικά φαινόμενα που οφείλονται στην παγκόσμια υπερθέρμανση είναι οι αλλαγές στους ρυθμούς βροχοπτώσεων και η αυξημένη ένταση και συχνότητα ακραίων καιρικών φαινομένων. Μελλοντικά αναμένονται σε κάποιες περιοχές, παρατεταμένη ξηρασία, και θέματα υγιεινής λόγω των κλιματικών αλλαγών.^[19]

Όπως προαναφέρθηκε τα αέρια του θερμοκηπίου είναι κυρίως υπεύθυνα για την παγκόσμια υπερθέρμανση. Τα αέρια αυτά απορροφούν (εγκλωβίζουν) ουσιαστικά ακτινοβολία την οποία κατά ένα ποσοστό εκπέμπουν προς τη γη, θερμαίνοντας έτσι την επιφάνεια της.

Τα σημαντικότερα αέρια του θερμοκηπίου είναι οι υδρατμοί (H₂O), το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄), το οξείδιο του νατρίου (NO₂) και το όζον (O₃). Η ανθρώπινη δραστηριότητα ευθύνεται για την αύξηση των CO₂, CH₄ και NO₂ τα οποία αποβάλλονται με ραγδαίο ρυθμό στην ατμόσφαιρα λόγω της εξάρτησης της παγκόσμιας οικονομίας από τα ορυκτά καύσιμα.^[20]

1.1.2 Εξάντληση των φυσικών (ορυκτών) πόρων

Στην κατηγορία των φυσικών ορυκτών πόρων ανήκουν πηγές όπως το πετρέλαιο, ο λιγνίτης, το φυσικό αέριο και ο άνθρακας, οι οποίες χρησιμοποιούνται παγκοσμίως, σε μεγάλη κλίμακα εφαρμογών για την παραγωγή διαφόρων μορφών ενέργειας. Ειδικότερα η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, βασίζεται σχεδόν στην ολότητα της στην καύση των ορυκτών πόρων. Η ζήτηση επομένως και η κατανάλωση τους είναι ήδη τεράστια, αλλά και αυξάνεται συνεχώς με το πέρασμα του χρόνου και την παράλληλη αύξηση των αναγκών. Το αυτονόητο αποτέλεσμα της πορείας αυτής είναι σε πρώτο επίπεδο η σταδιακή μείωση των αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων που υπάρχουν ανά την υφήλιο και πιο μακροπρόθεσμα η παντελής έλλειψη κάποιων πόρων από τον πλανήτη.

Πρόσφατες έρευνες επάνω στην αυξανόμενη αυτή πορεία χρήσης, δείχνουν γενικότερα ότι οι υπάρχοντες πόροι δεν επαρκούν για να καλύψουν στο μέλλον τις αυξανόμενες ανάγκες, γεγονός που εξηγεί παράλληλα και την άνοδο των τιμών τους. Ο Διεθνής οργανισμός ενέργειας εκτιμά αναλυτικότερα ότι η παγκόσμια ενεργειακή ζήτηση θα αυξηθεί κατά 60% έως το 2030 και ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση, της οποίας το 80% της παραγωγής ενέργειας καλύπτεται από ορυκτούς πόρους, θα δει τις εισαγωγές της

ενέργειας να αυξάνονται από 50% που είναι σήμερα, σε 70%. Παράλληλα ο ανταγωνισμός για την διασφάλιση πόρων ενέργειας οδηγεί συχνά μέχρι και σε πολιτικές εντάσεις, απειλώντας ακόμη και την ειρήνη σε ορισμένες περιοχές του πλανήτη.^[21]

1.1.3 Όξινη βροχή

Η όξινη βροχή είναι ένα φαινόμενο το οποίο δημιουργείται από την αντίδραση του διοξειδίου του θείου (SO₂) και των οξειδίων του αζώτου με τους υδρογονάνθρακες που υπάρχουν στα σύννεφα. Η αντίδραση αυτή έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία θειικού και νιτρικού οξέος. Το διοξείδιο του θείου απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα μέσα από τις καύσεις των καμίνων παραγωγής μετάλλων, των εργοστασίων ηλεκτροπαραγωγής, και των οχημάτων ντίζελ, ενώ τα οξείδια του αζώτου βγαίνουν από τις ίδιες πηγές και τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα.^[22]

Τα δύο αυτά οξέα που παράγονται, πέφτουν τελικά μαζί με τη βροχή στο έδαφος δίνοντας της με την παρουσία τους, έντονα όξινα χαρακτηριστικά.

Το τελικό αποτέλεσμα είναι η αύξηση της οξύτητας του φλοιού της γης, καθώς επίσης η ανατροπή της χημικής ισορροπίας των ποταμών και των λιμνών που οδηγούν σε καταστροφές δασών και εξόντωση οργανισμών.

Παράλληλα η όξινη βροχή μπορεί να προσβάλλει υλικά όπως το μάρμαρο, τον ασβεστόλιθο και τον βασάλτη προκαλώντας επιπλέον καταστροφές. Οι πλέον απειλούμενες περιοχές του κόσμου σήμερα είναι ο Καναδάς, οι ανατολικές και δυτικές ΗΠΑ, η Σκανδιναβία και η Ιαπωνία.

2. ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στην γη υπάρχουν ένα σύνολο πηγών ενέργειας που είναι διαθέσιμες στον άνθρωπο και μπορούμε να τις ξεχωρίσουμε στις πηγές που βρίσκονται στα αποθέματα στο εσωτερικό στερεό φλοιό της Γης και σε αυτές που έχουν βασική προέλευση τον ήλιο (την ηλιακή ενέργεια).

Οι πρώτες που είναι και οι κύριες πηγές που χρησιμοποιούμε σήμερα μπορούν να χωριστούν σε στερεά, υγρά και αέρια μορφή:

2.1 Στερεά

Στα στερεά μπορούμε να συμπεριλάβουμε το ξύλο (μπορεί να θεωρηθεί και σαν ανανεώσιμη πηγή), το κάρβουνο και τον λιγνίτη που έως τώρα ήταν η κύρια καύσιμη ύλη. Με την καύση του ξύλου ξεκίνησε ο άνθρωπος να εκμεταλλεύεται την ενέργεια που τον περιβάλλει σαν μορφή θερμότητας αλλά και αργότερα για να την μετατρέψει σε άλλες μορφές ενέργειας. Έπειτα με το κάρβουνο και τον λιγνίτη συνέχισε και έχει καταλήξει να βασίζεται η παγκόσμια βιομηχανία παραγωγής στην καύση των ορυκτών.

Μια άλλη μορφή είναι τα πυρηνικά από τα οποία την δεκαετία του 40 προστέθηκε στην ανθρωπότητα και βασίστηκαν αρχικά πολλές χώρες με πρωτοπόρα την Γαλλία σε αυτόν τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας. Στις μέρες μας όμως έχουμε αντιληφτεί την το πρόβλημα της ανεξέλεγκτης δημιουργίας πυρηνικών όπλων αλλά και της αποθήκευσης των πυρηνικών αποβλήτων αλλά και των σοβαρών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που επιφέρουν, ειδικά σε περίπτωση ατυχήματος όπως έχουν συμβεί στο παρελθόν με αποτέλεσμα τον ακαριαίο και τον βραχυπρόθεσμο θάνατο.^[23]

2.2 Υγρά

Τα υγρά αποτελούνται από πετρέλαιο και όλα τα παρελκόμενα (βενζίνη, κηροζίνη κ.τ.λ). Το πετρέλαιο βρίσκεται στα έγκατα της Γής, από πού γίνεται η άντληση του. Αρχικά η χρήση του ήταν περιορισμένη σε φωτισμό και την ιατρική μέχρι την βιομηχανική του εκμετάλλευση όπου στα μέσα του 19^{ου} και έπειτα του 20^{ου} πήραν πολύ μεγάλες διαστάσεις. Ωστόσο έχουμε ήδη αντιληφτεί ότι κάποια στιγμή θα έρθει το πέρας τους.

2.3 Αέρια

Στα αέρια καύσιμα έχουμε το φυσικό αέριο. Το φυσικό αέριο βρίσκεται στο ίδιο σημείο με το πετρέλαιο και η άντληση του γίνεται σχεδόν πάντα στα ίδια σημεία. Η χρήση του άρχισε στον 20^ο και πλέον έχει εξαπλωθεί στον ίδιο βαθμό με το πετρέλαιο σε βιομηχανική και οικιακή χρήση. Είναι ποίο οικονομικό από το πετρέλαιο αλλά και πιο επικίνδυνο καθώς είναι άοσμο και η αντίληψη του είναι πιο δύσκολη.

Η καύση αυτών των πηγών έχουν ως άμεσα προϊόντα το CO₂, τα οξείδια του αζώτου και του θείου. Κάτι που έχει προκαλέσει μεγάλη καταστροφή στο περιβάλλον με την υπερθέρμανση του πλανήτη (φαινόμενο του θερμοκηπίου) αλλά και τα σωματίδια που έχουν δημιουργήσει αποπνικτικό το περιβάλλον κυρίως στις πόλεις.

Όλες οι μεγάλης πυκνότητας ισχύος συμβατικές πηγές ενέργειας, εκτός από την αδιαμφισβήτητη προσφορά τους στην ανάπτυξη της τεχνολογίας και της επιστήμης και τη μεγάλη συμβολή τους στη βελτίωση της διαβίωσης του ανθρώπου, συνδέονται δυστυχώς με πολύ σοβαρές και εμφανώς αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Έτσι, ενισχύεται διεθνώς η άποψη για μερική, σε πρώτη φάση, αντικατάσταση τους με άλλες πηγές ενέργειας, που να μη ρυπαίνουν και να ενσωματώνονται φιλικά στο περιβάλλον, τις λεγόμενες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

3. ΑΝΑΝΕΩΣΗΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν βασική τους προέλευση τον Ήλιο. Η ακτινοβολούμενη απ' τον ήλιο ενέργεια, που φτάνει στη Γη, εκτός από τη γενικότερη συμβολή της στη δημιουργία, ανάπτυξη και διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας, δίνει ακατάπαυστα ενέργεια, που την αξιοποιούμε σε διάφορες μορφές. Άμεσα θερμαίνει (π.χ νερό-ηλιακοί συλλέκτες), εξατμίζει μεγάλες ποσότητες θαλασσινού νερού και συντηρεί τον γνωστό φυσικό κύκλο, δημιουργώντας τις λίμνες και τα ποτάμια, που αποτελούν πρόσθετη πηγή ενέργειας (υδατοπτώσεις, υδροηλεκτρική ενέργεια). Θέτει σε κίνηση τις αέριες μάζες της ατμόσφαιρας (Αιολική ενέργεια), δημιουργεί τα κύματα (Ενέργεια κυμάτων). Απορροφούμενη από συνδυασμένα υλικά παράγει ηλεκτρισμό (Φωτοβολταϊκό φαινόμενο). Συμβάλλει στην ανάπτυξη της χλωρίδας, η καύση δε των φυτικών προϊόντων παράγει ενέργεια (βιομάζα).^[9]

Οι ήπιες μορφές ενέργειας ή "Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας" (ΑΠΕ) είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Ο όρος "ήπιες" αναφέρεται σε δυο βασικά χαρακτηριστικά τους. Καταρχήν, για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση, καύση, όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Δεύτερο, πρόκειται για "καθαρές" μορφές ενέργειας, πολύ φιλικές στο περιβάλλον, που δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Τελευταία από την Ευρωπαϊκή Ένωση υιοθετούνται νέες πολιτικές για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που προάγουν τέτοιες εσωτερικές πολιτικές και για τα κράτη μέλη.^[10]

Οι κύριες μορφές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι:

3.1 Η Ηλιακή Ενέργεια

Αυτή αξιοποιείται μέσω τεχνολογιών που εκμεταλλεύονται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία και διακρίνονται στα:

Θερμικά Ηλιακά Συστήματα, στα οποία χρησιμοποιούνται κατάλληλοι συλλέκτες για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας και την αποθήκευση της, με τη μορφή θερμότητας, σε κάποιο ρευστό.

Φωτοβολταϊκά Συστήματα, με τα οποία μετατρέπεται η ηλιακή ενέργεια απευθείας σε ηλεκτρική, μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.^[12]

3.2 Η Αιολική Ενέργεια

Στηρίζεται στην εκμετάλλευση της κινητικής ενέργειας των ανέμων. Οι μηχανές που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό δεσμεύουν την κινητική ενέργεια του ανέμου και την μετατρέπουν είτε σε κάποια άλλη μορφή μηχανικής ενέργειας είτε, συνηθέστερα, σε ηλεκτρική.^[24]

3.3 Η Γεωθερμική Ενέργεια

Αξιοποιούνται τα θερμά νερά ή/και οι ατμοί που υπάρχουν σε υπόγειους ταμιευτήρες σε πολλές περιοχές της Γης. Τα ρευστά αυτά, όταν είναι εφικτό να αντληθούν με οικονομικά συμφέρον κόστος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε σε θερμικές εφαρμογές, είτε για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

3.4 Η Ενέργεια από Βιομάζα

Με τον όρο αυτό εννοούμε τη χημική ενέργεια που εμπεριέχεται σε κάθε υλικό που προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Η καύση της βιομάζας, είτε απευθείας είτε μετατρεπόμενη σε κατάλληλο καύσιμο, αποδίδει θερμική ενέργεια, η οποία, στη συνέχεια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ποικιλία εφαρμογών.

3.5 Η Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Στηρίζεται στην εκμετάλλευση της μηχανικής ενέργειας του νερού των ποταμών και την μετατροπής της σε ηλεκτρική ενέργεια με τη βοήθεια στροβίλων και ηλεκτρογεννητριών.

Όλες οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρουσιάζουν κάποια κοινά πλεονεκτήματα, με κυριότερα από αυτά, την απεξάρτηση από τα συμβατικά καύσιμα, την προστασία του περιβάλλοντος, το μηδενικό κόστος πρώτης ύλης, το οποίο, σε συνδυασμό με τις μικρές έως ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης που εμφανίζουν, συνεπάγεται πολύ περιορισμένο κόστος λειτουργίας. Έτσι, αντισταθμίζεται σε μεγάλο βαθμό το μέχρι σήμερα μειονέκτημα του αυξημένου κόστους που απαιτείται για την εγκατάσταση των μονάδων εκμετάλλευσης τους.^[25]

Πέραν των ανωτέρω, η παραγωγή της ενέργειας στις περιπτώσεις αυτές γίνεται από μονάδες σχετικά μικρής δυναμικότητας, οι οποίες βρίσκονται συνήθως κοντά στον τόπο κατανάλωσης της.^[25] Με τον τρόπο αυτό, περιορίζονται οι απώλειες κατά τη μεταφορά της ενέργειας που παρουσιάζονται, για παράδειγμα, στην περίπτωση του ηλεκτρικού ρεύματος, ενώ, ταυτόχρονα, υποβοηθείται η αποκέντρωση και η ανάπτυξη της τοπικής οικονομίας σε κάθε περιοχή όπου εγκαθίστανται τέτοιου είδους μονάδες.

4. Η ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΤΗΣ ΓΗΣ

4.1 Ο ήλιος

Ο ήλιος είναι ένα τυπικό αστέρι, με μάζα 2×10^{30} kg, ακτίνα 700.000 km, ηλικία 5×10^9 χρόνια και υπολογίζεται ότι έχει μπροστά του άλλα 5 περίπου δισεκατομμύρια χρόνια ζωής. Η επιφανειακή θερμοκρασία του είναι ~ 5.800 K, ενώ η εσωτερική, περίπου, 15.000.000 K. Η υψηλή θερμοκρασία του ήλιου οφείλεται στις αυτοσυντηρούμενες πυρηνικές αντιδράσεις που συμβαίνουν στο εσωτερικό του κατά τις οποίες μετατρέπεται το υδρογόνο σε ήλιο. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, η πυρηνική αντίδραση:

$4 \text{ } ^1_1\text{H} \rightarrow \text{}^4_2\text{He} + \text{Ενέργεια}$ (2.1) δικαιολογεί, με το έλλειμμα μάζας, την εκλυόμενη ενέργεια με βάση τη γνωστή σχέση $E = \Delta m \cdot c^2$, από την ειδική θεωρία της σχετικότητας του Einstein. Υπολογίζεται ότι για κάθε γραμμάριο υδρογόνου, που μετατρέπεται σε He, εκλύεται ενέργεια ίση με $U = 1,67 \times 10^8$ kWh. Η ηλιακή ενέργεια διαδίδεται στο σύμπαν, κυρίως με ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αλλά και με σωματιδιακή μορφή. ^[13]

4.2 Η ακτινοβολία του ήλιου

Η τροχιά της γης, κατά την κίνηση της γύρω απ' τον ήλιο, είναι έλλειψη, με τον ήλιο στη μία των εστιών της, με μήκος μεγάλου ημιάξονα, $a = 149,6 \times 10^6$ km και εκκεντρότητα, $e \sim 0,01673$. Η απόσταση γης-ήλιου μεταβάλλεται περιοδικά, κατά τη διάρκεια του έτους, μεταξύ της μέγιστης τιμής της (περί την 1η Ιουλίου), που ονομάζεται αφήλιο ($\sim 152,1 \times 10^6$ km) και της ελαχίστης (περί την 1η Ιανουαρίου), που ονομάζεται περιήλιο ($147,1 \times 10^6$ km). Το μήκος του μεγάλου ημιάξονα, a , προσεγγιστικά $150.000.000$ km, λαμβάνεται ως μονάδα μήκους σε διαστημικές αποστάσεις, ονομάζεται Αστρονομική Μονάδα και συμβολίζεται ως 1 AU (Astronomical Unit). Για να διανύσει την απόσταση αυτή το φως, με την ταχύτητα των ~ 300.000 km/s, απαιτούνται $\sim 8,5$ min. Η εκπεμπόμενη ακτινοβολία απομακρύνεται ακτινικά από τον αστέρα προς το διάστημα και άρα η ένταση J , της ακτινοβολίας του, μεταβάλλεται αντιστρόφως αναλόγως με το τετράγωνο της απόστασης:

$$J = \frac{P}{4\pi d^2}$$

όπου P η ολική, σ' όλα τα μήκη κύματος, εκπεμπόμενη από απ' όλη την επιφάνειά του, ισχύς της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και d η απόσταση από τον ήλιο στην οποία μετράται η ένταση. ^[13]

4.3 Η ηλιακή σταθερά

Η ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, που αντιστοιχεί στη μέση απόσταση πλανήτη-ήλιου, ενός ηλιακού συστήματος, ονομάζεται ηλιακή σταθερά του συγκεκριμένου πλανήτη. Στην περίπτωση του ηλιακού μας συστήματος, ηλιακή σταθερά για τη γη, ορίζεται σε απόσταση 1 AU από τον ήλιο. Το 1970 προτάθηκε ως πρότυπη τιμή της ηλιακής σταθεράς, η (1353 ± 21) W/m². Μεταγενέστερες, περισσότερο ακριβείς, μετρήσεις από δορυφόρους έδωσαν, τιμές για την ηλιακή σταθερά, στην περιοχή 1363-1375 W/m². Η μέση τιμή τους, $J_0 = 1367$ W/m², χρησιμοποιείται πλέον διεθνώς, ως πρότυπη τιμή της

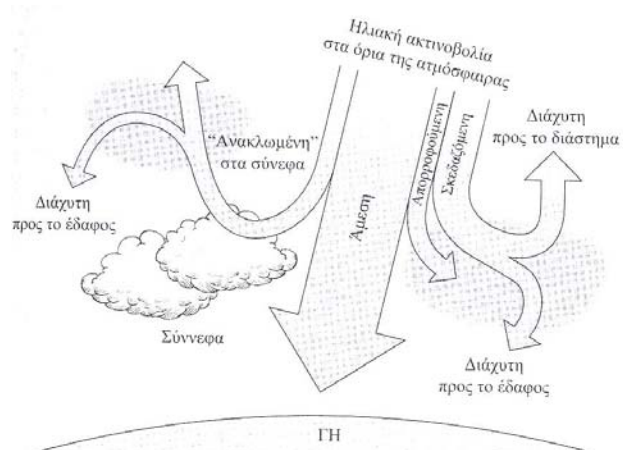
ηλιακής σταθεράς για τη γη. Η μετρούμενη τιμή της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ γης και ήλιου, η οποία αλλάζει κατά τη διάρκεια του έτους, όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Εξαρτάται επίσης, από την περιοδική εμφάνιση των ηλιακών κηλίδων (ενδεκαετής κύκλος) και από την περιστροφή του ήλιου γύρω απ' τον άξονα του, η οποία προκαλεί περιοδική απόκρυψη των κηλίδων. Η ηλιακή σταθερά αυξάνει καθώς αυξάνει η ηλικία του ηλιακού μας συστήματος. Έχει παρατηρηθεί ελάττωση της ακτίνας του ήλιου, που έχει ως συνέπεια την αύξηση της θερμοκρασίας του. Το φάσμα του ηλιακού φωτός στα όρια της ατμόσφαιρας χαρακτηρίζεται με τη συντετημημένη έκφραση AMO (Air Mass 0).^[14,15]

4.4 Ολική, απευθείας, διάχυτη και διάχυτα ανακλώμενη ακτινοβολία^[26]

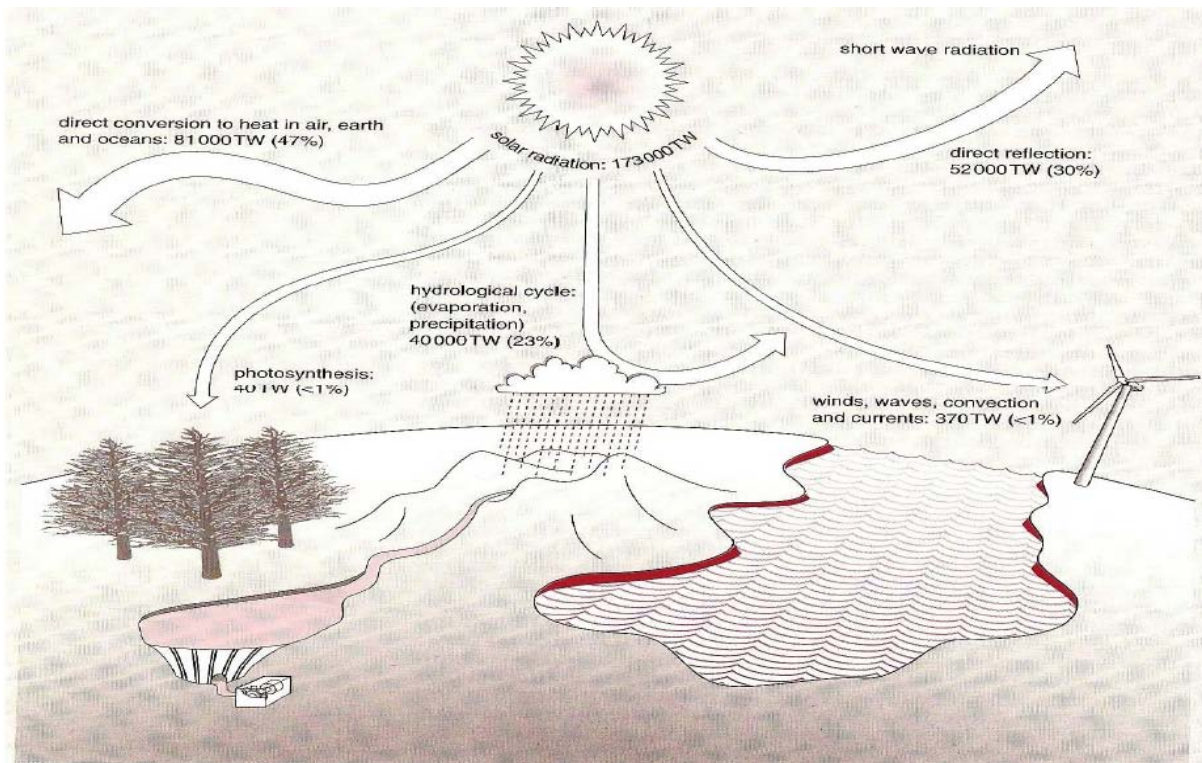
Κατά τη διέλευση των ηλιακών ακτινών, από τη γήινη ατμόσφαιρα, η ένταση τους ελαττώνεται, καθώς τα φωτόνια σκεδάζονται αφενός στα μόρια της ατμόσφαιρα και στα πολύ μικρής διαμέτρου d , σωματίδια ($d \ll \lambda$, σκέδαση Rayleigh), αφετέρου, στα μεγαλύτερης διαμέτρου αιωρήματα της, δηλαδή, τους υδρατμούς, τη σκόνη και τον καπνό (Σκέδαση Mie ή Tyndall). Ένα άλλο μέρος της ακτινοβολίας, απορροφάται από ορισμένα συστατικά της ατμόσφαιρας. Παραδείγματος χάριν, η υπεριώδης ακτινοβολία απορροφάται από τα μόρια του όζοντος, στα ανώτερα στρώματα της κύριας μάζας της ατμόσφαιρας, έτσι ώστε η ένταση των ακτινών αυτών, στην επιφάνεια της γης, να είναι εξαιρετικά μειωμένη και η καρκινογόνος δράση της αρκετά περιορισμένη. Ομοίως απορροφούν οι υδρατμοί, το CO₂, τα οξείδια του αζώτου κ.α., σε άλλες περιοχές του φάσματος. Τέλος, μέρος της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας φτάνει στην επιφάνεια της γης.

Συνεπώς, σε κάθε τόπο της επιφάνειας της γης, φτάνουν δύο συνιστώσες του ηλιακού φωτός: η απευθείας, ή άμεση B (Beam) και η σκεδαζόμενη στα μόρια του αέρα, η οποία ονομάζεται διάχυτη, D (Diffuse) (Εικόνα 2.1). Η διάχυτη ακτινοβολία σε οριζόντια επιφάνεια, προέρχεται από όλο τον ουράνιο θόλο (πάνω από το φυσικό ορίζοντα) και σε πρώτη εκτίμηση, μπορεί να θεωρηθεί ισότροπη.

Γενικά, λοιπόν, η προσπίπτουσα ακτινοβολία σε ένα συλλέκτη ή ένα αισθητήρα, αποτελείται από την απευθείας, τη διάχυτη και τη διάχυτα «ανακλώμενη» από το έδαφος. Η συνολική αυτή ακτινοβολία αναφέρεται ως ολική ακτινοβολία σε κεκλιμένο ή οριζόντιο συλλέκτη και θα τη συμβολίζουμε με G (Global Irradiation).



ΕΙΚΟΝΑ 4.4.1 Ηλιακή ακτινοβολία

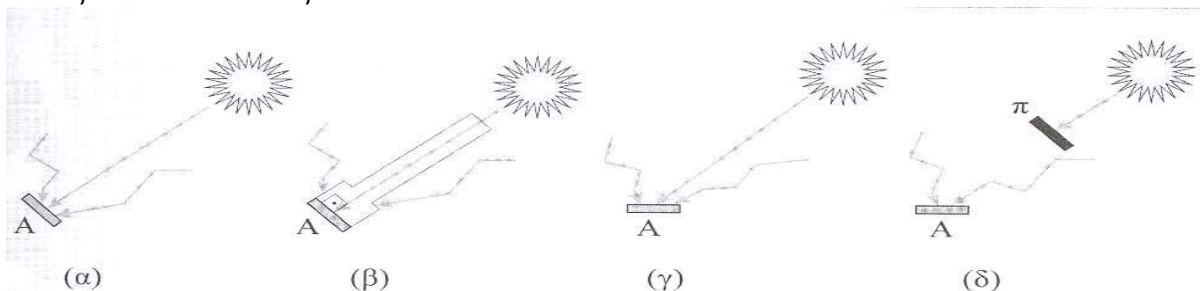


ΕΙΚΟΝΑ 4.4.II Προσδιδόμενη ηλιακή ακτινοβολία

Η διάχυτα ανακλώμενη εξαρτάται από τη μορφολογία και το χρώμα του εδάφους ή της επικάλυψης του (γρασίδι ή χιόνι) και την πυκνότητα των νεφών, ενώ η ολική, απευθείας και διάχυτη, εξαρτώνται, σε γενικές γραμμές, από τους επόμενους παράγοντες:

- α) τη σύσταση - κατάσταση της ατμόσφαιρας, τη δεδομένη χρονική στιγμή (υγρασία και γενικά, τα αιωρήματα της ατμόσφαιρας)
- β) την ημέρα κατά τη διάρκεια του έτους
- γ) τη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών στη συλλεκτική επιφάνεια (ύψος του ήλιου κατά τη διάρκεια της ημέρας).

Στην περίπτωση που αναφερόμαστε στην ακτινοβολία στα όρια της ατμόσφαιρας (χωρίς την επίδραση της ατμόσφαιρας στη διέλευση του φωτός), χρησιμοποιούνται τα σύμβολα G_{ext} και B_{ext} , για την ολική και απευθείας ακτινοβολία, αντίστοιχα. Η απευθείας ακτινοβολία μπορεί να διακριθεί από τη διάχυτη, με βάση το οπτικό αποτέλεσμα της διέλευσης τους από συγκεντρωτικό φακό ή την ανάκλαση τους σε κοίλο κάτοπτρο. Η πρώτη συγκλίνει και σχηματίζει το είδωλο του ήλιου και μάλιστα, εξαιτίας της μεγάλης απόστασης του απ' το οπτικό όργανο, το είδωλο του σχηματίζεται, πρακτικά, πάνω στην εστία του οπτικού οργάνου. Αντίθετα η διάχυτη ακτινοβολία, προερχόμενη από όλο τον ουρανό, δεν εστιάζεται και συνεπώς δεν δίδει είδωλο.



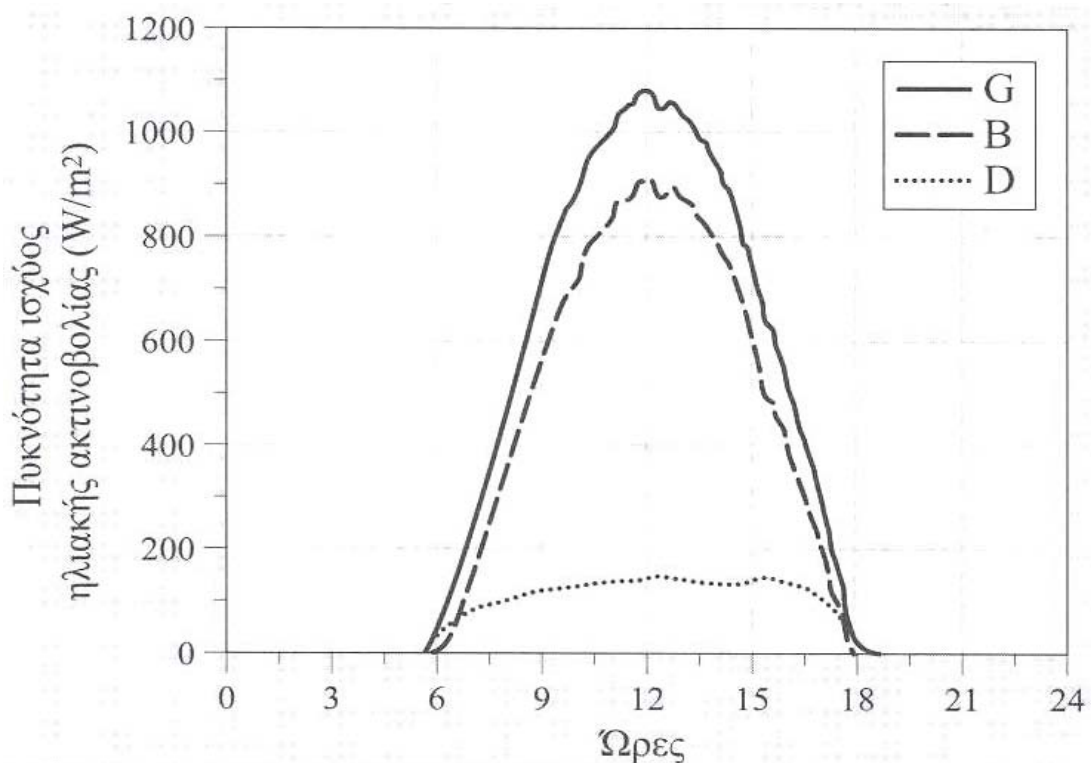
ΕΙΚΟΝΑ 4.4.III (α) Ολική ακτινοβολία σε επιφάνεια κάθετη στην άμεση (β) Άμεση ακτινοβολία κάθετη στην επιφάνεια (γ) Ολική ακτινοβολία σε οριζόντια επιφάνεια (δ) Διάχυτη ακτινοβολία σε οριζόντια επιφάνεια

Μεταξύ της ολικής οριζόντιας ακτινοβολίας, G , που προσπίπτει σε συλλεκτική επιφάνεια ή που μετρείται με αισθητήρα (π.χ. πυρανόμετρο), της κάθετης απ' ευθείας ακτινοβολίας, B_n , και της διάχυτης D , ισχύει η επόμενη σχέση:

$$G = B + D = B_n \sin z + D \tag{4.4}$$

όπου z , η ζενίθ γωνία του ήλιου ($z=90-EL$, EL το ύψος του ήλιου)

Κατά την ανατολή του ήλιου, η ζενίθ γωνία είναι $z=90^\circ$ και άρα η ολική οριζόντια πυκνότητα ισχύος της ακτινοβολίας G , καθορίζεται, κυρίως, από τη διάχυτη συνιστώσα, D . Καθώς το ύψος του ήλιου αυξάνει, μέσα σε μια αίθρια ημέρα, η απευθείας κάθετη ακτινοβολία, αυξάνει μέχρι το ηλιακό μεσημέρι, μετά το οποίο ελαττώνεται, κατά συμμετρικό τρόπο.



ΕΙΚΟΝΑ 4.4.IV Ημερήσια μεταβολή της πυκνότητας ισχύος της ολικής, της απευθείας και της οριζόντια διάχυτης ακτινοβολίας, κατά μία αίθρια μέρα

Με βάση τις ωριαίες τιμές των συνιστωσών G , B και D , προκύπτουν οι ημερήσιες μέσες τιμές, οι μηνιαίες μέσες τιμές των μεγεθών αυτών καθώς και οι ετήσιες μέσες τιμές. Προκειμένου τα αποτελέσματα αυτά να αξιοποιηθούν σε ενεργειακούς υπολογισμούς, συλλέγονται επί σειρά πολλών ετών (π.χ. 30 ετών), η επεξεργασία των οποίων δίνει το Τυπικό Μετεωρολογικό Έτος για τον αντίστοιχο τόπο.

Συνήθως δεν διατίθενται αναλυτικές μετρήσεις της πυκνότητας ισχύος της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε κάθε θέση και πολύ περισσότερο μετρήσεις της G σε διάφορες γωνίες κλίσεως συλλέκτη. Έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι (αναλυτικές και αριθμητικές) για την αναγωγή των μετρήσεων της πυκνότητας ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο αισθητήρα, σε τιμές που θα κατέγραψε, ο ίδιος αισθητήρας, προσανατολισμένος παράλληλα προς το επίπεδο του κεκλιμένου συλλέκτη. Με εφαρμογή των μεθόδων αυτών μπορεί να υπολογιστεί η βέλτιστη κλίση συλλέκτη, σε ορισμένο τόπο, με αξιοποίηση

μετρήσεων ακτινοβολίας σε οριζόντιο αισθητήρα. Στον πίνακα 2.2 δίδονται τυπικές τιμές ημερήσιας μεταβολής χαρακτηριστικών λόγων πυκνοτήτων ισχύος ηλιακής ακτινοβολίας.

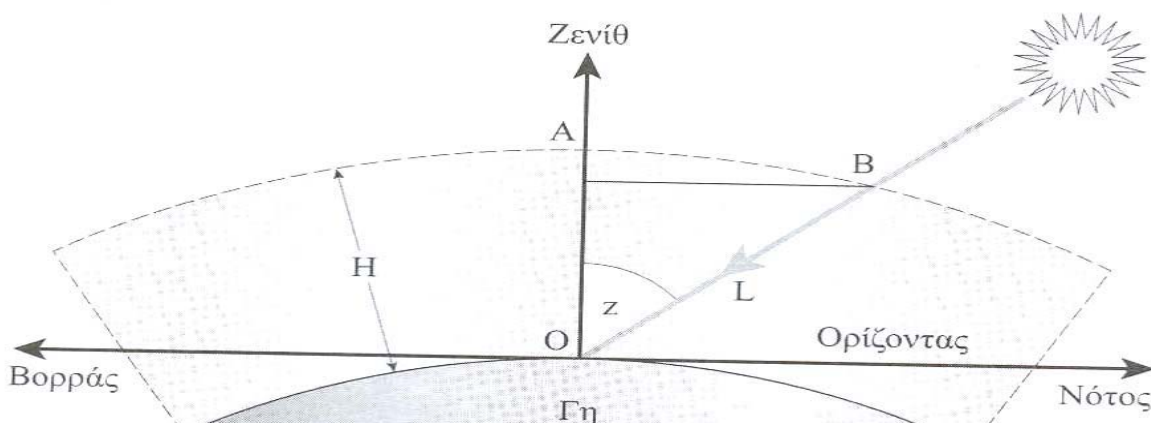
Όσον αφορά στο μέγεθος της διάχυτα ανακλώμενης ακτινοβολίας, που προσπίπτει στην επιφάνεια ενός συλλέκτη ή αισθητήρα, αυτό καθορίζεται από τη φύση της επιφάνειας που «ανακλά» διάχυτα. Το φως «ανακλάται» στα σύννεφα, στο γυμνό έδαφος, στα φυτά, στο χιόνι, στο νερό (π.χ. θαλασσών, λιμνών), στις κατασκευές του ανθρώπου (π.χ. κτίσματα, θερμοκήπια) κ.α.. Η διάχυτη ανακλαστικότητα, δηλαδή, το ποσοστό της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας από την επιφάνεια της γης και ό,τι την καλύπτει, αναφέρεται, στη βιβλιογραφία, ως albedo. Τιμές του albedo σε διάφορες περιπτώσεις, αναφέρονται στον επόμενο πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4. Συντελεστής διάχυτης ανάκλασης σε σχέση με το είδος επιφάνειας

Είδος επιφάνειας	Συντελεστής διάχυτης ανάκλασης ή albedo
Επιφάνεια νερού, θάλασσα	0,05
Ασφαλτόστρωμα	0,07
Αγρός σκοτεινόχρωμος	0,08
Αγρός πράσινος	0,15
Βραχώδης επιφάνεια	0,20
Επιφάνεια τσιμέντου	0,24 - 0,30
Χιόνι	0,60

Η πυκνότητα ισχύος της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας, κάθετα στην επιφανή συλλογής, που αντιστοιχεί σε AM1 (Air mass 1), έχει τυπική τιμή ~950 W/m². Η AM1 μπορεί να μετρηθεί σε τόπους με γ.π. μεταξύ των τιμών -23,5° και 23,5°, διότι μόνο σ' αυτούς, οι ηλιακές ακτίνες μπορούν να διαπεράσουν κάθετα την ατμόσφαιρα, δύο φορές μέσα στο έτος. Καθώς το ύψος (EL, Elevation) του ήλιου, δηλαδή, η γωνία των ακτινών του, σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο του τόπου, αλλάζει, οι ακτίνες του διανύουν διαφορετικό μήκος μέσα στην ατμόσφαιρα.

Ο λόγος $m=L/H$, του μήκους της διαδρομής των ηλιακών ακτινών μέσα στη ατμόσφαιρα σε σχέση με το πάχος της ατμόσφαιρας, προσδιορίζει τον αριθμό, m τίθεται μετά τα ακρωνύμια A, M. Καθορίζει ουσιαστικά την ελάττωση της έντασης του φωτός, που προκαλείται από τον μεγαλύτερο δρόμο που διανύουν σ' αυτή την περίπτωση, οι ακτίνες του ήλιου μέσα στην ατμόσφαιρα. Όπως είναι φανερό, ο λόγος m , εξαρτάται από τη ζενίθ γωνία z , μεταξύ των ηλιακών ακτινών και της διεύθυνσης του Ζενίθ του τόπου.



ΕΙΚΟΝΑ 4.4.V Το μήκος L , που διανύουν οι ηλιακές ακτίνες μέσα στην ατμόσφαιρα, πάχους H , καθορίζει την ολική ελάττωση της έντασης τους

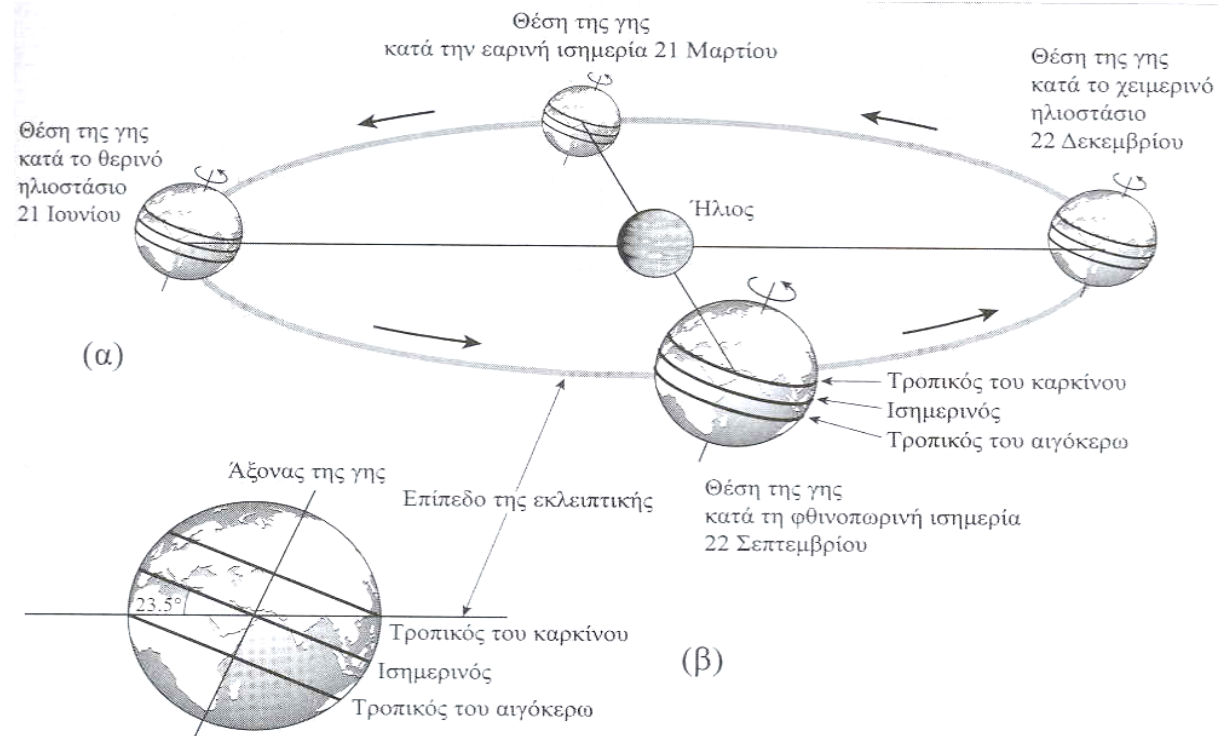
Για μεγαλύτερες γωνίες η σχέση είναι πιο σύνθετη. Συνεπώς, με γνωστή τη γωνία z , προσδιορίζεται ο λόγος m . Σημειώστε τη σχέση μεταξύ ζενίθ γωνίας z και ύψους του ήλιου, $EL=90^\circ-z$. Για γωνία πρόσπτωσης των ακτίνων, ίση με $48,19^\circ$ το φάσμα λέγεται AM1,5 (τεμ $48,19^\circ=1,50$, $EL=41,81^\circ$) και η αντίστοιχη πυκνότητα ισχύος της ολικής οριζόντιας ηλιακής ακτινοβολίας έχει τιμή περίπου 830 W/m^2 . Για γωνία $\theta=60^\circ$ το φάσμα της καταγραφόμενης ηλιακής ακτινοβολίας είναι διαφορετικό απ' ότι για τη γωνία $z=48,19^\circ$, αναφέρεται ως AM2 (τεμ $60^\circ=2$) και η πυκνότητα ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας είναι, περίπου, $\sim 700 \text{ W/m}^2$.

Οι παραπάνω τιμές της πυκνότητας ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας, δεν έχουν εντελώς αυστηρή τυποποίηση και καλό είναι να θεωρούνται ενδεικτικές. Σύμφωνα με τα προηγούμενα, η τιμή της ηλιακής σταθεράς αντιστοιχεί σε μηδενική μάζα αέρα (Air Mass zero, AM0), δηλαδή στα όρια της ατμόσφαιρας, όπου η πυκνότητα ισχύος της ολικής κάθετης ηλιακής ακτινοβολίας έχει την τιμή της ηλιακής σταθεράς, 1367 W/m^2 .

4.5 Η κίνηση της γης γύρω από το ήλιο^[26]

Η κίνηση της γης γύρω απ' τον ήλιο μπορεί να αναλυθεί σε δύο κύριες συνιστώσες: Περιφορά γύρω απ' τον ήλιο, σε ελλειπτική τροχιά, με τον ήλιο στη μια εκ των δύο εστιών. Περιστροφή της γης γύρω από τον άξονα της.

Παρακάτω δείχνεται η σύνθετη κίνηση της γης γύρω απ' τον ήλιο. Κατά την περιφορά της διαγράφει ελλειπτική τροχιά, η οποία ονομάζεται εκλειπτική. Μπορείτε επίσης να παρατηρήσετε την περιστροφή της γης γύρω απ' τον άξονα της, σε τέσσερις χαρακτηριστικές θέσεις της γης κατά τη διάρκεια του έτους. Ο άξονας της γης μετατοπίζεται, περίπου παράλληλα προς τον εαυτό του, σχηματίζοντας σχεδόν σταθερή γωνία με την εκλειπτική. Το επίπεδο του ισημερινού της γης, που είναι κάθετο στον άξονα της γης, σχηματίζει με το επίπεδο της εκλειπτικής γωνία, ίση με $23,45^\circ$.



ΕΙΚΟΝΑ 4.5. Η κίνηση της Γής γύρω από τον ήλιο

Φυσικά, την ίδια γωνία σχηματίζει και κάθε άλλος παράλληλος της γης (παράλληλος προς τον ισημερινό), με την εκλειπτική. Έτσι, καθώς η γη αλλάζει θέση στην ετήσια τροχιά της περί τον ήλιο, αλλάζει το ύψος μεσουράνησης του ήλιου σε κάθε τόπο στην επιφάνεια της. Για τόπο στο βόρειο ημισφαίριο, η θέση μεσουράνησης παίρνει την μικρότερη τιμή της το χειμώνα (22 Δεκεμβρίου) και τη μέγιστη το καλοκαίρι (21 Ιουνίου). Το αντίθετο ισχύει για τόπους του νοτίου ημισφαιρίου. Στις 21 Μαρτίου και 22 Σεπτεμβρίου, η ημέρα έχει ίση διάρκεια με τη νύκτα (Ισημερίες).

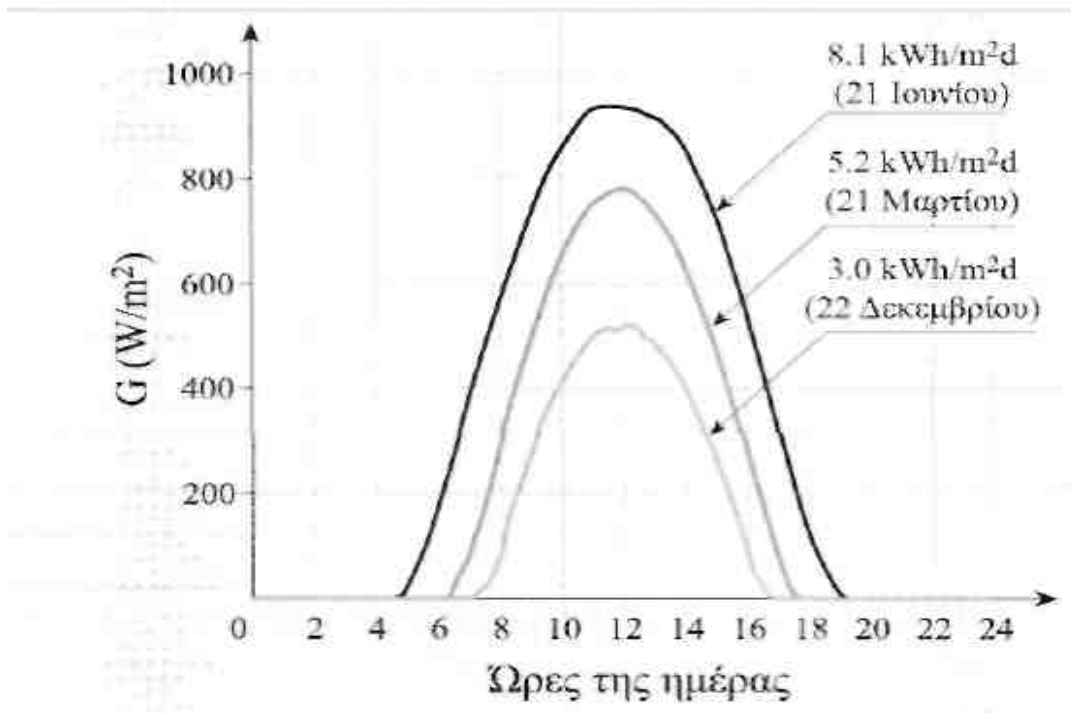
Ένας προσφιλής τρόπος για να περιγράψουμε την κίνηση της γης γύρω απ' τον ήλιο, είναι να δούμε το φαινόμενο αυτό από τη θέση του τοπικού παρατηρητή. Αυτός ο παρατηρητής περιγράφει τα προηγούμενα, ως κίνηση του ήλιου γύρω απ' τη γη, που τη θεωρεί ακίνητη. Γι' αυτόν, όλα τα αστέρια και οι πλανήτες φαίνονται να είναι τοποθετημένα σε μια τεράστια σφαίρα, την ουράνια σφαίρα, η οποία φαίνεται να περιστρέφεται γύρω απ' τη γη με φορά αντίθετη της περιστροφής της γης.

4.6 Ημερήσια ενεργειακή απολαβή από τον ήλιο

Η ενέργεια ανά m^2 που φτάνει στην επιφάνεια της Γης μέσα σε μια μέρα εξαρτάται από την κλίση της συλλεκτικής επίπεδης επιφάνειας, το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, τη μέρα του χρόνου και από τις συγκεντρώσεις των διαφόρων αερίων, υγρών και στερεών συστατικών και αιωρημάτων της ατμόσφαιρας κατά την ημέρα εκείνη.

Προκειμένου, όμως, να υπάρχουν συγκρίσιμα στοιχεία σε διεθνή κλίμακα αναφερόμαστε σε μετρήσεις με αισθητήρες, οι οποίοι τοποθετούνται με τη συλλεκτική τους επιφάνεια οριζόντια. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι μέσες ημερήσιες τιμές της πυκνότητας ισχύος και της πυκνότητας ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας, σε οριζόντια επιφάνεια, μέσα σε κάθε μήνα και μέσα στο έτος. Για να αξιοποιηθούν αυτά τα μετεωρολογικά στοιχεία σε πρακτικές εφαρμογές (π.χ. σε ενεργειακές μελέτες), απαιτούνται μετρήσεις που να καλύπτουν περίοδο πολλών ετών (π.χ. 10 έως 30 ετών). Σε περιπτώσεις που λείπουν στοιχεία μακράς περιόδου για κάποιο τόπο, μπορούν να αξιοποιούνται στοιχεία που έχουν συλλεχθεί σε μικρότερες χρονικές περιόδους με την επιφύλαξη της μικρότερης αξιοπιστίας τους.

Τυπικές μορφές εξέλιξης μέσα στην ημέρα της πυκνότητας ισχύος της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο (G σε W/m^2), απεικονίζονται στην εικόνα 2.9. Στο ίδιο σχήμα σημειώνονται και οι αντίστοιχες ενεργειακές πυκνότητες H (σε kWh/m^2d), οι οποίες προκύπτουν ως ολοκλήρωμα ή εμβαδόν κάτω απ' την αντίστοιχη καμπύλη. Σημειώνεται πάντως ότι κατά τη διάρκεια μερικής παρουσίας σύννεφων, γύρω απ' την κατεύθυνση του ήλιου, μπορεί να παρατηρηθούν τιμές της πυκνότητας ισχύος μεγαλύτερες των τιμών που θα καταγράφονταν χωρίς την παρουσία τους. Οι συγκεκριμένες γραφικές παραστάσεις προέρχονται από μετρήσεις που έγιναν στο εργαστήριο "Φωτοβολταϊκό Πάρκο", στο Ηράκλειο της Κρήτης, με γεωγραφικό πλάτος $35,5^\circ$ και γεωγραφικό μήκος 25° ^[14,15]



ΕΙΚΟΝΑ 4.6. Ημερήσια μεταβολή της πυκνότητας ισχύος της ολικής, της απευθείας και της οριζόντια διάχυτης ακτινοβολίας, κατά μία αίθρια μέρα.

Στον τόπο αυτό η μέση, καθ' όλο το έτος, ημερήσια τιμή της ηλιακής ενέργειας, σε οριζόντιο επίπεδο, για μια σειρά πέντε ετών, έχει προκύψει ίση με $H=5 \text{ kWh/m}^2\text{d}$. Σημειώστε ότι τα ολοκληρώματα κάτω από τις καμπύλες του σχήματος, ισούνται με την αντίστοιχη ημερήσια ενέργεια που προσφέρει ο ήλιος στο συλλέκτη ανά μονάδα επιφάνειας. Η ημερήσια μέση πυκνότητα ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας τη συγκεκριμένη ημέρα, προκύπτει διαιρώντας το αντίστοιχο ολοκλήρωμα H (εκφρασμένο π.χ. σε $\text{kWh/m}^2\text{d}$), δια των 24 h ($G = H/T$, όπου $T=24 \text{ h}$). Η μέση τιμή της πυκνότητας ισχύος αντιπροσωπεύει την πυκνότητα ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας, με την οποία αν ο τόπος φωτιζόταν όλο το εικοσιτετράωρο, η συνολική πυκνότητα ενέργειας ηλιακής ακτινοβολίας θα ήταν ίση με την πραγματικά αποδοθείσα κατά τη συγκεκριμένη μέρα. Αποτελεί τυπικό συγκριτικό στοιχείο ηλιακής ακτινοβολίας, για διαφορετικούς τόπους.^[14]

Σε περιοχές κοντά στον ισημερινό, η μέση ετησίως τιμή της είναι μεγαλύτερη (μέχρι και $7 \text{ kWh/m}^2\text{d}$) και αντίστοιχα, σε περιοχές στα όρια των Εύκρατων ζωνών, είναι μικρότερη ($<3 \text{ kWh/m}^2\text{d}$). Άξιο παρατήρησης είναι η ελαττωμένη τιμή της σε περιοχές της Τροπικής ζώνης (γύρω από τον Ισημερινό). Η υψηλή υγρασία των περιοχών αυτών, με την έντονη βλάστηση, έχει ως αποτέλεσμα την ισχυρή ελάττωση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας.

4.7 Ηλιοφάνεια

Εκτός από τη μέση ημερήσια ενέργεια από το ήλιο σε μηνιαία και ετήσια βάση, σε οριζόντιο επίπεδο, χαρακτηριστικό στοιχείο μιας περιοχής είναι η ηλιοφάνεια της. Αυτή εξαρτάται βεβαίως από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου και από την θέση και την διαμόρφωση της περιοχής. Τα χαρακτηριστικά αυτά πιθανόν να ευνοούν την ανάπτυξη νεφώσεων, με αποτέλεσμα την μείωση των ηλιόλουστων ημερών. Η ηλιοφάνεια εκφράζεται σε πλήθος ωρών ανά μήνα και ανά έτος, κατά τις οποίες ο ήλιος είναι ορατός

στον ουρανό. Στην Ελλάδα, η περιοχή με τη μεγαλύτερη ηλιοφάνεια είναι η περιοχή της Ιεράπετρας στο νοτιοανατολικό μέρος της Κρήτης (3108 ώρες ετησίως).^[26]

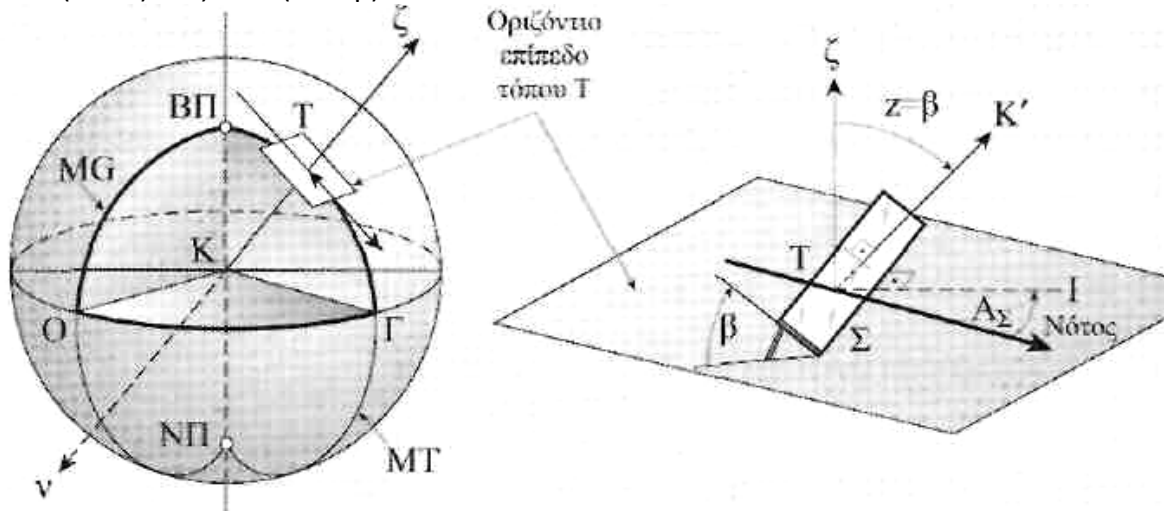
4.8 Προσανατολισμός του συλλέκτη^[14,15]

Σημαντικό ρόλο στην αποδοτικότερη συλλογή ηλιακής ακτινοβολίας από ένα συλλέκτη παίζει ο προσανατολισμός του ως προς τον ηλιακό νότο, ο οποίος αντιστοιχεί στη στιγμή που ο ήλιος βρίσκεται στο μεσημβρινό του συγκεκριμένου τόπου. Στην παράγραφο αυτή θα αναφερθούμε, κατ' αρχήν, σε μια απλή μέθοδο προσδιορισμού του αληθούς νότου, ως προς τον οποίο προσανατολίζουμε συνήθως το συλλέκτη και στη συνέχεια θα εξετάσουμε σε συντομία, τους διάφορους τρόπους τοποθέτησης των συλλεκτών με βασική απαίτηση τη μεγιστοποίηση της ημερησίως συλλεγόμενης ηλιακής ενέργειας, από το συλλέκτη, σε συνδυασμό με μια αξιόπιστη και οικονομική κατασκευή. Κάθε τύπος όπως ο τύπος T, πάνω στην επιφάνεια της γης, προσδιορίζεται από τις σφαιρικές συντεταγμένες του:

Το γεωγραφικό μήκος, (L), που καθορίζεται από το τόξο ΟΓ, πάνω στον Ισημερινό ή σε άλλο παράλληλο, με αναφορά το μεσημβρινό του Greenwich (MG), από 0-180° Ανατολικά (ή με αναφορά μόνο της γωνίας αλλά με αρνητικό πρόσημο, π.χ. για την Αθήνα: γ.μ.= -23.5°) και από 0-180° Δυτικά (ή η γωνία με θετικό πρόσημο).

Το γεωγραφικό πλάτος, (λ), που καθορίζεται από το τόξο ΓΤ, πάνω στον μεσημβρινό του τόπου ΜΤ, με αναφορά τον Ισημερινό, από 0-90° Βόρεια και 0-90° Νότια.

Ας θεωρήσουμε ένα επίπεδο συλλέκτη, Σ, τοποθετημένο έτσι ώστε το επίπεδο του να σχηματίζει γωνία β ως προς τον ορίζοντα. Η γωνία κλίσης του συλλέκτη β ισούται με τη ζενίθ γωνία ζ της καθέτου στο επίπεδο του συλλέκτη (ΤΚ'), η οποία μπορεί να πάρει τιμές από 0° (Ζενίθ) έως 180° (Ναδίρ).



ΕΙΚΟΝΑ 4.8.Ι Κίνηση της γης γύρω από τον ήλιο

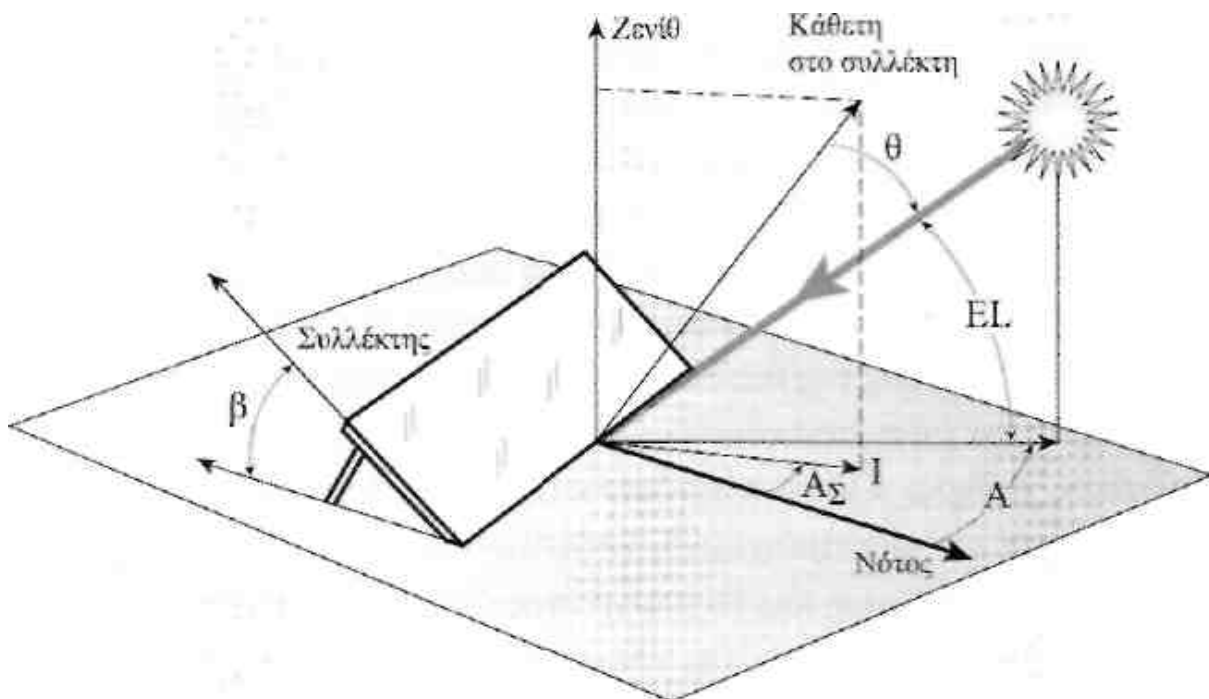
Η γωνία Α_Σ, μεταξύ της κατακόρυφης προβολής ΤΙ, της καθέτου στο συλλέκτη, ΤΚ' πάνω στο οριζόντιο επίπεδο, με τη διεύθυνση του νότου, ονομάζεται αζιμουθιακή ή αζιμουθιακή γωνία του συλλέκτη και παίρνει τιμές από +180° μέχρι -180°. Χαρακτηριστικές θέσεις: +180° (Βορράς), +90° (Ανατολή), 0° (Νότος), -90° (Δύση) και -180° (Βορράς). Όταν ο συλλέκτης στραφεί ώστε οι ακτίνες του ήλιου (απευθείας ακτινοβολία), να προσπίπτουν

κάθετα στην επιφάνεια του, τότε το ύψος του ήλιου EL και η γωνία κλίσης β , του συλλέκτη δίδουν άθροισμα 90° ($EL + \beta = 90^\circ$).

Η στροφή του συλλέκτη, ώστε αυτός να παρακολουθεί ανά πάσα στιγμή τον ήλιο, γίνεται με μηχανισμούς οι οποίοι οδηγούνται από κατάλληλες ηλεκτρονικές διατάξεις με βάση τις εξισώσεις κίνησης του ήλιου στην ουράνια σφαίρα. Η γωνία θ που σχηματίζουν μια δεδομένη χρονική στιγμή οι ηλιακές ακτίνες (απευθείας ακτινοβολία) με την κάθετη σ' ένα επίπεδο συλλέκτη (εικόνα 2.11) γωνίας κλίσης β και αζιμουθιακής γωνίας A_Σ , δίδεται από τη σχέση :

$$\cos\theta = \cos EL \cdot \eta\mu\beta \cdot \cos(A - A_\Sigma) + \eta\mu EL \cdot \sin\beta \tag{4.8}$$

όπου A , η αζιμούθια γωνία και EL το ύψος του ήλιου την ίδια χρονική στιγμή.



ΕΙΚΟΝΑ 4.8.ΙΙ Προσανατολισμός του συλλέκτη

5. ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ

Ο ηλιακός συλλέκτης είναι ειδικής μορφής εναλλάκτης θερμότητας, που απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία και μεταφέρει την ενέργεια στο εργαζόμενο μέσο, το οποίο διαπερνά τον συλλέκτη και αποτελεί την καρδιά κάθε ηλιακού συστήματος θέρμανσης. Η ιδιορρυθμία του έγκειται κυρίως στο ότι μεταφέρει ενέργεια μορφής ακτινοβολίας από πολύ μακρινή πηγή (ήλιος) σε ρευστό. Υπάρχουν διάφορα είδη ηλιακών συλλεκτών:

Επίπεδοι συλλέκτες

Συλλέκτες κενού

Συγκεντρωτικοί συλλέκτες

5.1 Επίπεδοι συλλέκτες^[11]

Είναι η πιο διαδεδομένη μορφή συλλέκτη για οικιακά ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού. Η λειτουργία ενός επίπεδου συλλέκτη επηρεάζεται από τους ακόλουθους παράγοντες:

Ηλιακούς παράγοντες πχ ένταση ακτινοβολίας, γωνία κλίσης συλλέκτη κ.α.

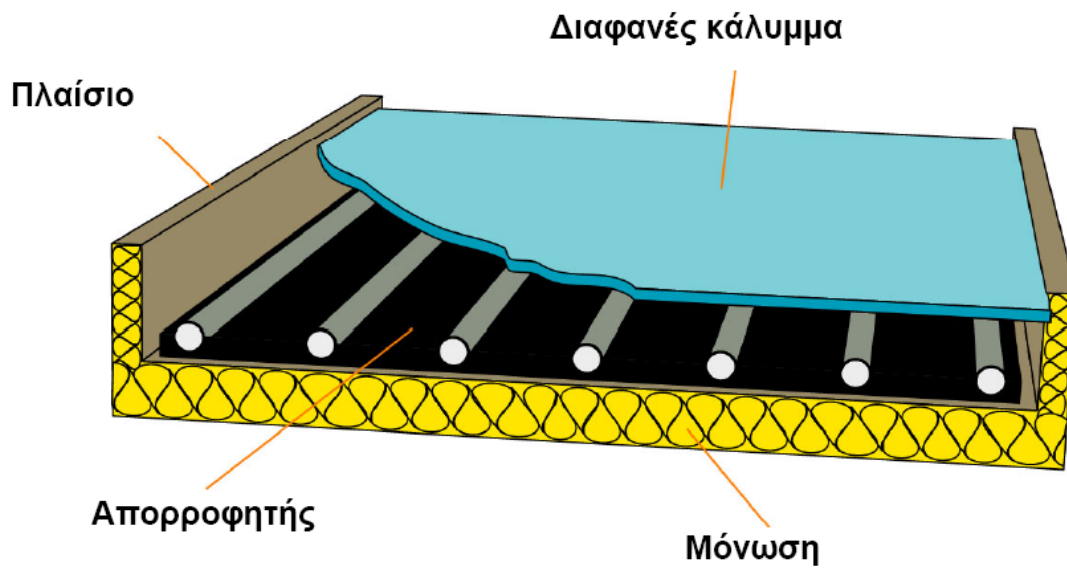
Συνθήκες περιβάλλοντος πχ θερμοκρασία περιβάλλοντος, ταχύτητα ανέμου κ.α.

Συνθήκες λειτουργίας πχ θερμοκρασία εργαζόμενου μέσου, θερμικές ιδιότητες του ρευστού, προσανατολισμός του συλλέκτη

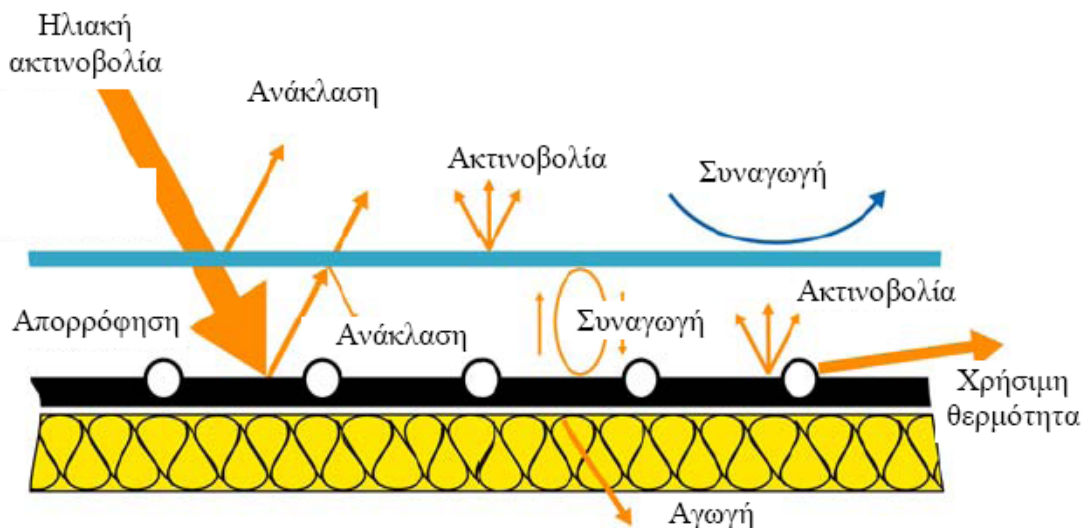
Κατασκευή συλλέκτη

Ένας επίπεδος ηλιακός συλλέκτης αποτελείται από τα εξής μέρη:

1. Το διαφανές κάλυμμα, που μπορεί να αποτελείται από ένα, δύο ή και περισσότερες διαφανείς πλάκες από γυαλί ή πλαστικό.
2. Την φωτοαπορροφητική πλάκα που απορροφά την ηλιακή ενέργεια η οποία είναι μια ειδικά επεξεργασμένη μεταλλική επιφάνεια ή βαμμένη με ειδική βαφή.
3. Τους σωλήνες που είναι σε επαφή με την απορροφητική πλάκα μέσα στους οποίους κυκλοφορεί το ρευστό που απάγει τη θερμική ενέργεια από την απορροφητική πλάκα.
4. Το περίβλημα που συνήθως είναι μεταλλικό ή πλαστικό, το οποίο ενοποιεί την κατασκευή και προστατεύει το συλλέκτη από τις συνθήκες περιβάλλοντος.
5. Την μόνωση στην πίσω και στις πλάγιες πλευρές του συλλέκτη.



ΕΙΚΟΝΑ 5.1.1 Επίπεδος συλλέκτης (Κ.Α.Π.Ε.)



ΕΙΚΟΝΑ 5.1.1.1 Η ηλιακή ακτινοβολία(πηγή Κ.Α.Π.Ε.)

Στη μόνιμη κατάσταση λειτουργίας, το ωφέλιμο ποσό ενέργειας που αποδίδει ο συλλέκτης περιγράφεται από την σχέση 3.1. Σε αυτήν τη σχέση εκφράζεται ο καταμερισμός της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας σε ωφέλιμη, θερμικές και οπτικές απώλειες:

$$Q_u = A_c[S - U_L(T_{pm} - T_a)] \tag{5.1.1}$$

όπου:

Q_u : ωφέλιμη αποδιδόμενη ισχύς(W)

A_c : επιφάνεια συλλέκτη (m^2)

S : απορροφούμενη ηλιακή ακτινοβολία, δηλαδή η διαφορά μεταξύ της προσπίπτουσας και των οπτικών απωλειών (W/m^2)

U_L : συντελεστής μεταφοράς θερμότητας ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

$T_{p,m}$: μέση θερμοκρασία απορροφητήρα ($^\circ C$)

T_a : θερμοκρασία περιβάλλοντος ($^\circ C$)

Η παραπάνω εξίσωση όμως δεν είναι εύχρηστη για τον υπολογισμό της ωφέλιμης ισχύος Q_u , καθώς απαιτείται γνώση της θερμοκρασίας $T_{p,m}$, η οποία αφενός εξαρτάται από τον τύπο του συλλέκτη, την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και τις συνθήκες εισόδου του ρευστού και αφετέρου παρουσιάζει δυσκολίες κατά την μέτρηση ή τον υπολογισμό. Για αυτό το λόγο αντικαθίσταται η μέση θερμοκρασία του απορροφητήρα από τη θερμοκρασία εισόδου του ρευστού $T_{f,i}$ στο συλλέκτη μέσω της εξίσωσης:

$$T_{p,m} = T_{f,i} + \frac{Q_u}{A_c U_L F_R} (1 - F_R) \quad (5.1.2)$$

Όπου F_R είναι ο παράγοντας θερμικής απολαβής του συλλέκτη. Ορίζεται σαν ο λόγος της πραγματικά αποδιδόμενης θερμικής ισχύος Q_u προς την θερμική ισχύ που θα αποδιδόταν αν ο απορροφητήρας είχε τη θερμοκρασία εισόδου του ρευστού $T_{f,i}$, η οποία αποτελεί τη μέγιστη δυνατή θερμική ισχύ που μπορεί να αποδοθεί. Πρόκειται ουσιαστικά για βαθμό απόδοσης εναλλάκτη θερμότητας.

Με αντικατάσταση προκύπτει η εξίσωση του επίπεδου συλλέκτη:

$$Q_u = A_c F_R [S - U_L (T_{f,i} - T_a)] \quad (5.1.3)$$

όπου: $T_{f,i}$: θερμοκρασία εισόδου του ρευστού

Για την απορροφούμενη ηλιακή ενέργεια S ισχύει:

$$S = (\tau\alpha) G_T \quad (3.4)$$

όπου:

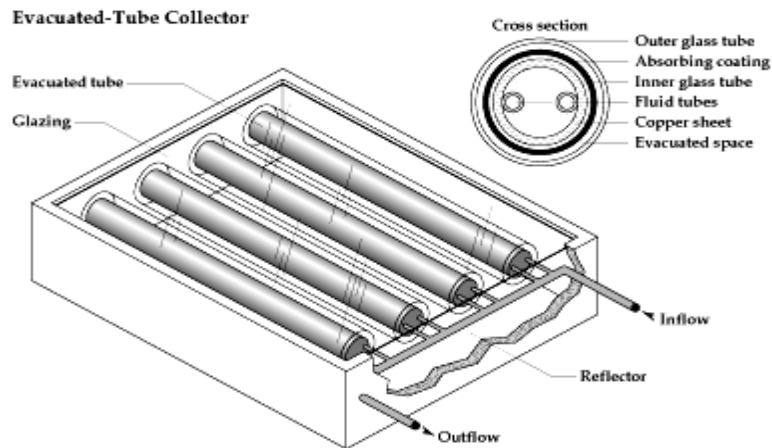
($\tau\alpha$): το μέσο και συγχρόνως το προσαυξημένο γινόμενο διαπερατότητας-απορροφητικότητας.

Συνδυάζοντας τις παραπάνω εξισώσεις προκύπτει η τελική εξίσωση:

$$Q_u = A_c F_R [(\tau\alpha) G_T - U_L (T_{f,i} - T_a)] \quad (5.1.4)$$

5.2 Συλλέκτες κενού^[18]

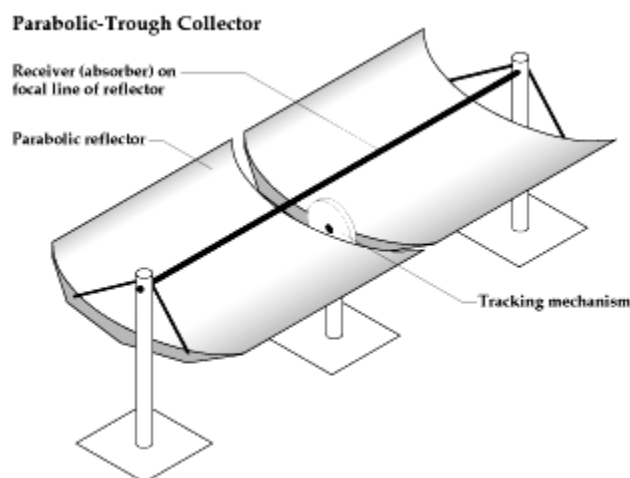
Οι συλλέκτες αυτοί αποτελούνται από ένα σύστημα με αρθρωτούς σωλήνες, στο κέντρο των οποίων βρίσκεται λεπτός μεταλλικός αγωγός με απορροφητική επιφάνεια. Λόγω των συνθηκών κενού, οι απώλειες θερμότητας με συναγωγή μειώνονται.



ΕΙΚΟΝΑ 5.2. Συλλέκτης κενού

5.3 Συγκεντρωτικοί συλλέκτες

Όταν είναι επιθυμητή η απόδοση της ενέργειας σε θερμοκρασίες υψηλότερες από αυτές που επιτυγχάνονται με τους συνήθεις επίπεδους συλλέκτες, μπορεί να γίνει χρήση των συγκεντρωτικών συλλεκτών. Σε αυτούς, οι υψηλές θερμοκρασίες αναπτύσσονται με συγκέντρωση της ηλιακής ακτινοβολίας σε μικρή επιφάνεια απορρόφησης, μειώνοντας έτσι και τις θερμικές απώλειες προς το περιβάλλον.



ΕΙΚΟΝΑ 5.3. Συγκεντρωτικός συλλέκτης

Τέλος, με τις Α.Π.Ε. καθίστανται ενδιαφέρουσες και κάποιες άλλες εφαρμογές, οι οποίες μπορούν να επιτευχθούν με πιο συμφέροντα τρόπο συγκριτικά με τα συμβατικά

καύσιμα. Τέτοιες εφαρμογές είναι για παράδειγμα, η τηλεθέρμανση, όπου θερμότητα η οποία παράγεται κεντρικά διανέμεται σε έναν οικισμό, προκειμένου να θερμανθούν τα σπίτια των κατοίκων, η αφαλάτωση θαλασσινού νερού για την παραγωγή ποσίμου, η οποία παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στα άνυδρα νησιά του Αιγαίου.^[11]

6. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ – ΘΕΡΜΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (ένα καινοτόμο μοντέλο)^[2]

Ένα πρωτοποριακό μοντέλο είναι αυτό των φωτοβολταϊκών-θερμικά ηλιακών συστημάτων, με την ηλιακή ενέργεια να είναι η πιο κατάλληλη μορφή Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων. Υπάρχουν τεχνολογίες που μπορούν να εφαρμοστούν σε αυτά και ολοένα γίνονται και πιο οικονομικά αποδοτικές. Οι τεχνολογίες αυτές περιλαμβάνουν σήμερα τους θερμικούς ηλιακούς συλλέκτες νερού ή αέρα και τα φωτοβολταϊκά.

Στις ενεργειακές όμως εφαρμογές στα κτίρια πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν και η συνολική τους κατανάλωση, επειδή ένα μέρος της αξιοποιούμενης ενέργειας από τον ήλιο μπορεί να διαφεύγει τελικά στο περιβάλλον, όταν δεν έχουν ληφθεί τα κατάλληλα μέτρα για την αποφυγή των θερμικών απωλειών από το κέλυφος τους. Οι προσόψεις και οι οριζόντιες ή οι επικλινείς οροφές των κατοικιών, ξενοδοχείων, νοσοκομείων και άλλων κτιρίων αποτελούν κατάλληλες επιφάνειες για την ευρεία εφαρμογή των διατάξεων συλλογής και μετατροπής της ηλιακής ενέργειας.

Ο σχεδιασμός των κτιρίων που βασίζονται στη βιοκλιματική αρχιτεκτονική και αισθητική ένταξη των θερμικών ηλιακών συλλεκτών και των φωτοβολταϊκών στις εξωτερικές επιφάνειες τους δεν έχουν ακόμη καθιερωθεί στη χώρα μας, ενώ μικρά βήματα έχουν γίνει ακόμη και στις πιο προηγμένες χώρες (ΗΠΑ, Γερμανία, Ισπανία, Ιαπωνία). Εκτός από τις γνωστές διατάξεις θερμικών ηλιακών συλλεκτών (ΘΗΣ) και φωτοβολταϊκών (φβ) έχουν αναπτυχθεί τελευταία νέοι τύποι ηλιακών συσκευών, οι οποίες αποτελούνται από φωτοβολταϊκά πλαίσια με ενσωματωμένες μονάδες απομάκρυνσης της θερμότητας με τη κυκλοφορία νερού ή αέρα, τα υβριδικά φωτοβολταϊκά/θερμικά ηλιακά συστήματα (συστήματα φβ/θ).

Τα συστήματα αυτά μετατρέπουν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία ταυτόχρονα σε ηλεκτρισμό και θερμότητα και μπορεί να επιτύχουν βελτίωση της ηλεκτρικής απόδοσης που μπορεί να φθάσει και πάνω από 50%. Τα υβριδικά συστήματα είναι μια νέα τεχνολογία, κατάλληλη για αποτελεσματική αξιοποίηση των περιορισμένων συχνά διαθέσιμων εξωτερικών επιφανειών των κτιρίων, στην προοπτική ευρείας εφαρμογής της ηλιακής ενέργειας στα κτίρια. Αν και το θέμα των διαθέσιμων επιφανειών για την εγκατάσταση ΘΗΣ και φβ στα κτίρια και μεγάλο μέρος των θερμικών αναγκών θα πρέπει να καλύπτεται με θερμικούς ηλιακούς συλλέκτες. Συμβολή στη ανάπτυξη νέων συσκευών και διατάξεων ηλιακής ενέργειας έχει και η έρευνα που γίνεται στο Τμήμα Φυσικής του Πανεπιστημίου Πατρών.

Έχουν αναπτυχθεί διάφοροι νέοι τύποι συσκευών θέρμανσης νερού και αέρα, συσκευές φωτοβολταϊκών / θερμικών συλλεκτών, συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες και άλλες διατάξεις, με προοπτική την επίλυση λειτουργιών, οικονομικών και αισθητικών προβλημάτων. Η έρευνα αυτή αποτελεί συμβολή στην αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και έχει ιδιαίτερη σημασία για την Ελλάδα, η οποία είναι πλούσια σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η ευρύτερη αξιοποίηση τους θα δώσει ενεργειακή επάρκεια και ανεξαρτησία ενώ παράλληλα θα βοηθήσει και στην ανάπτυξη του παραγωγικού τομέα με αύξηση νέων θέσεων εργασίας καθώς και το οικονομικό όφελος από την μείωση εισαγωγής ορυκτών καυσίμων θα μπορούσε να επενδύεται στην ανάπτυξη και εφαρμογή των νέων εναλλακτικών και περιβαλλοντικά συμβατών ανανεώσιμων ενεργειακών τεχνολογιών.

6.1 Υβριδικά φωτοβολταϊκά/θερμικά ηλιακά συστήματα^[3,4,5,6,7,8]

Το μεγαλύτερο μέρος της απορροφημένης ηλιακής ακτινοβολίας από τα φ/β κύτταρα δεν μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό αλλά σε θερμότητα, η οποία και συντελεί στην αύξηση της θερμοκρασίας τους και στην μείωση, κατά συνέπεια, της ηλεκτρικής τους απόδοσης. Η απαγωγή της θερμότητας από τα φ/β βοηθά στη μείωση της θερμοκρασίας λειτουργίας τους και επιπλέον μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ορισμένων θερμικών αναγκών των κτιρίων, αυξάνοντας έτσι τη συνολική τους ενεργειακή απόδοση. Τα ηλιακά συστήματα που έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν τόσο ηλεκτρική όσο και θερμική ενέργεια, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, είναι τα υβριδικά φωτοβολταϊκά/θερμικά συστήματα, τα οποία αναπτύσσονται τελευταία και έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται σε επιδεικτικές εφαρμογές.

Τα συνήθη υβριδικά φωτοβολταϊκά/θερμικά συστήματα αποτελούνται από φ/β πλαίσια με ενσωματωμένη θερμική μονάδα απολαβής της θερμότητας από το φ/β. όπου ένα κυκλοφορούν ρευστό χαμηλότερης θερμοκρασίας αυτής του φ/β θερμαίνεται ψύχοντας το. Η χρήση του νερού ως ρευστού απολαβής της θερμότητας είναι αποδοτική όλο το έτος, κυρίως σε χώρες με ήπιο ή θερμό κλίμα. Αυτές οι υβριδικές διατάξεις μπορούν να αξιοποιηθούν για την θέρμανση του νερού σε χαμηλές θερμοκρασίες (μέχρι 40° C), ώστε να επιτυγχάνεται παράλληλα και η διατήρηση χαμηλής θερμοκρασίας στα φ/β πλαίσια. Η απαγωγή θερμότητας με κυκλοφορία αέρα απαιτεί απλούστερη και φθηνότερη διάταξη, αλλά η ψύξη του φωτοβολταϊκού είναι λιγότερο αποδοτική λόγω της μικρότερης πυκνότητας του αέρα. Όταν ο αέρας του περιβάλλοντος έχει θερμοκρασία μεγαλύτερη των 20° C τα φβ/θ συστήματα αέρα έχουν περιορισμένες δυνατότητες εφαρμογής (κυρίως μπορούν να συμβάλλουν στον φυσικό αερισμό των κτιρίων και στην θέρμανση αέρα για βιομηχανικές ή αγροτικές διεργασίες).

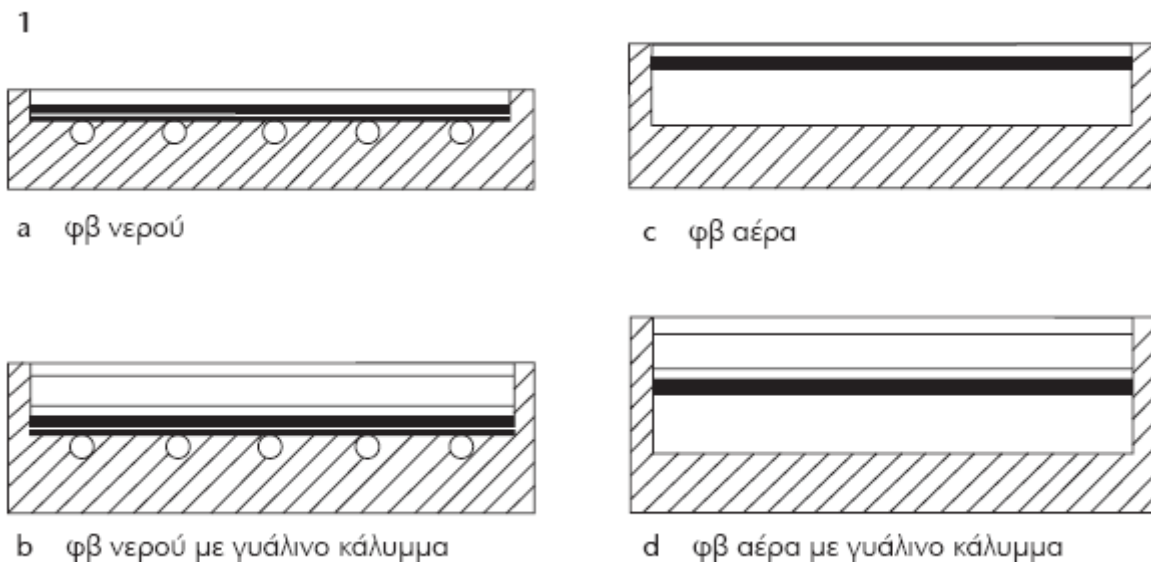


ΕΙΚΟΝΑ 6.1.1. Συλλέκτες-φωτοβολταϊκά σε οροφές

Τα περισσότερα υβριδικά φβ/θ που έχουν αναπτυχθεί είναι απλού τύπου, δηλαδή επίπεδης μορφής, όπως είναι οι επίπεδοι θερμικοί ηλιακοί συλλέκτες, ενώ λιγότερο έχουν μελετηθεί και εφαρμοστεί τα φβ/θ συστήματα που χρησιμοποιούν συστήματα συγκέντρωσης της ηλιακής ακτινοβολίας για την μείωση του κόστους και την επίτευξη

υψηλότερων αποδόσεων. Στο Εργαστήριο Ηλιακής Ενέργειας του Πανεπιστημίου Πατρών αναπτύχθηκαν διάφορες μορφές φβ/θ συστημάτων, που χρησιμοποιούν νερό ή αέρα ως ρευστό απολαβής της θερμότητας για τη βελτίωση της συνολικής τους ενεργειακής απόδοσης. Στο αντικείμενο αυτό δημοσιεύτηκαν πολλές επιστημονικές εργασίες, όπου μελετήθηκαν φβ/θ συσκευές σε συνδυασμό και με διάχυτο ανακλαστήρα για την αύξηση της συνολικής αποδιδόμενης ενέργειας. Μελετήθηκε ακόμη και μια νέα σχεδίαση φβ/θ συσκευής, όπου η απαγωγή της θερμότητας γίνεται τόσο με νερό όσο και με αέρα. Επίσης εξετάστηκε και η ενεργειακή, οικονομική και περιβαλλοντική πλευρά των υβριδικών φβ/θ συσκευών για κάποιες περιπτώσεις εφαρμογών τους με χρήση νερού ή αέρα ως ρευστού απολαβής της θερμότητας.

Σχετικά με τις φβ/θ συσκευές αέρα, έγινε εκτεταμένη θεωρητική και πειραματική ανάλυση για λειτουργία τους με φυσική και βεβαιωμένη κυκλοφορία του αέρα, μελετώντας και ορισμένες περιπτώσεις βελτίωσης της απόδοσης τους με την προσθήκη λεπτού μεταλλικού φύλλου στο μέσον του αεραγωγού ή πτερυγίων στην απέναντι επιφάνειά του. Οι βασικοί τύποι υβριδικών συσκευών μπορούν να φέρουν πρόσθετο διαφανές (γυάλινο) κάλυμμα, για την αύξηση της θερμικής τους απόδοσης, ή και να είναι ακάλυπτοι, για να μην έχουν μείωση της ηλεκτρικής τους απόδοσης. Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζονται οι προαναφερθέντες συνδυασμοί υβριδικών φβ/θ συλλεκτών.



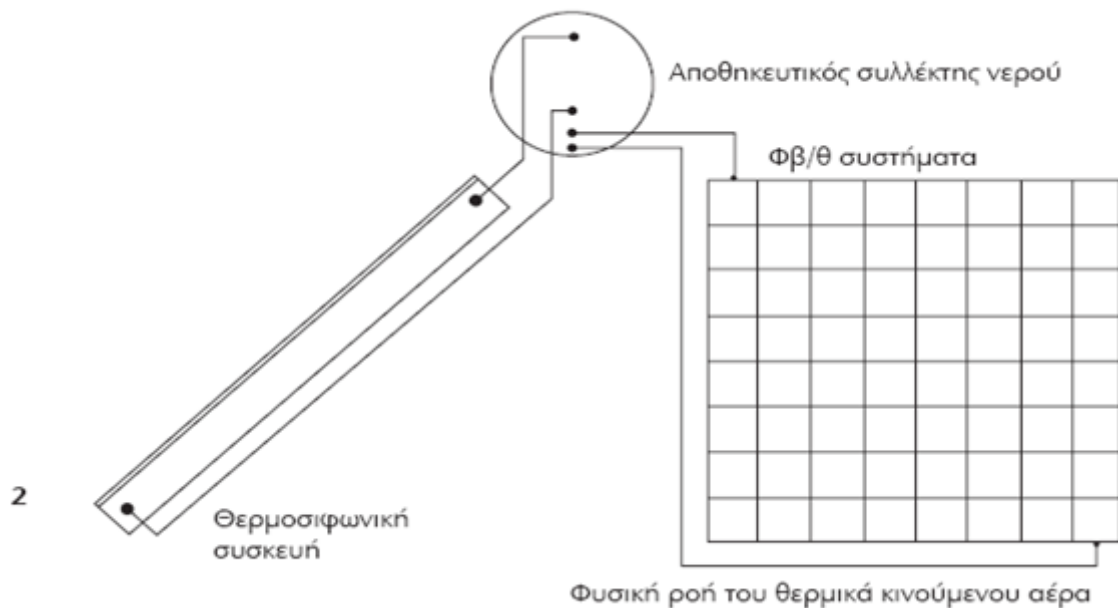
ΕΙΚΟΝΑ 6.1.II. Υβριδικοί φβ/θ ηλιακοί συλλέκτες νερού ή αέρα, με ή χωρίς διαφανές κάλυμμα

Για την αύξηση της αποδιδόμενης ενέργειας τόσο σε ηλεκτρισμό όσο και σε θερμότητα, τα υβριδικά φβ/θ συστήματα μπορούν να συνδυαστούν με διάχυτους ανακλαστήρες, οι οποίοι τοποθετούνται μπροστά τους και εξασφαλίζουν μια σχεδόν ομοιόμορφη αύξηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια των φωτοβολταϊκών. Η ηλεκτρική απόδοση των φβ με την χρήση των διάχυτων ανακλαστήρων μπορεί να αυξηθεί και πάνω από 50% ενώ μια πιο οικονομική λύση όπως π.χ. η χρήση λευκής βαμμένης επιφάνειας μπροστά από τα φβ, δίνει μια μέση ετήσια αύξηση γύρω στα 20% στην αποδιδόμενη ηλεκτρική τους ενέργεια.

Μια ενδιαφέρουσα παραλλαγή των υβριδικών φβ/θ συλλεκτών για την βέλτιστη αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων τόσο του νερού όσο και του αέρα, ως ρευστών απολαβής της θερμότητας, είναι διατάξεις με το διπλό σύστημα απαγωγής θερμότητας. Στις συσκευές αυτές στην πίσω πλευρά του φωτοβολταϊκού τοποθετείται ο εναλλάκτης θέρμανσης νερού και μετά διαμορφώνεται ο αεραγωγός, ενώ η επιλογή του είδους του

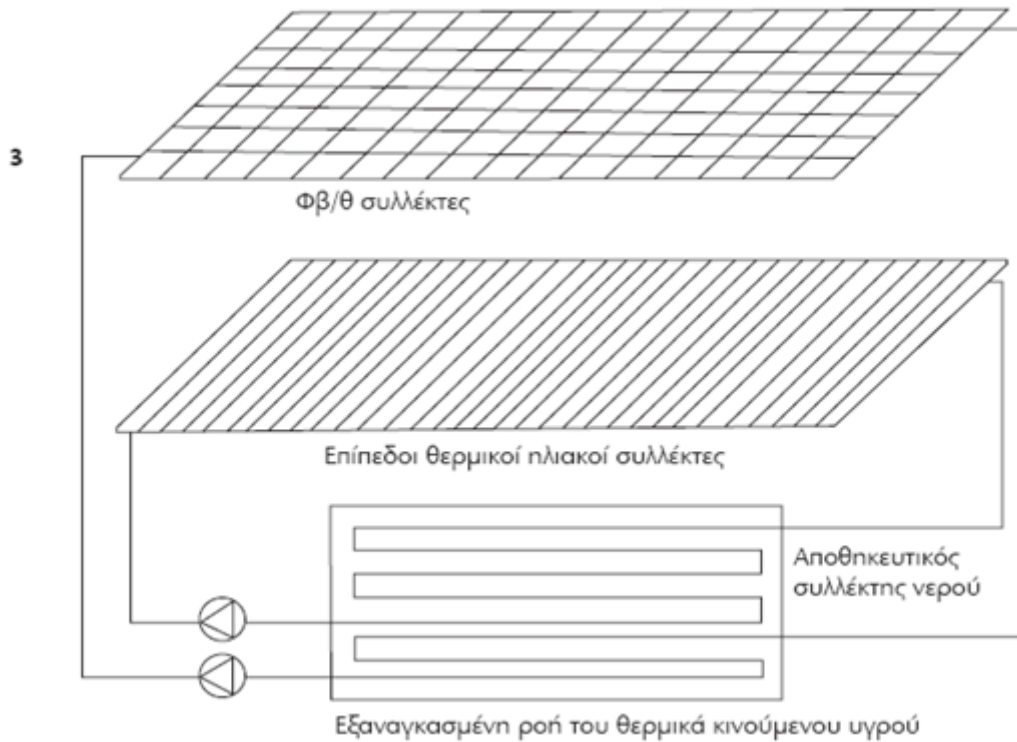
ρευστού απαγωγής της θερμότητας εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες του τόπου και τις απαιτήσεις της εφαρμογής.

Για την αποφυγή της λειτουργίας των υβριδικών φβ/θ συλλεκτών σε υψηλή θερμοκρασία και κατά συνέπεια την μείωση της ηλεκτρικής απόδοσης τόσο από την θερμοκρασία όσο και από οπτικές απώλειες που προέρχονται από τη χρήση του πρόσθετου γυάλινου καλύμματος, εκτιμήθηκε πως οι συσκευές αυτές μπορούν να συνδυαστούν αποδοτικά με θερμικό ηλιακό συλλέκτη. Στις προτεινόμενες διατάξεις, η υβριδική φβ/θ ηλιακή συσκευή λειτουργεί κυρίως για την ψύξη του φωτοβολταϊκού και την προθέρμανση του νερού, ενώ η κύρια θέρμανση του νερού επιτυγχάνεται με την ηλιακή θερμική διάταξη. Στο επόμενο σχήμα δείχνεται η προτεινόμενη διάταξη συνδυασμού θερμοσιφωνικής συσκευής με την υβριδική φβ/θ συσκευή.



ΕΙΚΟΝΑ 6.1.III. Συνδυασμένη διάταξη φβ/θ συλλέκτη με συνήθη θερμοσιφωνική ηλιακή συσκευή

Ενώ στο επόμενο σχήμα δείχνεται ο συνδυασμός υβριδικών φβ/θ συλλεκτών και επιπέδων θερμικών ηλιακών συλλεκτών, με διπλή λειτουργία της δεξαμενής, όπου το υβριδικό σύστημα προθερμαίνει το νερό και το θερμικό σύστημα επιτυγχάνει την κύρια θέρμανσή του. Ένα ενδιαφέρον θέμα που αφορά την περιβαλλοντική διάσταση των ενεργειακών πηγών είναι και η ανάλυση του κύκλου ζωής τους.



ΕΙΚΟΝΑ 6.1.IV. Συνδυασμένο πεδίο φβ/θ συλλεκτών με επίπεδους συλλέκτες και κεντρική δεξαμενή νερού

Στην περίπτωση των υβριδικών φβ/θ συσκευών που αναπτύχθηκαν, υπολογίστηκε ο χρόνος αντικατάστασης της ενέργειας που καταναλώθηκε από την αρχική φάση (υλικά και κατασκευή φβ/θ συσκευής) μέχρι και την τελική φάση (λειτουργία των φβ/θ συστημάτων) και εξετάστηκαν ορισμένες περιπτώσεις χρήσης των συσκευών που είχαν δοκιμαστεί πειραματικά στο εργαστήριο και είχαν ληφθεί αποτελέσματα για την ενεργειακή τους απόδοση σε ηλεκτρισμό και θερμότητα.

Εκτός από τις φβ/θ συσκευές εξετάστηκαν και τυπικές εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών για λόγους σύγκρισης, υπολογίστηκε η εμπεριεχόμενη ενέργεια σε όλα τα τμήματα της κάθε διάταξης και προσδιορίστηκαν τα έτη ενεργειακής αποπληρωμής της. Από τα ληφθέντα αποτελέσματα βγαίνει το συμπέρασμα ότι οι υβριδικές φβ/θ συσκευές παρουσιάζουν μικρότερους χρόνους ενεργειακής αποπληρωμής (2 αντί για 3 χρόνια), εφόσον λειτουργούν όμως σε χαμηλές γενικά θερμοκρασίες.

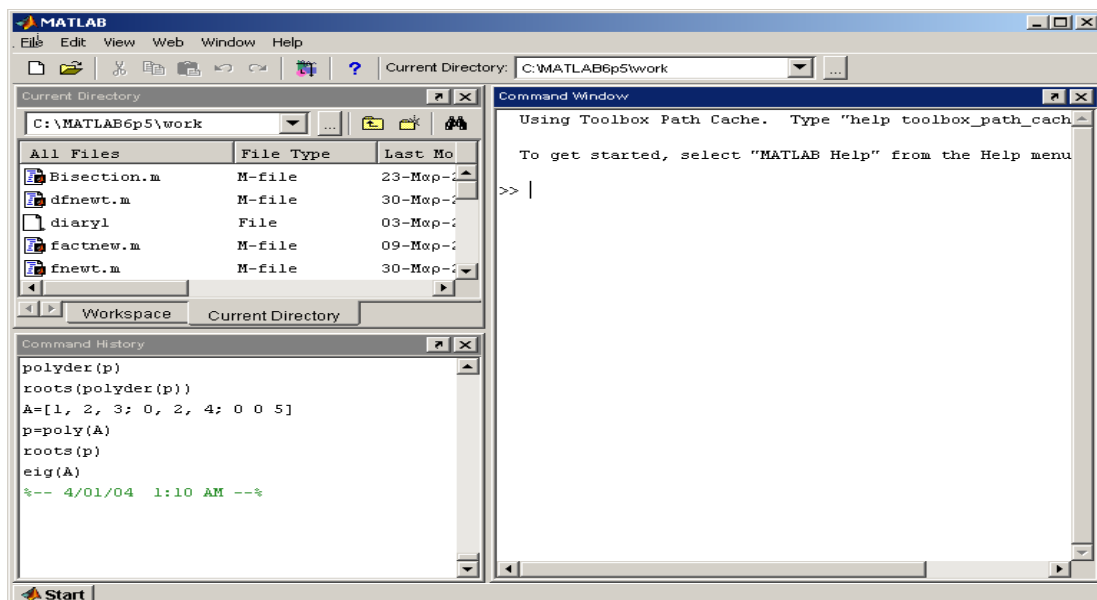
7. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ MATLAB

Το MATLAB είναι ένα σύγχρονο ολοκληρωμένο μαθηματικό λογισμικό πακέτο που χρησιμοποιείται σε πανεπιστημιακά μαθήματα αλλά και ερευνητικές και άλλες εφαρμογές με επιστημονικούς υπολογισμούς. Το όνομά του προέρχεται από τα αρχικά γράμματα των λέξεων MATrix LABoratory (εργαστήριο πινάκων). Το Matlab είναι ένα διαδραστικό πρόγραμμα για αριθμητικούς υπολογισμούς και οπτικοποίηση δεδομένων με δυνατότητες προγραμματισμού που το καθιστούν ένα ισχυρό και χρήσιμο εργαλείο στις μαθηματικές και φυσικές επιστήμες. Σε αντίθεση με τα λογισμικά Maple και Mathematica, το Matlab στις αρχικές του εκδοχές δεν έκανε συμβολικούς υπολογισμούς. Στις νεότερες εκδοχές του, το πακέτο περιλαμβάνει εργαλείοθκες που επιτρέπουν συμβολικούς υπολογισμούς.^[16]

Όπως υποδηλώνεται και από το όνομά του, το Matlab είναι ειδικά σχεδιασμένο για υπολογισμούς με πίνακες, όπως η επίλυση γραμμικών συστημάτων, η εύρεση ιδιοτιμών και ιδιοδιανυσμάτων, η αντιστροφή τετραγωνικών πινάκων κλπ. Επιπλέον το πακέτο αυτό είναι εφοδιασμένο με πολλές επιλογές για γραφικά (δηλ. την κατασκευή γραφικών παραστάσεων) και προγράμματα γραμμένα στη δική του γλώσσα προγραμματισμού για την επίλυση άλλων προβλημάτων όπως η εύρεση των ριζών μη γραμμικής εξίσωσης, η επίλυση μη γραμμικών συστημάτων, η επίλυση προβλημάτων αρχικών τιμών με συνήθεις διαφορικές εξισώσεις κα.^[16]

Η γλώσσα προγραμματισμού του Matlab δίνει την ευχέρεια στον χρήστη να το επεκτείνει με δικά του προγράμματα. Συχνά θα γράφουμε η Matlab (εννοώντας τη γλώσσα προγραμματισμού) και όχι το (πακέτο) Matlab.

Το Matlab είναι σχεδιασμένο για την αριθμητική επίλυση προβλημάτων σε αριθμητική πεπερασμένης ακρίβειας, δηλαδή δεν βρίσκει την ακριβή αλλά μια προσεγγιστική λύση ενός προβλήματος. Αυτή είναι και η βασική του διαφορά από τα συστήματα συμβολικών υπολογισμών όπως η Maple και το Mathematica.



ΕΙΚΟΝΑ 6.1.IV. Επιφάνεια εργασίας του προγράμματος Matlab

Η χρήση που κάνουμε εμείς στο Matlab είναι για την γραφή και χρήση προγραμμάτων προς την εφαρμογή όλων των μαθηματικών μοντέλων που έχουμε δημιουργήσει αλλά και για την απλή κατασκευή γραφικών παραστάσεων.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

8. ΠΡΟΣΧΕΔΙΟ

8.1 Μαθηματικό μοντέλο προσχέδιου

8.1.1 Γωνία πρόσπτωσης του ηλίου στην επιφάνεια συλλέκτη

Προκειμένου να γίνει κατανοητή η ηλιακή ενέργεια αρχικά δημιουργούμε ένα μαθηματικό πρότυπο προκειμένου να υπολογιστεί η γωνία πρόσπτωσης του ήλιου στην επιφάνεια συλλέκτη για κάθε ημέρα του έτους για ισχύ στο βόρειο ημισφαίριο. Κατά συνέπεια δοκιμάζουμε αυτό απλά στο γεωγραφικό πλάτος της Αθήνας, με μηδενική γωνία αζιμούθιου επιφάνειας και μηδενική γωνία κλίσεως για τους συλλέκτες στη μεσημβρία.

Πρέπει να δώσουμε:

Το γεωγραφικό πλάτος (ϕ) ($-90^{\circ} \leq \phi \leq +90^{\circ}$),

Την κλίση του συλλέκτη (β) ($0^{\circ} \leq \beta \leq +180^{\circ}$),

Την γωνία αζιμούθιου επιφάνειας του συλλέκτη (γ) ($-180^{\circ} \leq \gamma \leq +180^{\circ}$),

και τον χρόνο ότι ενδιαφερόμαστε να δούμε τη θέση του ήλιου

Κατά αυτόν τον τρόπο μπορούμε να βρούμε τη γωνία ώρας (ω) (15° για 1 ώρα $\omega > 0$ για μετά μεσημβρίας και $\omega < 0$ για πριν),

Την απόκλιση (δ) ($-23.45^{\circ} \leq \delta \leq +23.45^{\circ}$)

Τελικά για να υπολογίσουμε την γωνία πρόσπτωσης (θ) για κάθε ημέρα του έτους έχουμε την τελική εξίσωση:

$$\theta = \sin \delta \sin \phi \cos \beta - \sin \delta \cos \phi \sin \beta \cos \gamma + \cos \delta \cos \phi \cos \beta \cos \omega + \cos \delta \sin \phi \sin \beta \sin \gamma \cos \omega + \cos \delta \sin \beta \sin \gamma \sin \omega \quad (8.1.1)$$

8.1.2 Ηλιακή θέση

Κατόπιν πρέπει να δούμε τη ωριαία τροχιά του ήλιου, της ανατολής και του ηλιοβασιλέματος για τις μέσες ημέρες του μήνα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2 Μέσες «ημέρες» κάθε μήνα^[1]

month	n for ith day of month	date	n
January	i	17	17
February	31+i	16	47
March	59+i	16	75
April	90+i	15	105
May	120+i	15	135
June	151+i	11	162
July	181+i	17	198
August	212+i	16	228
September	243+i	15	258
October	273+i	15	288
November	304+i	14	318
December	334+i	10	344

Με αυτούς τους αριθμούς μπορούμε να βρούμε την απόκλιση για τον κάθε μήνα.

$$\delta = 23.45 \sin\left(\frac{360(284 + n)}{365}\right) \quad (8.1.2.1)$$

Κατόπιν μπορούμε να υπολογίσουμε τη γωνία ώρας ηλιοβασιλέματος ως $\omega_s = \arccos(-\tan\phi \tan\delta)$ (η ανατολή είναι το αντίθετο του ηλιοβασιλέματος - ω_s) και έπειτα η γωνία ω ώρας (15ο για 1 ώρα $\omega > 0$ για τις ώρες μετά από το μεσημέρι και $\omega < 0$ για πριν) για κάθε ώρα, κατόπιν η γωνία ζενίθ $\theta_z = \arccos(\cos\phi \cos\delta \cos\omega + \sin\phi \sin\delta)$ και η ηλιακή γωνία αζιμούθιου

$$\gamma_s = \text{sign}(\omega) \left| \cos^{-1}\left(\frac{\cos\theta_z \sin\phi - \sin\delta}{\sin\theta_z \cos\phi}\right) \right| \quad (8.1.2.2)$$

Θα δημιουργήσουμε ένα πρόγραμμα που υπολογίζει τη ωριαία γωνία ηλιοβασιλέματος (ω_s), τη γωνία κάθε (ω) ώρας, τη γωνία ζενίθ (θ_z) και την ηλιακή γωνία αζιμούθιου (γ_s) για κάθε ώρα των μέσων ημερών του μήνα και μας δίνει τις γραφικές παραστάσεις με τις τρεις παραμέτρους.

8.1.3 Ηλιακή ακτινοβολία

Ερχόμαστε τώρα στο μέρος της ακτινοβολίας. Αρχίζουμε με τη διατύπωση της διαδικασίας υπολογισμού της μηνιαίας ακτινοβολίας και ανά μία ώρα, στις επιφάνειες που κλίνουν για τις ισοτροπικές μεθόδους και συνεχίζουμε με τη διατύπωση της διαδικασίας υπολογισμού της μηνιαίας ακτινοβολίας και ανά μία ώρα, στις επιφάνειες που κλίνουν για τις ανισότροπες μεθόδους Perez.

χρησιμοποιώντας τον ίδιο πίνακα:

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2 Μέσες «ημέρες» κάθε μήνα^[1]

month	n for ith day of month	date	n
January	i	17	17
February	31+i	16	47
March	59+i	16	75
April	90+i	15	105
May	120+i	15	135
June	151+i	11	162
July	181+i	17	198
August	212+i	16	228
September	243+i	15	258
October	273+i	15	288
November	304+i	14	318
December	334+i	10	344

Χρησιμοποιώντας τους ίδιους τύπους μπορούμε να υπολογίσουμε την απόκλιση για τον κάθε μήνα, τη γωνία ώρας ηλιοβασιλέματος $\omega_s = \arccos(-\tan\phi \tan\delta)$ (η ανατολή είναι το αντίθετο του ηλιοβασιλέματος - ω_s) και έπειτα τη γωνία ω ώρας (15ο για 1 ώρα $\omega > 0$ για τις ώρες μετά από το μεσημέρι και $\omega < 0$ για πριν), η γωνία δύο ωρών ω_1, ω_2 που έκανε την περίοδο μιας ώρας για κάθε ώρα προκειμένου να υπολογιστεί η εξωγήνη ακτινοβολία:

$$I_o = \frac{12 \cdot 3600 G_{sc}}{\pi} (1 + 0.033 \cos \frac{360n}{365}) \left(\cos \phi \cos \delta (\sin \omega_2 - \sin \omega_1) + \frac{\pi(\omega_2 - \omega_1)}{180} \sin \phi \sin \delta \right) \quad (8.1.3.1)$$

Κατόπιν πρέπει να υπολογίσουμε τη σχέση μεταξύ της ωριαίας και καθημερινής συνολικής ακτινοβολίας που αντιπροσωπεύεται από την ακόλουθη εξίσωση από collares-Pereira και Rabl:

$$r_t = \frac{\pi}{24} (a + b \cos \omega) \frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\sin \omega_s - \frac{\pi \omega_s}{180} \cos \omega_s} \quad (8.1.3.2)$$

Οι συντελεστές a και b δίνονται από:

$$a = 0.409 + 0.5016 \sin(\omega_s - 60) \quad (8.1.3.3)$$

$$b = 0.6609 - 0.4767 \sin(\omega_s - 60) \quad (8.1.3.4)$$

Με αυτό μπορούμε να βρούμε την ωριαία ακτινοβολία:

$$I = rt * H_t \quad (8.1.3.5)$$

Η μηνιαία ακτινοβολία δίνεται.

Τώρα μπορούμε να υπολογίσουμε και ο ωριαίος δείκτης καθαρότητας k_T :

$$k_T = I/I_0 \quad (8.1.3.6)$$

Υπολογίζουμε ότι η διάχυτη ταυτότητα ακτινοβολίας εξαρτήθηκε του k_T από τον επόμενο τύπο:

$$\frac{I_d}{I} = \begin{cases} 1.0 - 0.09k_T & (k_T \leq 0.22) \\ 0.9511 - 0.1604k_T + 4.388k_T^2 - 16.638k_T^3 + 12.336k_T^4 & (0.22 \leq k_T \leq 0.80) \\ 0.165 & (k_T > 0.80) \end{cases} \quad (8.1.3.7)$$

Και η ακτινοβολία ακτινών

$$I_b = 1 - I_d \quad (8.1.3.8)$$

Όποιο είναι το υπόλοιπο της ωριαίας ακτινοβολίας

Με τη γωνία της πρόσπτωσης (θ)

$$\theta = \sin\delta \sin\phi \cos\beta \sin\delta \cos\phi \sin\beta \cos\gamma + \cos\delta \cos\phi \cos\beta \cos\omega + \cos\delta \sin\phi \sin\beta \sin\gamma \cos\omega + \cos\delta \sin\beta \sin\gamma \sin\omega$$

$$\text{Και η γωνία ζενίθ } \theta_z = \arccos(\cos\phi \cos\delta \cos\omega + \sin\phi \sin\delta) \quad (8.1.3.9)$$

Υπολογίζουμε γεωμετρικό R_b παράγοντα (η αναλογία της ακτινοβολίας ακτινών στη με τον τίτλο επιφάνεια σε αυτή σε μια οριζόντια επιφάνεια οποιαδήποτε στιγμή)

$$R_b = \frac{\cos\theta}{\cos\theta_z} \quad (8.1.3.10)$$

Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να υπολογίσουμε τελικά τη συνολική ηλιακή ακτινοβολία στη επιφάνεια του συλλεκτή για μια ώρα ως ποσό τριών όρων:

$$I_T = I_b R_b + I_d \frac{1 + \cos\beta}{2} + (I_b + I_d) \rho \frac{1 - \cos\beta}{2} \quad (8.1.3.11)$$

Αυτό είναι το ιστροπικό πρότυπο.

Ξέροντας τις ώρες του ήλιου μπορούμε να υπολογίσουμε τη συνολική ακτινοβολία για καθημερινά.

Μπορούμε να συνεχιστούμε τώρα στο ανισότροπο πρότυπο του Perez. Χρησιμοποιούμε τους ίδιους τύπους αλλά αθροίζουμε λίγο περισσότερο αυτή τη φορά.

Αρχικά πρέπει να βρούμε τους δύο όρους a, b:

$$a = \max(0, \cos \theta) \quad (8.1.3.12)$$

$$b = \max(\cos 85, \cos \theta_z) \quad (8.1.3.13)$$

Κατόπιν κανονική ακτινοβολία ακτινών επίπτωσης

$$I_{bn} = \frac{I_b}{\cos \theta_z} \quad (8.1.3.14)$$

Η παράμετρος καθαρότητας ε:

$$\varepsilon = \frac{\frac{I_d + I_{b,n}}{I_d} + 5.535 * 10^{-6} \theta_z^3}{1 + 5.535 * 10^{-6} \theta_z^3} \quad (8.1.3.15)$$

Και η παράμετρος φωτεινότητας είναι

$$\Delta = m \frac{I_d}{I_{on}} \quad (8.1.3.16)$$

Όπου το m είναι η μάζα αέρα και το I_{on} είναι η εξωγήινη ακτινοβολία κανονικός-επίπτωσης.

Ο συντελεστής φωτεινότητας F1 και το F2 είναι λειτουργίες των στατιστικά παραγόμενων συντελεστών για τις σειρές των τιμών ε, οι εξισώσεις για τον υπολογισμό F1 και το F2 είναι:

$$F_1 = \max \left[0, \left(f_{11} + f_{12} \Delta + \frac{\pi \theta_z}{180} f_{13} \right) \right] \quad (8.1.3.17)$$

$$F_2 = \left(f_{21} + f_{22} \Delta + \frac{\pi \theta_z}{180} f_{23} \right) \quad (8.1.3.18)$$

Όπου το f_{ij} λαμβάνεται από τον επόμενο πίνακα:

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.3 Συντελεστές φωτεινότητας^[17]

Range of ϵ	f_{11}	f_{12}	f_{13}	f_{21}	f_{22}	f_{23}
0 - 1.065	-0.196	1.084	-0.006	-0.114	0.180	-0.019
1.065 - 1.230	0.236	0.519	-0.180	-0.011	0.020	-0.038
1.230 - 1.500	0.454	0.321	-0.255	0.072	-0.098	-0.046
1.500 - 1.950	0.866	-0.381	-0.375	0.203	-0.403	-0.049
1.950 - 2.800	1.026	-0.711	-0.426	0.273	-0.602	-0.061
2.800 - 4.500	0.978	-0.986	-0.350	0.280	-0.915	-0.024
4.500 - 6.200	0.748	-0.913	-0.236	0.173	-1.045	0.065
6.200 - \uparrow	0.318	-0.757	0.103	0.062	-1.698	0.236

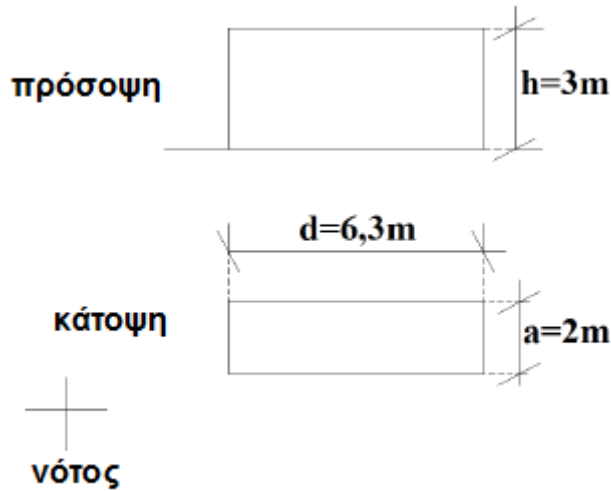
Με αυτόν τον τρόπο υπολογίζουμε τη συνολική ηλιακή ακτινοβολία στη επιφάνεια του συλλέκτη για μια ώρα ως ποσό πέντε όρων: η άμεση ακτινοβολία, η ιστροπικός διάχυτη, η διάχυτη από τον κύκλο του ηλιακού συστήματος, η διάχυτη από τον ορίζοντα, και από το έδαφος-ανακλώμενη:

$$I_T = I_b R_b + I_d (1 - F_1) \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + I_d F_1 \frac{a}{b} + I_d F_2 \sin \beta + I \rho_g \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \quad (8.1.3.19)$$

Αυτό είναι το ανισότροπο πρότυπο που θα παρουσιάσουμε με παραστάσεις και πίνακες.

8.1.4 Παράδειγμα Σκιάς

Κατόπιν μπορούμε να υπολογίσουμε τη σκιά που ο ήλιος δημιουργεί, παίρνουμε παραδείγματος χάριν τον επόμενο τοίχο για τις μέσες ημέρες του μήνα.



ΕΙΚΟΝΑ 8.4. Παράδειγμα τοίχου με διαστάσεις και προσανατολισμό

Χρησιμοποιούμε τους ίδιους τύπους όπως πριν από αλλά τώρα προσθέτουμε τη μορφή της σκιάς.

Κατόπιν μπορούμε να υπολογίσουμε τη γωνία ώρας ηλιοβασιλέματος

$$\omega_s = \arccos(-\tan\phi \tan\delta) \quad (8.1.4.1)$$

(η ανατολή είναι το αντίθετο του ηλιοβασιλέματος - ω_s) και έπειτα η γωνία ω ώρας (15ο για 1 ώρα $\omega>0$ για τις ώρες μετά από το μεσημέρι και $\omega<0$ για πριν) για κάθε ώρα, κατόπιν η γωνία ζενίθ θ_z .

Μπορούμε να υπολογίσουμε το μήκος από τη γωνία ζενίθ :

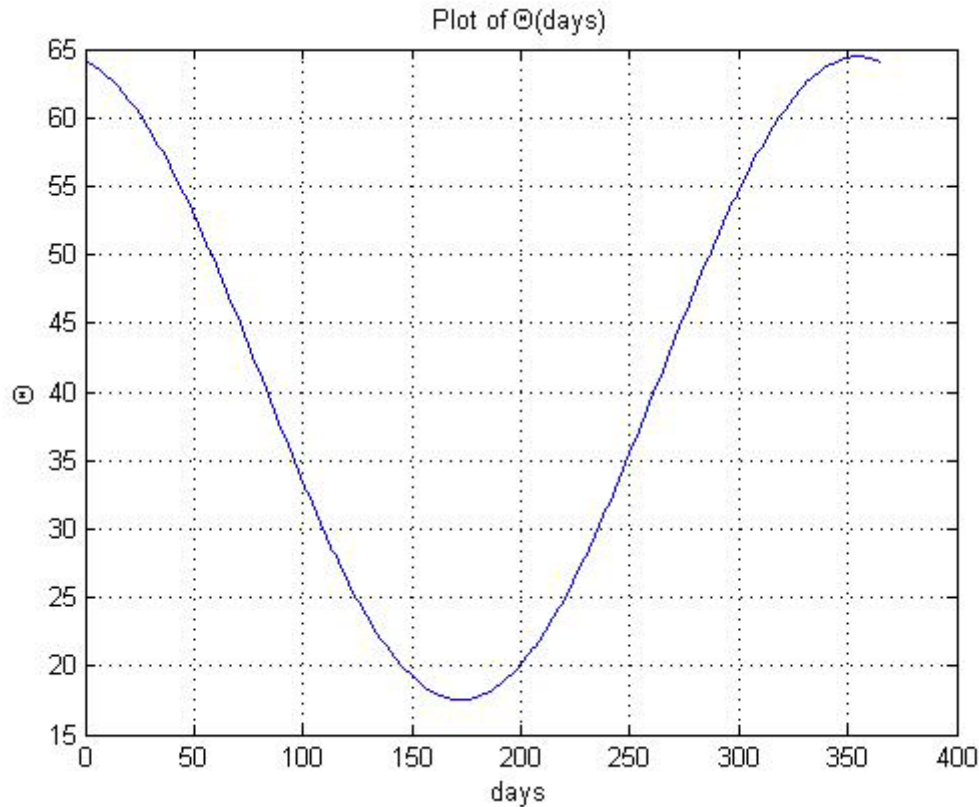
$$\text{Length} = 3 / \tan(90 - \theta_z) \quad (8.1.4.2)$$

Η γωνία προέρχεται από τη γωνία ώρας αφαιρώντας τη από 90 βαθμούς επειδή η οπτική είναι διαφορετική.

8.2 Παρουσίαση γραφικών παραστάσεων και πινάκων

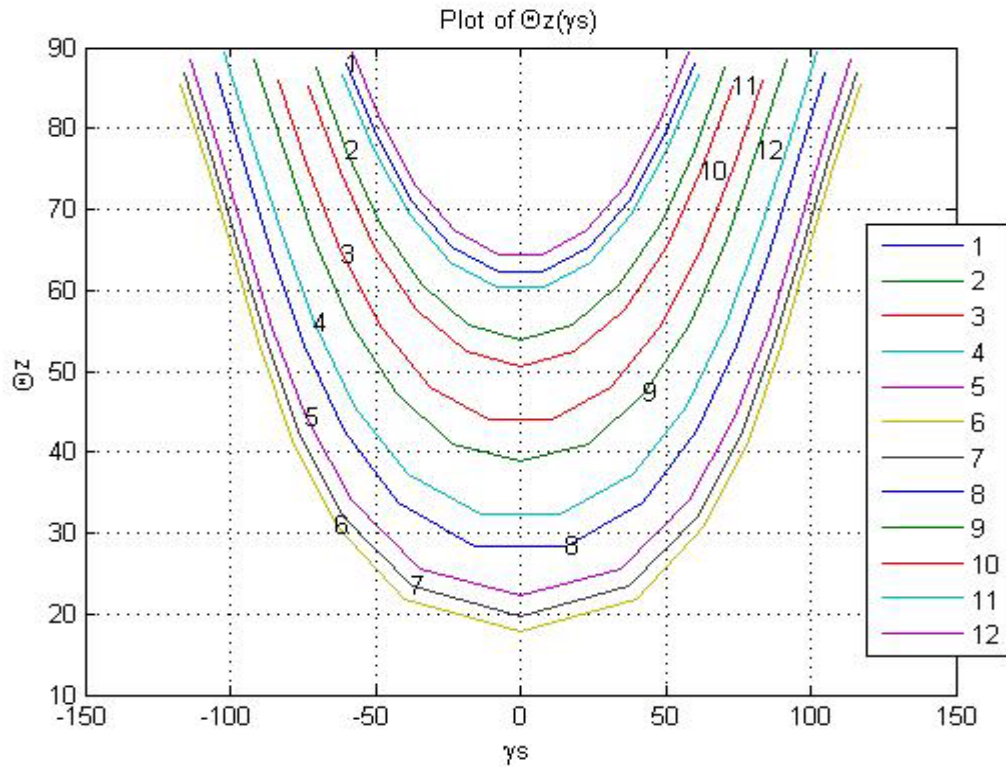
Έχοντας σχεδιάσει το μαθηματικό μοντέλο μπορούμε εύκολα να το μεταφράσουμε στον κώδικά της Matlab και έπειτα να πάρουμε τα αποτελέσματα που θα δούμε:

8.2.1 Γωνία πρόσπτωσης του ηλίου στην επιφάνεια συλλέκτη

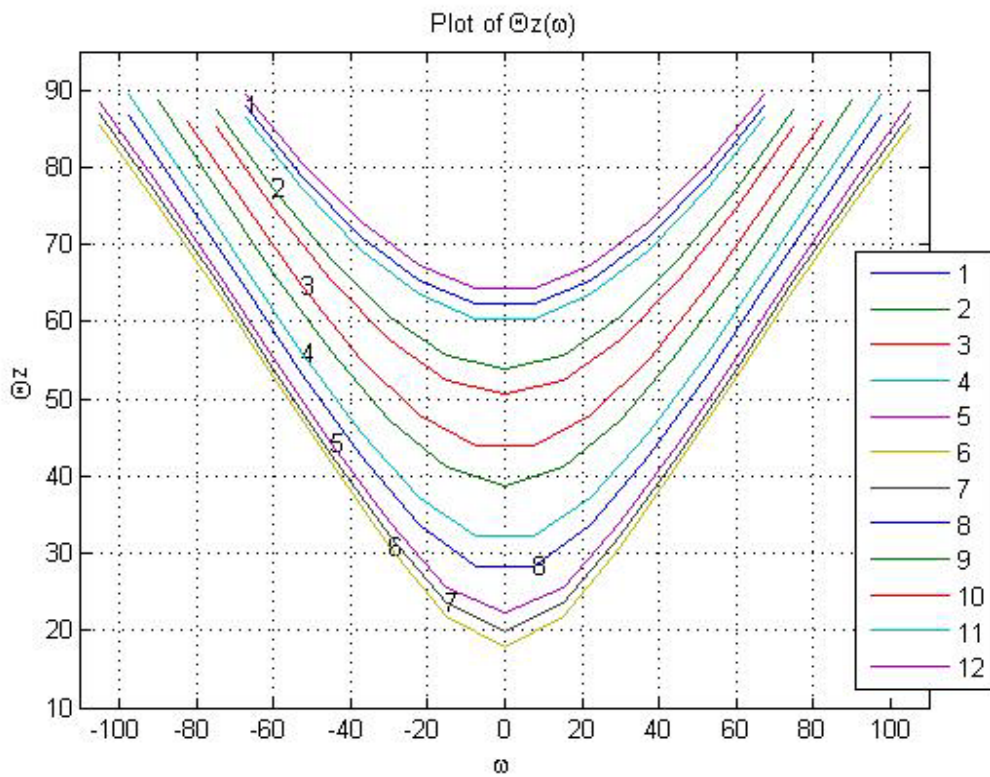


ΕΙΚΟΝΑ 8.2.1. Γωνία πρόσπτωσης του ηλίου στην επιφάνεια συλλέκτη βάση κάθε ημέρας του έτους

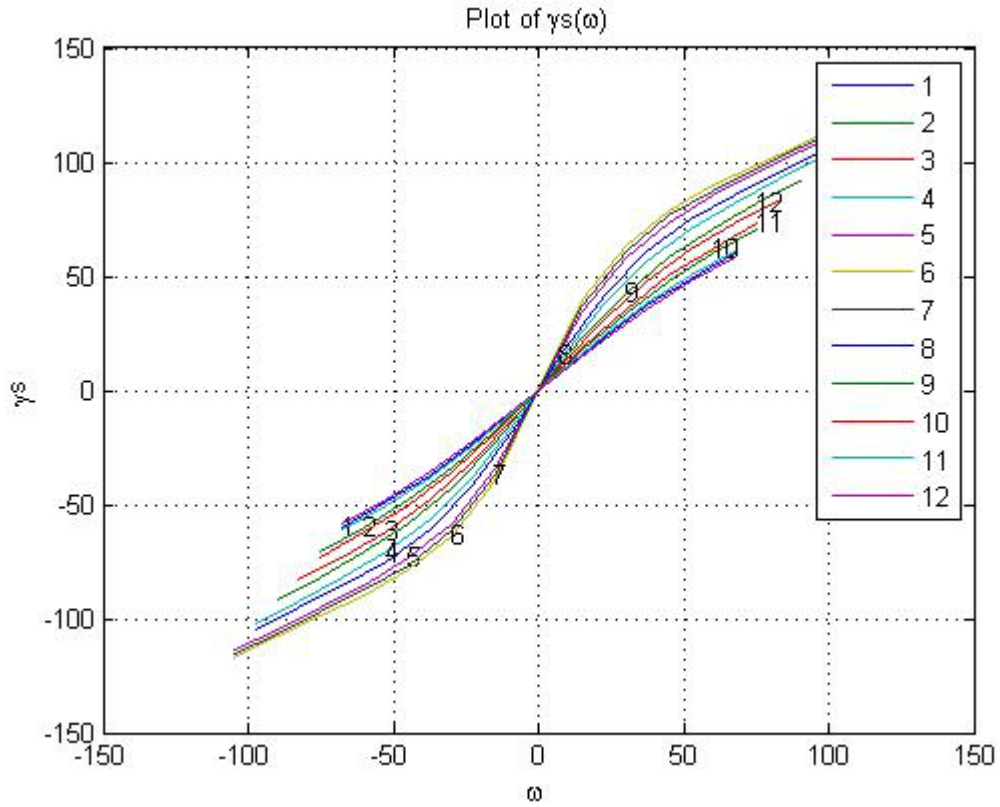
8.2.2 Ηλιακή θέση



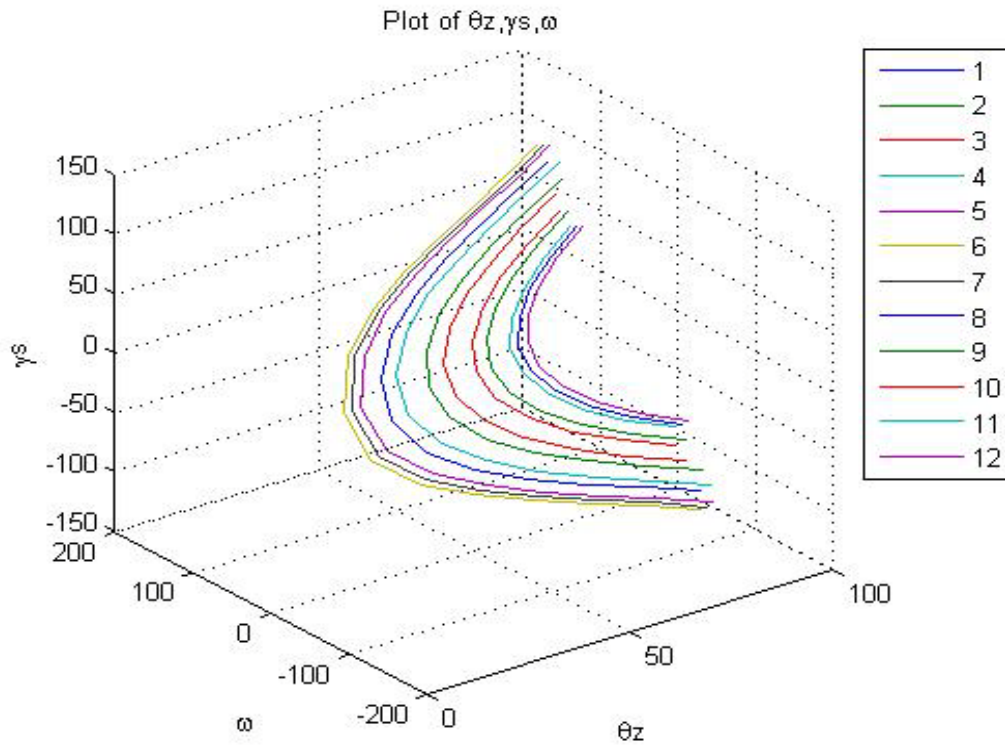
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.2.Ι Γωνία ζενίθ σε σχέση με την γωνία αζιμούθιου



ΕΙΚΟΝΑ 8.2.2.ΙΙ Γωνία ζενίθ σε σχέση με την ωριαία γωνία



ΕΙΚΟΝΑ 8.2.2.III Γωνία αζιμούθιου σε σχέση με την ωριαία γωνία



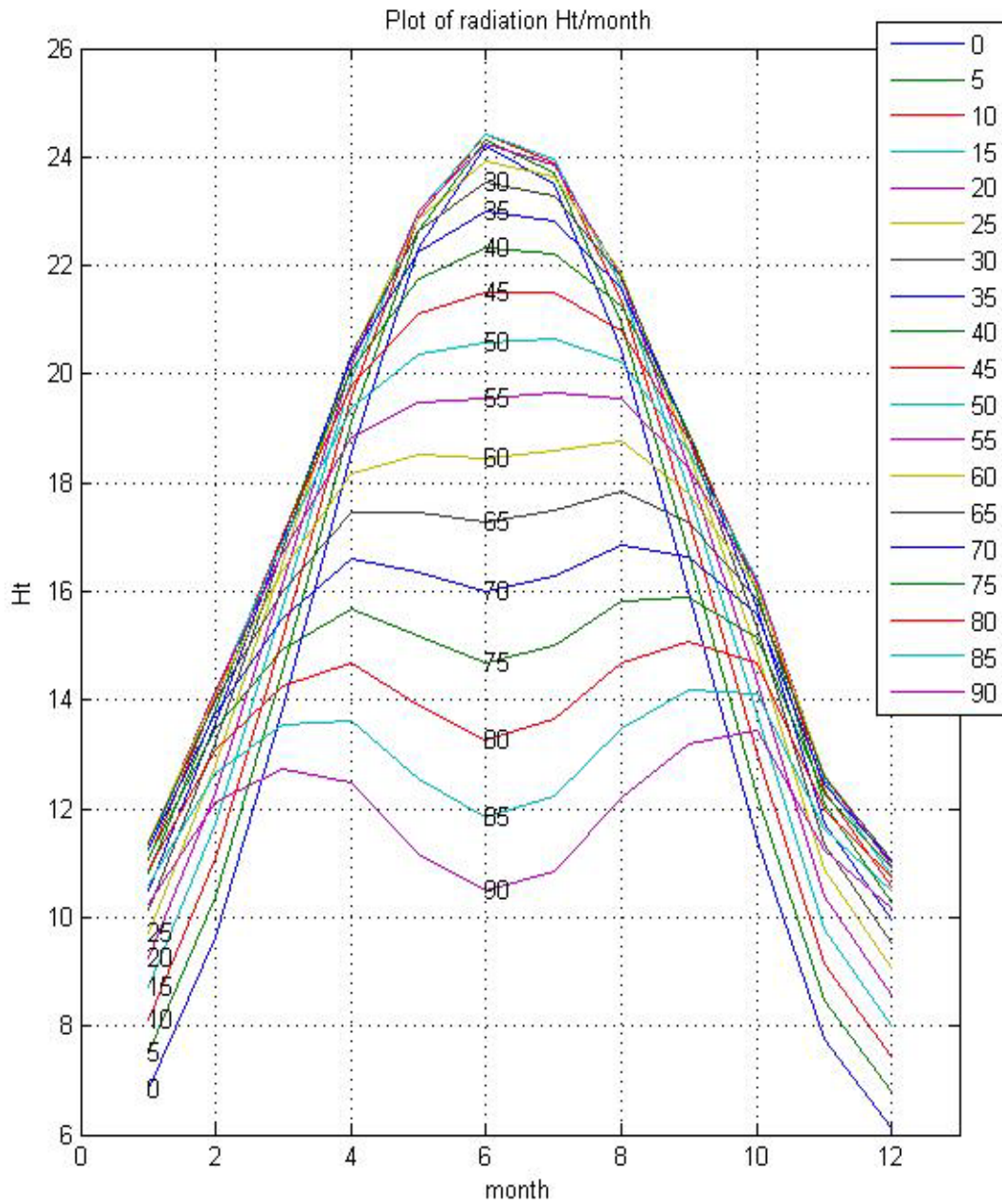
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.2.IV Γωνία ζενίθ σε σχέση με την ωριαία γωνία και την γωνία αζιμουθίου

8.2.3 Ηλιακή ακτινοβολία

Για κάθε μέση ημέρα κάθε μήνα, κάθε 5 μοίρες κλίση συλλέκτη (0-90) και 30 μοίρες γωνία αζιμούθιου (0-90) έχουμε τα εξής αποτελέσματα σε ηλιακή ακτινοβολίας (Mj/m^2)

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2.3.1 Ηλιακή ακτινοβολία για αζιμούθιο συλλέκτη $\gamma=0^\circ$

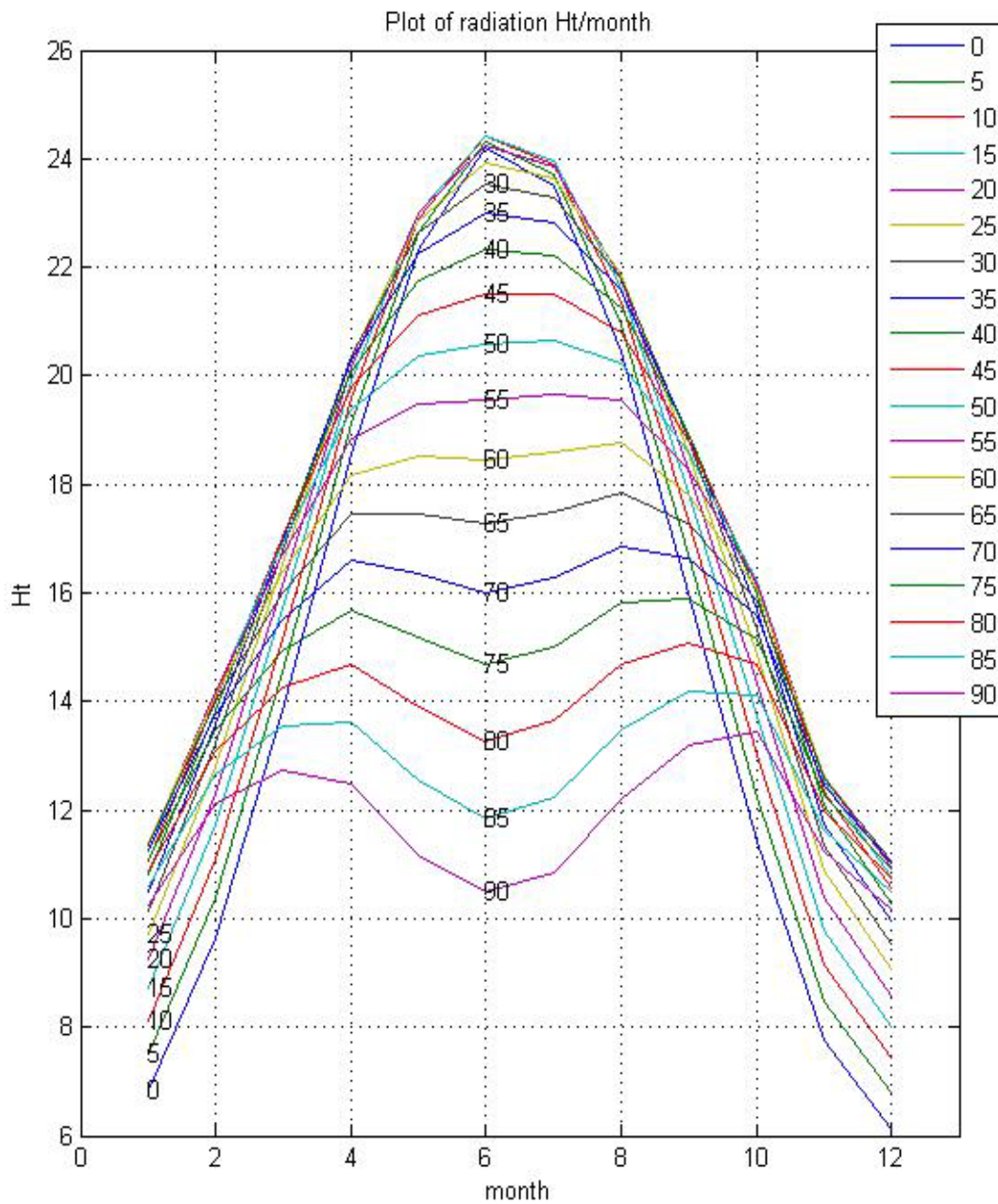
β /month	Jan.	Febr.	March	April	May	July	June	August	Sept.	Octob.	Nov.	Dec.
0	6,8503	9,65	13,831	18,55	22,307	24,191	23,491	20,425	15,992	11,411	7,7469	6,1079
5	7,5091	10,398	14,535	19,116	22,642	24,317	23,719	20,947	16,709	12,249	8,4763	6,7824
10	8,1297	11,091	15,161	19,573	22,892	24,433	23,902	21,348	17,333	13,019	9,1613	7,4227
15	8,7073	11,725	15,704	19,919	23,008	24,404	23,943	21,624	17,857	13,718	9,7967	8,0238
20	9,2376	12,294	16,159	20,171	22,99	24,231	23,843	21,792	18,284	14,338	10,378	8,5811
25	9,7165	12,795	16,523	20,329	22,873	23,923	23,624	21,851	18,61	14,876	10,9	9,0903
30	10,14	13,223	16,794	20,369	22,626	23,523	23,293	21,781	18,828	15,328	11,359	9,5477
35	10,506	13,576	16,97	20,291	22,248	22,985	22,826	21,584	18,936	15,689	11,751	9,9497
40	10,811	13,85	17,048	20,095	21,741	22,314	22,225	21,26	18,933	15,958	12,075	10,293
45	11,052	14,044	17,029	19,784	21,109	21,515	21,496	20,812	18,818	16,131	12,326	10,576
50	11,228	14,155	16,912	19,36	20,357	20,594	20,644	20,243	18,594	16,209	12,504	10,795
55	11,337	14,184	16,699	18,825	19,491	19,558	19,676	19,558	18,261	16,19	12,607	10,95
60	11,379	14,13	16,39	18,185	18,517	18,438	18,599	18,761	17,822	16,074	12,634	11,038
65	11,354	13,994	15,99	17,443	17,472	17,273	17,49	17,86	17,281	15,863	12,585	11,06
70	11,261	13,775	15,499	16,605	16,362	16,017	16,288	16,861	16,641	15,557	12,46	11,015
75	11,101	13,477	14,923	15,678	15,168	14,682	15,003	15,809	15,907	15,16	12,26	10,903
80	10,876	13,101	14,266	14,671	13,9	13,276	13,644	14,675	15,086	14,674	11,987	10,725
85	10,586	12,65	13,532	13,613	12,566	11,857	12,223	13,468	14,183	14,103	11,643	10,484
90	10,235	12,128	12,727	12,488	11,182	10,48	10,85	12,195	13,205	13,451	11,231	10,179



ΕΙΚΟΝΑ 8.2.3.1 Ηλιακή ακτινοβολία για κάθε μέση ημέρα κάθε μήνα, κάθε 5 μοίρες κλίση συλλέκτη και 0 μοίρες γωνία αζιμούθιου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2.3.ΙΙ Ηλιακή ακτινοβολία για αζιμούθιο συλλέκτη $\gamma=30^\circ$

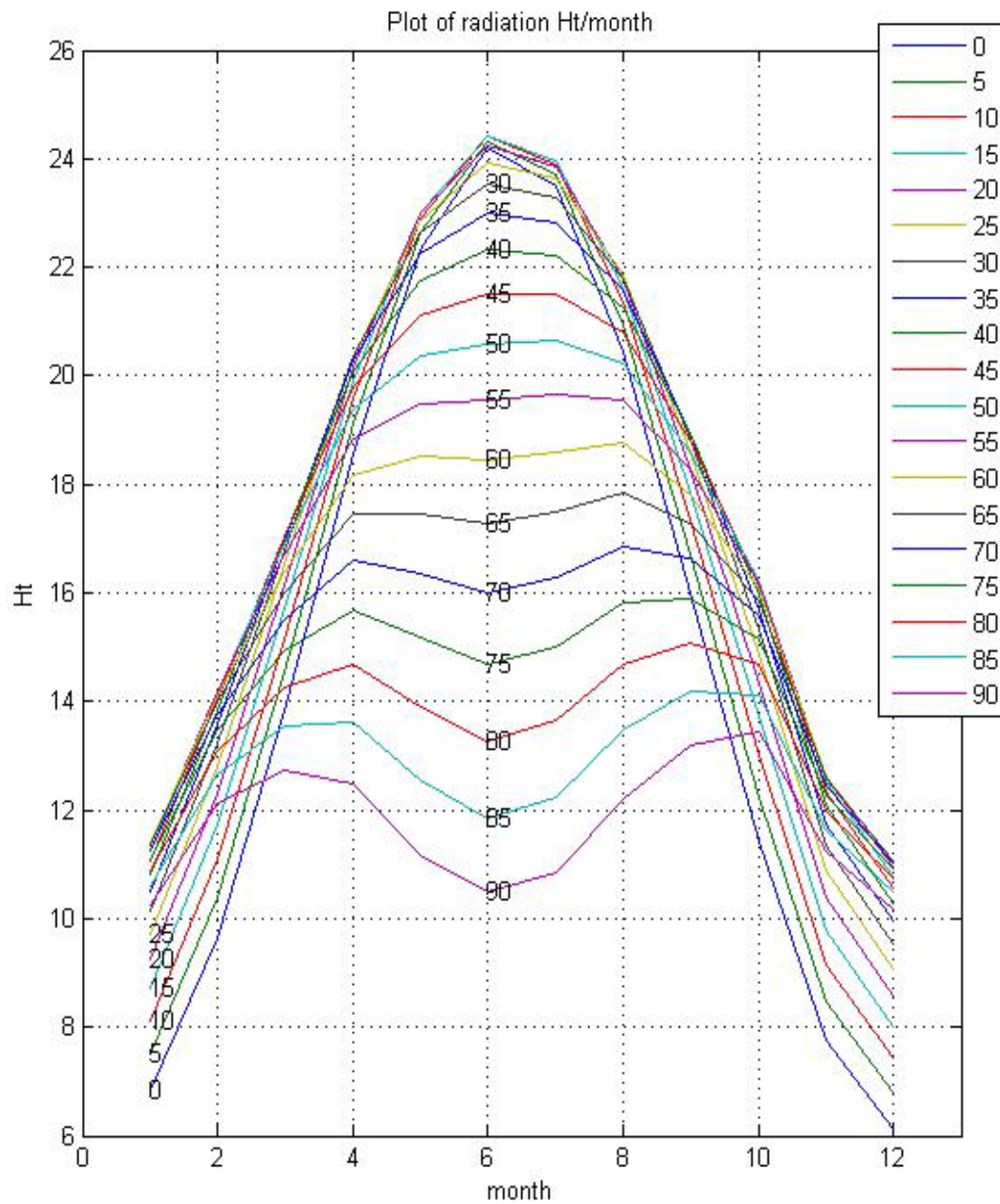
β /month	Jan.	Febr.	March	April	May	July	June	August	Sept.	Octob.	Nov.	Dec.
0	6,8503	9,65	13,831	18,55	22,307	24,191	23,491	20,425	15,992	11,411	7,7469	6,1079
5	7,4202	10,297	14,441	19,044	22,628	24,352	23,732	20,878	16,664	12,137	8,3788	6,6903
10	7,9525	10,912	14,974	19,505	22,848	24,437	23,88	21,25	17,261	12,804	8,967	7,2392
15	8,4432	11,472	15,436	19,854	22,97	24,407	23,928	21,51	17,76	13,428	9,507	7,7503
20	8,8885	11,97	15,824	20,089	22,958	24,257	23,844	21,645	18,179	13,977	9,9948	8,2197
25	9,2852	12,402	16,123	20,233	22,812	23,964	23,619	21,662	18,494	14,446	10,427	8,6438
30	9,6301	12,765	16,332	20,27	22,57	23,55	23,283	21,587	18,701	14,832	10,799	9,0194
35	9,9206	13,055	16,449	20,189	22,215	23,047	22,847	21,386	18,8	15,131	11,11	9,3436
40	10,155	13,271	16,472	19,992	21,733	22,411	22,277	21,06	18,788	15,342	11,355	9,6141
45	10,33	13,41	16,403	19,68	21,125	21,645	21,578	20,611	18,666	15,462	11,535	9,8287
50	10,446	13,473	16,241	19,269	20,428	20,801	20,796	20,064	18,44	15,492	11,647	9,9857
55	10,501	13,458	16,008	18,781	19,657	19,888	19,943	19,441	18,134	15,436	11,69	10,084
60	10,496	13,372	15,687	18,187	18,777	18,865	18,98	18,707	17,725	15,296	11,665	10,123
65	10,429	13,21	15,278	17,492	17,795	17,739	17,912	17,868	17,213	15,066	11,571	10,102
70	10,302	12,972	14,785	16,701	16,75	16,609	16,812	16,932	16,603	14,748	11,408	10,022
75	10,115	12,66	14,212	15,826	15,688	15,424	15,674	15,962	15,9	14,345	11,179	9,8822
80	9,8705	12,277	13,563	14,935	14,548	14,162	14,457	14,94	15,109	13,859	10,885	9,6849
85	9,5696	11,825	12,843	13,967	13,337	12,938	13,227	13,841	14,275	13,294	10,529	9,4311
90	9,2148	11,309	12,08	12,93	12,208	11,712	12,036	12,685	13,381	12,655	10,114	9,1228



ΕΙΚΟΝΑ 8.2.3.II Ηλιακή ακτινοβολία για κάθε μέση ημέρα κάθε μήνα, κάθε 5 μοίρες κλίση συλλέκτη και 30 μοίρες γωνία αζιμούθιου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2.3.III Ηλιακή ακτινοβολία για αζιμούθιο συλλέκτη $\gamma=60^\circ$

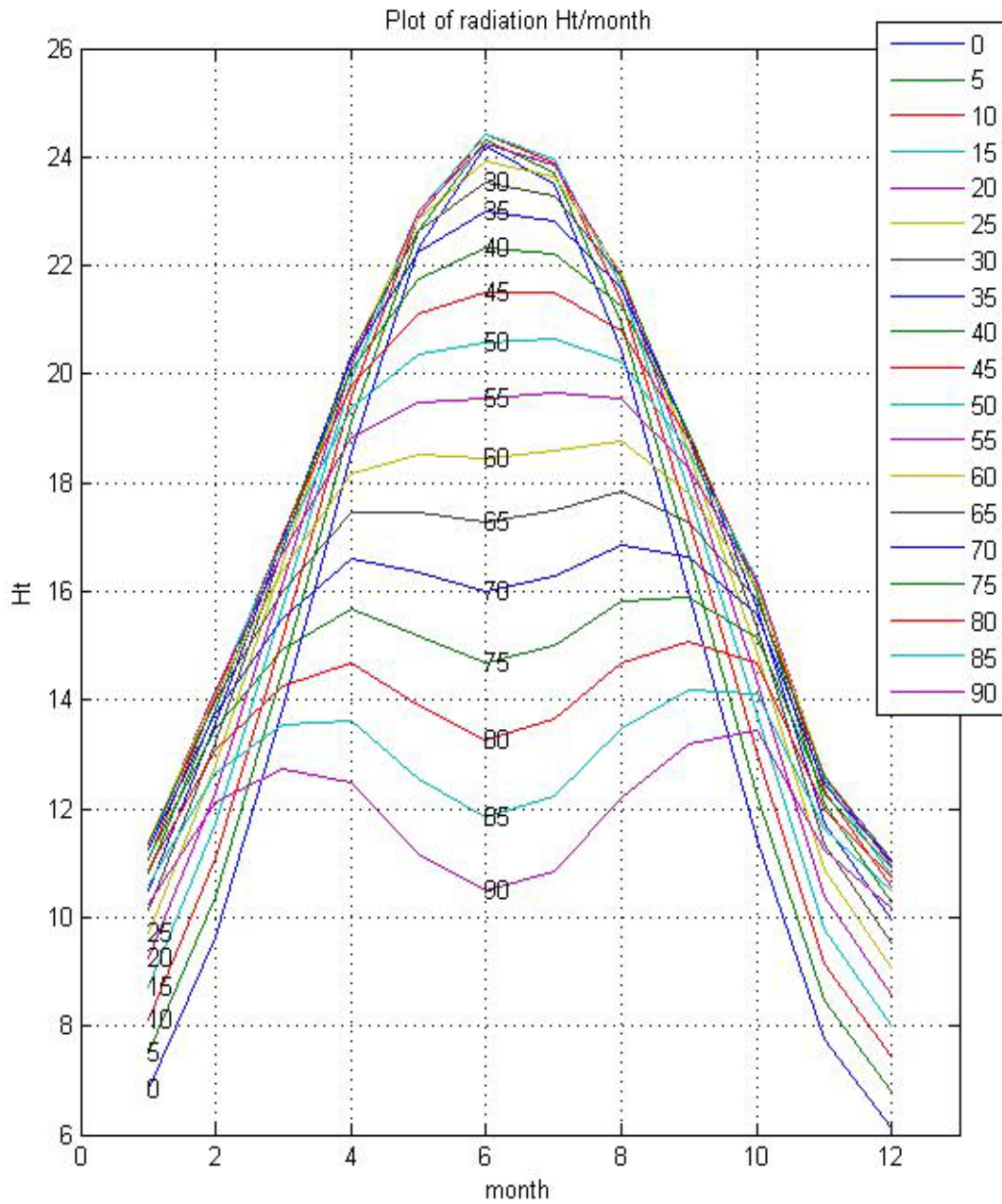
β /month	Jan.	Febr.	March	April	May	July	June	August	Sept.	Octob.	Nov.	Dec.
0	6,8503	9,65	13,831	18,55	22,307	24,191	23,491	20,425	15,992	11,411	7,7469	6,1079
5	7,1771	10,076	14,185	18,877	22,558	24,335	23,689	20,697	16,448	11,864	8,1123	6,4387
10	7,4863	10,48	14,499	19,172	22,733	24,405	23,812	20,915	16,844	12,316	8,4471	6,7788
15	7,7701	10,84	14,743	19,376	22,799	24,395	23,841	21,012	17,175	12,701	8,7564	7,0916
20	8,0136	11,158	14,908	19,505	22,749	24,242	23,729	21,043	17,408	13,044	9,0191	7,3678
25	8,2151	11,416	15,024	19,524	22,627	24,012	23,559	20,962	17,548	13,322	9,2332	7,6052
30	8,373	11,611	15,072	19,455	22,373	23,665	23,254	20,759	17,642	13,526	9,3972	7,8084
35	8,5043	11,744	15,037	19,324	22,037	23,195	22,847	20,518	17,634	13,653	9,5217	7,9814
40	8,5931	11,831	14,92	19,083	21,625	22,695	22,389	20,164	17,525	13,71	9,6088	8,111
45	8,6355	11,868	14,752	18,733	21,089	22,063	21,801	19,695	17,332	13,73	9,6429	8,1961
50	8,631	11,841	14,534	18,359	20,483	21,339	21,131	19,184	17,1	13,671	9,6237	8,2361
55	8,5798	11,748	14,236	17,9	19,84	20,603	20,436	18,61	16,772	13,535	9,5513	8,2308
60	8,4822	11,591	13,863	17,341	19,086	19,752	19,627	17,931	16,349	13,323	9,4263	8,1801
65	8,339	11,37	13,416	16,689	18,246	18,822	18,734	17,16	15,834	13,036	9,2496	8,0844
70	8,1512	11,106	12,959	16,061	17,448	17,936	17,884	16,434	15,318	12,711	9,0248	7,9445
75	7,9461	10,809	12,457	15,351	16,558	16,955	16,939	15,621	14,733	12,346	8,7845	7,7785
80	7,702	10,456	11,892	14,561	15,583	15,917	15,915	14,728	14,07	11,914	8,4975	7,5776
85	7,4182	10,047	11,269	13,735	14,692	14,965	14,993	13,851	13,332	11,417	8,1658	7,3363
90	7,0969	9,5872	10,609	12,953	13,748	13,941	13,998	12,983	12,61	10,861	7,7921	7,0564



ΕΙΚΟΝΑ 8.2.3.III Ηλιακή ακτινοβολία για κάθε μέση ημέρα κάθε μήνα, κάθε 5 μοίρες κλίση συλλέκτη και 60 μοίρες γωνία αζιμούθιου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2.3.IV Ηλιακή ακτινοβολία για αζιμούθιο συλλέκτη $\gamma=90^\circ$

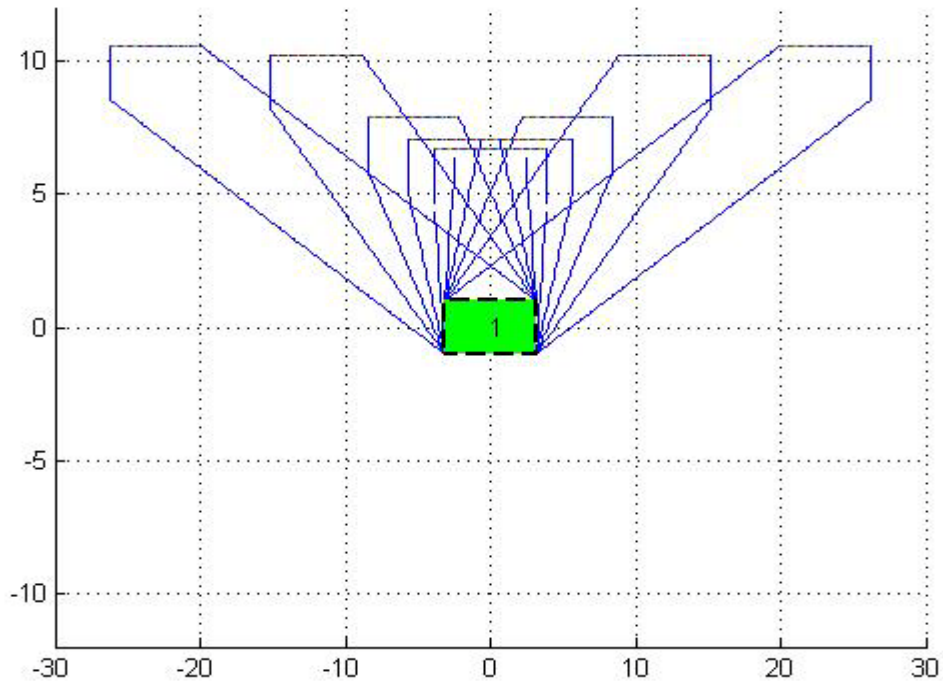
β /month	Jan.	Febr.	March	April	May	July	June	August	Sept.	Octob.	Nov.	Dec.
0	6,8503	9,65	13,831	18,55	22,307	24,191	23,491	20,425	15,992	11,411	7,7469	6,1079
5	6,8569	9,7376	13,836	18,606	22,416	24,265	23,584	20,442	16,106	11,482	7,7509	6,1307
10	6,8735	9,8191	13,823	18,631	22,447	24,263	23,597	20,407	16,178	11,555	7,7643	6,1793
15	6,8619	9,8779	13,736	18,59	22,372	24,174	23,52	20,261	16,182	11,612	7,7387	6,2186
20	6,8561	9,8864	13,632	18,467	22,2	23,949	23,311	20,065	16,116	11,615	7,7144	6,2476
25	6,8171	9,892	13,464	18,272	21,948	23,657	23,048	19,753	16,019	11,579	7,6638	6,2464
30	6,7521	9,8591	13,253	18,031	21,592	23,245	22,649	19,416	15,832	11,534	7,5749	6,2422
35	6,7022	9,776	13,031	17,69	21,199	22,785	22,234	18,983	15,634	11,428	7,4972	6,2303
40	6,6201	9,7002	12,743	17,361	20,686	22,235	21,703	18,505	15,376	11,292	7,3977	6,1883
45	6,5066	9,5903	12,433	16,949	20,182	21,622	21,141	18	15,034	11,162	7,262	6,1165
50	6,3739	9,4324	12,125	16,469	19,585	20,979	20,52	17,396	14,726	10,974	7,0911	6,0455
55	6,2572	9,2322	11,758	16,019	18,936	20,219	19,804	16,83	14,353	10,73	6,949	5,9674
60	6,1117	9,0643	11,333	15,483	18,305	19,529	19,146	16,209	13,904	10,499	6,7832	5,8611
65	5,9386	8,8524	10,969	14,883	17,575	18,74	18,383	15,503	13,472	10,248	6,5858	5,7275
70	5,7393	8,598	10,555	14,354	16,854	17,91	17,6	14,87	13,028	9,9465	6,3584	5,5676
75	5,5152	8,303	10,094	13,753	16,137	17,133	16,848	14,19	12,518	9,5956	6,1026	5,3902
80	5,3259	8,0101	9,5957	13,085	15,337	16,268	16,008	13,441	11,946	9,2329	5,8789	5,2308
85	5,1163	7,7233	9,1682	12,479	14,569	15,417	15,19	12,748	11,456	8,8952	5,6422	5,0488
90	4,8866	7,4026	8,7031	11,859	13,823	14,608	14,406	12,063	10,924	8,5165	5,3826	4,8457



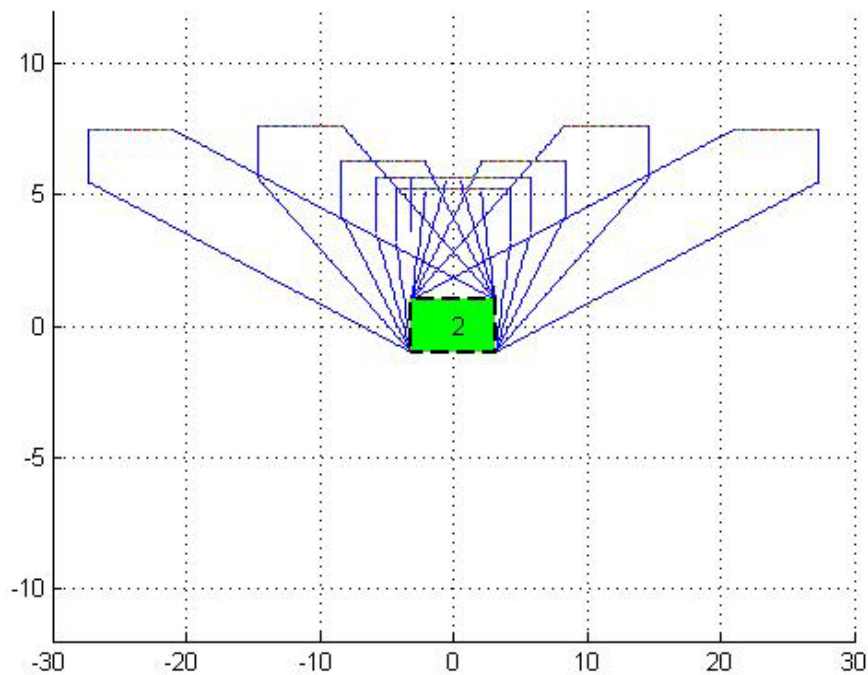
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.3.IV Ηλιακή ακτινοβολία για κάθε μέση ημέρα κάθε μήνα, κάθε 5 μοίρες κλίση συλλέκτη και 90 μοίρες γωνία αζιμούθιου.

8.2.4 Παράδειγμα σκιάς

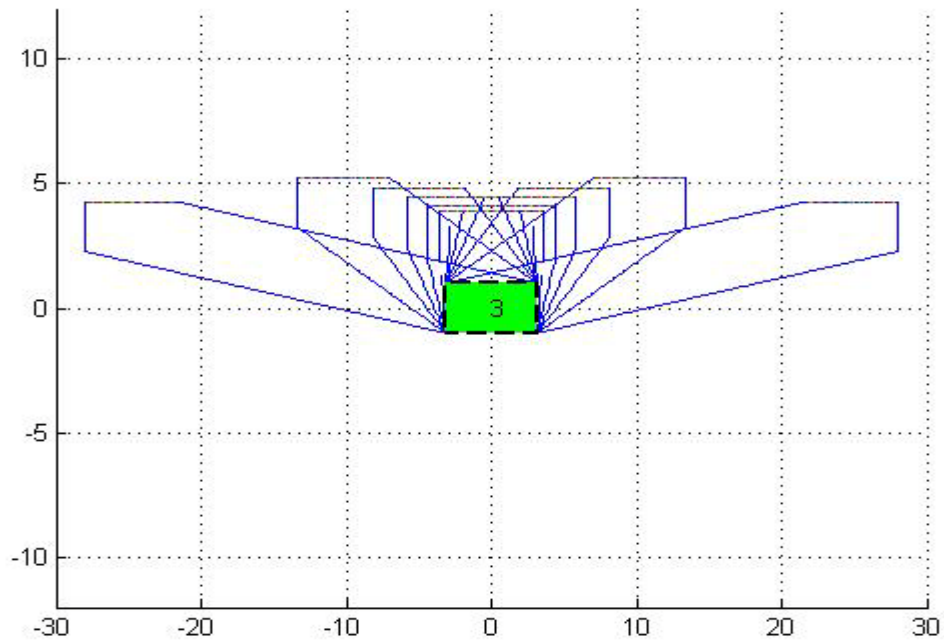
Εδώ απλά κάνουμε ένα πρόχειρο σχεδιασμό στην Matlab για να δείξουμε πόσο εικονικά μεγάλο μήκος έχει αλλά και τη γωνία της για κάθε μήνα για τον τοίχο (2*3*6,3):



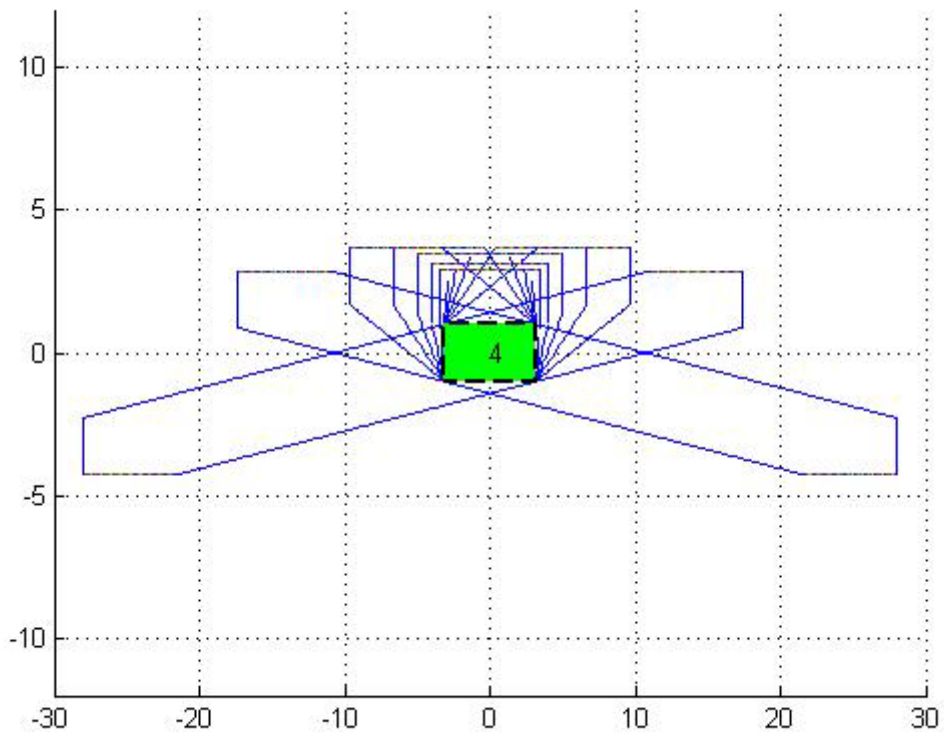
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.4.I Περιγραφή ημερήσιας σκίασης του μήνα Γενάρη



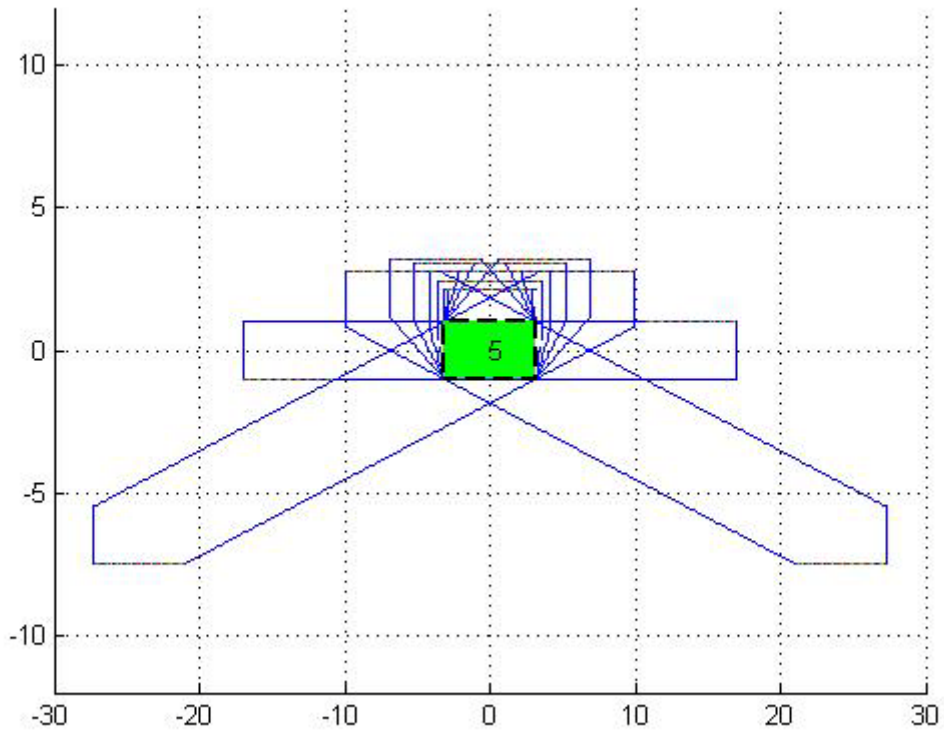
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.4.II Περιγραφή ημερήσιας σκίασης του μήνα Φλεβάρη



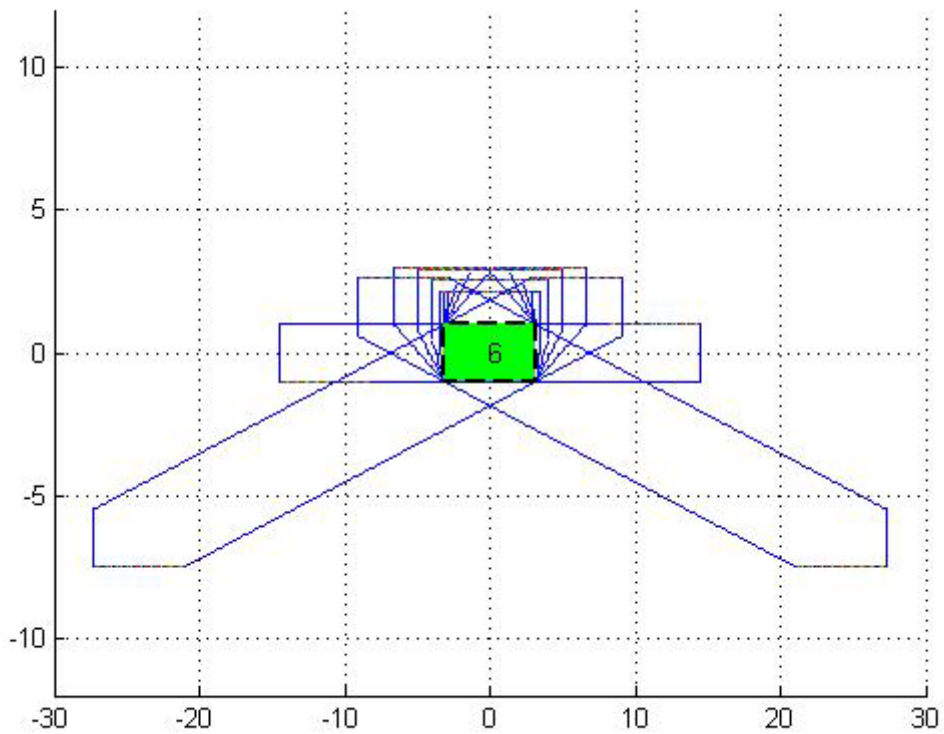
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.4.III Περιγραφή ημερήσιας σκίασης του μήνα Μάρτη



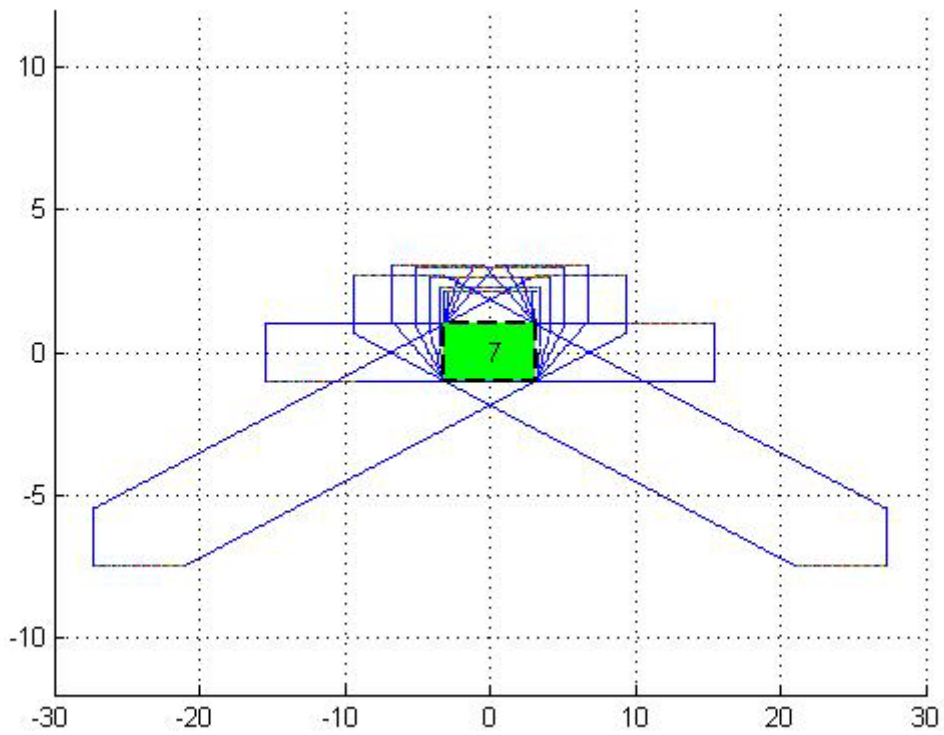
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.4.IV Περιγραφή ημερήσιας σκίασης του μήνα Απρίλη



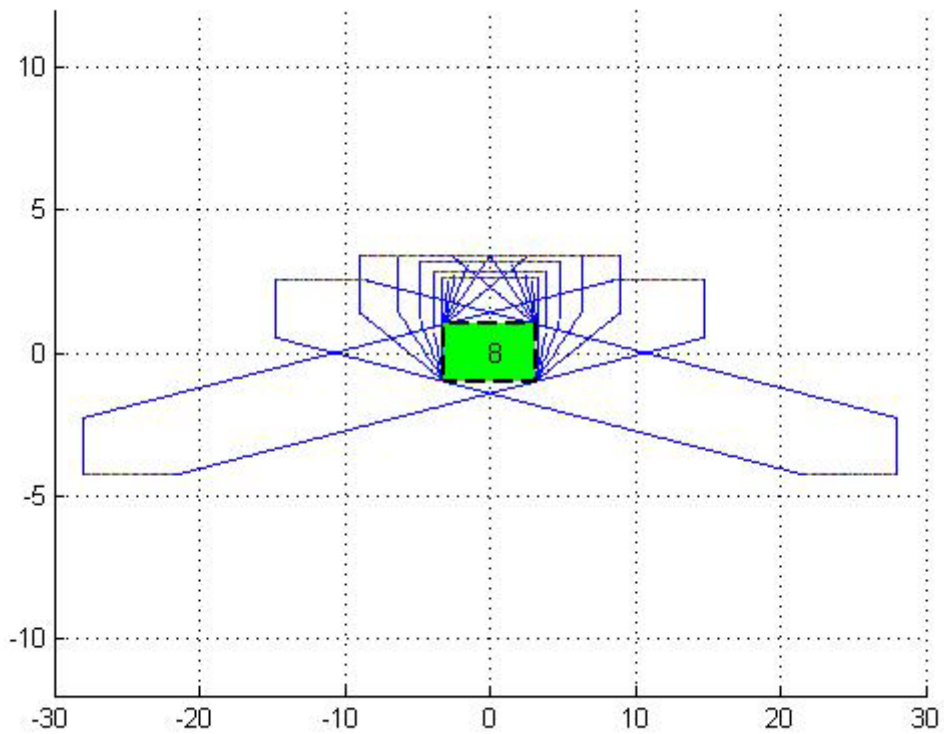
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.4.V Περιγραφή ημερήσιας σκίασης του μήνα Μάη



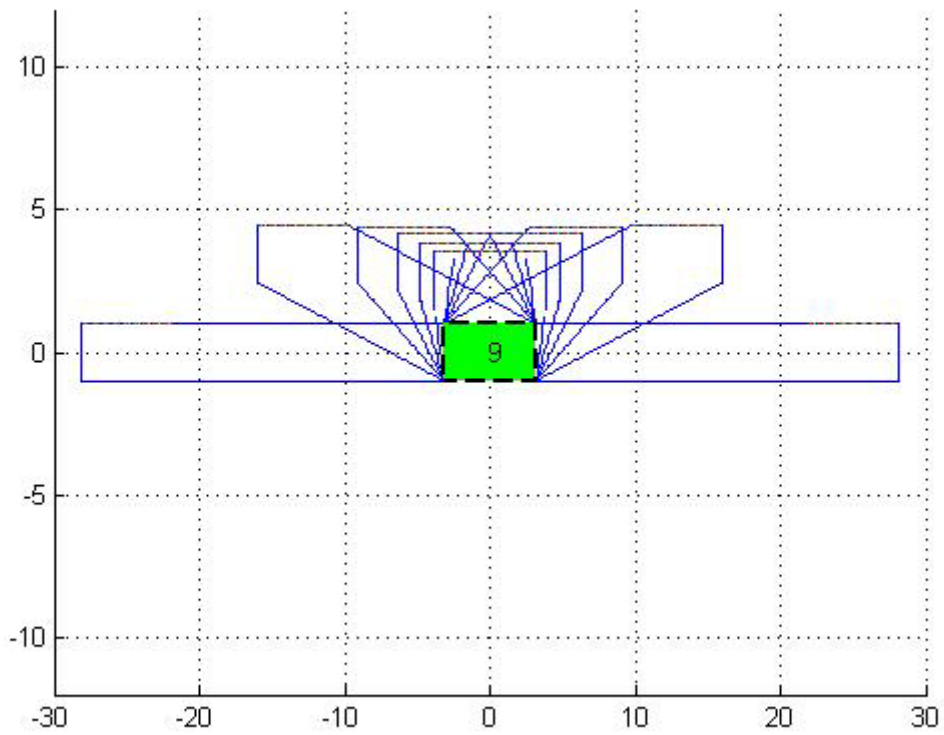
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.4.VI Περιγραφή ημερήσιας σκίασης του μήνα Ιούνη



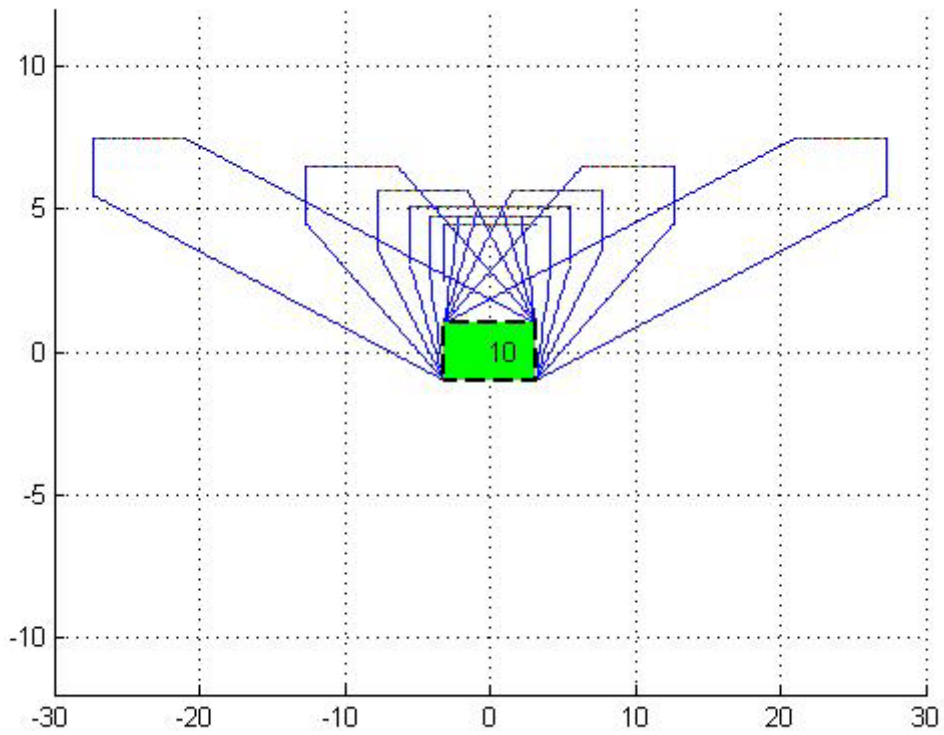
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.4.VII Περιγραφή ημερήσιας σκίασης του μήνα Ιούλη



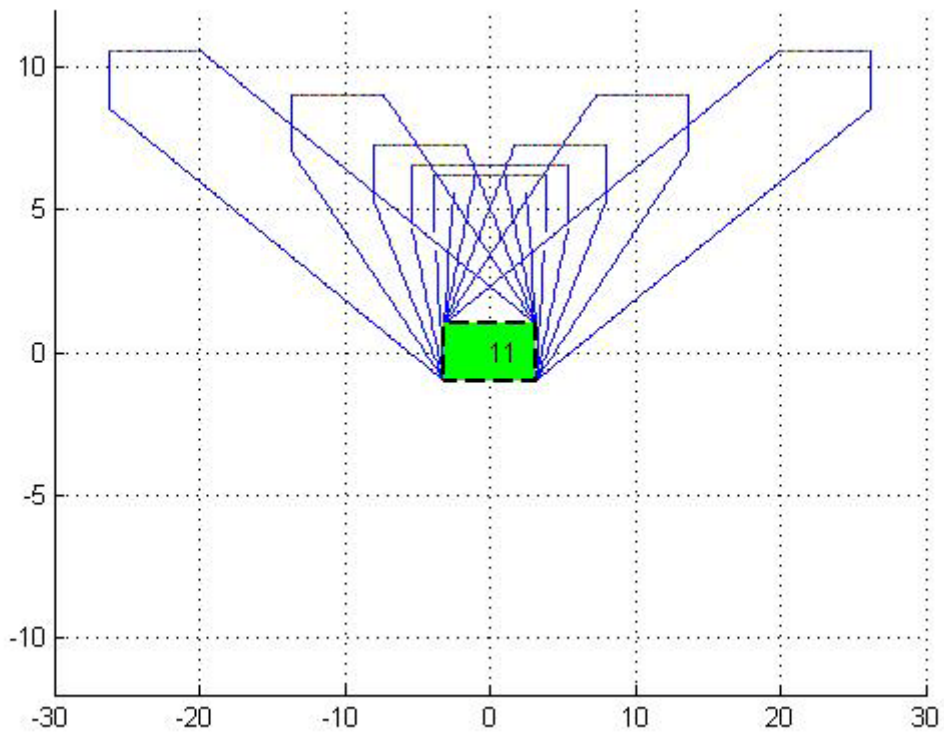
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.4.VIII Περιγραφή ημερήσιας σκίασης του μήνα Αυγούστου



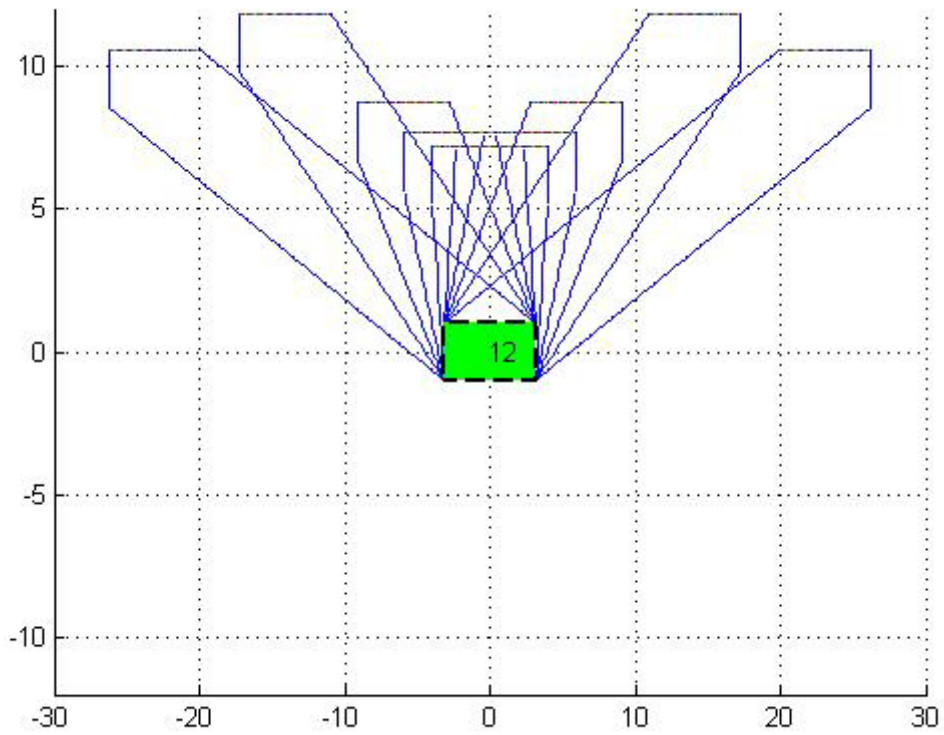
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.4.IX Περιγραφή ημερήσιας σκίασης του μήνα Σεπτέμβριος



ΕΙΚΟΝΑ 8.2.4.X Περιγραφή ημερήσιας σκίασης του μήνα Οκτώβριος



ΕΙΚΟΝΑ 8.2.4.XI Περιγραφή ημερήσιας σκίασης του μήνα Νοέμβρη



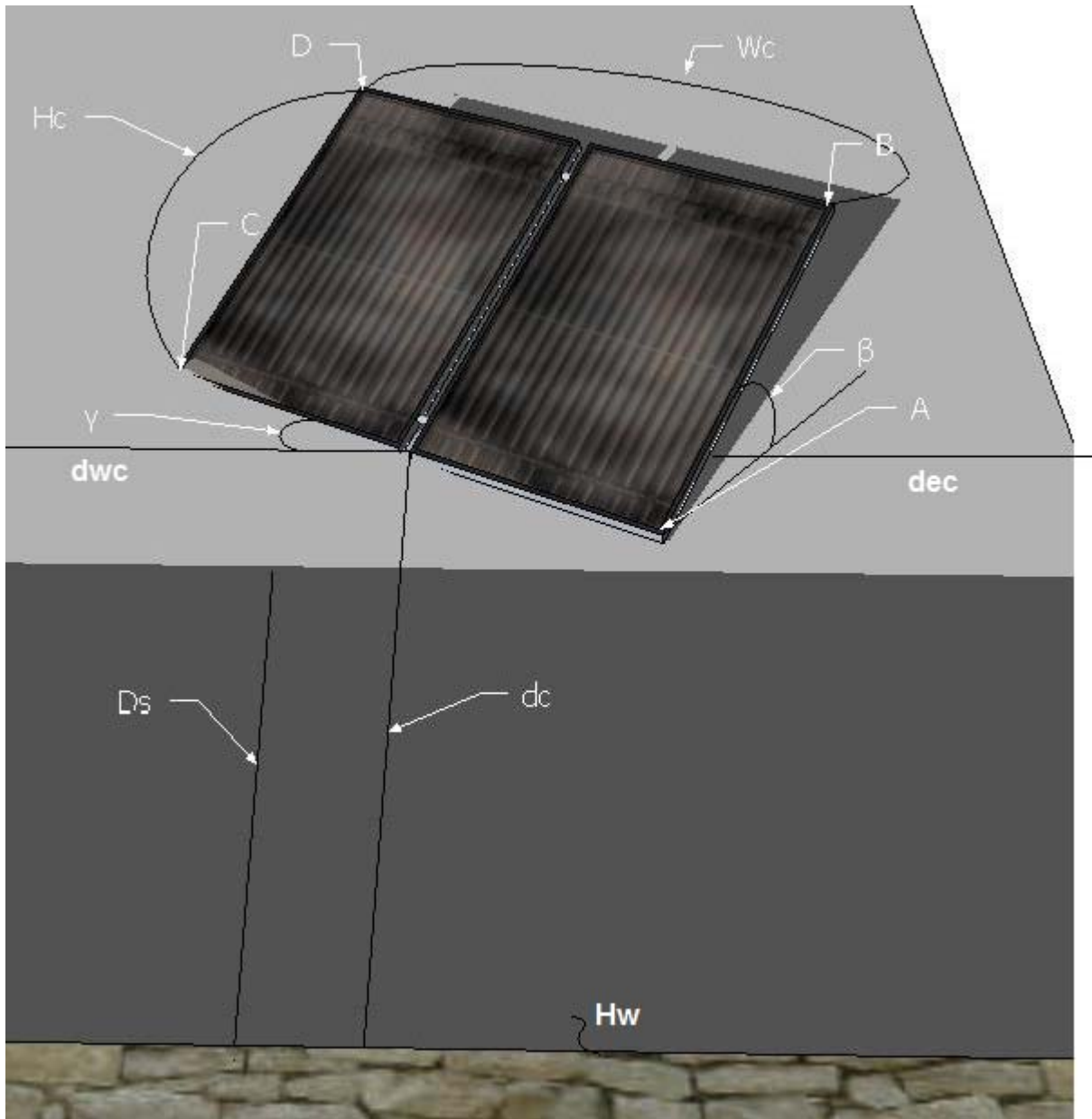
ΕΙΚΟΝΑ 8.2.4.XII Περιγραφή ημερήσιας σκίασης του μήνα Δεκέμβρη

9. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

9.1 Επιφάνεια συλλεκτών υπό σκιά λόγω τοιχίου

Τώρα για να προχωρήσουμε στο κυρίως θέμα μπορούμε να υπολογίσουμε το υπό σκιά εμβαδόν των συλλεκτών, που δημιουργείται από τον τοίχο που τα περιβάλλει ώστε να δούμε την διαφορά των αποτελεσμάτων συμπεριλαμβάνοντας το.

Λαμβάνουμε δεδομένα τα επόμενα στοιχεία (**W_c , H_c , β , γ , H_w , d_c , d_{wc} , d_{ec}**) (τα δίνει ο συντάκτης του προγράμματος) που εμφανίζονται στην εικόνα και μεταβάλλονται και υπολογίζουμε την σκιά σύμφωνα με αυτά σε κάθε περίπτωση :



ΕΙΚΟΝΑ 9.1 Σκίαση ηλιακού συλλέκτη

9.1.1 Νότιος τοίχος

Από τον τοίχο στον νότο μπορούν να υπολογιστούν τα εξής ($-90 < \gamma_s < +90$):

Το μήκος της σκιάς από τον τοίχο D_s :

$$D_s = \frac{H}{\tan(90 - \theta_z)} \cdot \sin(90 - |\gamma_s|) \quad (9.1.1.1)$$

Το μήκος της σκιάς από τον τοίχο στο επίπεδο του ύψους του συλλέκτη D_{ts} :

$$D_{ts} = \frac{[H - H_c \cdot \sin(\beta)]}{\tan(90 - \theta_z)} \sin(90 - |\gamma_s|) \quad (9.1.1.2)$$

Γνωρίζουμε τις αποστάσεις συλλέκτη και τοίχου:

Απόσταση του κέντρου του κάτω μέρους του συλλέκτη από τον τοίχο: dc

Απόσταση του κέντρου του άνω μέρους του συλλέκτη από τον τοίχο: d_{tc}

$$d_{tc} = dc + H_c \cdot \cos \beta \cdot \cos \gamma \quad (9.1.1.3)$$

Οι αποστάσεις της κάθε γωνίας του συλλέκτη με τον νότιο τοίχο, ώστε να βρεθούν όλες οι ενδεχόμενες περιπτώσεις υπολογίζονται απλά:

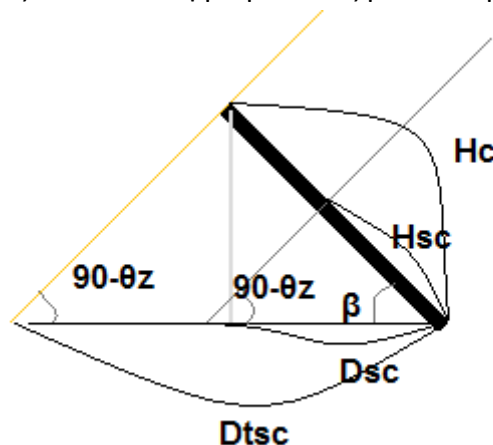
$$(A, N\tau) = (dc - W_c \cdot \sin(\gamma) / 2) \quad (9.1.1.4)$$

$$(B, N\tau) = (d_{tc} - W_c \cdot \sin(\gamma) / 2) \quad (9.1.1.5)$$

$$(C, N\tau) = (dc + W_c \cdot \sin(\gamma) / 2) \quad (9.1.1.6)$$

$$(D, N\tau) = (d_{tc} + W_c \cdot \sin(\gamma) / 2) \quad (9.1.1.7)$$

Παράδειγμα εύρεσης σκιάς σε συλλέκτη με γωνία αζιμούθιου μηδέν:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.1 Παράδειγμα εύρεσης σκιάς σε συλλέκτη

Hc: μήκος συλλέκτη,

Hsc: μήκος σκιάς στον συλλέκτη (υπολογίζεται)

Dsc : ανάλογο μήκος σκιάς στο έδαφος σε σχέση με το σκιασμένο μέρος του συλλέκτη

$$Dsc = Ds - dc \quad (9.1.1.8)$$

Dtsc: ανάλογο μήκος σκιάς στο έδαφος στην περίπτωση που καλύπτεται όλος ο συλλέκτης

$$Dtsc = \frac{\left(\frac{Hc}{\sin \beta}\right)}{\tan(90 - \theta_z)} + Hc \cdot \cos \beta, \text{ αν } \beta=0 \text{ τότε } Dtsc = dc + Hc \quad (9.1.1.9)$$

Έτσι με απλή αναλογία αφού τα τμήματα τέμνονται με παράλληλες γραμμές έχουμε το

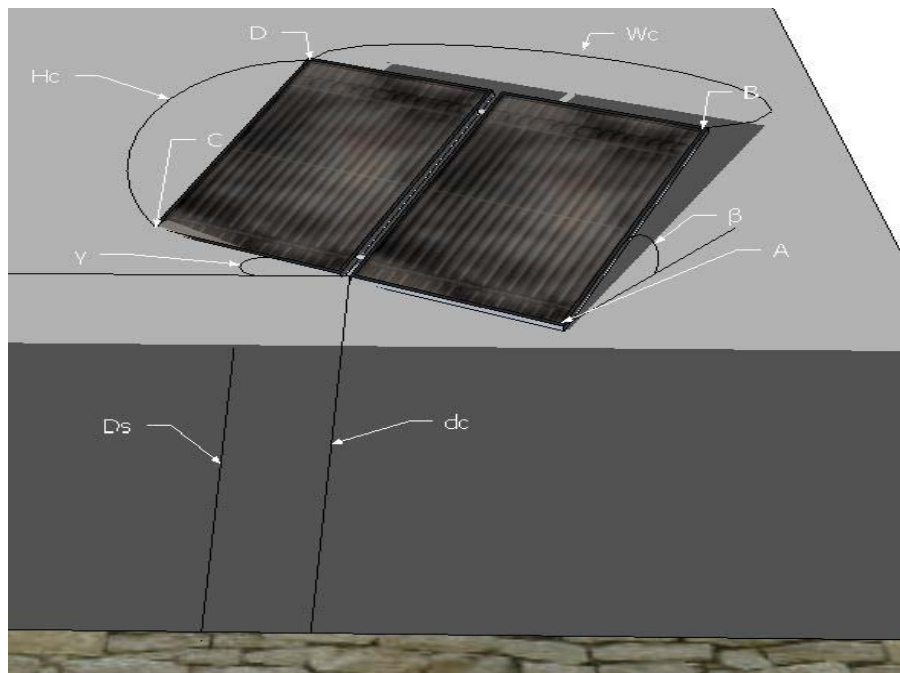
$$Hsc = \frac{Hc \cdot Dsc}{Dtsc} \quad (9.1.1.10)$$

και το εμβαδόν της σκιάς:

$$As = Hsc \cdot Wc \quad (9.1.1.11)$$

Τώρα συμπεριλαμβανομένου την γωνία αζιμούθιου (γ) έχουμε τις εξής περιπτώσεις να εξετάσουμε :

- 1) Εάν το μήκος της σκιάς $Ds < (A, N\tau)$, δεν σκιάζεται καθόλου ο συλλέκτης:



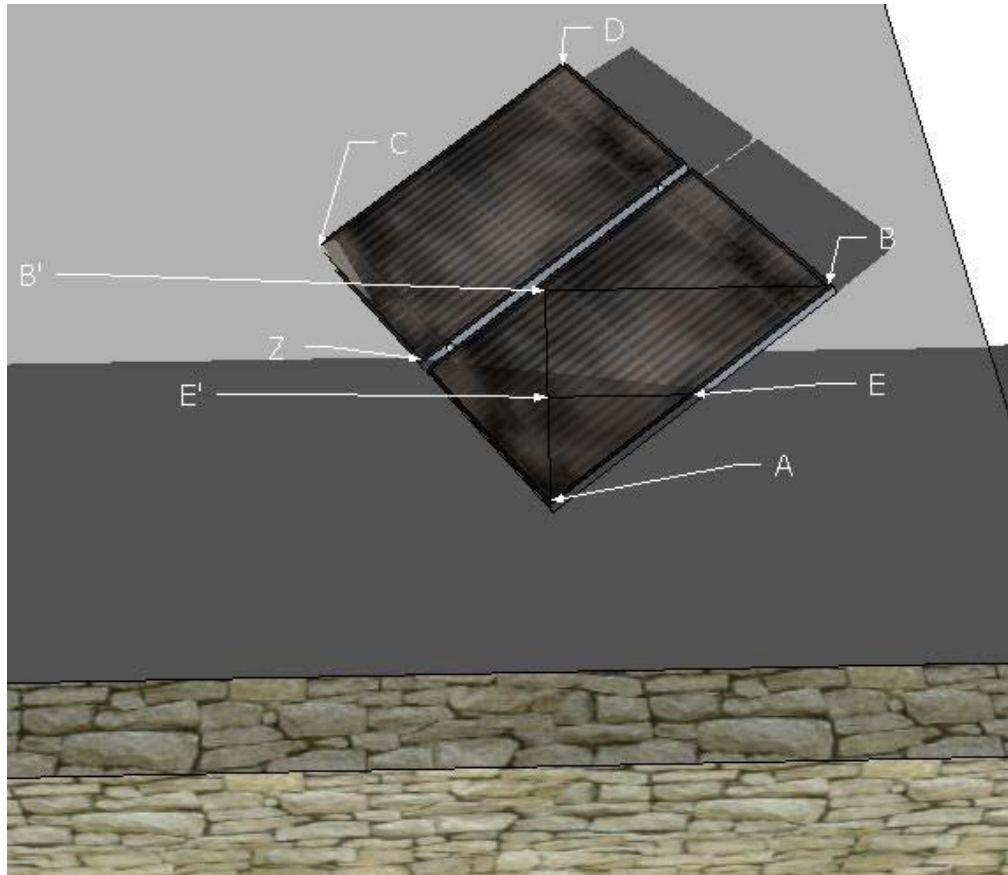
ΕΙΚΟΝΑ 9.1.1.II Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από νότιο τοίχο

Άρα το εμβαδόν της σκιάς στην πρώτη περίπτωση είναι:

$$A_s = 0 = A_{s1}$$

(9.1.1.I)

- 2) Εάν το μήκος $D_s < (C, N_t)$ και το $D_t < (B, N_t)$ και $D_s > (A, N_t)$ έχουμε ένα ορθογώνιο τρίγωνο AEZ:



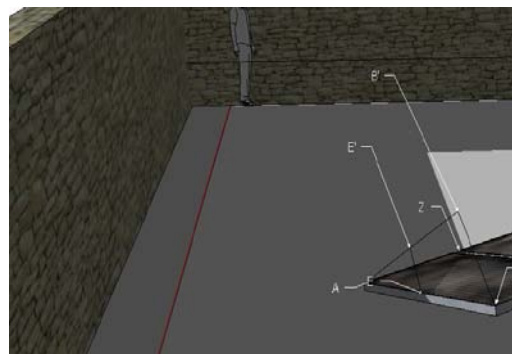
ΕΙΚΟΝΑ 9.1.1.III Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από νότιο τοίχο

Υπολογίζουμε εύκολα την πλευρά AZ:

$$AZ = \frac{(D_s - dc)}{\sin \gamma} + \frac{Wc}{2}$$

(9.1.1.II.1)

Για την πλευρά AE: αν $\beta=0$ τότε ισχύει $AE = AZ \cdot \tan \gamma$, διαφορετικά θα κάνουμε την αναλογία που αναφέρθηκε παραπάνω, όμως εδώ είναι πιο περίπλοκο γιατί έχουμε μια επιπλέον γωνία αζιμούθιου. Για να έρθουμε στην αναλογία που βρήκαμε πριν αρκεί να δημιουργήσουμε μια νοητή βοηθητική ευθεία η οποία ξεκινάει από το σημείο A και καταλήγει στο ύψος του συλλέκτη και τέμνει την παράλληλη ως προς τον τοίχο από το σημείο B. με αυτόν τον τρόπο έχουμε δημιουργήσει ένα επίπεδο παράλληλο στον τοίχο



και με γωνία θ ως προς το έδαφος που μπορούμε να την υπολογίσουμε αφού το ύψος του σημείου B' είναι όσο το ύψος του συλλέκτη και η απόσταση του από το ποιο κοντινό σημείο του συλλέκτη ως προς τον τοίχο είναι όσο και του B από το ποιο κοντινό σημείο του συλλέκτη ως προς τον τοίχο, δηλαδή:

$$\theta = \arctan \frac{Hc \cdot \sin \beta}{d_{tc} - dc} \quad (9.1.1.II.2)$$

Μπορώ να υπολογίσω το μήκος D_{sc} :

$$D_{sc} = D_s - \left(dc - \frac{Wc}{2} \cdot \sin \gamma \right) \quad (9.1.1.II.3)$$

Και το μήκος D_{tsc} :

$$D_{tsc} = \frac{\left(\frac{Hc'}{\sin \theta} \right)}{\tan(90 - \theta_z)} + Hc' \cdot \cos \theta \quad (9.1.1.II.4)$$

$$\text{με } Hc' = \frac{Hc \cdot \sin \beta}{\sin \theta} \quad (9.1.1.II.5)$$

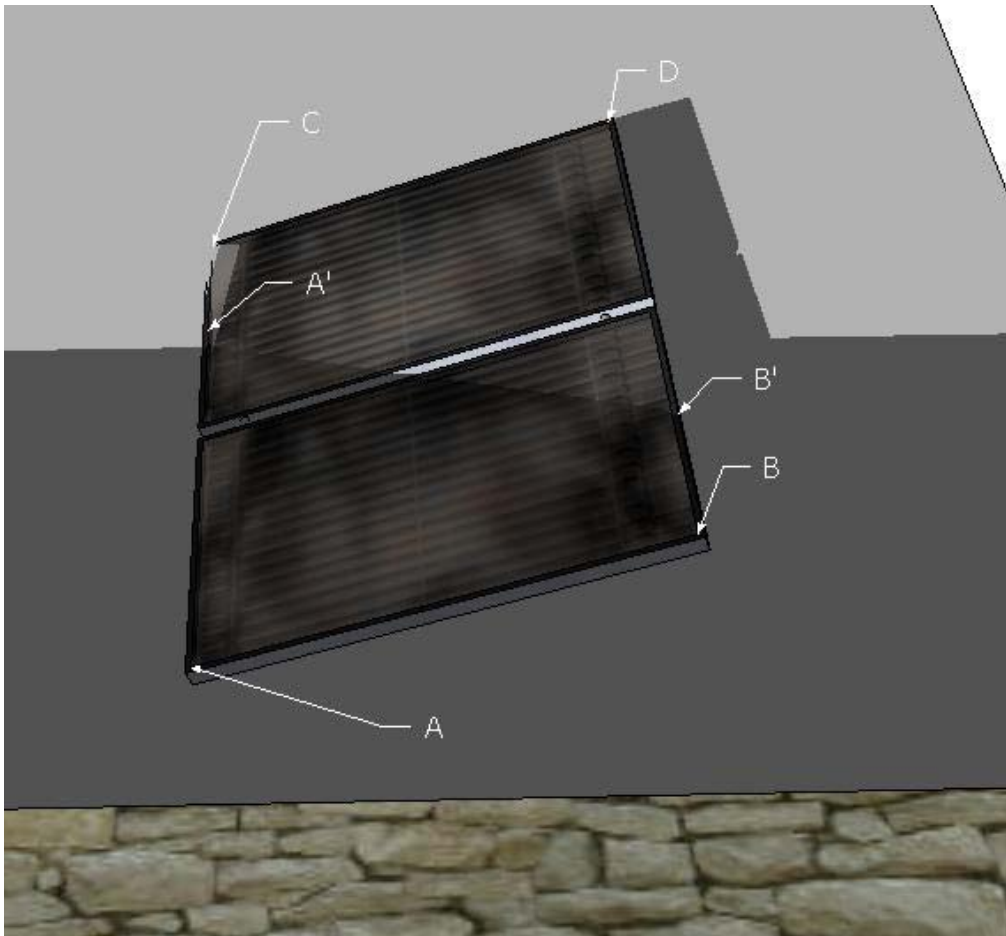
Έτσι βρίσκω την άλλη πλευρά του τριγώνου με την 'διπλή' αναλογία:

$$\frac{AE}{Hc} = \frac{AE'}{AB'} = \frac{D_{sc}}{D_{tsc}} \quad \text{ή} \quad AE = \frac{Hc \cdot D_{sc}}{D_{tsc}} \quad (9.1.1.II.6)$$

Έτσι υπολογίζεται εύκολα το εμβαδόν τριγώνου-σκιάς για την περίπτωση 2:

$$A_s = \frac{AE \cdot AZ}{2} = A_{ss2} \quad (9.1.1.II.7)$$

- 3) Εάν το μήκος $Ds < (C, Nt)$ και το $Dts > (B, Nt)$ θα δημιουργηθεί από την σκιά και το συλλέκτη ένα τραπέζιο $ABB'A'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.1.IV Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από νότιο τοίχο

Εδώ επειδή έχουμε τραπέζιο υπολογίζουμε τα μήκη AA' και BB' με τον ίδιο απλό προηγούμενο τρόπο.

για το AA' :

$$AA' = \frac{(Ds - dc)}{\sin \gamma} + \frac{Wc}{2} \quad (9.1.1.III.1)$$

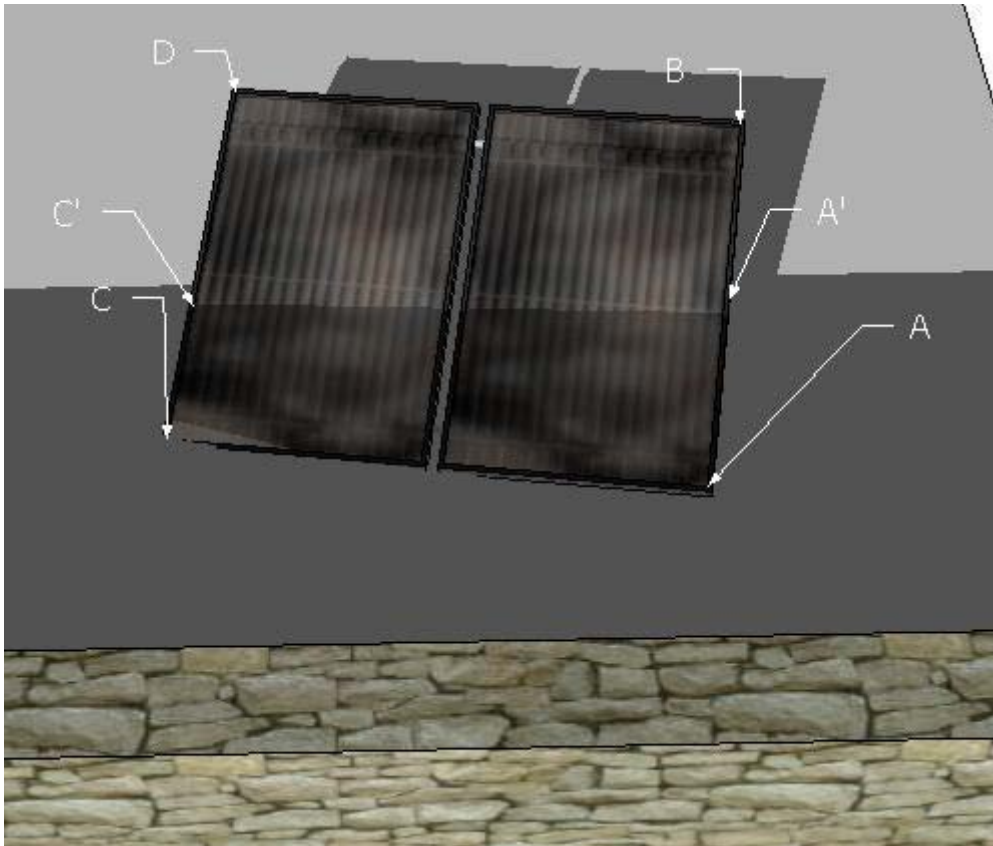
για το BB' :

$$BB' = \frac{(Dts - dtc)}{\sin \gamma} + \frac{Wc}{2} \quad (9.1.1.III.2)$$

Έτσι υπολογίζεται εύκολα το εμβαδόν στην περίπτωση 3:

$$As = \frac{(BB' + AA') \cdot Hc}{2} = Ass3 \quad (9.1.1.III.3)$$

- 4) Εάν το μήκος $D_s > (C, N_t)$ και $D_{ts} < (B, N_t)$ έχουμε πάλι τραπέζιο αλλά με διαφορετικές πλευρές $ACC'A'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.1.V Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από νότιο τοίχο

Εδώ θα χρησιμοποιήσουμε το τέχνασμα της περίπτωσης 2 δηλαδή:
Αν $\beta=0$ τότε

$$AA' = \frac{D_s - (dc - \frac{Wc}{2} \cdot \sin \gamma)}{\cos \gamma} \quad (9.1.1.IV.1)$$

και

$$CC' = \frac{D_s - (dc + \frac{Wc}{2} \cdot \sin \gamma)}{\cos \gamma} \quad (9.1.1.IV.2)$$

διαφορετικά έχω:

$$\theta = \arctan \frac{Hc \cdot \sin \beta}{d_{tc} - dc} \quad (9.1.1.IV.3)$$

για το AA' :

Το μήκος D_{sc} :

$$D_{sc} = D_s - \left(dc - \frac{W_c}{2} \cdot \sin \gamma \right) \quad (9.1.1.IV.5)$$

Και το μήκος D_{tsc} :

$$D_{tsc} = \frac{\left(\frac{H_c'}{\sin \theta} \right)}{\tan(90 - \theta_z)} + H_c' \cdot \cos \theta \quad (9.1.1.IV.6)$$

Έτσι βρίσκω την άλλη πλευρά του τριγώνου με την 'διπλή' αναλογία:

$$\frac{AA'}{H_c} = \frac{AA''}{AB'} = \frac{D_{sc}}{D_{tsc}} \quad \text{ή} \quad AA' = \frac{H_c \cdot D_{sc}}{D_{tsc}} \quad (9.1.1.IV.7)$$

και για το CC' :

Το μήκος D_{sc} :

$$D_{sc} = D_s - \left(dc + \frac{W_c}{2} \cdot \sin \gamma \right) \quad (9.1.1.IV.8)$$

Και το μήκος D_{tsc} παραμένει ίδιο:

$$D_{tsc} = \frac{\left(\frac{H_c'}{\sin \theta} \right)}{\tan(90 - \theta_z)} + H_c' \cdot \cos \theta \quad (9.1.1.IV.9)$$

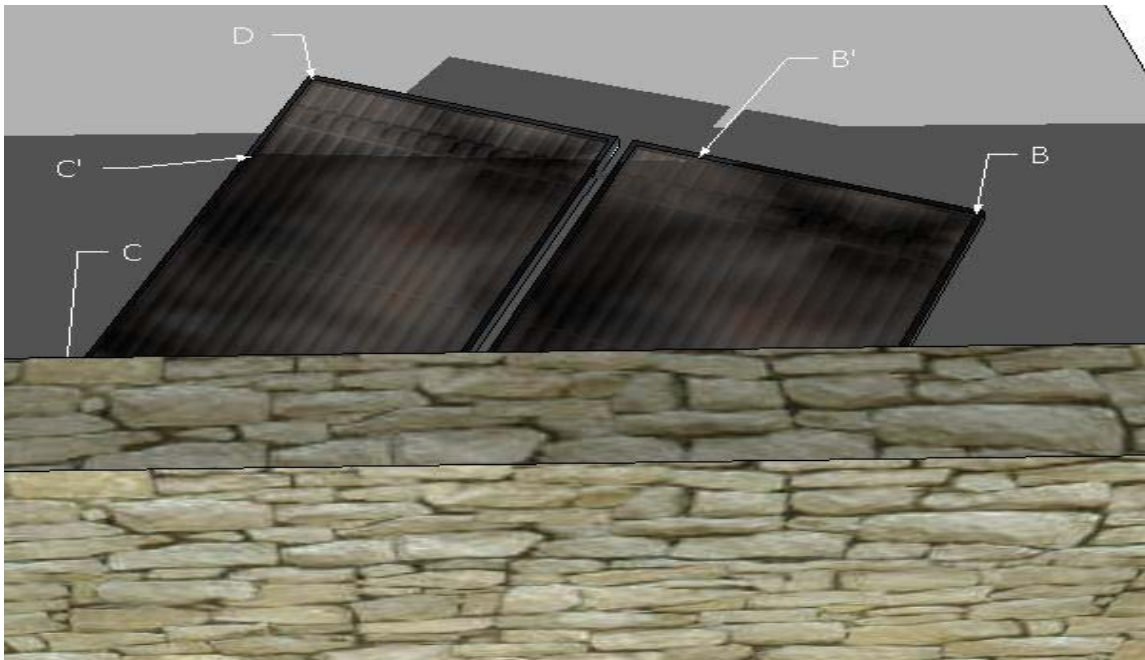
Έτσι βρίσκω την άλλη πλευρά του τριγώνου με την 'διπλή' αναλογία:

$$\frac{CC'}{H_c} = \frac{CC''}{AB'} = \frac{D_{sc}}{D_{tsc}} \quad \text{ή} \quad CC' = \frac{H_c \cdot D_{sc}}{D_{tsc}} \quad (9.1.1.IV.10)$$

Έτσι υπολογίζεται και το εμβαδόν στην περίπτωση4:

$$A_s = \frac{(CC' + AA') \cdot W_c}{2} = A_{ss4} \quad (9.1.1.IV.11)$$

- 5) Εάν το μήκος $D_s > (C, N_t)$ και το $D_{ts} > (B, N_t)$ και το $D_{ts} < (D, N_t)$ έχουμε ένα τρίγωνο που δημιουργείται στο οποίο **δεν** σκιάζεται ο συλλέκτης $DB'C'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.1.VI Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από νότιο τοίχο

Έχουμε για το BB' :

$$BB' = \frac{(D_{ts} - d_{tc})}{\sin \gamma} + \frac{W_c}{2} \quad (9.1.1.V.1)$$

$$DB' = W_c - BB' \quad (9.1.1.V.2)$$

και για το CC' :

Αν $\beta=0$ τότε

$$CC' = \frac{D_s - (d_c + \frac{W_c}{2} \cdot \sin \gamma)}{\cos \gamma} \quad (9.1.1.V.3)$$

διαφορετικά έχω:

$$\theta = \arctan \frac{H_c \cdot \sin \beta}{d_{tc} - d_c} \quad (9.1.1.V.4)$$

Το μήκος D_{sc} :

$$D_{sc} = D_s - (d_c + \frac{W_c}{2} \cdot \sin \gamma) \quad (9.1.1.V.5)$$

Και το μήκος $Dtsc$ παραμένει ίδιο:

$$Dtsc = \frac{\left(\frac{Hc'}{\sin \theta}\right)}{\tan(90 - \theta_z)} + Hc' \cdot \cos \theta \quad (9.1.1.V.6)$$

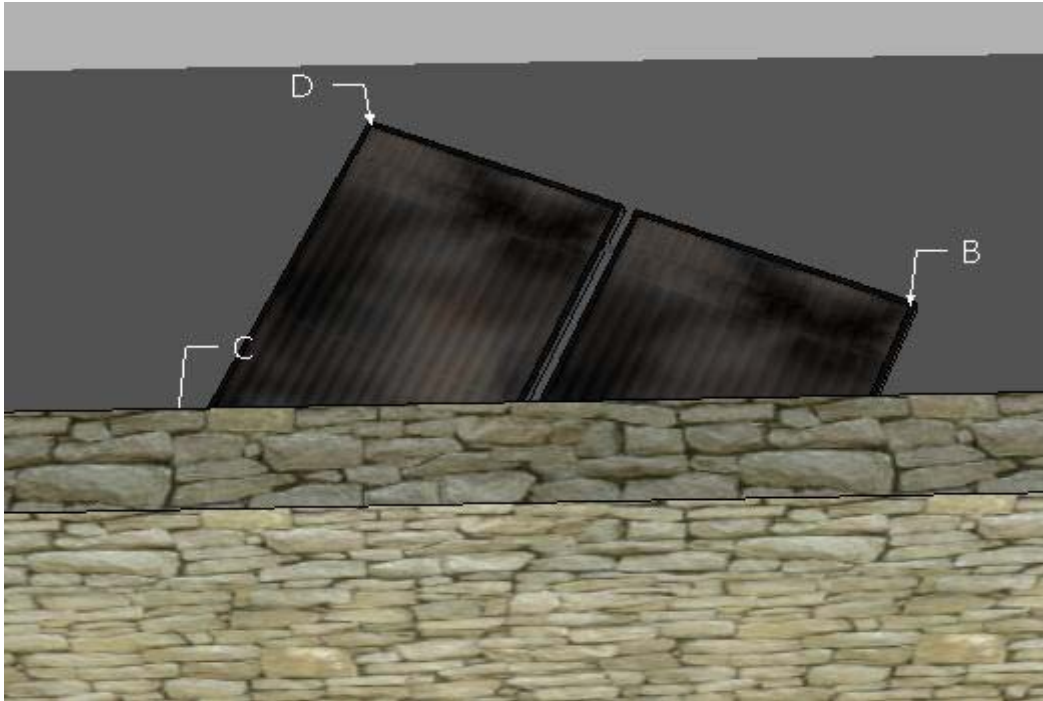
Έτσι βρίσκω την άλλη πλευρά του τριγώνου με την 'διπλή' αναλογία:

$$\frac{CC'}{Hc} = \frac{CC''}{AB'} = \frac{Dsc}{Dtsc} \quad \text{ή} \quad CC' = \frac{Hc \cdot Dsc}{Dtsc} \quad DC' = Hc - CC' \quad (9.1.1.V.7)$$

Έτσι υπολογίζεται και το εμβαδόν στην περίπτωση 5:

$$As = Wc \cdot Hc - \frac{DC' \cdot DB'}{2} = Ass5 \quad (9.1.1.V.8)$$

6) Εάν το μήκος $Dts > (D, Nt)$ τότε όλη η περιοχή του συλλέκτη είναι κάτω από σκιά:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.1.VII Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από νότιο τοίχο

$$As = Hc \cdot Wc = Ass6$$

(9.1.1.VI)

9.1.2 Δυτικός (+Νότιος) τοίχος

Από τον τοίχο στα δυτικά (σε συνδυασμό με του νότου) (-90<γs<0) :

Για την σκιά από τα δυτικά έχουμε τα ίδια χαρακτηριστικά:

Το μήκος της σκιάς από τον τοίχο **Dw**:

$$Dw = \frac{H}{\tan(90 - \theta_z)} \cdot \sin \gamma_s \quad (9.1.2.1)$$

Το μήκος της σκιάς από τον τοίχο στο επίπεδο του ύψους του συλλέκτη **Dtw**:

$$Dtw = \frac{[H - Hc \cdot \sin(\beta)]}{\tan(90 - \theta_z)} \cdot \sin \gamma_s \quad (9.1.2.2)$$

Γνωρίζουμε τις αποστάσεις συλλέκτη και τοίχου:

Απόσταση του κέντρου του κάτω μέρους του συλλέκτη από τον τοίχο: **dwc**

Απόσταση του κέντρου του άνω μέρους του συλλέκτη από τον τοίχο: **dtwc**

$$dtwc = dwc + Hc \cdot \cos \beta \cdot \sin \gamma \quad (9.1.2.3)$$

Οι αποστάσεις της κάθε γωνίας του συλλέκτη με τον δυτικό τοίχο, ώστε να βρεθούν όλες οι ενδεχόμενες περιπτώσεις υπολογίζονται απλά:

$$(A, \Delta\tau) = (dwc + Wc \cdot \cos(\gamma) / 2) \quad (9.1.2.4)$$

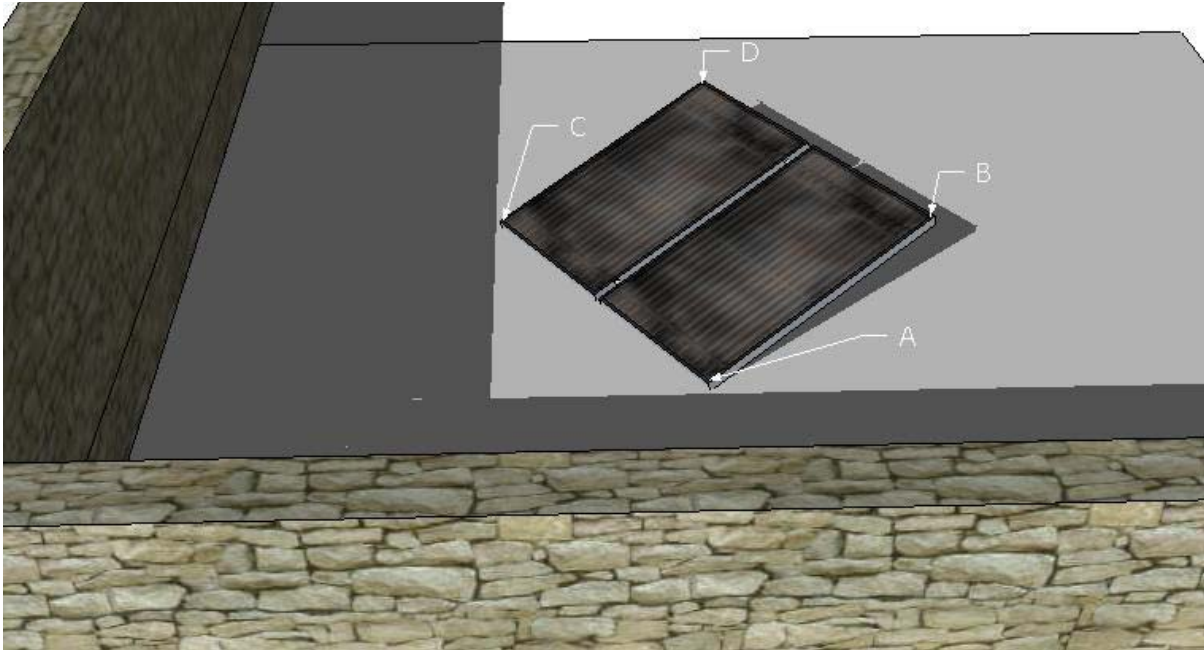
$$(B, \Delta\tau) = (dtwc + Wc \cdot \cos(\gamma) / 2) \quad (9.1.2.5)$$

$$(C, \Delta\tau) = (dwc - Wc \cdot \cos(\gamma) / 2) \quad (9.1.2.6)$$

$$(D, \Delta\tau) = (dtwc - Wc \cdot \cos(\gamma) / 2) \quad (9.1.2.7)$$

1) Περίπτωση 1 από τον τοίχο στον νότο:

a. Εάν το μήκος $D_w < (C, \Delta t)$ τότε δεν καλύπτεται καθόλου ο συλλέκτης από σκιά:

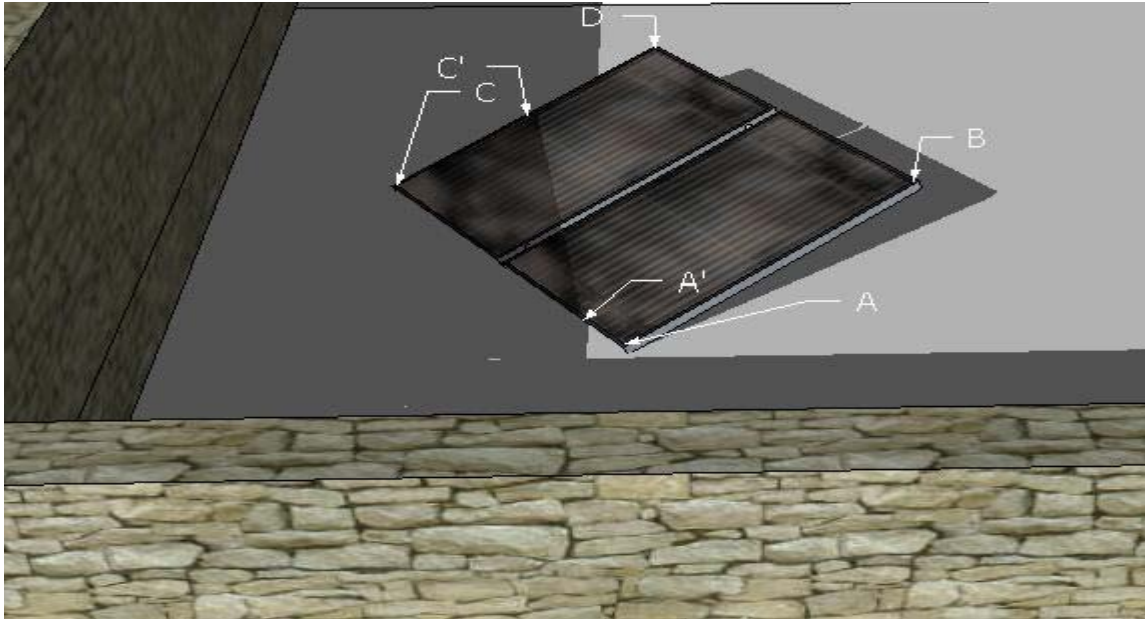


ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.1 Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό τοίχο

$A_s=0= A_{sw1}$

(9.1.2.1.1)

- b. Εάν το μήκος $Dw > (C, \Delta\tau)$ και το $Dtw < (D, \Delta\tau)$ και το $Ds < (A, \Delta\tau)$ δημιουργείται το ορθογώνιο τρίγωνο $CA'C'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.II Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό τοίχο

Υπολογίζουμε εύκολα την πλευρά CA' :

$$CA' = \frac{(Dw - dwc)}{\cos \gamma} + \frac{Wc}{2} \quad (9.1.2.I.II.1)$$

Αν $\beta=0$ τότε

$$CC' = \frac{Dw - (dwc - \frac{Wc}{2} \cdot \cos \gamma)}{\sin \gamma} \quad (9.1.2.I.II.2)$$

διαφορετικά έχω:

Με παρόμοιο τρόπο όπως την προηγούμενη περίπτωση 2 έχουμε και εδώ την γωνία θ που μας βοηθάει για να μπορέσουμε να δημιουργήσουμε την διπλή αναλογία που θα μας διευκολύνει.

$$\theta = \arctan \frac{Hc \cdot \sin \beta}{dtwc - dwc} \quad (9.1.2.I.II.3)$$

Μπορώ να υπολογίσω το μήκος Dsc :

$$Dsc = Ds - (dc - \frac{Wc}{2} \cdot \cos \gamma) \quad (9.1.2.I.II.4)$$

Και το μήκος $Dtsc$:

$$Dtsc = \frac{\left(\frac{Hc'}{\sin \theta}\right)}{\tan(90 - \theta_z)} + Hc' \cdot \cos \theta \quad (9.1.2.1.11.5)$$

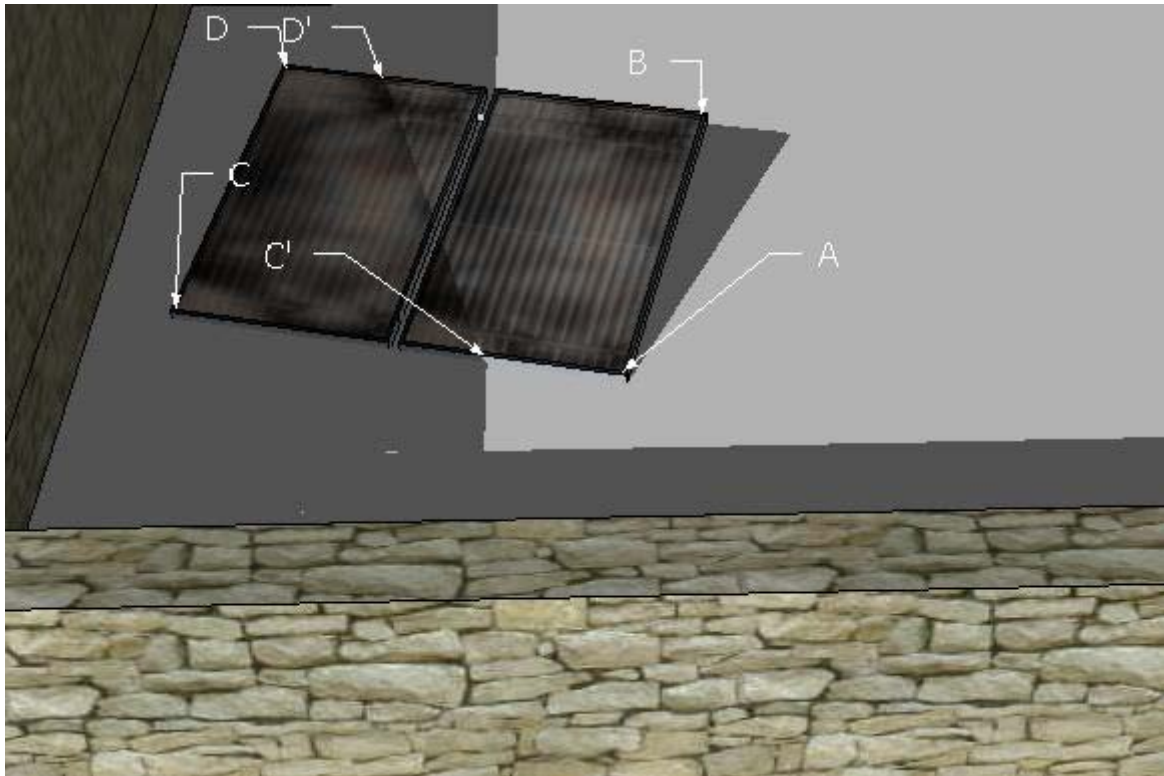
Έτσι βρίσκω την άλλη πλευρά του τριγώνου με την 'διπλή' αναλογία:

$$\frac{CC'}{Hc} = \frac{Dsc}{Dtsc} \quad \text{ή} \quad CC' = \frac{Hc \cdot Dsc}{Dtsc} \quad (9.1.2.1.11.6)$$

Έτσι υπολογίζεται εύκολα το εμβαδόν τριγώνου-σκιάς για την περίπτωση 2:

$$As = \frac{CC' \cdot CA'}{2} = Asw2 \quad (9.1.2.1.11.7)$$

- c. Εάν το μήκος $Dw < (A, \Delta\tau)$ και $Dtw > (D, \Delta\tau)$ θα δημιουργηθεί από την σκιά και το συλλέκτη ένα τραπέζιο $CC'D'D$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.III Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό τοίχο

Επειδή έχουμε τραπέζιο υπολογίζουμε τα μήκη CC' και DD' με τον ίδιο απλό προηγούμενο τρόπο.

για το CC' :

$$CC' = \frac{(Dw - dwc)}{\cos \gamma} + \frac{Wc}{2} \quad (9.1.2.I.III.1)$$

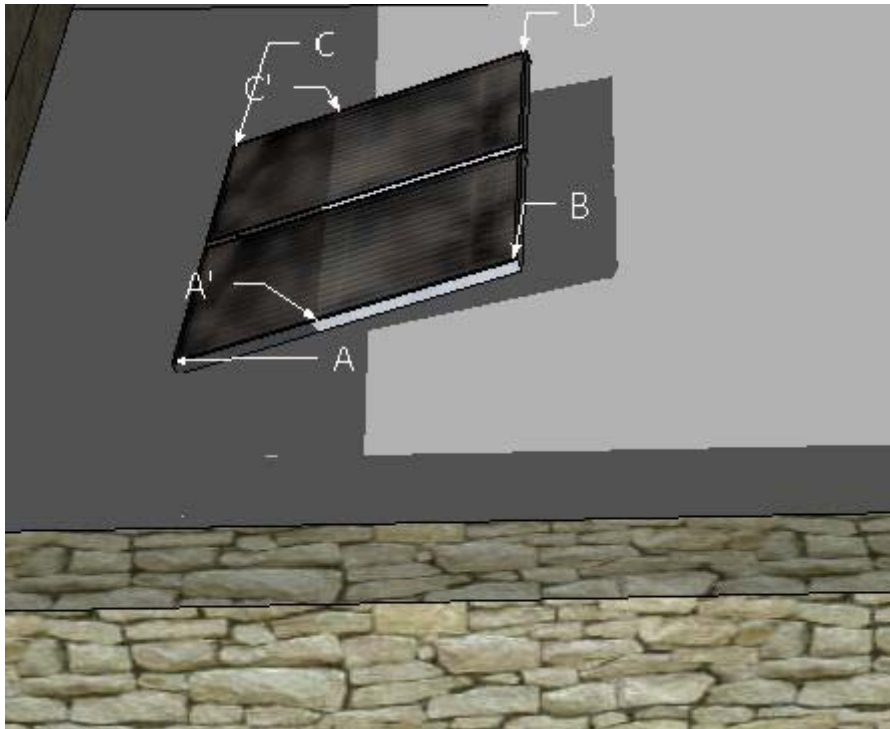
για το DD' :

$$DD' = \frac{(Dtw - dtwc)}{\cos \gamma} + \frac{Wc}{2} \quad (9.1.2.I.III.2)$$

Έτσι υπολογίζεται και το εμβαδόν στην περίπτωση 3:

$$As = \frac{(CC' + DD') \cdot Hc}{2} = Asw3 \quad (9.1.2.I.III.3)$$

- d. Εάν το μήκος $Dw > (A, \Delta\tau)$ και $Dtw < (D, \Delta\tau)$ θα δημιουργηθεί πάλι από την σκιά και το συλλέκτη ένα τραπέζιο $CC'A'A$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.IV Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό τοίχο

Αν $\beta=0$ τότε

$$AA' = \frac{Dw - (dwc + \frac{Wc}{2} \cdot \cos \gamma)}{\sin \gamma} \quad (9.1.2.I.IV.1)$$

και

$$CC' = \frac{Dw - (dwc - \frac{Wc}{2} \cdot \cos \gamma)}{\sin \gamma} \quad (9.1.2.I.IV.2)$$

διαφορετικά έχω:

$$\theta = \arctan \frac{Hc \cdot \sin \beta}{dtwc - dwc} \quad (9.1.2.I.IV.3)$$

Για το CC' :

Μπορώ να υπολογίσω το μήκος Dsc :

$$Dsc = Dw - (dwc - \frac{Wc}{2} \cdot \cos \gamma) \quad (9.1.2.I.IV.4)$$

Και το μήκος D_{tsc} :

$$D_{tsc} = \frac{\left(\frac{Hc'}{\sin \theta}\right)}{\tan(90 - \theta_z)} + Hc' \cdot \cos \theta \quad (9.1.2.1.IV.5)$$

Έτσι βρίσκω την άλλη πλευρά του τριγώνου με την 'διπλή' αναλογία:

$$\frac{CC'}{Hc} = \frac{D_{sc}}{D_{tsc}} \quad \text{ή} \quad CC' = \frac{Hc \cdot D_{sc}}{D_{tsc}} \quad (9.1.2.1.IV.6)$$

Για το AA' :

Μπορώ να υπολογίσω το μήκος D_{sc} :

$$D_{sc} = Dw - \left(dw + \frac{Wc}{2} \cdot \cos \gamma\right) \quad (9.1.2.1.IV.7)$$

Και το μήκος D_{tsc} :

$$D_{tsc} = \frac{\left(\frac{Hc'}{\sin \theta}\right)}{\tan(90 - \theta_z)} + Hc' \cdot \cos \theta \quad (9.1.2.1.IV.8)$$

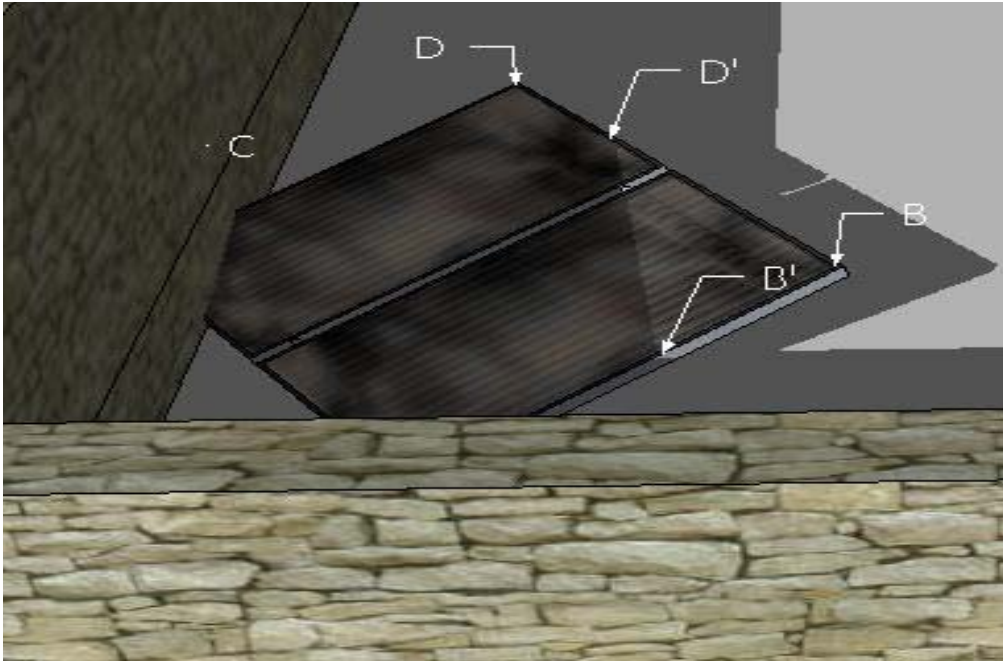
Έτσι βρίσκω την άλλη πλευρά του τριγώνου με την 'διπλή' αναλογία:

$$\frac{AA'}{Hc} = \frac{D_{sc}}{D_{tsc}} \quad \text{ή} \quad AA' = \frac{Hc \cdot D_{sc}}{D_{tsc}} \quad (9.1.2.1.IV.9)$$

Έτσι υπολογίζεται και το εμβαδόν στην περίπτωση 4:

$$A_s = \frac{(CC' + AA') \cdot Wc}{2} = A_{sw4} \quad (9.1.2.1.IV.10)$$

- ε. Εάν το μήκος $D_{tw} > (D, \Delta\tau)$, $D_{tw} < (B, \Delta\tau)$ και $D_w > (A, \Delta\tau)$ δημιουργείται ένα τρίγωνο από την σκιά και τον συλλέκτη το οποίο δεν είναι σκιασμένο:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.V Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό τοίχο

Για το DD' :

$$DD' = \frac{(D_{ts} - d_{tc})}{\cos \gamma} + \frac{W_c}{2} \quad (9.1.2.I.V.1)$$

$$BD' = W_c - DD' \quad (9.1.2.I.V.2)$$

Για το AB' :

Αν $\beta=0$ τότε

$$AB' = \frac{D_s - (d_c + \frac{W_c}{2} \cdot \cos \gamma)}{\sin \gamma} \quad (9.1.2.I.V.3)$$

διαφορετικά έχω:

Μπορώ να υπολογίσω το μήκος D_{sc} :

$$D_{sc} = D_s - (d_c + \frac{W_c}{2} \cdot \cos \gamma) \quad (9.1.2.I.V.4)$$

Και το μήκος D_{tsc} :

$$Dtsc = \frac{\left(\frac{Hc'}{\sin \theta}\right)}{\tan(90 - \theta z)} + Hc' \cdot \cos \theta \quad (9.1.2.I.V.5)$$

Έτσι βρίσκω την άλλη πλευρά του τριγώνου με την 'διπλή' αναλογία:

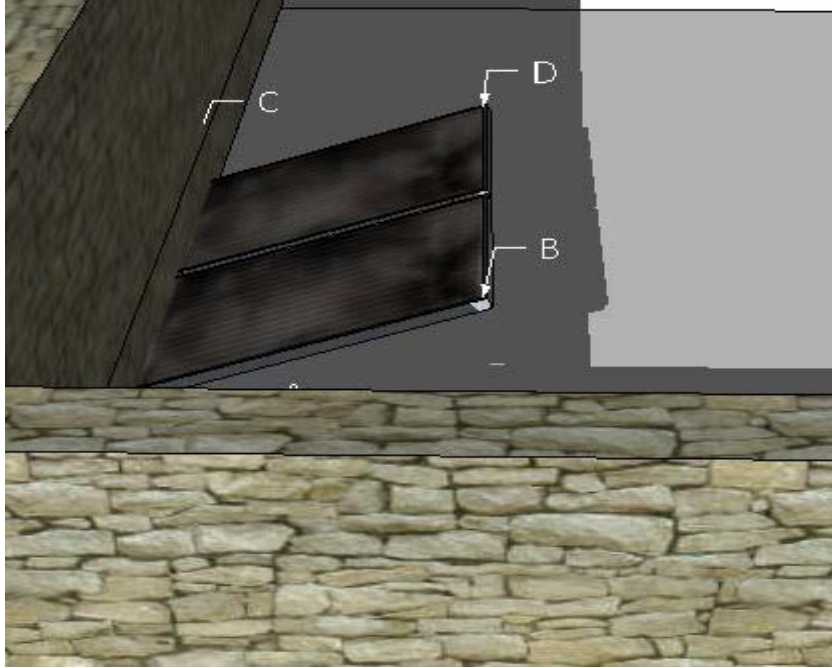
$$\frac{AB'}{Hc} = \frac{Dsc}{Dtsc} \quad \text{ή} \quad AB' = \frac{Hc \cdot Dsc}{Dtsc} \quad (9.1.2.I.V.6)$$

$$BB' = Hc - AB' \quad (9.1.2.I.V.7)$$

Έτσι υπολογίζεται και το εμβαδόν στην περίπτωση 5:

$$As = Wc \cdot Hc - \frac{BB' \cdot BD'}{2} = Asw5 \quad (9.1.2.I.V.8)$$

- f. Εάν το μήκος $D_{tw} > (B, \Delta\tau)$ τότε όλος ο συλλέκτης είναι κάτω από σκιά:



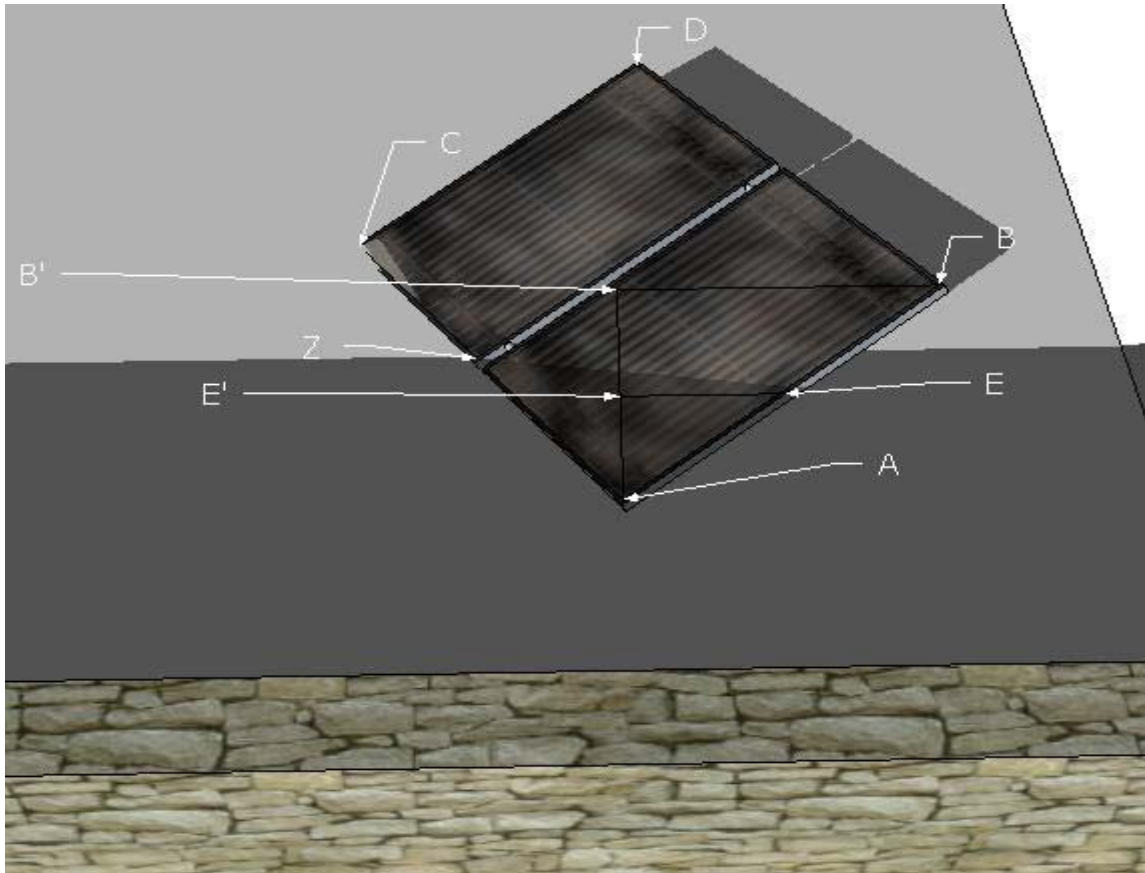
ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.VI Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό τοίχο

$$A_s = H_c \cdot W_c = A_{sw6}$$

(9.1.2.I.VI)

2) Περίπτωση 2 από τον τοίχο στον νότο:

a. Εάν το μήκος $Dw < (C, \Delta\tau)$ τότε δεν καλύπτεται καθόλου ο συλλέκτης από σκιά:



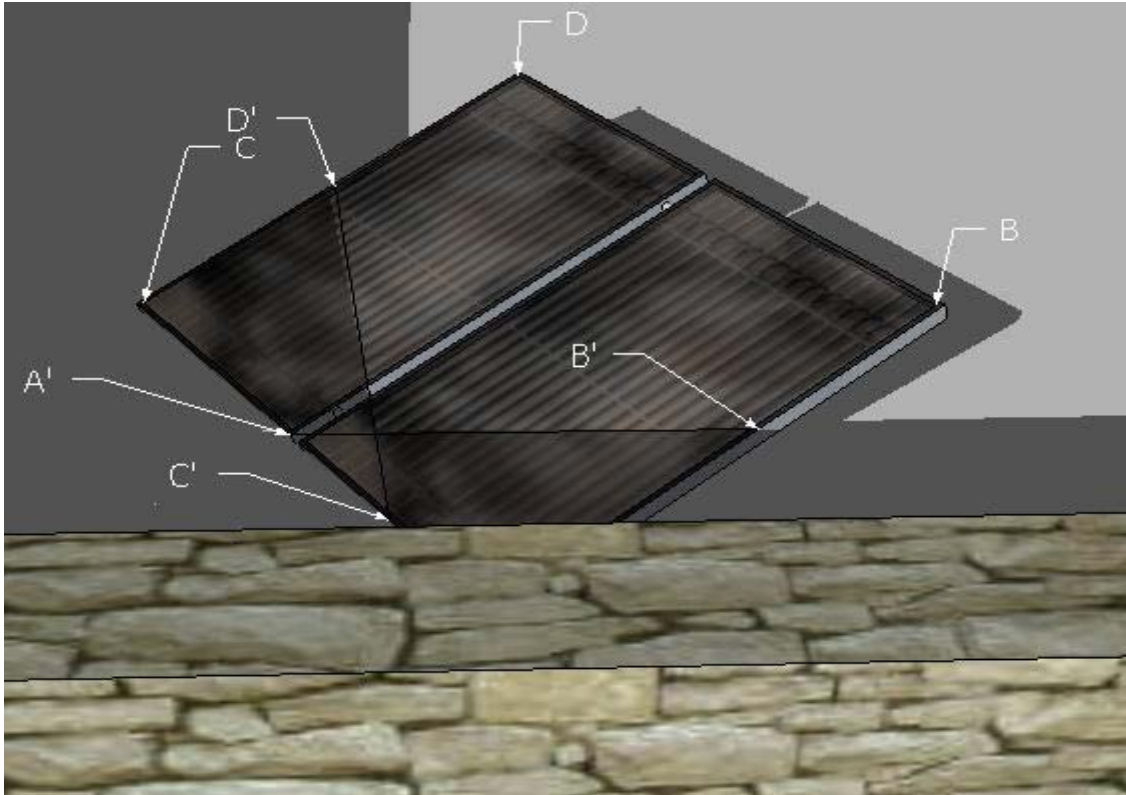
ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.Ι Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό και νότιο τοίχο

Άρα το καλυπτόμενο μέρος είναι όσο και της 1^{ης} περίπτωσης του νότιου τοίχου:

$$As=Ass2$$

(9.1.2.II.I)

- b. Εάν το μήκος $Dw > (C, \Delta\tau)$ και το $Dtw < (D, \Delta\tau)$ και το $Dw < (A, \Delta\tau)$ δημιουργείται το ορθογώνιο τρίγωνο $CD'C'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.ΙΙ Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό και νότιο τοίχο

Από τον δυτικό τοίχο η το εμβαδόν της σκιάς είναι $Asw1$ και από τον νότιο $Ass1$
 Τώρα έχουμε 2 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $CC'+A'A < Wc$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το άθροισμα αυτών των 2 :

$$Astot = Asw2 + Ass2 \quad (9.1.2.II.II.1)$$

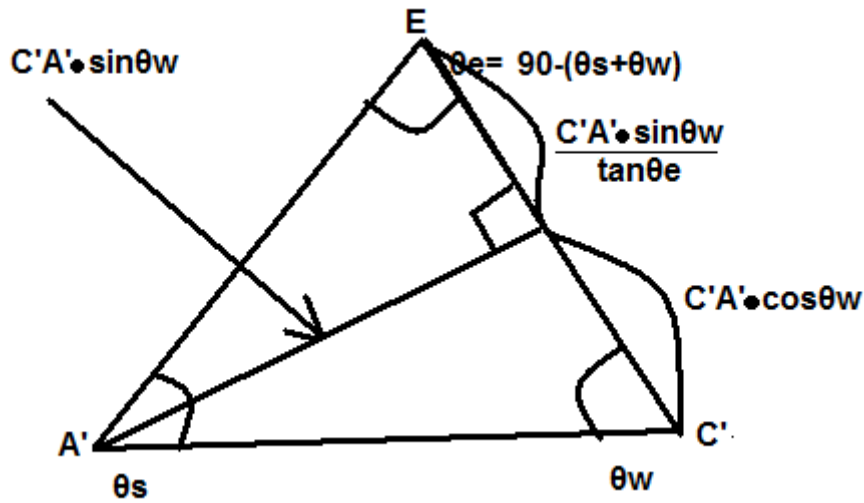
διαφορετικά θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τριγωνάκι ($C'A'E$) με τις 2 γωνίες θ_w και θ_s

$$\theta_w = \arctan\left(\frac{CD'}{CC'}\right), \theta_s = \arctan\left(\frac{AB'}{AA'}\right) \quad (9.1.2.II.II.2,3)$$

και την ενδιάμεση πλευρά που είναι η διαφορά των μηκών:

$$C'A' = (CC' + A'A) - Wc \quad (9.1.2.II.II.4)$$

για να βρούμε το εμβαδόν του τριγώνου χρησιμοποιούμε ένα τέχνασμα:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.III Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

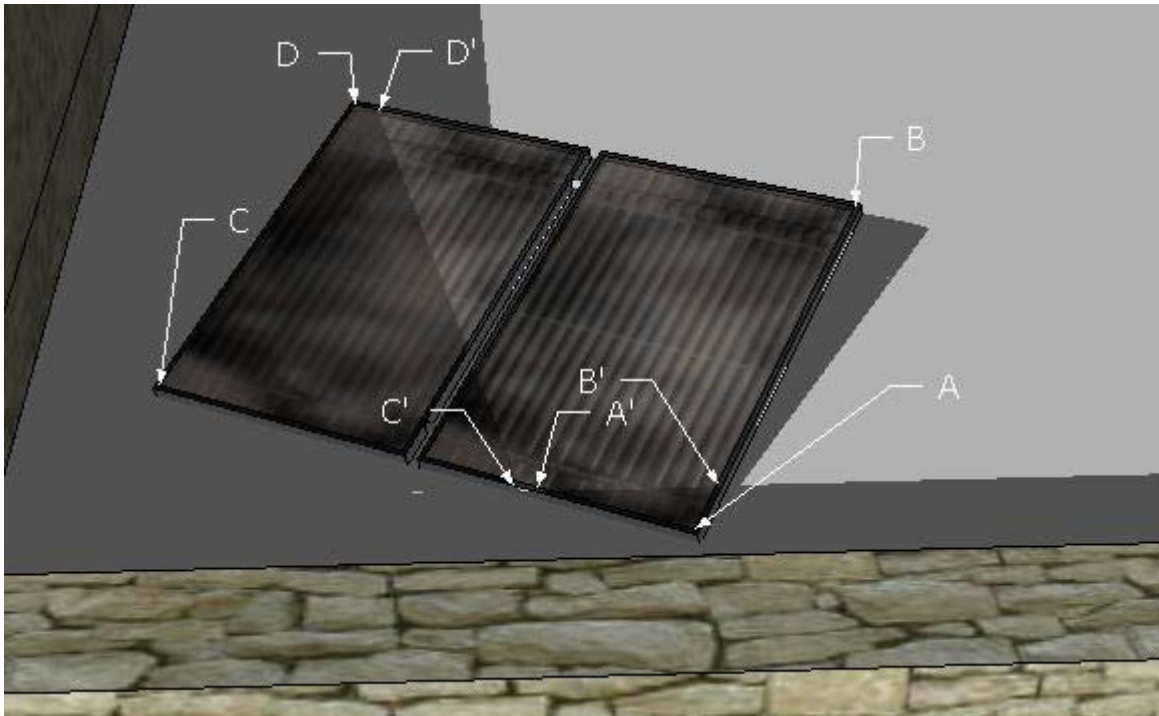
Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'A' \cdot \cos \theta_w + \frac{C'A' \cdot \sin \theta_w}{\tan \theta_e}) \cdot C'A' \cdot \sin \theta_w}{2} \quad (9.1.2.II.II.5)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$A_{stot} = A_{sw} + A_{ss} - area \quad (9.1.2.II.II.6)$$

- c. Εάν το μήκος $Dw < (A, \Delta\tau)$ και $Dtw > (D, \Delta\tau)$ θα δημιουργηθεί από την σκιά και το συλλέκτη ένα τραπέζιο :



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.IV Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό και νότιο τοίχο

Από τον δυτικό τοίχο η το εμβαδόν της σκιάς είναι $Asw2$ και από τον νότιο $Ass1$
Έχουμε 2 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $CC'+A'A < Wc$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το άθροισμα αυτών των 2 :

$$Astot = Asw3 + Ass2 \quad (9.1.2.II.III.1)$$

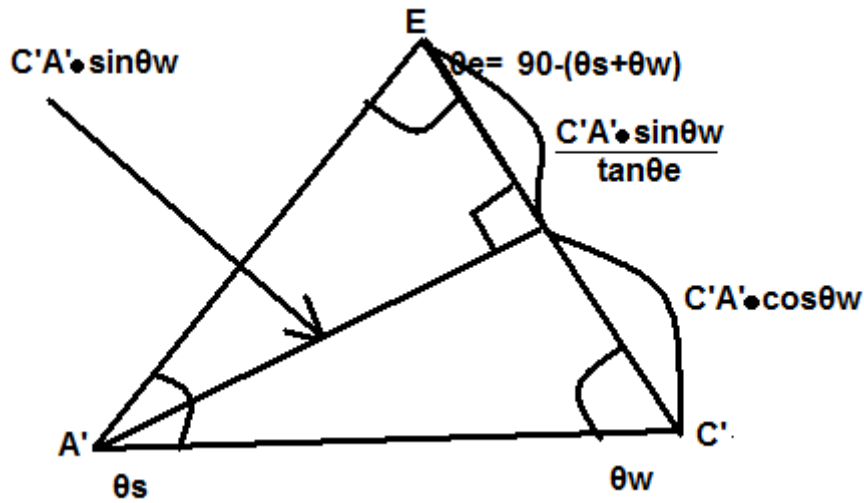
διαφορετικά θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τριγωνάκι ($C'A'E$) με τις 2 γωνίες θ_w και θ_s

$$\theta_w = \arctan\left(\frac{CD(=Hc)}{(CC'-DD')}\right), \theta_s = \arctan\left(\frac{AB'}{AA'}\right) \quad (9.1.2.II.III.2,3)$$

και την ενδιάμεση πλευρά που είναι η διαφορά των μηκών:

$$(CC'+A'A) - Wc \quad (9.1.2.II.III.4)$$

Για να βρούμε το εμβαδόν του τριγώνου χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.V Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

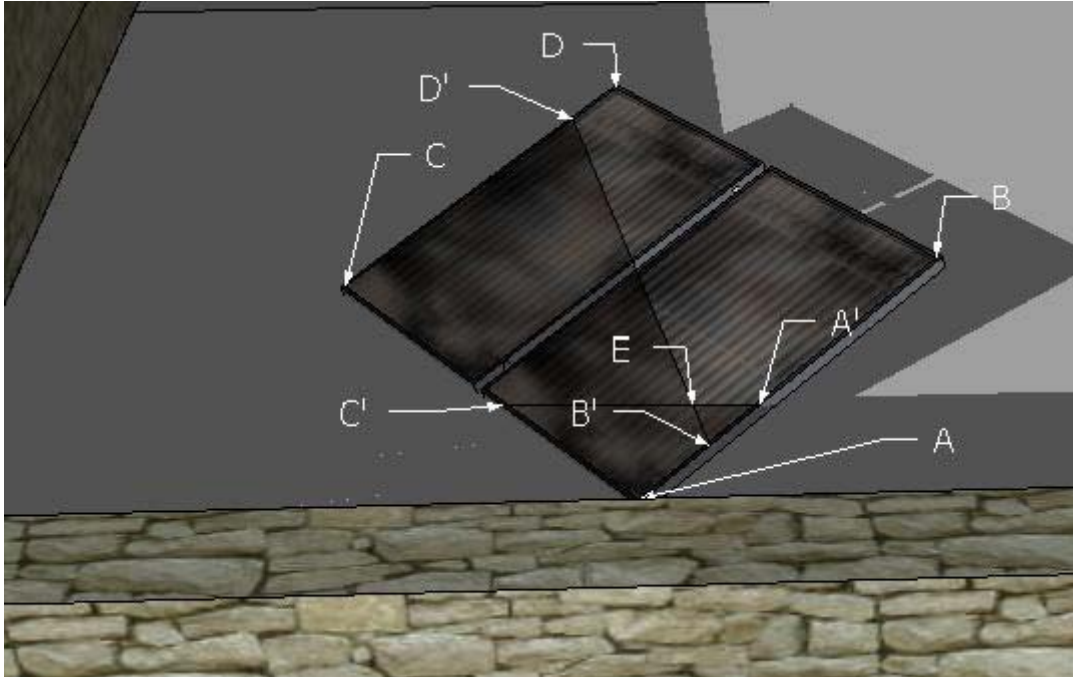
Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'A' \cdot \cos \theta_w + \frac{C'A' \cdot \sin \theta_w}{\tan \theta_e}) \cdot C'A' \cdot \sin \theta_w}{2} \quad (9.1.2.II.III.5)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$A_{stot} = A_{sw3} + A_{ss2} - area \quad (9.1.2.II.III.6)$$

- d. Εάν το μήκος $Dw > (A, \Delta\tau)$ και $Dtw < (D, \Delta\tau)$ θα δημιουργηθεί από την σκιά και το συλλέκτη ένα τραπέζιο:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.VI Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό και νότιο τοίχο

Από τον δυτικό τοίχο η το εμβαδόν της σκιάς είναι $Asw4$ και από τον νότιο $Ass2$

Έχουμε 2 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $A'A < AB'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι μόνο του τραπεζίου αφού το άλλο καλύπτεται από αυτό :

$$Astot = Asw4 \quad (9.1.2.II.IV.1)$$

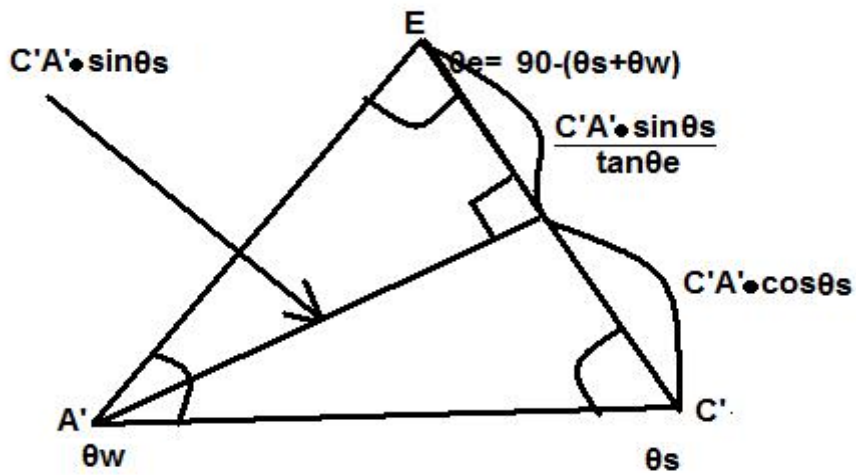
διαφορετικά θα πρέπει να προστεθεί ένα τριγωνάκι ($B'A'E$) με τις 2 γωνίες θ_w και θ_s

$$\theta_w = \arctan\left(\frac{BD(=Wc)}{(BB' - DD')}\right), \theta_s = \arctan\left(\frac{AC'}{AA'}\right) \quad (9.1.2.II.IV.2,3)$$

και την ενδιάμεση πλευρά που είναι η διαφορά των μηκών:

$$A'A - AB' \quad (9.1.2.II.IV.4)$$

Για να βρούμε το εμβαδόν του τριγώνου χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.VII Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

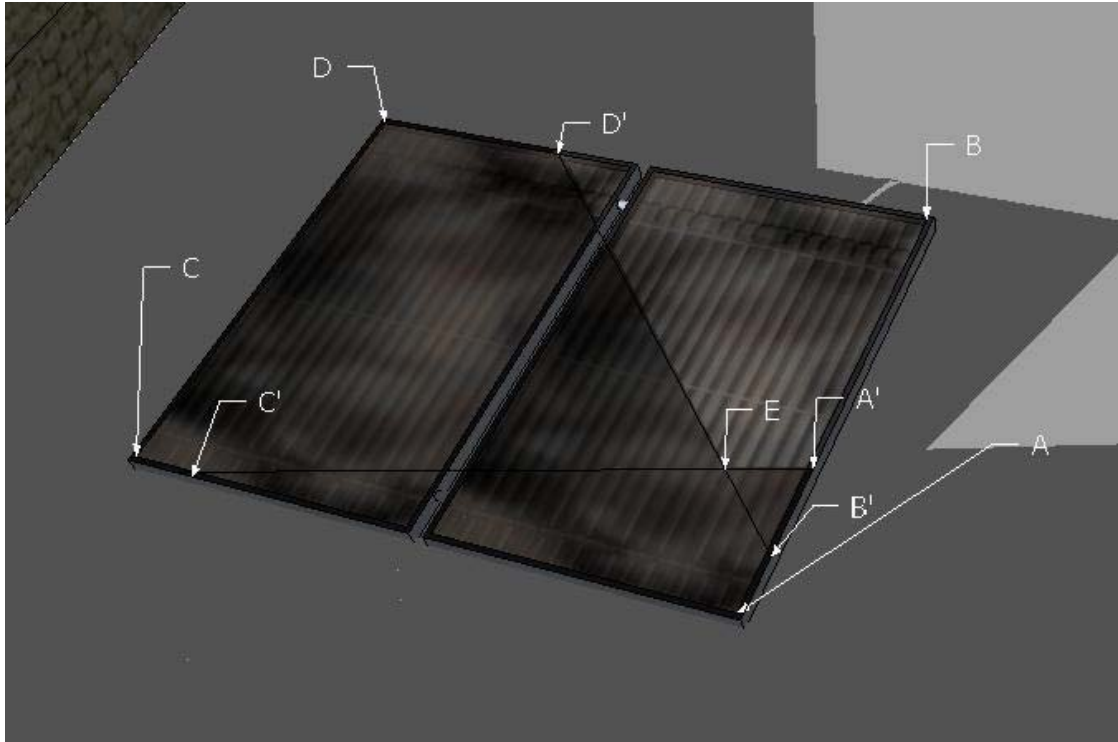
Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'A' \cdot \cos \theta_s + \frac{C'A' \cdot \sin \theta_s}{\tan \theta_e}) \cdot C'A' \cdot \sin \theta_s}{2} \quad (9.1.2.II.IV.5)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$A_{stot} = A_{sw4} + area \quad (9.1.2.II.IV.6)$$

- e. Εάν το μήκος $Dtw > (D, \Delta\tau)$ και $Dw > (A, \Delta\tau)$ και $Dtw < (B, \Delta\tau)$ δημιουργείται ένα τρίγωνο από την σκιά και τον συλλέκτη το οποίο δεν είναι σκιασμένο:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.VIII Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό και νότιο τοίχο

Από τον δυτικό τοίχο η το εμβαδόν της σκιάς είναι $Asw5$ και από τον νότιο $Ass2$

Έχουμε 2 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $A'A < AB'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι μόνο του τραpezίου αφού το άλλο καλύπτεται από αυτό :

$$Astot = Asw5 \quad (9.1.2.II.V.1)$$

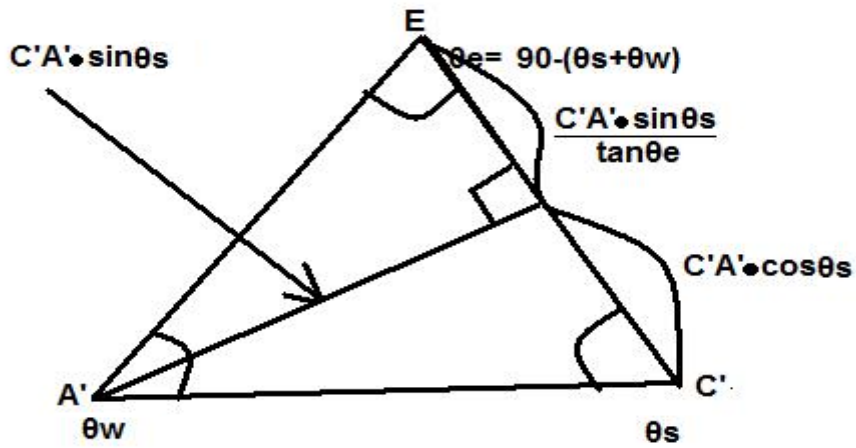
διαφορετικά θα πρέπει να προστεθεί ένα τριγωνάκι ($B'A'E$) με τις 2 γωνίες θ_w και θ_s

$$\theta_w = \arctan\left(\frac{BD'}{BB'}\right), \theta_s = \arctan\left(\frac{AC'}{AA'}\right) \quad (9.1.2.II.V.2,3)$$

και την ενδιάμεση πλευρά που είναι η διαφορά των μηκών:

$$A'A - AB' \quad (9.1.2.II.V.4)$$

Για να βρούμε το εμβαδόν του τριγώνου χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.IX Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

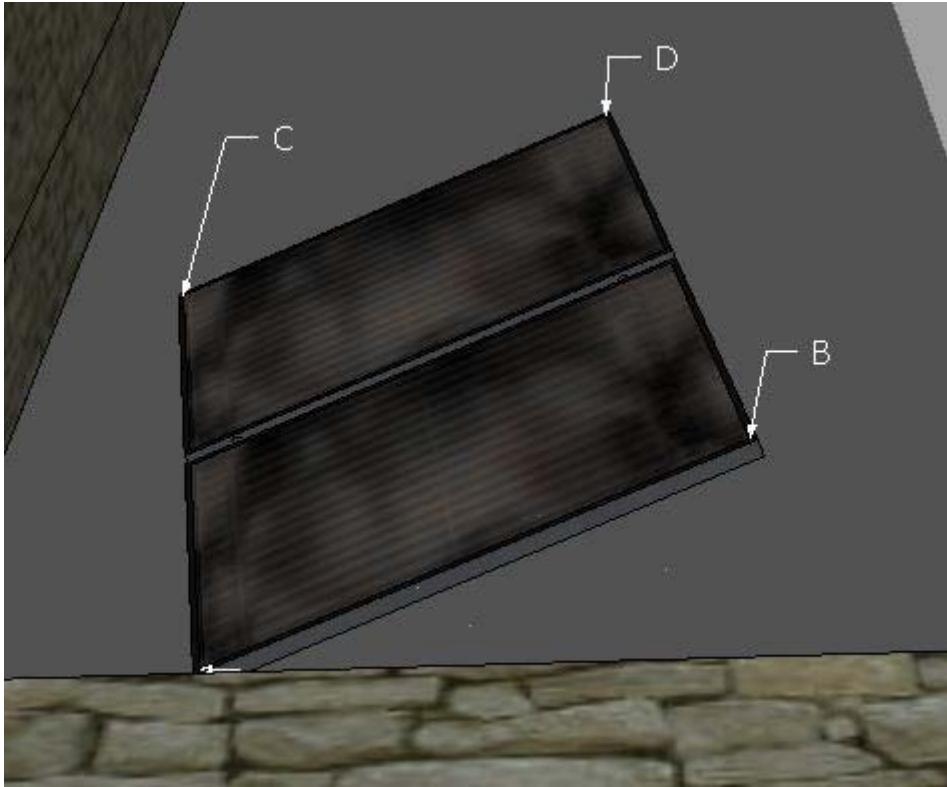
Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'A' \cdot \cos \theta_s + \frac{C'A' \cdot \sin \theta_s}{\tan \theta_e}) \cdot C'A' \cdot \sin \theta_s}{2} \quad (9.1.2.II.V.5)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$A_{stot} = A_{sw5} + area \quad (9.1.2.II.V.6)$$

- f. Εάν το μήκος $D_{tw} > (B, \Delta t)$ τότε όλος ο συλλέκτης είναι κάτω από σκιά :



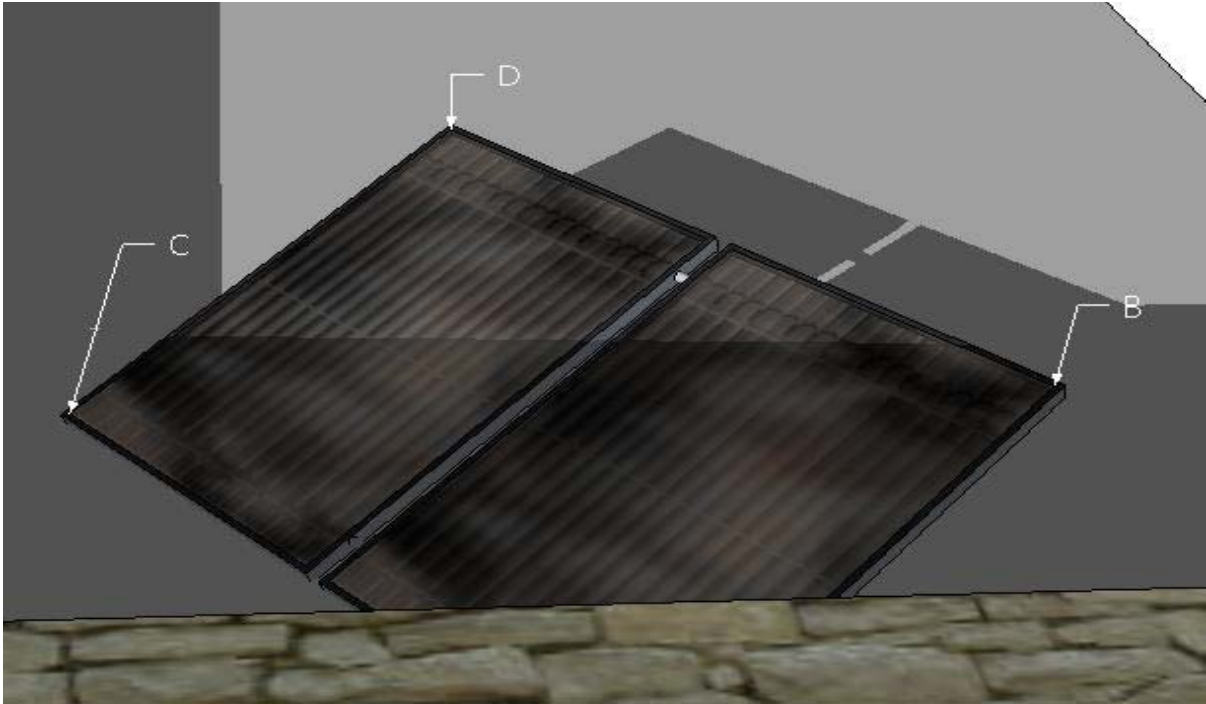
ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.Χ Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό και νότιο τοίχο

$$A_{stot} = H_c \bullet W_c$$

(9.1.2.II.VI)

3) Περίπτωση 3 από τον τοίχο στον νότο:

a. Εάν το μήκος $Dw < (C, \Delta\tau)$ τότε δεν καλύπτεται καθόλου ο συλλέκτης από σκιά:



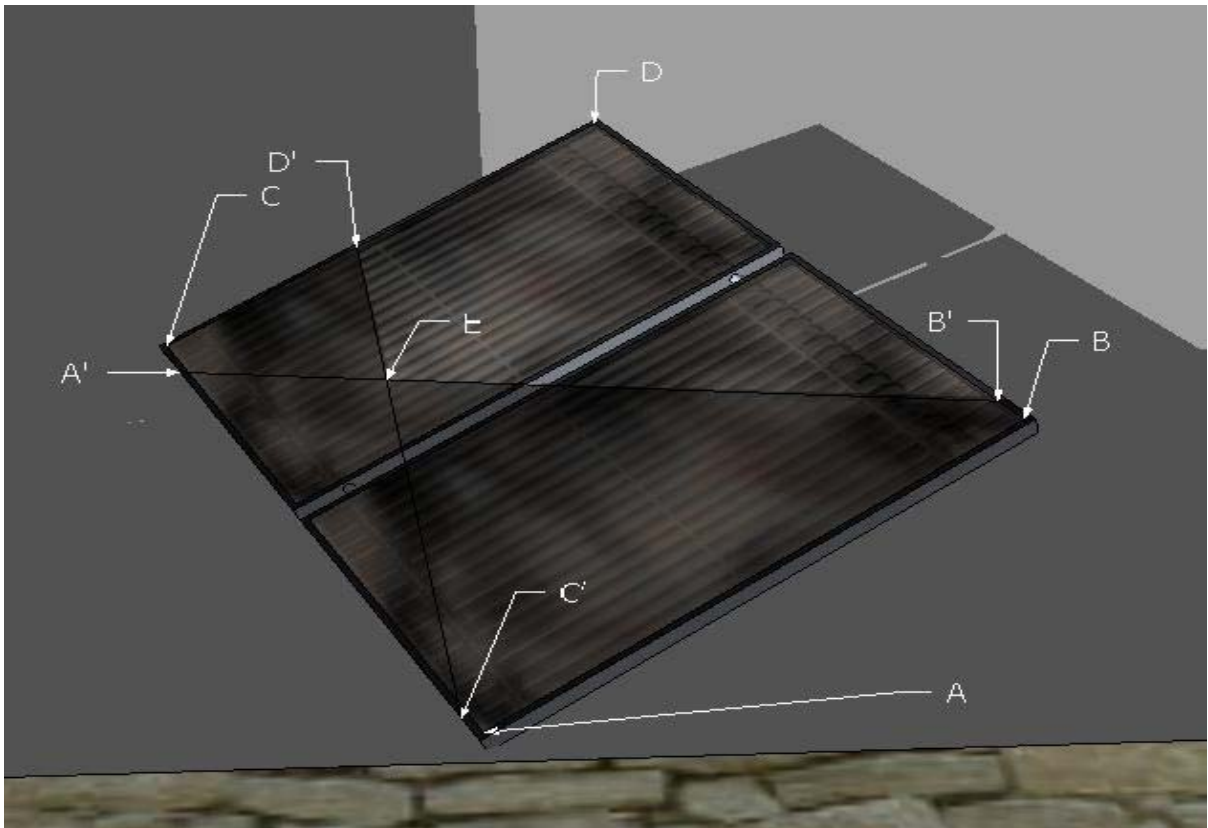
ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XI Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό και νότιο τοίχο

Άρα το καλυπτόμενο μέρος είναι όσο και της 3^{ης} περίπτωσης του νότιου τοίχου:

$$A_s = A_{s3}$$

(9.1.2.III.I)

- b. Εάν το μήκος $Dw > (C, \Delta\tau)$ και το $Dtw < (D, \Delta\tau)$ και το $Dw < (A, \Delta\tau)$ δημιουργείται το ορθογώνιο τρίγωνο $CD'C'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XII Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό και νότιο τοίχο

Από τον δυτικό τοίχο η το εμβαδόν της σκιάς είναι $Asw2$ και από τον νότιο $Ass3$

Τώρα έχουμε 2 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $CC'+A'A < Wc$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το άθροισμα αυτών των 2 :

$$Astot = Asw2 + Ass3 \quad (9.1.2.III.II.1)$$

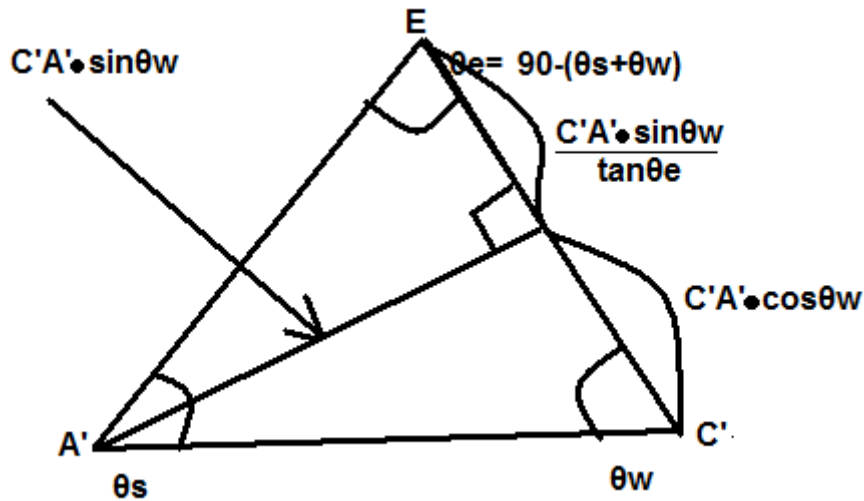
διαφορετικά θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τριγωνάκι ($C'A'E$) με τις 2 γωνίες θ_w και θ_s

$$\theta_w = \arctan\left(\frac{CD'}{CC'}\right), \theta_s = \arctan\left(\frac{AB(=Hc)}{(AA'-BB')}\right) \quad (9.1.2.III.II.2,3)$$

και την ενδιάμεση πλευρά που είναι η διαφορά των μηκών:

$$Wc - (CC' + A'A) \quad (9.1.2.III.II.4)$$

Για να βρούμε το εμβαδόν του τριγώνου χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XIII Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

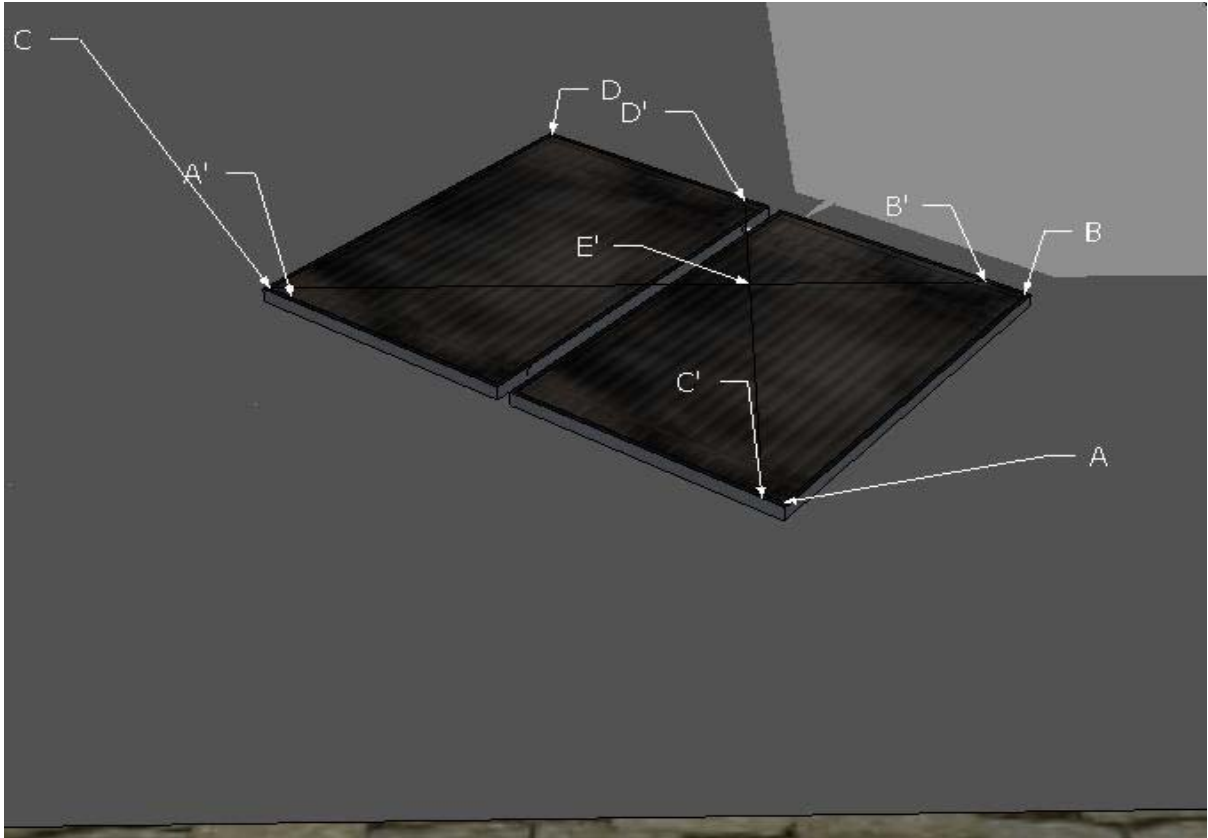
Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'A' \cdot \cos \theta_w + \frac{C'A' \cdot \sin \theta_w}{\tan \theta_e}) \cdot C'A' \cdot \sin \theta_w}{2} \quad (9.1.2.III.II.5)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$A_{tot} = A_{sw2} + A_{ss3} - area \quad (9.1.2.III.II.6)$$

- c. Εάν το μήκος $Dw < (A, \Delta\tau)$ και $Dtw > (D, \Delta\tau)$ θα δημιουργηθεί από την σκιά και το συλλέκτη ένα τραπέζιο:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XIV Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό και νότιο τοίχο

Από τον δυτικό τοίχο η το εμβαδόν της σκιάς είναι $Asw3$ και από τον νότιο $Ass3$

Τώρα έχουμε 3 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $CC' + A'A < Wc$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το άθροισμα αυτών των 2 :

$$Astot = Asw3 + Ass3 \quad (9.1.2.III.III.1)$$

Εάν το μήκος $DD' + BB' > Wc$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το άθροισμα αυτών των 2 :

$$Astot = Hc \cdot Wc \quad (9.1.2.III.III.2)$$

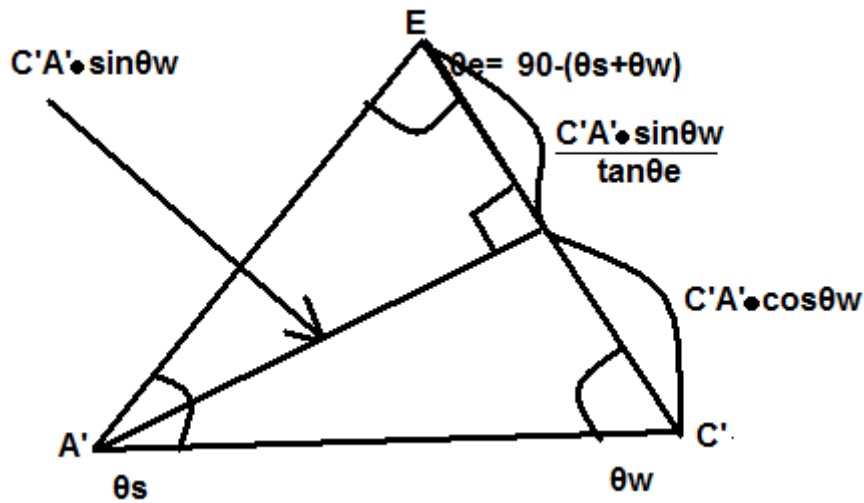
διαφορετικά θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τριγωνάκι ($C'A'E$) με τις 2 γωνίες θ_w και θ_s

$$\theta_w = \arctan\left(\frac{CD(=Hc)}{(CC' - DD')}\right), \theta_s = \arctan\left(\frac{AB(=Hc)}{(AA' - BB')}\right) \quad (9.1.2.III.III.3,4)$$

και την ενδιάμεση πλευρά που είναι η διαφορά των μηκών:

$$Wc - (CC' + A'A) \quad (9.1.2.III.III.5)$$

για να βρούμε το εμβαδόν του τριγώνου χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XV Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

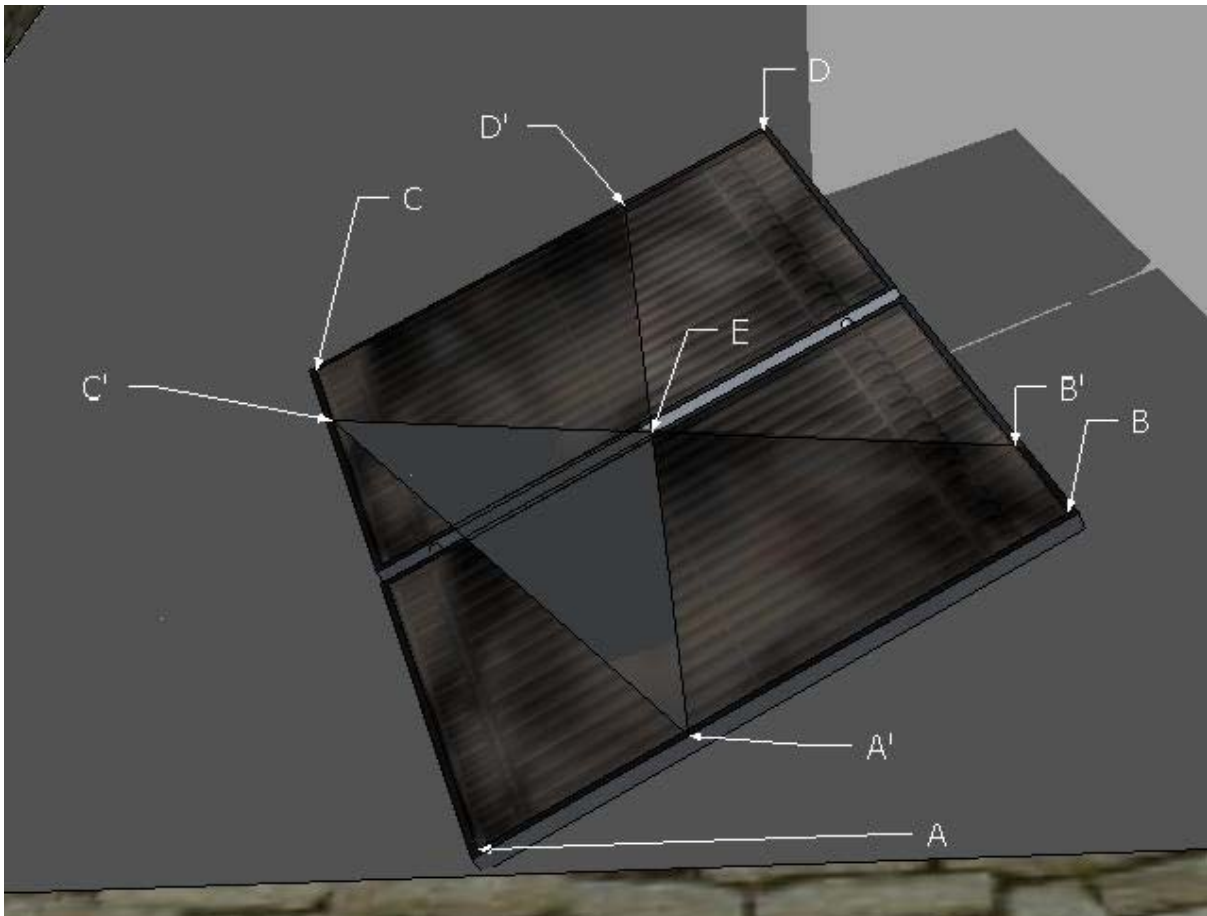
Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'A' \cdot \cos \theta_w + \frac{C'A' \cdot \sin \theta_w}{\tan \theta_e}) \cdot C'A' \cdot \sin \theta_w}{2} \quad (9.1.2.III.III.6)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$A_{stot} = A_{sw3} + A_{ss3} - area \quad (9.1.2.III.III.7)$$

- d. Εάν το μήκος $Dw > (A, \Delta\tau)$ και $Dtw < (D, \Delta\tau)$ θα δημιουργηθεί από την σκιά και το συλλέκτη ένα τραπέζιο:



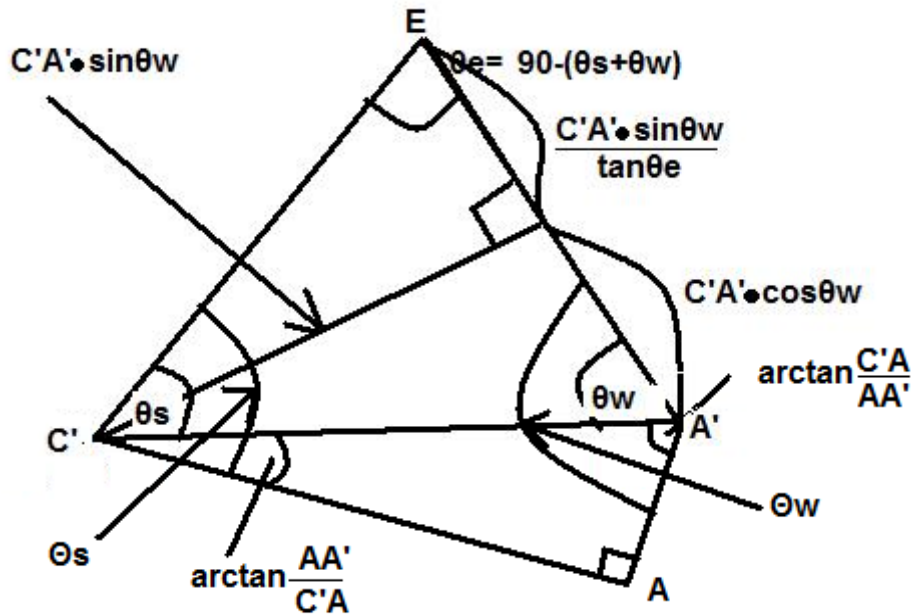
ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XVI Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό και νότιο τοίχο

Από τον δυτικό τοίχο η το εμβαδόν της σκιάς είναι $Asw4$ και από τον νότιο $Ass3$, θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τραπέζιο ($C'AA'E$) με τις 2 γωνίες Θ_w και Θ_s

$$\Theta_s = \arctan\left(\frac{AB(=Hc)}{(AC'-BB')}\right), \Theta_w = 180 - \arctan\left(\frac{BD(=Wc)}{(A'B-DD')}\right) \quad (9.1.2.III.IV.1)$$

Χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα αλλά εδώ η ενδιάμεση πλευρά είναι η υποτείνουσα του ορθογωνίου τρίγωνο ($C'A'A$):

$$C'A' = \sqrt{C'A^2 + A'A^2} \quad (9.1.2.III.IV.2)$$



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XVII Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'A' \cdot \cos \theta_w + \frac{C'A' \cdot \sin \theta_w}{\tan \theta_e}) \cdot C'A' \cdot \sin \theta_w}{2} + \frac{C'A \cdot A'A}{2} \quad (9.1.2.III.IV.3)$$

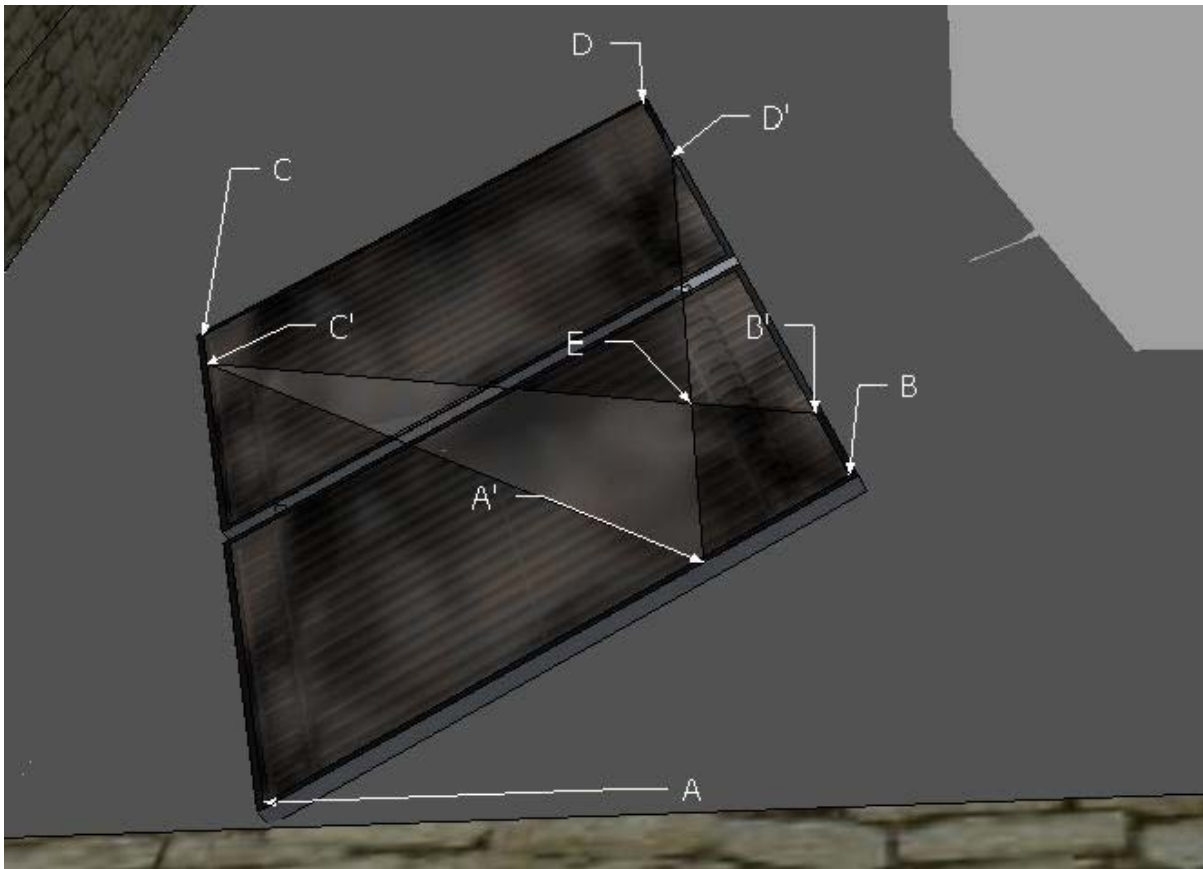
οι γωνίες θ_s και θ_w υπολογίζονται εύκολα:

$$\theta_s = \Theta_s - \arctan \frac{AA'}{C'A}, \quad \theta_w = \Theta_w - \arctan \frac{C'A}{AA'} \quad (9.1.2.III.IV.4,5)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$A_{stot} = A_{sw4} + A_{ss3} - area \quad (9.1.2.III.IV.6)$$

- e. Εάν το μήκος $Dtw > (D, \Delta\tau)$ και $Dw > (A, \Delta\tau)$ και $Dtw < (B, \Delta\tau)$ δημιουργείται ένα τρίγωνο από την σκιά και τον συλλέκτη το οποίο δεν είναι σκιασμένο:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XVIII Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό και νότιο τοίχο

Εδώ ισχύουν τα ίδια από τον δυτικό τοίχο η το εμβαδόν της σκιάς είναι $Asw5$ και από τον νότιο $Ass3$, Τώρα έχουμε 2 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $DD' + BB' > Wc$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το άθροισμα αυτών των 2 :

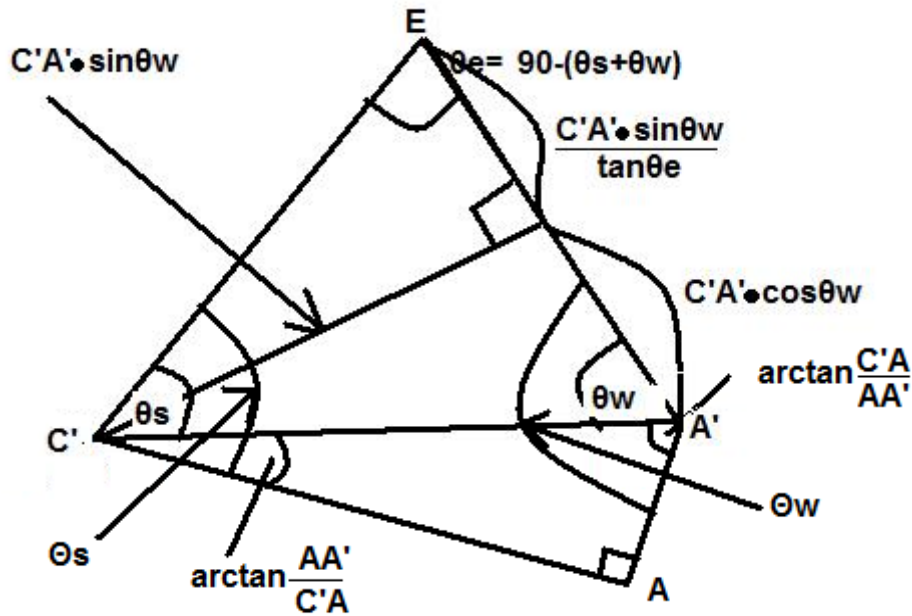
$$A_{stot} = Hc \cdot Wc \quad (9.1.2.III.V.1)$$

Αλλιώς θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τραπέζιο ($C'AA'E$) με τις 2 γωνίες Θ_w και Θ_s

$$\Theta_s = \arctan\left(\frac{AB(=Hc)}{(AC' - BB')}\right), \Theta_w = 180 - \arctan\left(\frac{BD'}{A'B}\right) \quad (9.1.2.III.V.2)$$

χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα αλλά εδώ η ενδιάμεση πλευρά είναι η υποτείνουσα του ορθογωνίου τρίγωνο ($C'A'A$):

$$C'A' = \sqrt{C'A^2 + A'A^2} \quad (9.1.2.III.V.3)$$



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XIX Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'A \cdot \cos \theta_w + \frac{C'A \cdot \sin \theta_w}{\tan \theta_e}) \cdot C'A \cdot \sin \theta_w}{2} + \frac{C'A \cdot A'A}{2} \quad (9.1.2.III.V.4)$$

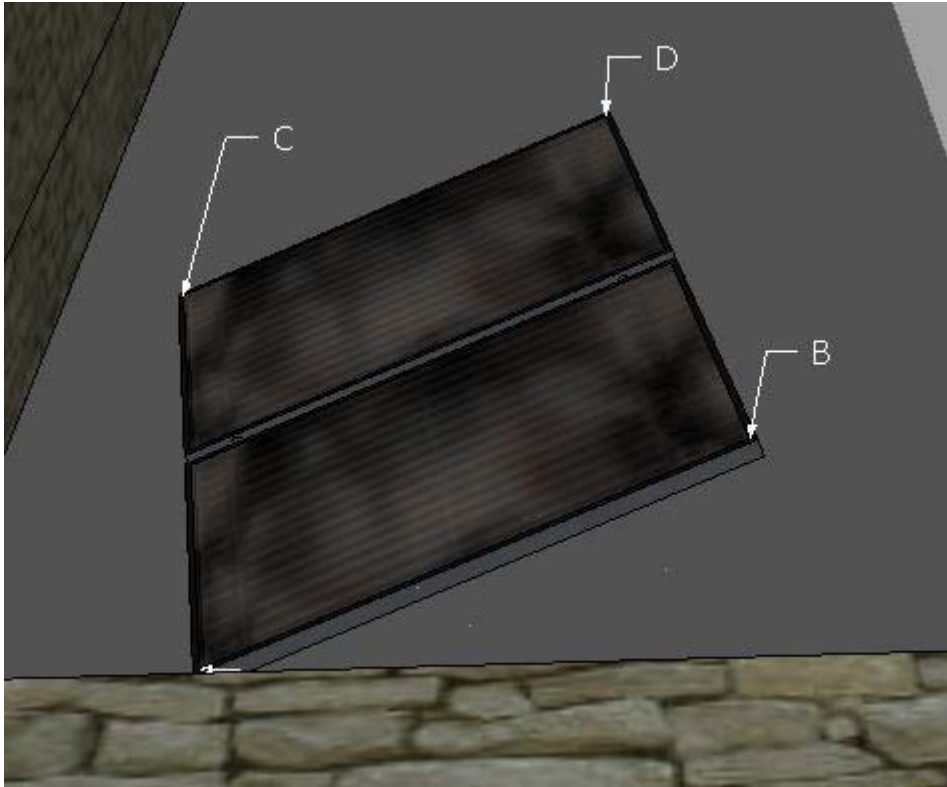
οι γωνίες θ_s και θ_w υπολογίζονται εύκολα:

$$\theta_s = \Theta_s - \arctan \frac{AA'}{C'A}, \quad \theta_w = \Theta_w - \arctan \frac{C'A}{AA'} \quad (9.1.2.III.V.5,6)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$Astot = Asw5 + Ass3 - area \quad (9.1.2.III.V.7)$$

- f. Εάν το μήκος $D_{tw} > (B, \Delta\tau)$ τότε όλος ο συλλέκτης είναι κάτω από σκιά :



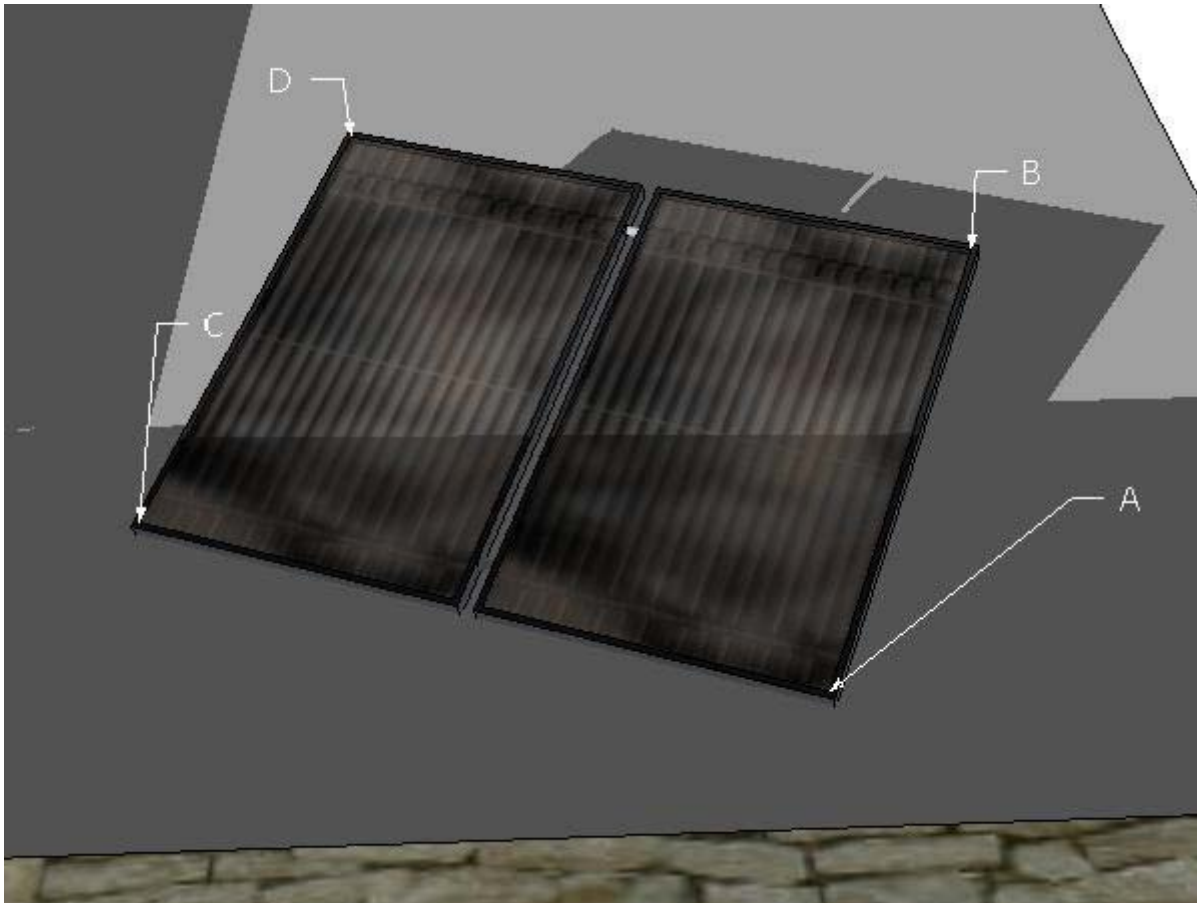
ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XX Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό και νότιο τοίχο

$$A_{stot} = H_c \bullet W_c$$

(9.1.2.III.VI)

4) Περίπτωση 4 από τον τοίχο στον νότο:

a. Εάν το μήκος $Dw < (C, \Delta\tau)$ τότε δεν καλύπτεται καθόλου ο συλλέκτης από σκιά:



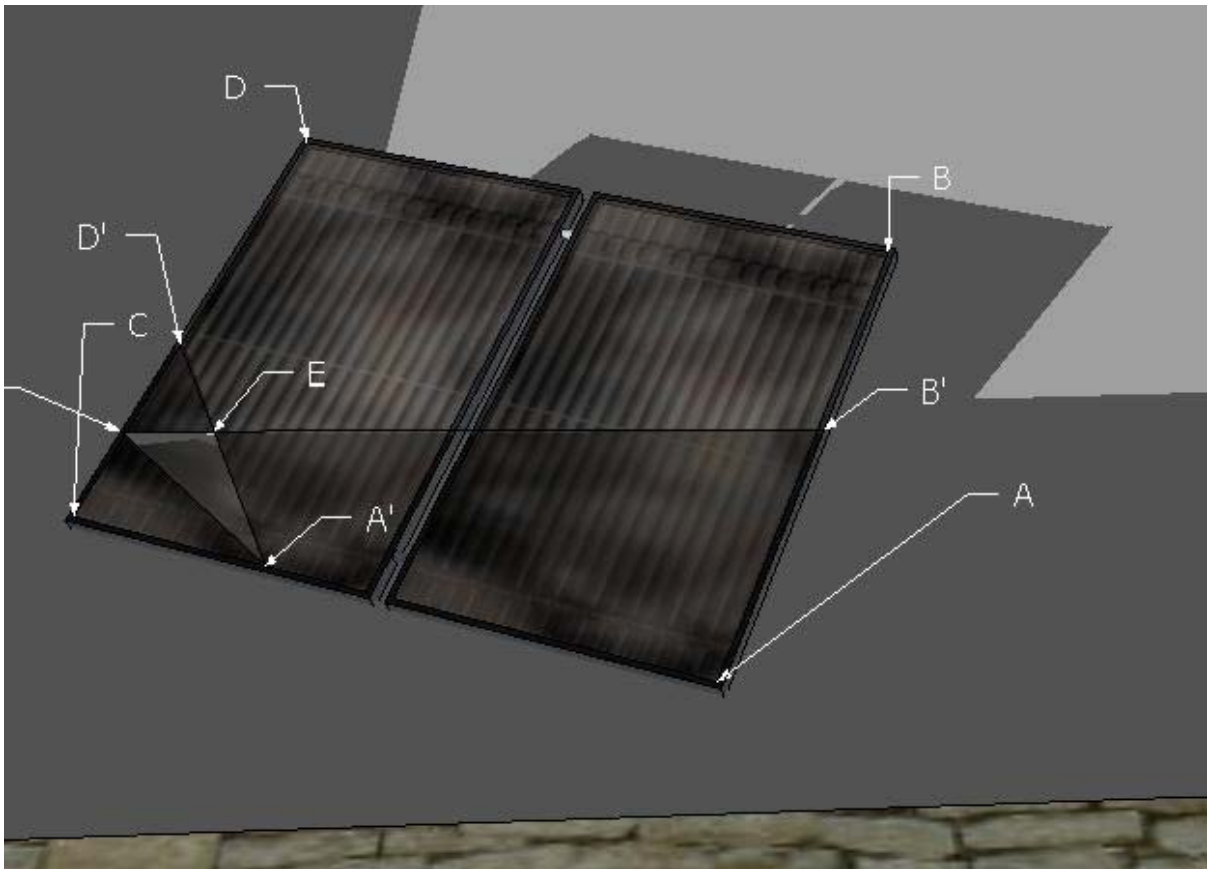
ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XXI Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό και νότιο τοίχο

Άρα το καλυπτόμενο μέρος είναι όσο και της 4^{ης} περίπτωσης του νότιου τοίχου:

$$As=Ass4$$

(9.1.2.IV.I)

- b. Εάν το μήκος $Dw > (C, \Delta\tau)$ και το $Dtw < (D, \Delta\tau)$ και το $Dw < (A, \Delta\tau)$ δημιουργείται το ορθογώνιο τρίγωνο $CD'A'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XXII Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό και νότιο τοίχο

Από τον δυτικό τοίχο η το εμβαδόν της σκιάς είναι $Asw2$ και από τον νότιο $Ass4$.

Τώρα έχουμε 2 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $CD' < CC'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το:

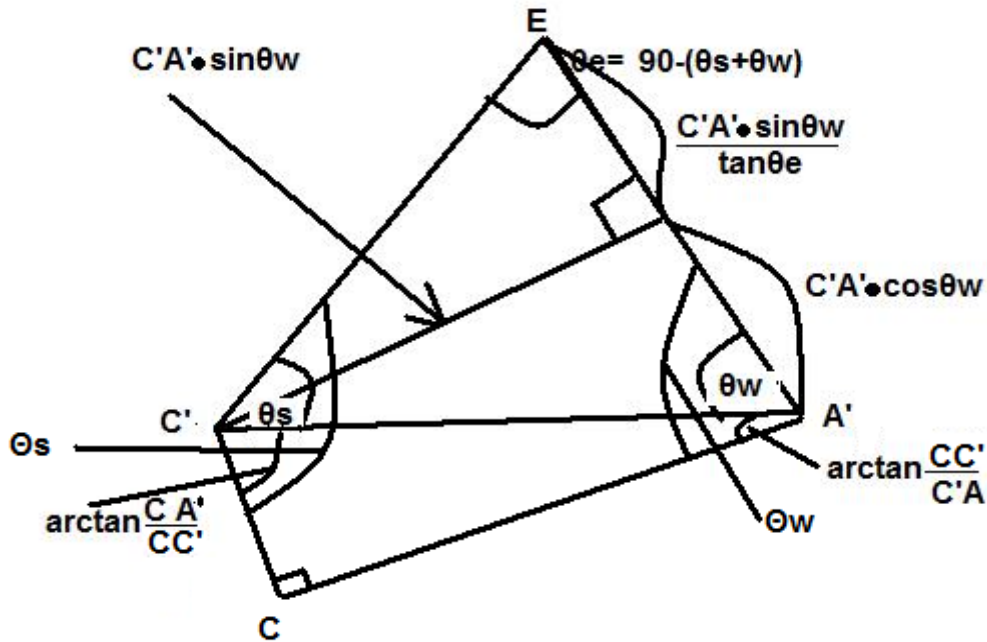
$$Astot = Ass4 \quad (9.1.2.IV.II.1)$$

Αλλιώς θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τραπέζιο ($C'CA'E$) με τις 2 γωνίες Θ_w και Θ_s

$$\Theta_s = 180 - \arctan\left(\frac{DB(=Wc)}{(DC' - BB')}\right), \Theta_w = \arctan\left(\frac{CD'}{A'C}\right) \quad (9.1.2.IV.II.2,3)$$

Χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα αλλά εδώ η ενδιάμεση πλευρά είναι η υποτείνουσα του ορθογωνίου τρίγωνο ($C'A'C$):

$$C'A' = \sqrt{CA'^2 + C'C^2} \quad (9.1.2.IV.II.4)$$



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XXIII Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'A' \cdot \cos \theta_w + \frac{C'A' \cdot \sin \theta_w}{\tan \theta_e}) \cdot C'A' \cdot \sin \theta_w}{2} + \frac{C'C \cdot A'C}{2} \quad (9.1.2.IV.II.5)$$

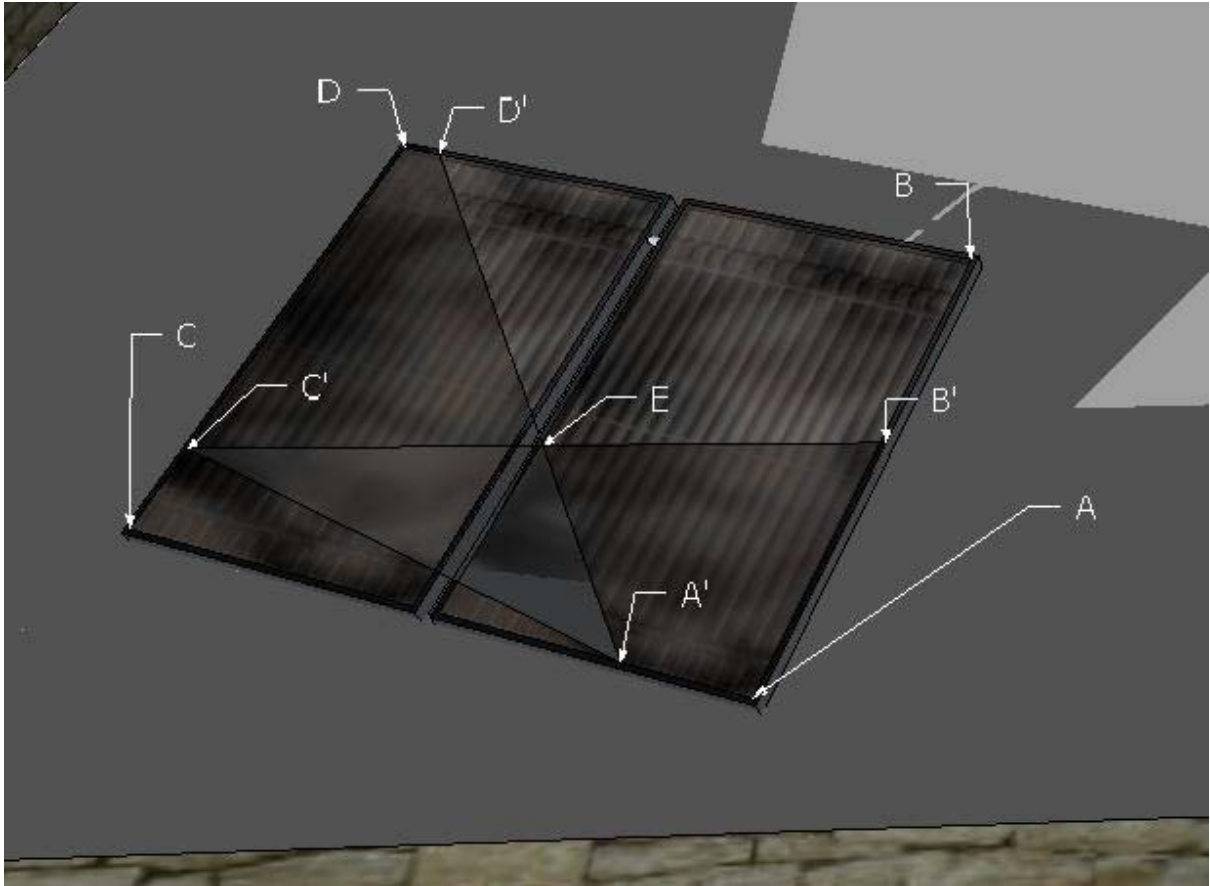
οι γωνίες θ_s και θ_w υπολογίζονται εύκολα:

$$\theta_s = \Theta_s - \arctan \frac{CA'}{C'C}, \quad \theta_w = \Theta_w - \arctan \frac{C'C}{CA'} \quad (9.1.2.IV.II.6,7)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$A_{stot} = A_{sw2} + A_{ss4} - area \quad (9.1.2.IV.II.8)$$

- c. Εάν το μήκος $Dw < (A, \Delta\tau)$ και $Dtw > (D, \Delta\tau)$ θα δημιουργηθεί από την σκιά και το συλλέκτη ένα τραπέζιο:



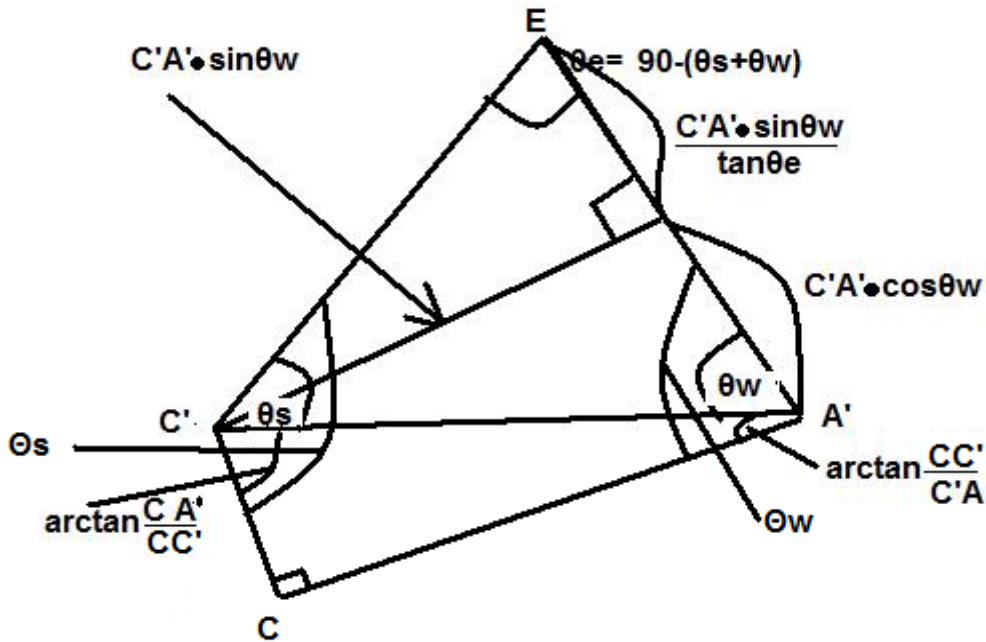
ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XXIV Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό και νότιο τοίχο

Από τον δυτικό τοίχο η το εμβαδόν της σκιάς είναι $Asw3$ και από τον νότιο $Ass4$, θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τραπέζιο ($C'CA'E$) με τις 2 γωνίες Θ_w και Θ_s

$$\Theta_s = 180 - \arctan\left(\frac{DB(=Wc)}{(DC' - BB')}\right), \Theta_w = \arctan\left(\frac{CD(=Hc)}{(A'C - DD')}\right) \quad (9.1.2.IV.III.1)$$

Χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα με την ίδια ενδιάμεση πλευρά είναι η υποτείνουσα του ορθογωνίου τρίγωνο ($C'A'C$):

$$C'A' = \sqrt{CA'^2 + C'C^2} \quad (9.1.2.IV.III.2)$$



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XXV Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'A' \cdot \cos \theta_w + \frac{C'A' \cdot \sin \theta_w}{\tan \theta_e}) \cdot C'A' \cdot \sin \theta_w}{2} + \frac{C'C \cdot A'C}{2} \quad (9.1.2.IV.III.3)$$

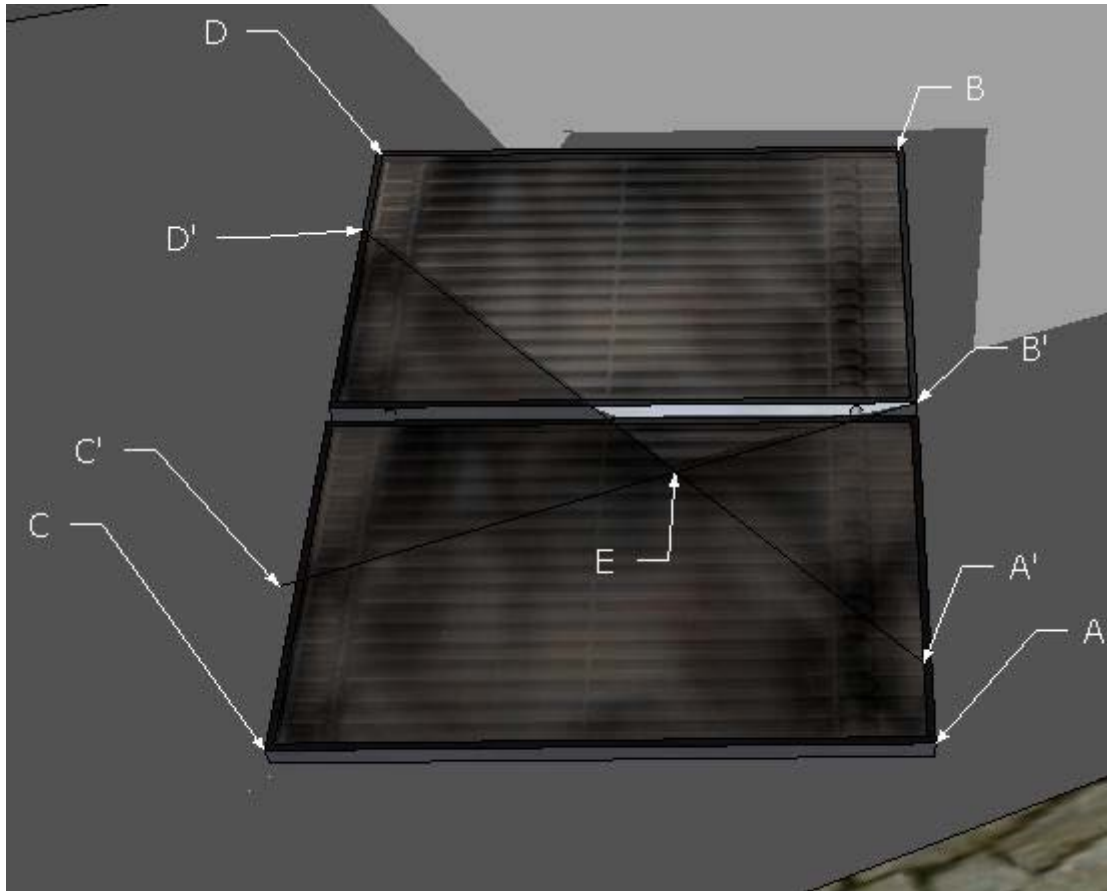
οι γωνίες θ_s και θ_w υπολογίζονται εύκολα:

$$\theta_s = \Theta_s - \arctan \frac{CA'}{C'C}, \quad \theta_w = \Theta_w - \arctan \frac{C'C}{CA'} \quad (9.1.2.IV.III.4,5)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$A_{stot} = A_{sw3} + A_{sw4} - area \quad (9.1.2.IV.III.2)$$

- d. Εάν το μήκος $Dw > (A, \Delta\tau)$ και $Dtw < (D, \Delta\tau)$ θα δημιουργηθεί από την σκιά και το συλλέκτη ένα τραπέζιο:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XXVI Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό και νότιο τοίχο

Από τον δυτικό τοίχο η το εμβαδόν της σκιάς είναι $Asw4$ και από τον νότιο $Ass4$
Έχουμε 3 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $A'A < AB'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι μόνο του τραπέζιου που σχηματίζεται από τον δυτικό τοίχο αφού το άλλο καλύπτεται από αυτό :

$$Astot = Asw4 \quad (9.1.2.IV.IV.1)$$

Εάν το μήκος $C'C < CD'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι μόνο του τραπέζιου που σχηματίζεται από τον νότιο τοίχο αφού το άλλο καλύπτεται από αυτό :

$$Astot = Ass4 \quad (9.1.2.IV.IV.2)$$

διαφορετικά θα πρέπει να προστεθεί ένα τριγωνάκι ($B'A'E$) με τις 2 γωνίες θ_w και θ_s

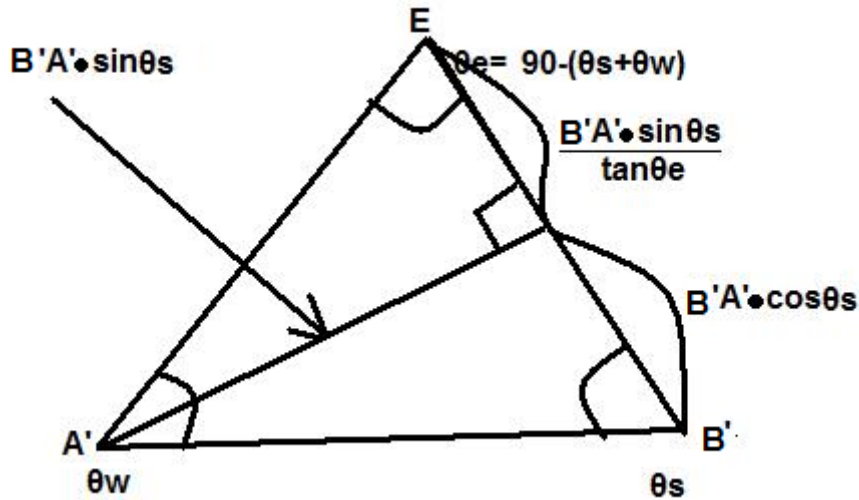
$$\theta_s = \arctan\left(\frac{AC(=Wc)}{(AB' - CC')}\right), \theta_w = \arctan\left(\frac{BD(=Wc)}{(A'B - DD')}\right) \quad (9.1.2.IV.IV.3)$$

και την ενδιάμεση πλευρά που είναι η διαφορά των μηκών:

$$AB' - A'A$$

(9.1.2.IV.IV.4)

Για να βρούμε το εμβαδόν του τριγώνου χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XXVII Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

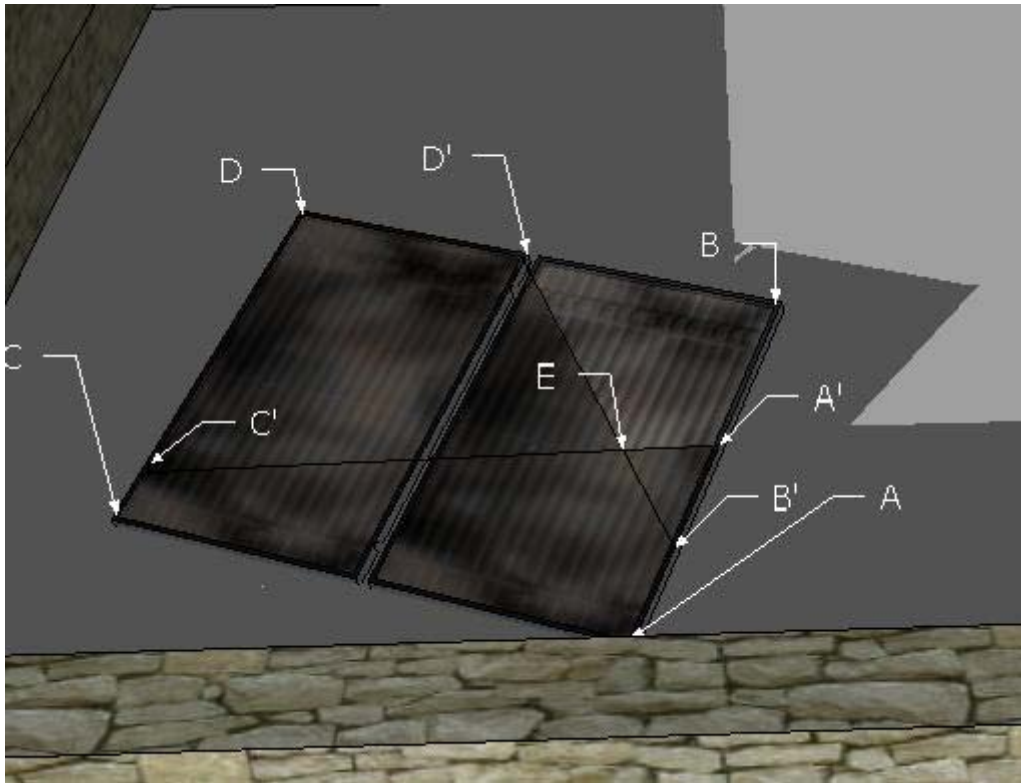
Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(B'A' \cdot \cos \theta_s + \frac{B'A' \cdot \sin \theta_s}{\tan \theta_e}) \cdot B'A' \cdot \sin \theta_s}{2} \quad (9.1.2.IV.IV.5)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$A_{stot} = A_{sw4} + area \quad (9.1.2.IV.IV.6)$$

- ε. Εάν το μήκος $Dw > (D, \Delta\tau)$ και $Dw > (A, \Delta\tau)$ δημιουργείται ένα τρίγωνο από την σκιά και τον συλλέκτη το οποίο δεν είναι σκιασμένο:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XXVIII Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό και νότιο τοίχο

Από τον δυτικό τοίχο η το εμβαδόν της σκιάς είναι $Asw5$ και από τον νότιο $Ass4$

Έχουμε 2 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $A'A < AB'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι μόνο του τραπεζίου αφού το άλλο καλύπτεται από αυτό :

$$Astot = Asw5 \quad (9.1.2.IV.V.1)$$

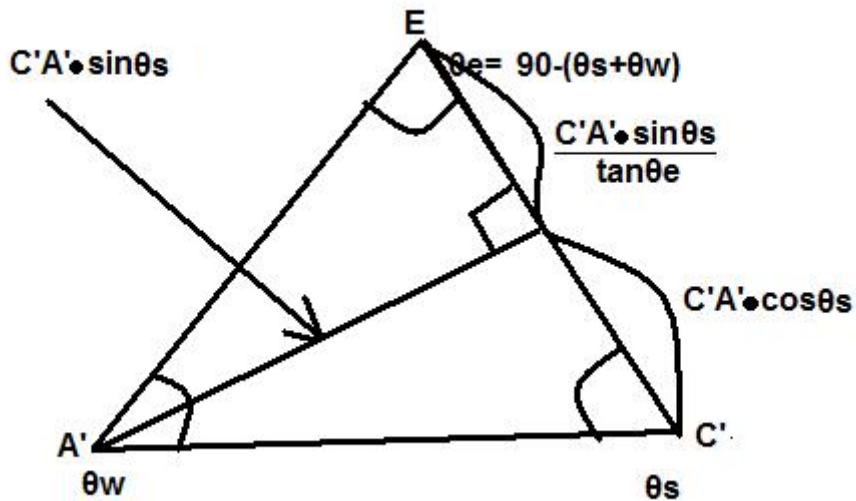
διαφορετικά θα πρέπει να προστεθεί ένα τριγωνάκι ($B'A'E$) με τις 2 γωνίες θ_w και θ_s

$$\theta_s = \arctan\left(\frac{AC(=Wc)}{(AA' - CC')}\right), \theta_w = \arctan\left(\frac{BD'}{(BB')}\right) \quad (9.1.2.IV.V.2)$$

και την ενδιάμεση πλευρά που είναι η διαφορά των μηκών:

$$A'A - AB' \quad (9.1.2.IV.V.3)$$

Για να βρούμε το εμβαδόν του τριγώνου χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XXIX Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

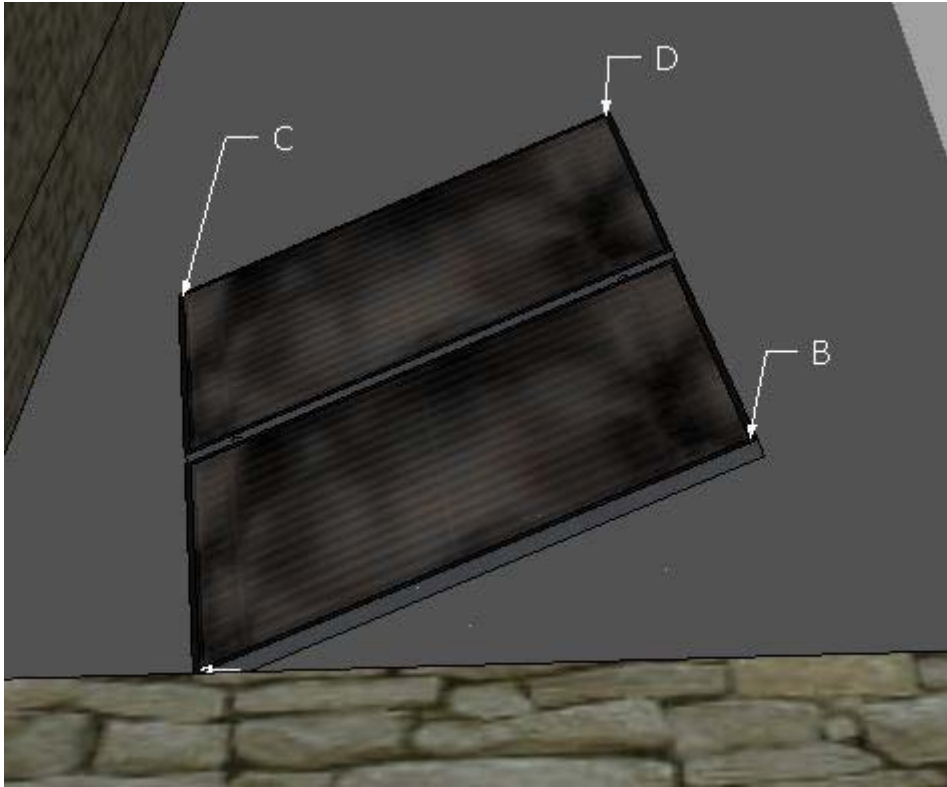
Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'A' \cdot \cos \theta_s + \frac{C'A' \cdot \sin \theta_s}{\tan \theta_e}) \cdot C'A' \cdot \sin \theta_s}{2} \quad (9.1.2.IV.V.4)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$Astot = Asw5 + area \quad (9.1.2.IV.V.5)$$

- f. Εάν το μήκος $D_{tw} > (B, \Delta\tau)$ τότε όλος ο συλλέκτης είναι κάτω από σκιά :



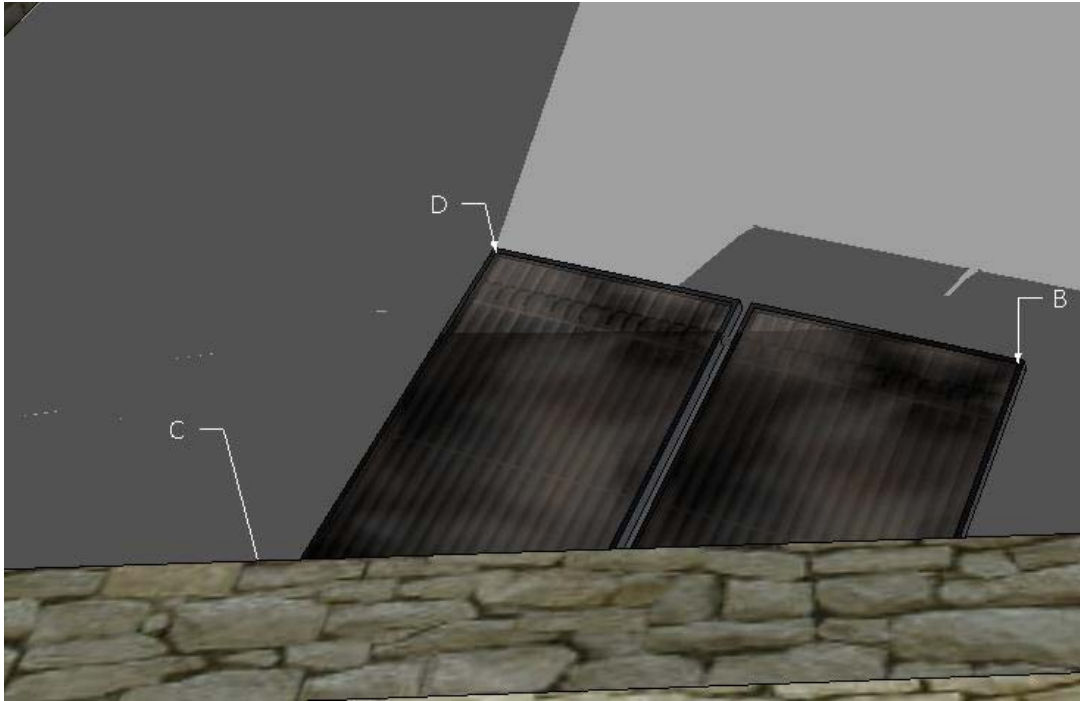
ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XXX Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό και νότιο τοίχο

$$A_{stot} = H_c \bullet W_c$$

(9.1.2.IV.VI)

5) Περίπτωση 5 από τον τοίχο στον νότο:

a. Εάν το μήκος $Dw < (C, \Delta\tau)$ τότε δεν καλύπτεται καθόλου ο συλλέκτης από σκιά:

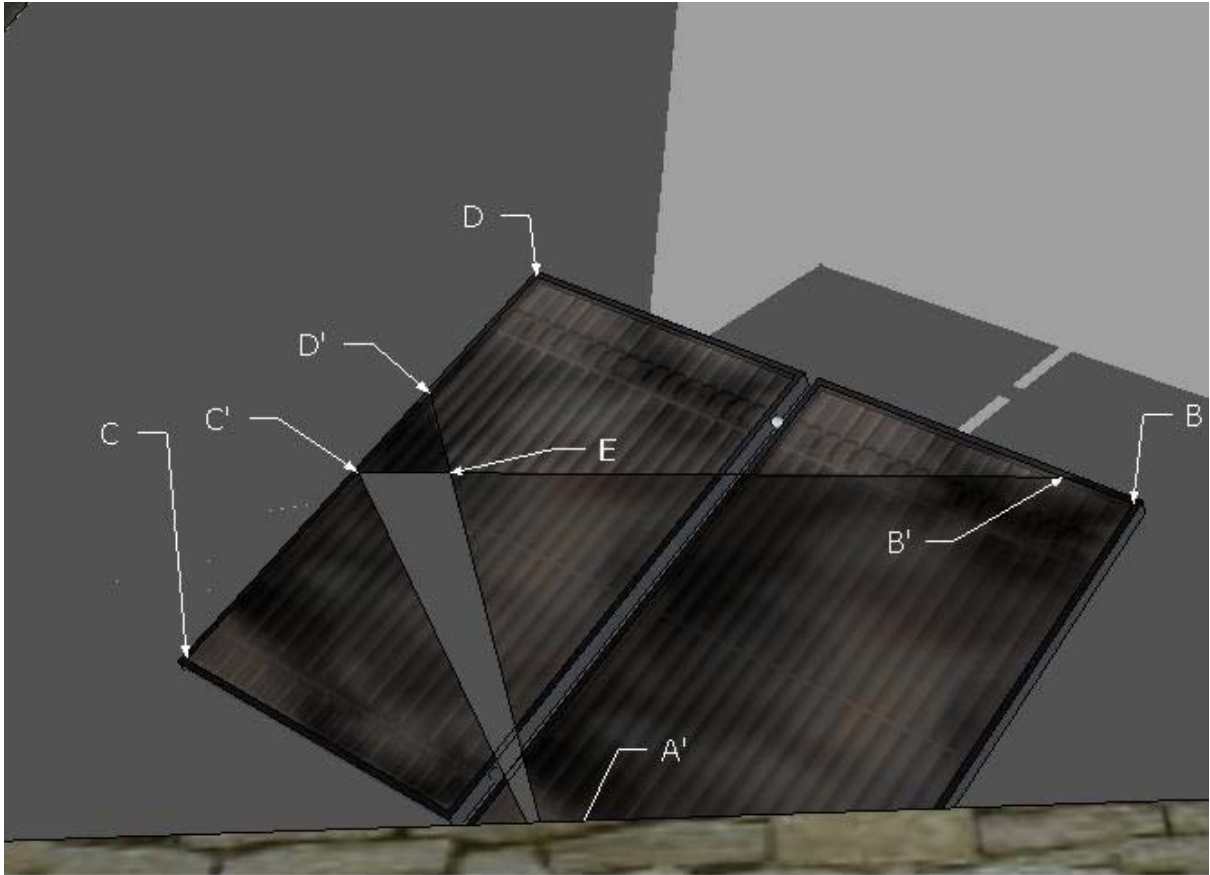


ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XXXI Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό και νότιο τοίχο

As=Ass5

(9.1.2.V.I)

- b. Εάν το μήκος $Dw > (C, \Delta\tau)$ και το $Dtw < (D, \Delta\tau)$ και το $Dw < (A, \Delta\tau)$ δημιουργείται το ορθογώνιο τρίγωνο $CD'A'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XXXII Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό και νότιο τοίχο

Από τον δυτικό τοίχο η το εμβαδόν της σκιάς είναι $Asw2$ και από τον νότιο $Ass5$,
Τώρα έχουμε 2 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $CD' < CC'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το άθροισμα αυτών των 2 :

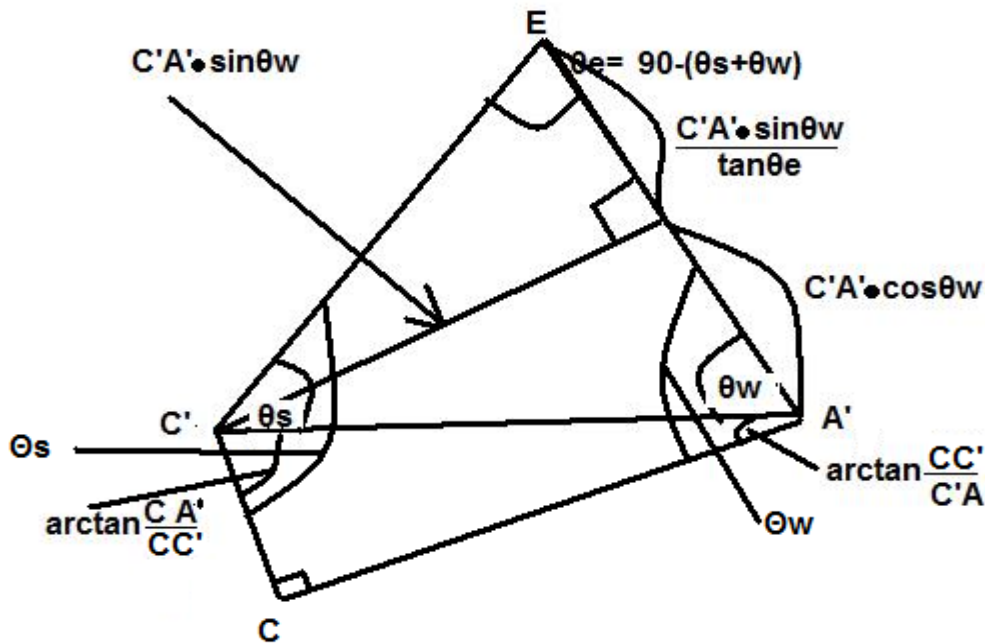
$$A_{tot} = Ass5 \quad (9.1.2.V.II.1)$$

Αλλιώς θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τραπέζιο ($C'CA'E$) με τις 2 γωνίες Θ_w και Θ_s

$$\Theta_s = 180 - \arctan\left(\frac{DB'}{DC'}\right), \Theta_w = \arctan\left(\frac{CD'}{A'C}\right) \quad (9.1.2.V.II.2)$$

Χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα αλλά εδώ η ενδιάμεση πλευρά είναι η υποτείνουσα του ορθογωνίου τρίγωνο ($C'A'C$):

$$C'A' = \sqrt{CA'^2 + C'C^2} \quad (9.1.2.V.II.3)$$



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XXIII Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'A' \cdot \cos \theta_w + \frac{C'A' \cdot \sin \theta_w}{\tan \theta_e}) \cdot C'A' \cdot \sin \theta_w}{2} + \frac{C'C \cdot A'C}{2} \quad (9.1.2.V.II.4)$$

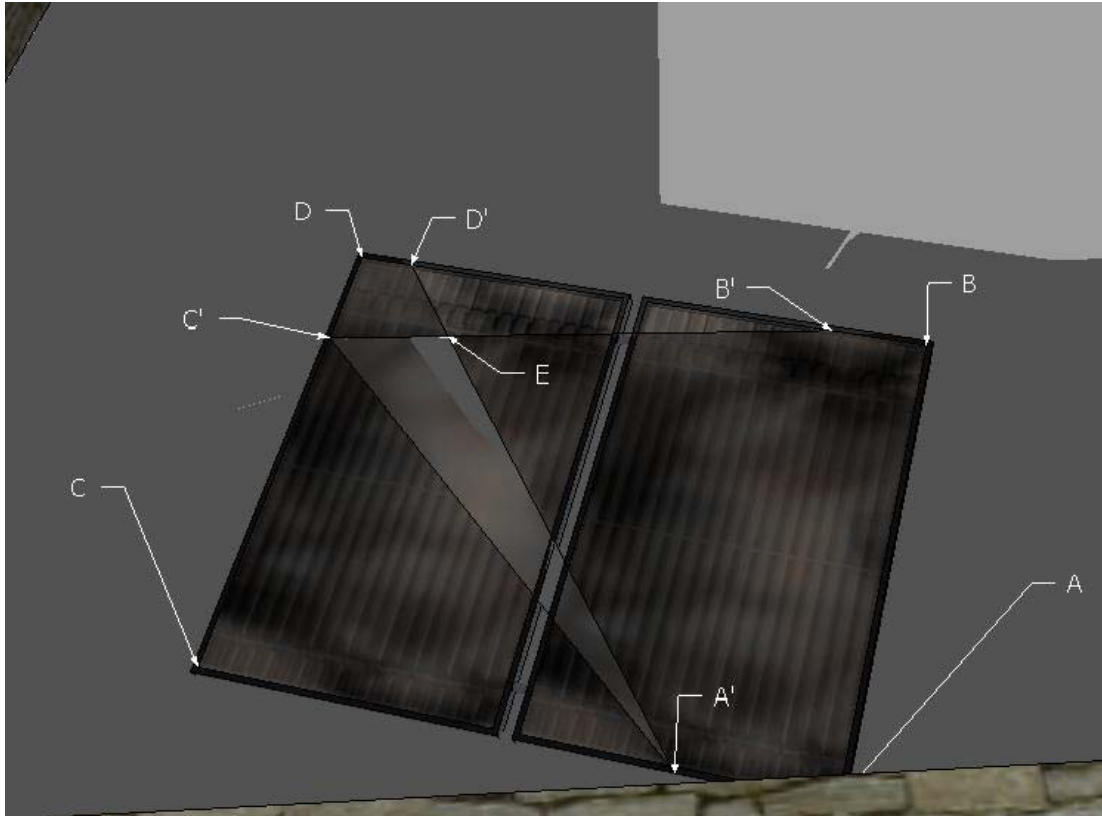
οι γωνίες θ_s και θ_w υπολογίζονται εύκολα:

$$\theta_s = \Theta_s - \arctan \frac{CA'}{C'C}, \quad \theta_w = \Theta_w - \arctan \frac{C'C}{CA'} \quad (9.1.2.V.II.5,6)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$Astot = Asw2 + Ass5 - area \quad (9.1.2.V.II.7)$$

- c. Εάν το μήκος $Dw < (A, \Delta\tau)$ και $Dtw > (D, \Delta\tau)$ θα δημιουργηθεί από την σκιά και το συλλέκτη ένα τραπέζιο:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XXIV Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό και νότιο τοίχο

Από τον δυτικό τοίχο η το εμβαδόν της σκιάς είναι $Asw3$ και από τον νότιο $Ass5$,

Τώρα έχουμε 2 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $DD' + BB' > Wc$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το εμβαδόν του συλλέκτη :

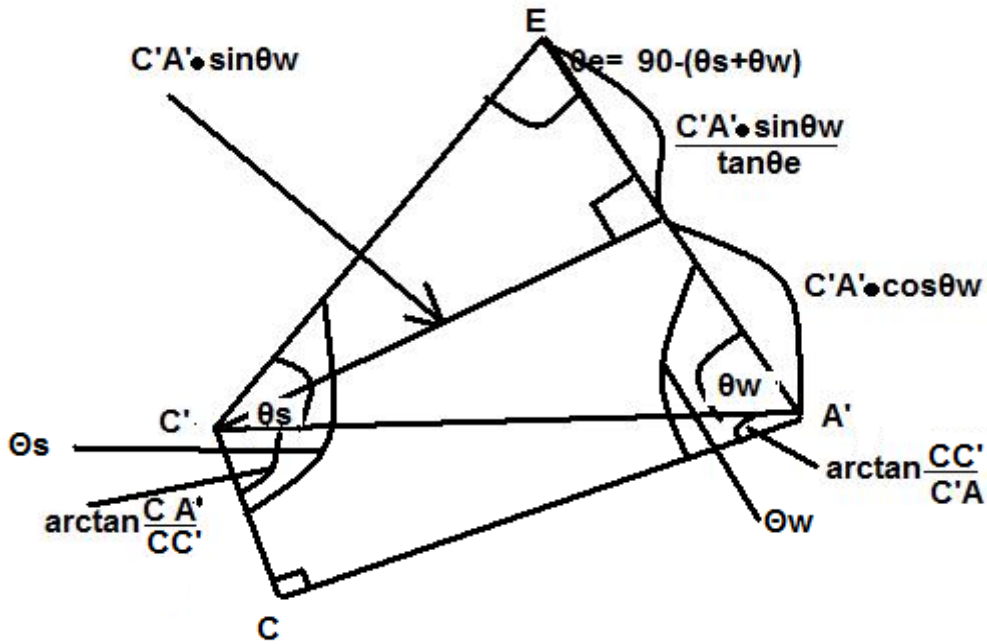
$$Astot = Wc \cdot Hc \quad (9.1.2.V.III.1)$$

Αλλιώς θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τραπέζιο ($C'CA'E$) με τις 2 γωνίες Θ_w και Θ_s

$$\Theta_s = 180 - \arctan\left(\frac{DB'}{DC'}\right), \Theta_w = \arctan\left(\frac{CD(=Hc)}{(A'C - DD')}\right) \quad (9.1.2.V.III.2)$$

Χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα αλλά εδώ η ενδιάμεση πλευρά είναι η υποτείνουσα του ορθογωνίου τριγώνου ($C'A'C$):

$$C'A' = \sqrt{CA'^2 + C'C^2} \quad (9.1.2.V.III.3)$$



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XXXV Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'A' \cdot \cos \theta_w + \frac{C'A' \cdot \sin \theta_w}{\tan \theta_e}) \cdot C'A' \cdot \sin \theta_w}{2} + \frac{C'C \cdot A'C}{2} \tag{9.1.2.V.III.4}$$

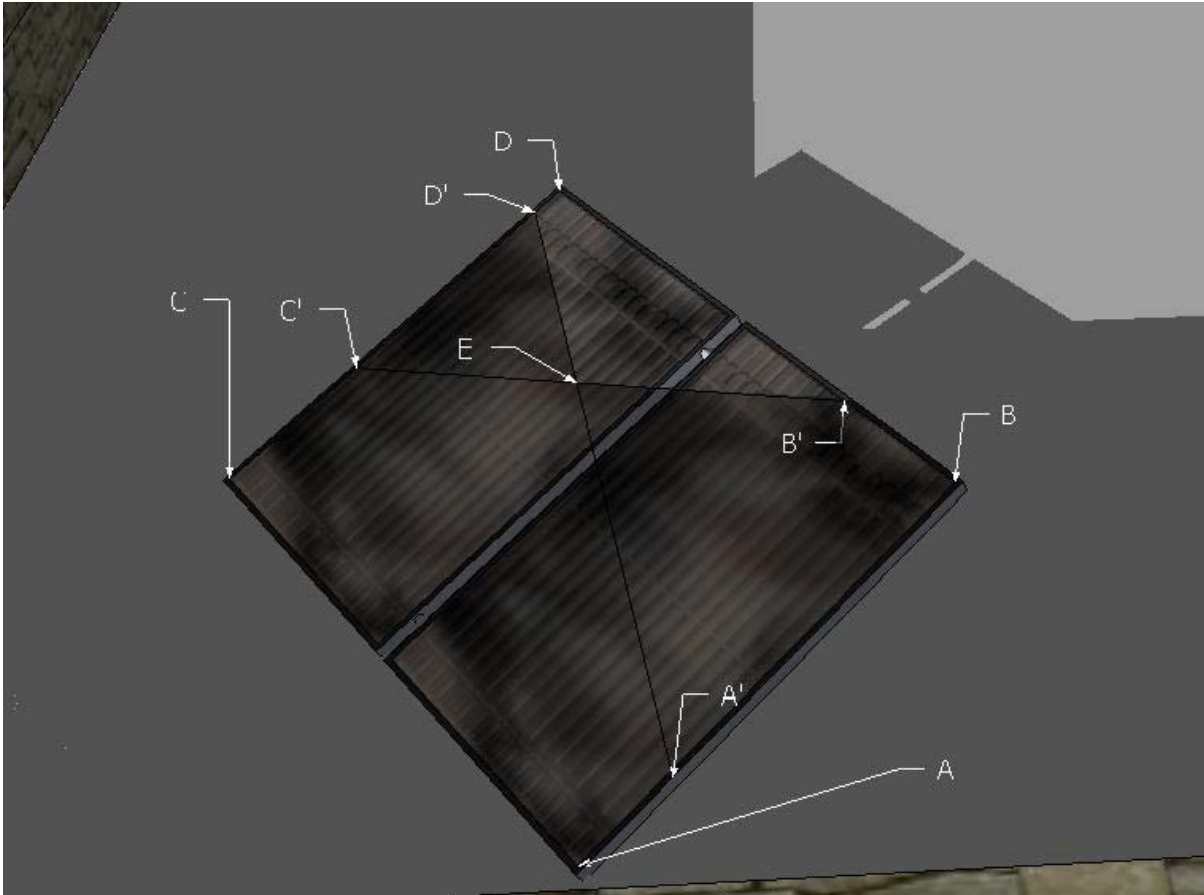
οι γωνίες θ_s και θ_w υπολογίζονται εύκολα:

$$\theta_s = \Theta_s - \arctan \frac{CA'}{C'C}, \quad \theta_w = \Theta_w - \arctan \frac{C'C}{CA'} \tag{9.1.2.V.III.5,6}$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$A_{stot} = A_{sw3} + A_{ss5} - area \tag{9.1.2.V.III.7}$$

- d. Εάν το μήκος $Dw > (A, \Delta\tau)$ και $Dtw < (D, \Delta\tau)$ θα δημιουργηθεί από την σκιά και το συλλέκτη ένα τραπέζιο:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XXXVI Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό και νότιο τοίχο

Από τον δυτικό τοίχο η το εμβαδόν της σκιάς είναι $Asw4$ και από τον νότιο $Ass5$

Έχουμε 2 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $CD' < CC'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι μόνο του τραpezίου αφού το άλλο καλύπτεται από αυτό :

$$Astot = Ass5 \quad (9.1.2.V.IV.1)$$

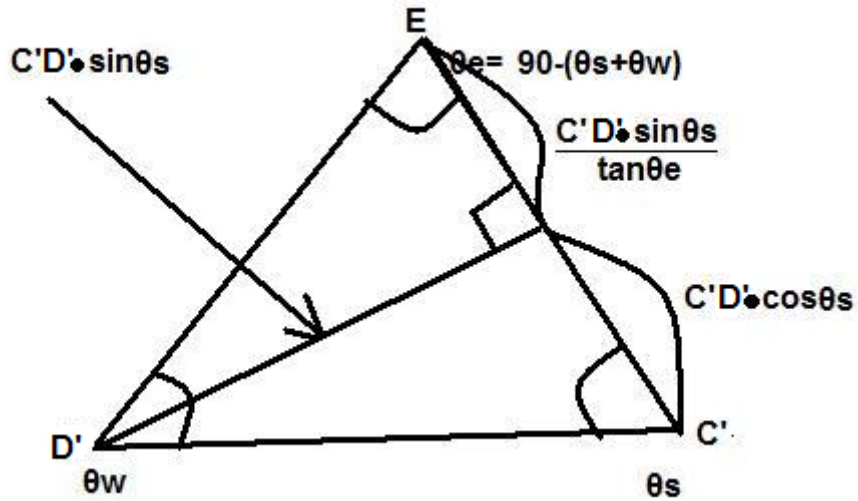
διαφορετικά θα πρέπει να προστεθεί ένα τριγωνάκι $(C'D'E)$ με τις 2 γωνίες θ_w και θ_s

$$\theta_s = \arctan\left(\frac{DB'}{DC'}\right), \theta_w = \arctan\left(\frac{AC(=Wc)}{(D'C - AA')}\right) \quad (9.1.2.V.IV.2,3)$$

και την ενδιάμεση πλευρά που είναι η διαφορά των μηκών:

$$CD' - CC' \quad (9.1.2.V.IV.4)$$

Για να βρούμε το εμβαδόν του τριγώνου χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XXXVII Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

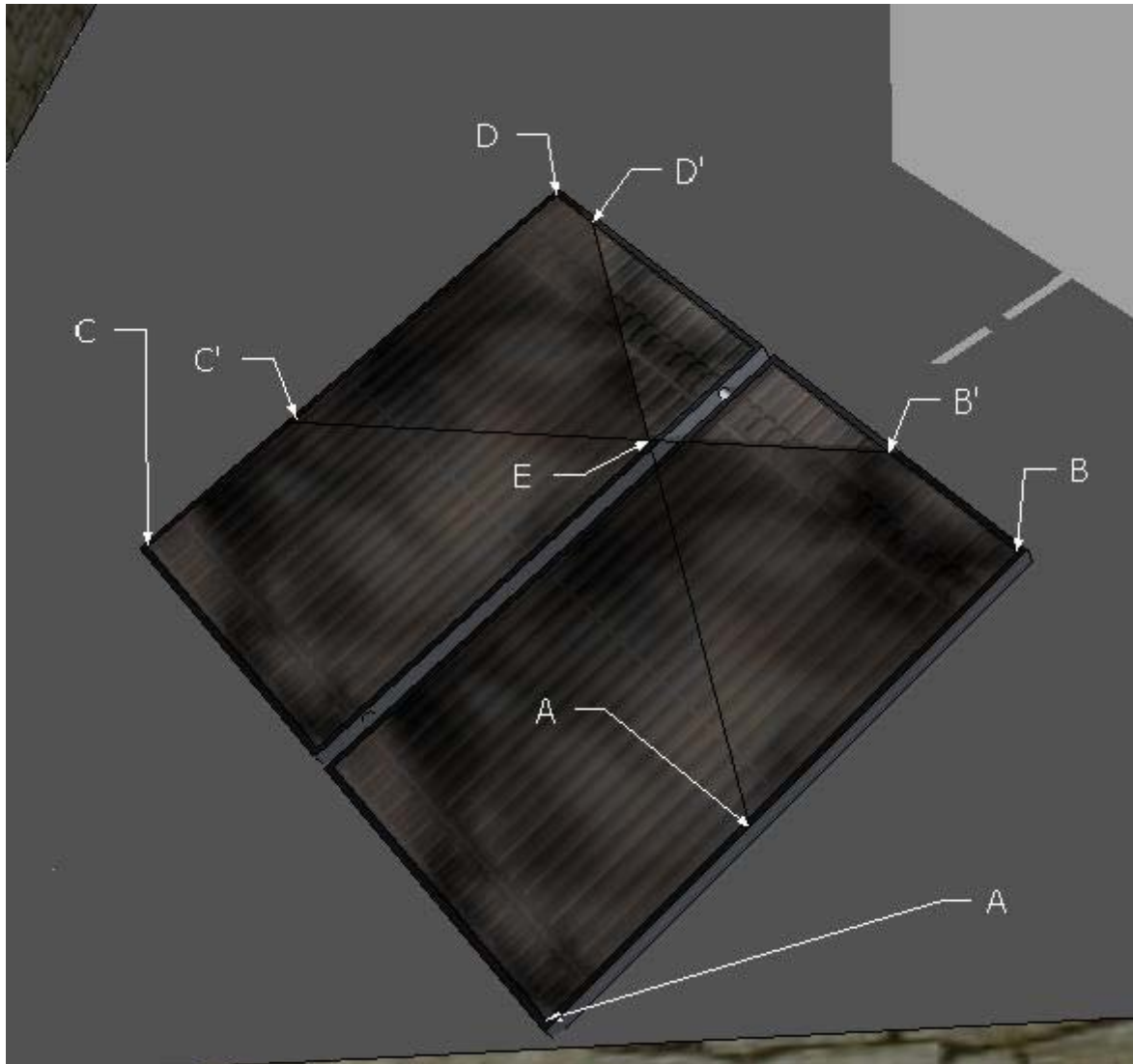
Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'D' \cdot \cos \theta_s + \frac{C'D' \cdot \sin \theta_s}{\tan \theta_e}) \cdot C'D' \cdot \sin \theta_s}{2} \quad (9.1.2.V.IV.5)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$A_{tot} = A_{sw4} + area \quad (9.1.2.V.IV.6)$$

- ε. Εάν το μήκος $Dtw > (D, \Delta\tau)$ και $Dw > (A, \Delta\tau)$ και $Dtw < (B, \Delta\tau)$ δημιουργείται ένα τρίγωνο από την σκιά και τον συλλέκτη το οποίο δεν είναι σκιασμένο:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XXXVIII Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό και νότιο τοίχο

Από τον δυτικό τοίχο η το εμβαδόν της σκιάς είναι $Asw5$ και από τον νότιο $Ass5$

Τώρα έχουμε 2 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $DD'+BB' > Wc$ τότε το συνολικό εμβαδό όσο του συλλέκτη :

$$Astot = Hc * Wc \quad (9.1.2.V.V.1)$$

Αλλιώς το συνολικό εμβαδό είναι το εμβαδόν του συλλέκτη εκτός ενός τριγώνου ($B'D'E$) με τις 2 γωνίες θ_w και θ_s

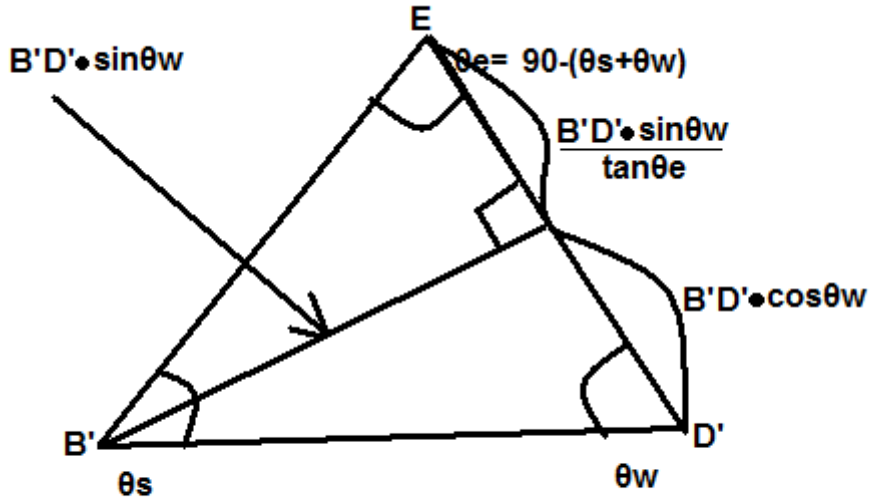
$$\theta_s = \arctan\left(\frac{DC'}{DB'}\right), \theta_w = \arctan\left(\frac{A'B}{D'B}\right) \quad (9.1.2.V.V.2)$$

και την ενδιάμεση πλευρά που είναι η διαφορά των μηκών:

$$W_c - (BB' + DD')$$

(9.1.2.V.V.3)

για να βρούμε το εμβαδόν του τριγώνου χρησιμοποιούμε ένα τέχνασμα:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XXXIX Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

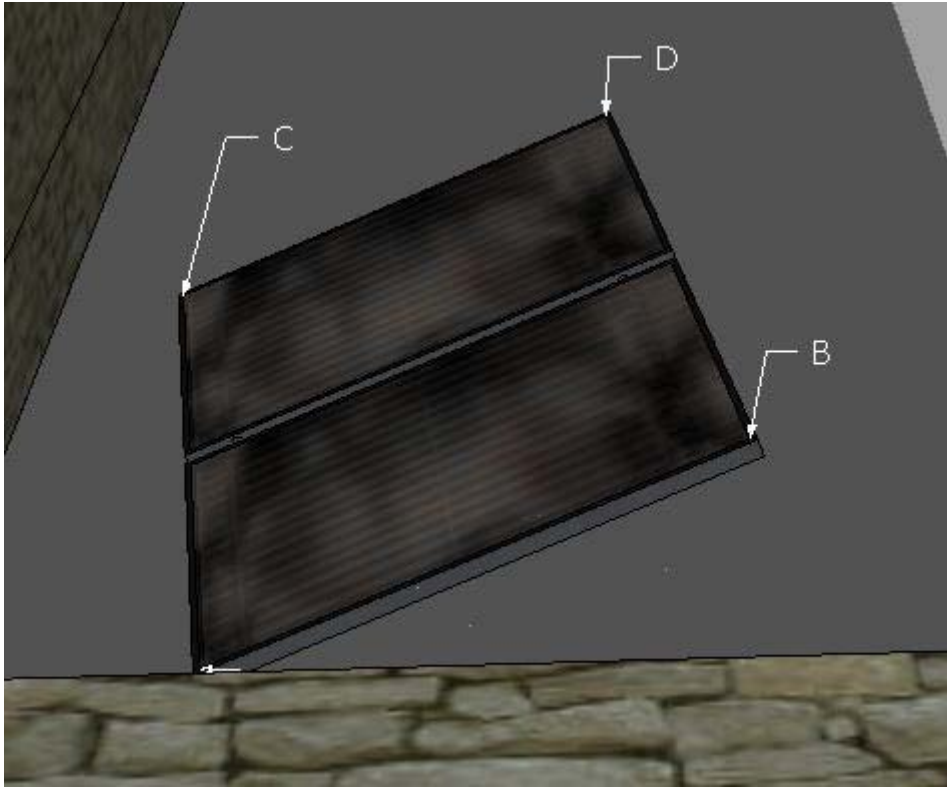
Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(D'B' \cdot \cos \theta_s + \frac{D'B' \cdot \sin \theta_w}{\tan \theta_e}) \cdot D'B' \cdot \sin \theta_w}{2} \quad (9.1.2.V.V.4)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$A_{stot} = H_c \cdot W_c - area \quad (9.1.2.V.V.5)$$

- f. Εάν το μήκος $D_{tw} > (B, \Delta\tau)$ τότε όλος ο συλλέκτης είναι κάτω από σκιά :



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.2.XXXX Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικό και νότιο τοίχο

$$A_{stot} = H_c \bullet W_c$$

(9.1.2.V.VI)

9.1.3 Ανατολικός (+Νότιος) τοίχος

Από τον τοίχο στα ανατολικά (σε συνδυασμό με του νότιου) (-180<γs<0) :

Για την σκιά από τα ανατολικά έχουμε τα ίδια χαρακτηριστικά:

Το μήκος της σκιάς από τον τοίχο **De**:

$$De = \frac{H}{\tan(90 - \theta_z)} \bullet \sin \gamma_s \quad (9.1.3.1)$$

Το μήκος της σκιάς από τον τοίχο στο επίπεδο του ύψους του συλλέκτη **Dte**:

$$Dte = \frac{[H - Hc \bullet \sin(\beta)]}{\tan(90 - \theta_z)} \bullet \sin \gamma_s \quad (9.1.3.2)$$

Γνωρίζουμε τις αποστάσεις συλλέκτη και τοίχου:

Απόσταση του κέντρου του κάτω μέρους του συλλέκτη από τον τοίχο: **dec**

Απόσταση του κέντρου του άνω μέρους του συλλέκτη από τον τοίχο: **dtec**

$$dtec = dec - Hc \bullet \cos \beta \bullet \sin \gamma \quad (9.1.3.3)$$

Οι αποστάσεις της κάθε γωνίας του συλλέκτη με τον ανατολικό τοίχο, ώστε να βρεθούν όλες οι ενδεχόμενες περιπτώσεις υπολογίζονται απλά:

$$(A, A\tau) = (dec - Wc \bullet \cos(\gamma) / 2) \quad (9.1.3.4)$$

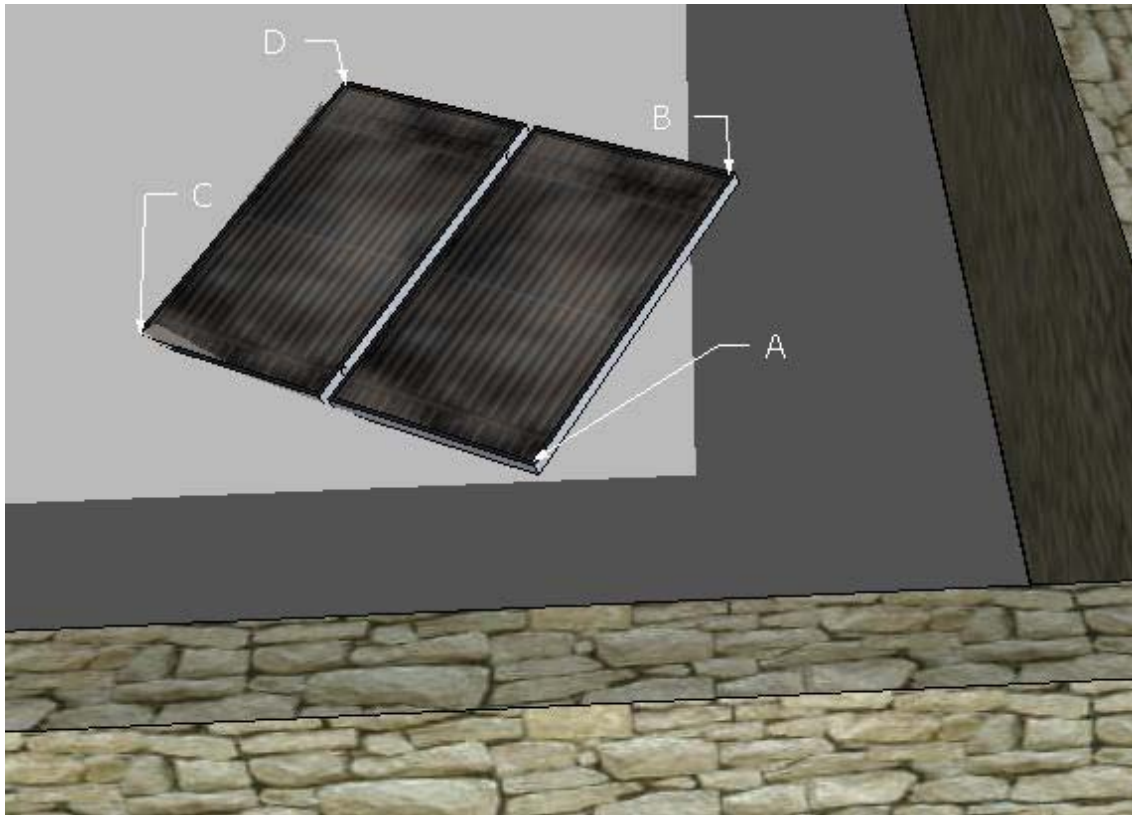
$$(B, A\tau) = (dtec - Wc \bullet \cos(\gamma) / 2) \quad (9.1.3.5)$$

$$(C, A\tau) = (dec + Wc \bullet \cos(\gamma) / 2) \quad (9.1.3.6)$$

$$(D, A\tau) = (dtec + Wc \bullet \cos(\gamma) / 2) \quad (9.1.3.7)$$

1) Περίπτωση 1 από τον τοίχο στον νότο:

- a. Εάν το μήκος $D_{te} < (B, A_t)$ και $D_e < (A, A_t)$ τότε δεν καλύπτεται καθόλου ο συλλέκτης από σκιά:

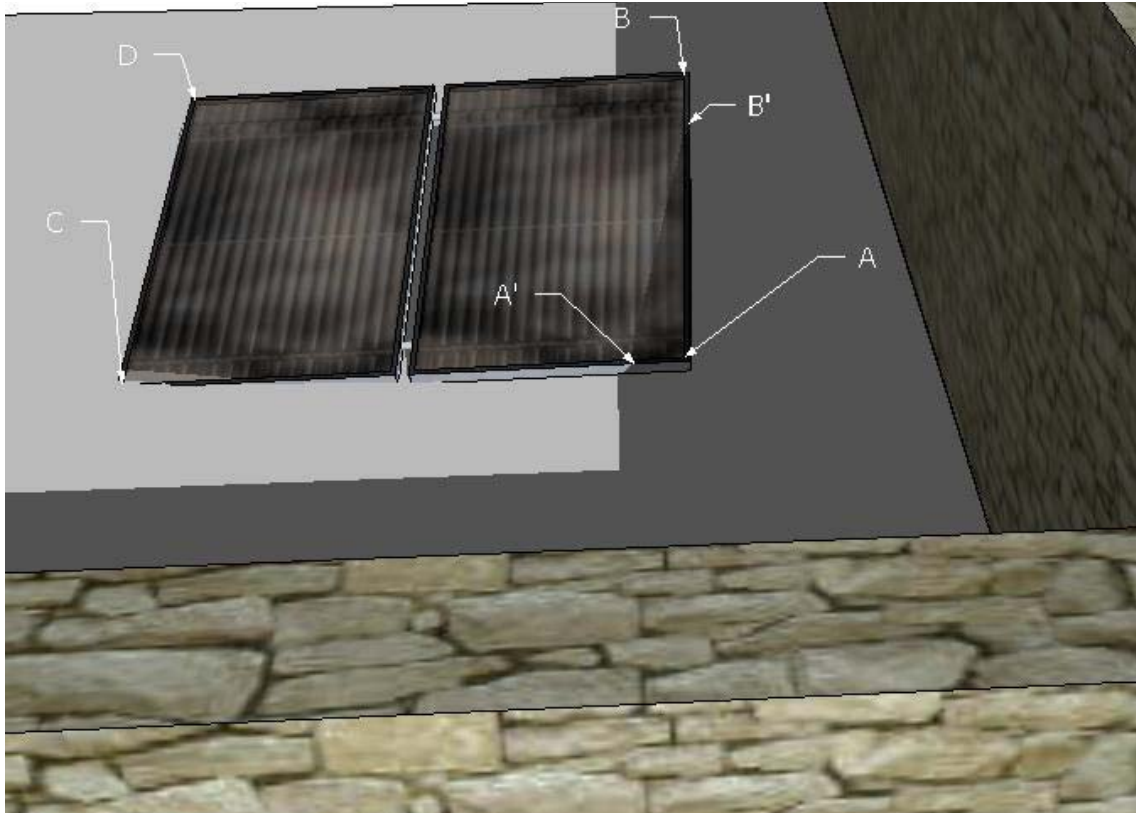


ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.1 Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό τοίχο

$A_s=0= A_{se1}$

(9.1.3.1.1)

b. Εάν το μήκος $D_{te} < (B, A_t)$ και $D_e > (A, A_t)$ και $D_e < (C, A_t)$ δημιουργείται το ορθογώνιο τρίγωνο $AA'B'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.II Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό τοίχο

Υπολογίζουμε εύκολα την πλευρά AA' :

$$AA' = \frac{(D_e - dec)}{\cos \gamma} + \frac{Wc}{2} \quad (9.1.3.I.II.1)$$

Με παρόμοιο τρόπο όπως τα παραδείγματα με τον δυτικό τοίχο χρησιμοποιούμε και εδώ την γωνία θ που μας βοηθάει για να μπορέσουμε να δημιουργήσουμε την διπλή αναλογία που θα μας διευκολύνει.

$$\theta = \arctan \frac{Hc \cdot \sin \beta}{dec - dtec} \quad (9.1.3.I.II.2)$$

Μπορώ να υπολογίσω το μήκος D_{sc} :

$$D_{sc} = D_e - \left(dec - \frac{Wc}{2} \cdot \cos \gamma \right) \quad (9.1.3.I.II.3)$$

Και το μήκος D_{tsc} :

$$Dtsc = \frac{\left(\frac{Hc'}{\sin \theta}\right)}{\tan(90 - \theta z)} - Hc' \cdot \cos \theta \quad (9.1.3.I.II.4)$$

$$\text{με } Hc' = \frac{Hc \cdot \sin \beta}{\sin \theta} \quad (9.1.3.I.II.5)$$

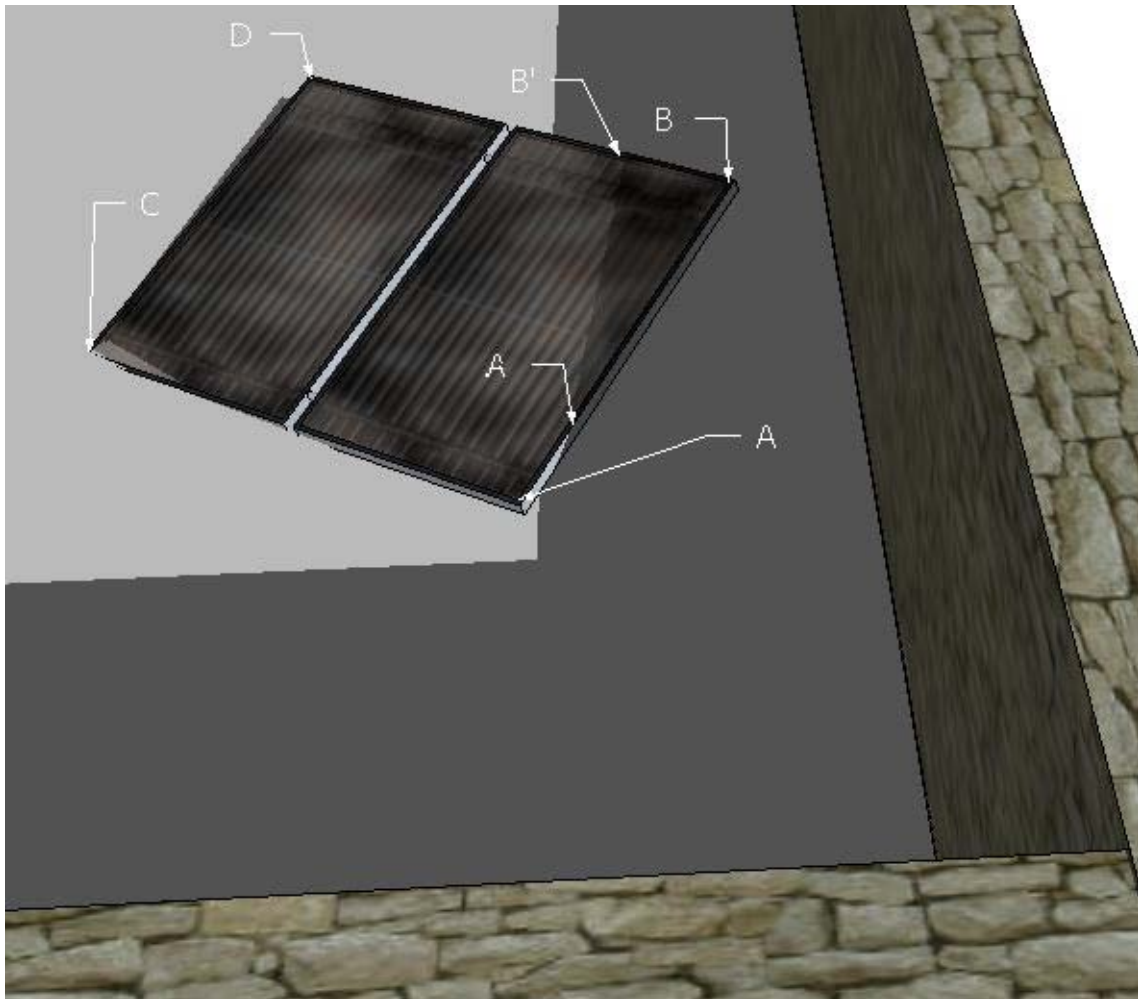
Έτσι βρίσκω την άλλη πλευρά του τριγώνου με την 'διπλή' αναλογία:

$$\frac{AB'}{Hc} = \frac{Dsc}{Dtsc} \quad \text{ή} \quad AB' = \frac{Hc \cdot Dsc}{Dtsc} \quad (9.1.3.I.II.6)$$

Έτσι υπολογίζεται εύκολα το εμβαδόν τριγώνου-σκιάς για την περίπτωση 2:

$$As = \frac{AA' \cdot AB'}{2} = Ase2 \quad (9.1.3.I.II.7)$$

c. Εάν το μήκος $Dte > (B, At)$ και $De < (A, At)$ και $Dte < (D, At)$ δημιουργείται τώρα το ορθογώνιο τρίγωνο $BA'B'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.III Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό τοίχο

Υπολογίζουμε εύκολα την πλευρά BB' :

$$BB' = \frac{(Dte - dtec)}{\cos \gamma} + \frac{Wc}{2} \quad (9.1.3.I.III.1)$$

Αν $\beta=0$ τότε

$$BA' = [De - (dtec - \frac{Wc}{2} \cdot \cos \gamma)] / \sin \gamma \quad (9.1.3.I.III.2)$$

διαφορετικά έχω:

Με παρόμοιο τρόπο όπως πριν χρησιμοποιούμε και εδώ την γωνία θ που μας βοηθάει για να μπορέσουμε να δημιουργήσουμε την διπλή αναλογία.

$$\theta = \arctan \frac{Hc \cdot \sin \beta}{dec - dtec} \quad (9.1.3.I.III.3)$$

Μπορώ να υπολογίσω το μήκος D_{sc} :

$$D_{sc} = D_e - (d_{tec} - \frac{W_c}{2} \cdot \cos \gamma) - \frac{H_c \cdot \sin \beta}{\tan(90 - \theta_z)} \quad (9.1.3.I.III.4)$$

$$\text{με } H_c' = \frac{H_c \cdot \sin \beta}{\sin \theta} \quad (9.1.3.I.III.5)$$

Και το μήκος D_{tsc} :

$$D_{tsc} = H_c' \cdot \cos \theta - \frac{H_c \cdot \sin \beta}{\tan(90 - \theta_z)} \quad (9.1.3.I.III.6)$$

$$\text{με } H_c' = \frac{H_c \cdot \sin \beta}{\sin \theta} \quad (9.1.3.I.III.7)$$

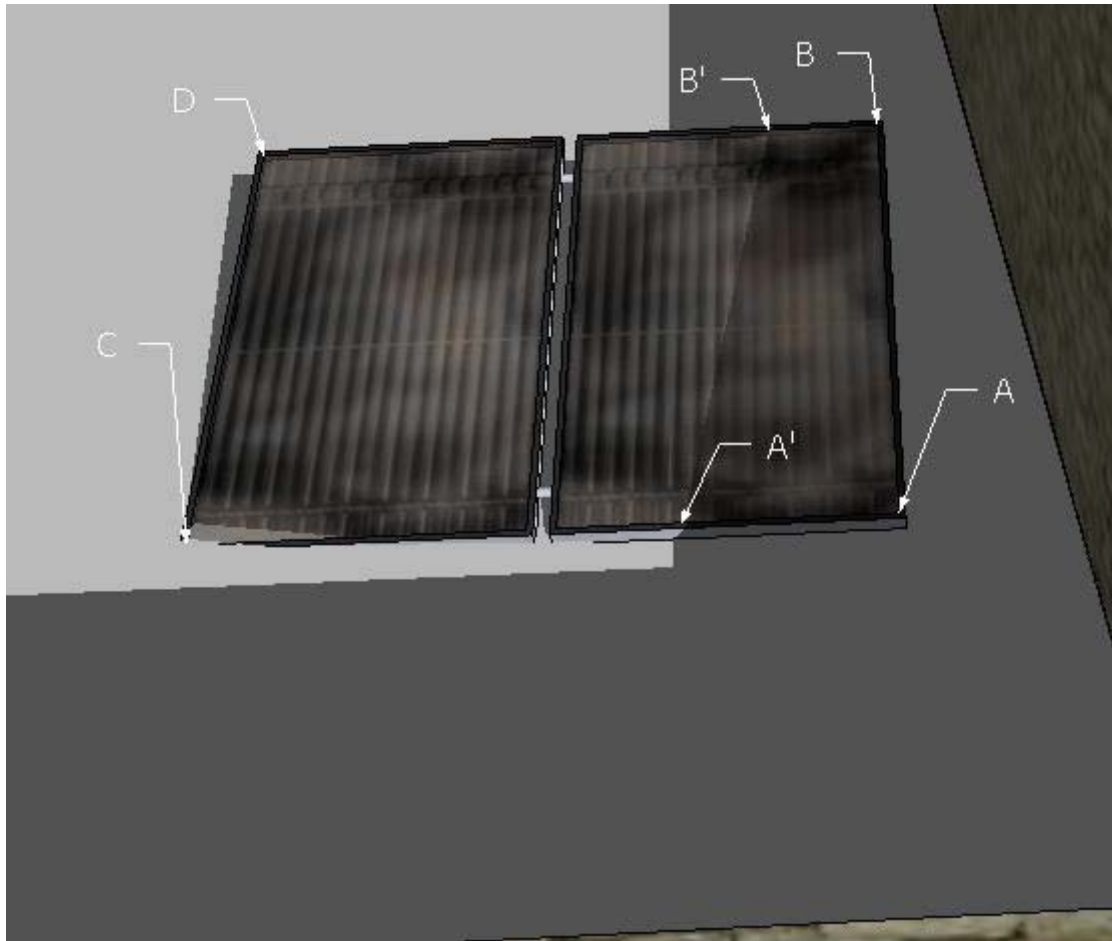
Έτσι βρίσκω την άλλη πλευρά του τριγώνου με την 'διπλή' αναλογία:

$$\frac{BA'}{H_c} = \frac{D_{sc}}{D_{tsc}} \quad \text{ή} \quad BA' = \frac{H_c \cdot D_{sc}}{D_{tsc}} \quad (9.1.3.I.III.8)$$

Έτσι υπολογίζεται εύκολα το εμβαδόν τριγώνου-σκιάς για την περίπτωση 3:

$$A_s = \frac{BB' \cdot BA'}{2} = A_{se3} \quad (9.1.3.I.III.9)$$

- d. Εάν το μήκος $Dte > (B, At)$ και $Dte < (D, At)$ και $De < (C, At)$ και $De > (A, At)$ θα δημιουργηθεί από την σκιά και το συλλέκτη ένα τραπέζιο $ABB'A'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.IV Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό τοίχο

Εδώ επειδή έχουμε τραπέζιο υπολογίζουμε τα μήκη AA' και BB' με τον ίδιο απλό προηγούμενο τρόπο.

για το AA' :

$$AA' = \frac{(De - dec)}{\cos \gamma} + \frac{Wc}{2} \quad (9.1.3.I.IV.1)$$

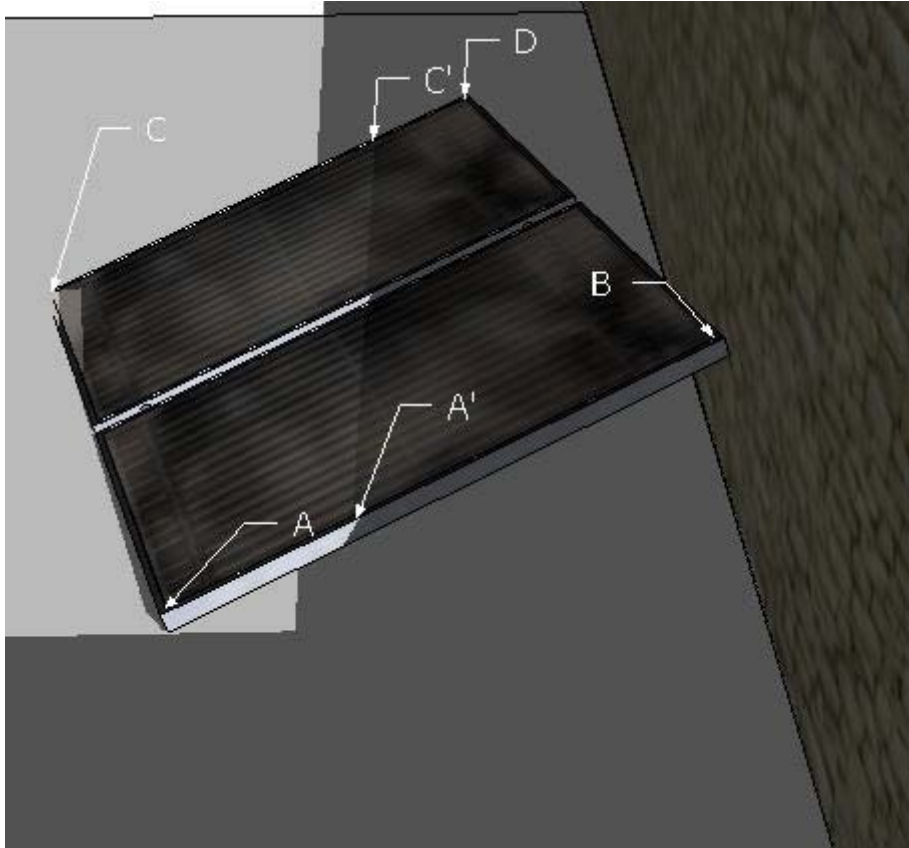
για το BB' :

$$BB' = \frac{(Dte - dtec)}{\cos \gamma} + \frac{Wc}{2} \quad (9.1.3.I.IV.2)$$

Έτσι υπολογίζεται εύκολα το εμβαδόν στην περίπτωση 4:

$$As = \frac{(BB' + AA') \cdot Hc}{2} = Ase4 \quad (9.1.3.I.IV.3)$$

ε. Εάν το μήκος $D_{te} > (D, A_t)$ και $D_e < (A, A_t)$ θα δημιουργηθεί από την σκιά και το συλλέκτη ένα τραπέζιο $ABB'A'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.V Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό τοίχο

Εδώ θα χρησιμοποιήσουμε το τέχνασμα της περίπτωσης 3 δηλαδή:
Αν $\beta=0$ τότε

$$BA' = [De - (d_{tec} - \frac{Wc}{2} \cdot \cos \gamma)] / \sin \gamma \quad (9.1.3.I.V.1)$$

και

$$DC' = [De - (d_{tec} + \frac{Wc}{2} \cdot \cos \gamma)] / \sin \gamma \quad (9.1.3.I.V.2)$$

διαφορετικά έχω:

$$\theta = \arctan \frac{Hc \cdot \sin \beta}{dec - d_{tec}} \quad (9.1.3.I.V.3)$$

Μπορώ να υπολογίσω το μήκος D_{sc} :

$$D_{sc} = De - (d_{tec} - \frac{Wc}{2} \cdot \cos \gamma) - \frac{Hc \cdot \sin \beta}{\tan(90 - \theta_z)} \quad (9.1.3.I.V.4)$$

Και το μήκος D_{tsc} :

$$D_{tsc} = Hc' \cdot \cos \theta - \frac{Hc \cdot \sin \beta}{\tan(90 - \theta_z)} \quad (9.1.3.I.V.5)$$

$$\text{με } Hc' = \frac{Hc \cdot \sin \beta}{\sin \theta} \quad (9.1.3.I.V.6)$$

Έτσι βρίσκω την άλλη πλευρά του τριγώνου με την 'διπλή' αναλογία:

$$\frac{BA'}{Hc} = \frac{D_{sc}}{D_{tsc}} \quad \text{ή} \quad BA' = \frac{Hc \cdot D_{sc}}{D_{tsc}} \quad (9.1.3.I.V.7)$$

και για το DC' :

$$D_{sc} = De - \left(d_{tec} + \frac{Wc}{2} \cdot \cos \gamma \right) - \frac{Hc \cdot \sin \beta}{\tan(90 - \theta_z)} \quad (9.1.3.I.V.8)$$

Και το μήκος D_{tsc} :

$$D_{tsc} = Hc' \cdot \cos \theta - \frac{Hc \cdot \sin \beta}{\tan(90 - \theta_z)} \quad (9.1.3.I.V.9)$$

$$\text{με } Hc' = \frac{Hc \cdot \sin \beta}{\sin \theta} \quad (9.1.3.I.V.10)$$

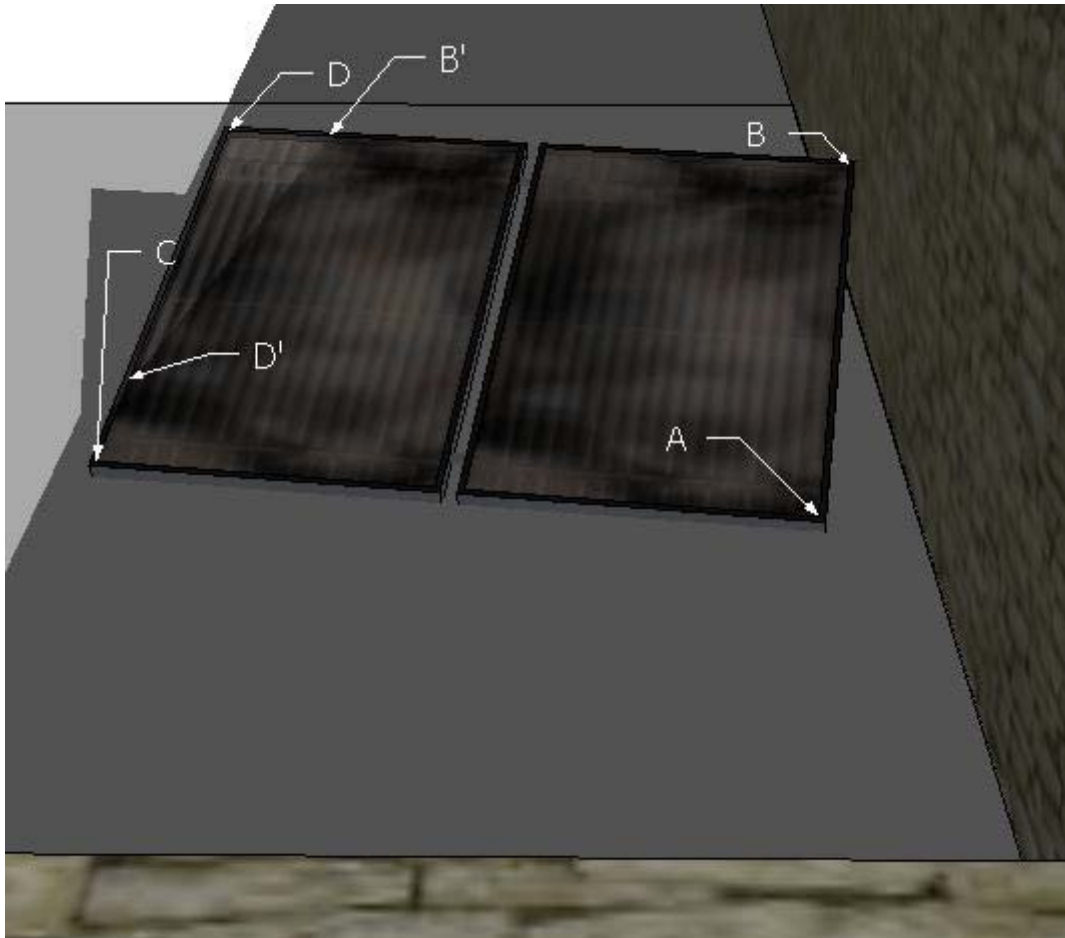
Έτσι βρίσκω την άλλη πλευρά του τριγώνου με την 'διπλή' αναλογία:

$$\frac{DC'}{Hc} = \frac{D_{sc}}{D_{tsc}} \quad \text{ή} \quad DC' = \frac{Hc \cdot D_{sc}}{D_{tsc}} \quad (9.1.3.I.V.11)$$

Έτσι υπολογίζεται και το εμβαδόν στην περίπτωση 5:

$$A_s = \frac{(DC' + AA') \cdot Wc}{2} = A_{se5} \quad (9.1.3.I.V.12)$$

- φ. Εάν το μήκος $D_{te} > (B, A_t)$ και $D_{te} < (D, A_t)$ και $D_e > (C, A_t)$ έχουμε ένα τρίγωνο που δημιουργείται στο οποίο **δεν** σκιάζεται ο συλλέκτης $DB'D'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.VI Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό τοίχο

όπως στην περίπτωση 2 θα υπολογίσουμε και εδώ το CD' έχουμε:

$$\theta = \arctan \frac{H_c \cdot \sin \beta}{dec - d_{te}} \quad (9.1.3.I.VI.1)$$

Μπορώ να υπολογίσω το μήκος D_{sc} :

$$D_{sc} = D_e - \left(dec + \frac{W_c}{2} \cdot \cos \gamma \right) \quad (9.1.3.I.VI.2)$$

Και το μήκος D_{tsc} :

$$D_{tsc} = \frac{\left(\frac{H_c'}{\sin \theta} \right)}{\tan(90 - \theta_z)} - H_c' \cdot \cos \theta \quad (9.1.3.I.VI.3)$$

$$\mu\epsilon \quad H_c' = \frac{H_c \cdot \sin \beta}{\sin \theta} \quad (9.1.3.I.VI.4)$$

Έτσι βρίσκω το CD' :

$$\frac{CD'}{Hc} = \frac{Dsc}{Dtsc} \quad \text{ή} \quad CD' = \frac{Hc \cdot Dsc}{Dtsc} \quad (9.1.3.I.VI.5)$$

Άρα $DD' = Hc - CD'$

για το BB' :

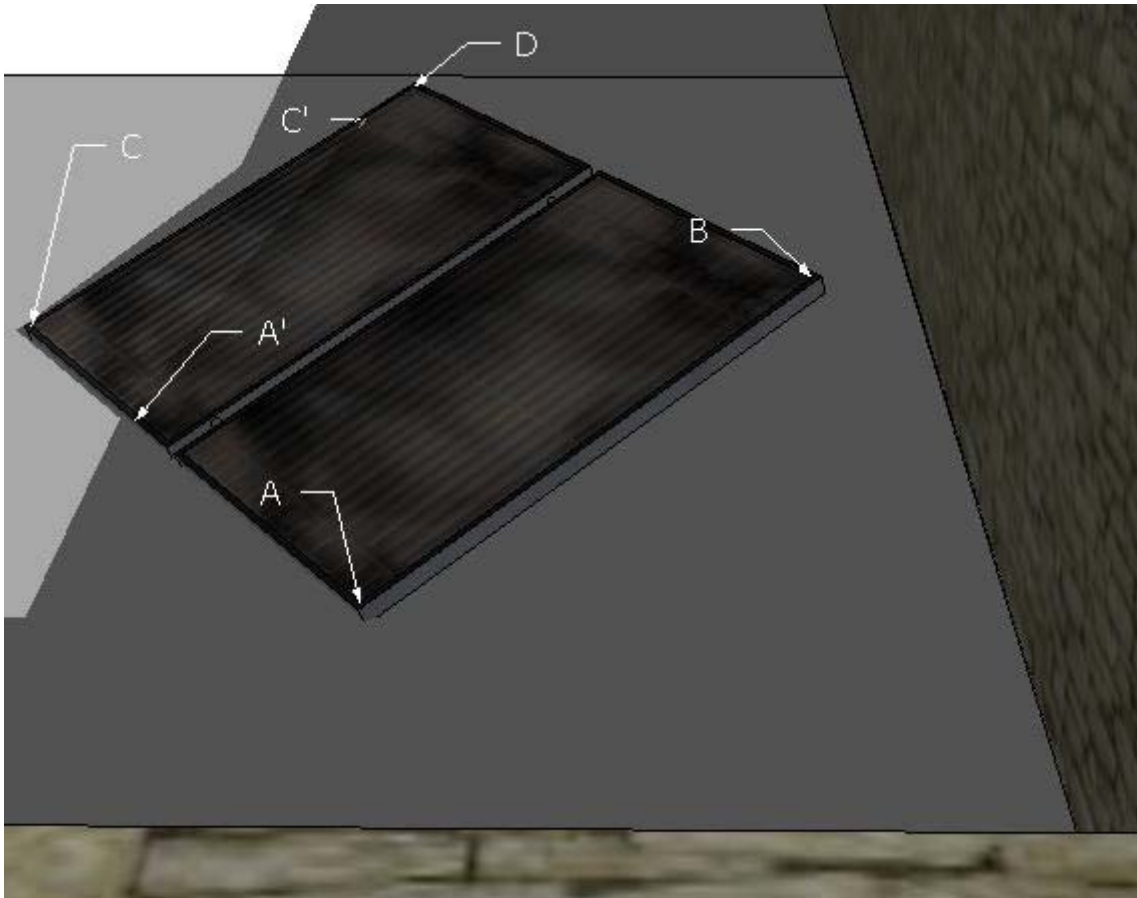
$$BB' = \frac{(Dte - dtec)}{\cos \gamma} + \frac{Wc}{2} \quad (9.1.3.I.VI.6)$$

Άρα $DB' = Wc - BB'$

Έτσι υπολογίζεται και το εμβαδόν στην περίπτωση 6:

$$As = Wc \cdot Hc - \frac{(DD' \cdot DB')}{2} = Ase6 \quad (9.1.3.I.VI.7)$$

g. Εάν το μήκος $D_{te} > (D, A_t)$ και $De > (A, A_t)$ και $De < (C, A_t)$ έχουμε πάλι ένα τρίγωνο που δημιουργείται στο οποίο **δεν** σκιάζεται ο συλλέκτης $CC'A'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.VII Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό τοίχο

για το AA' :

$$AA' = \frac{(De - dec)}{\cos \gamma} + \frac{Wc}{2} \quad (9.1.3.I.VII.1)$$

Άρα $CA' = Wc - AA'$

και για το DC' :

Αν $\beta = 0$ τότε

$$DC' = [De - (d_{tec} + \frac{Wc}{2} \cdot \cos \gamma)] / \sin \gamma \quad (9.1.3.I.VII.2)$$

διαφορετικά έχω:

$$D_{sc} = De - (d_{tec} + \frac{Wc}{2} \cdot \cos \gamma) - \frac{Hc \cdot \sin \beta}{\tan(90 - \theta_z)} \quad (9.1.3.I.VII.3)$$

Και το μήκος $Dtsc$:

$$Dtsc = Hc' \cdot \cos \theta - \frac{Hc \cdot \sin \beta}{\tan(90 - \theta z)} \quad (9.1.3.I.VII.4)$$

$$\text{με } Hc' = \frac{Hc \cdot \sin \beta}{\sin \theta} \quad (9.1.3.I.VII.5)$$

Έτσι βρίσκω την άλλη πλευρά του τριγώνου με την 'διπλή' αναλογία:

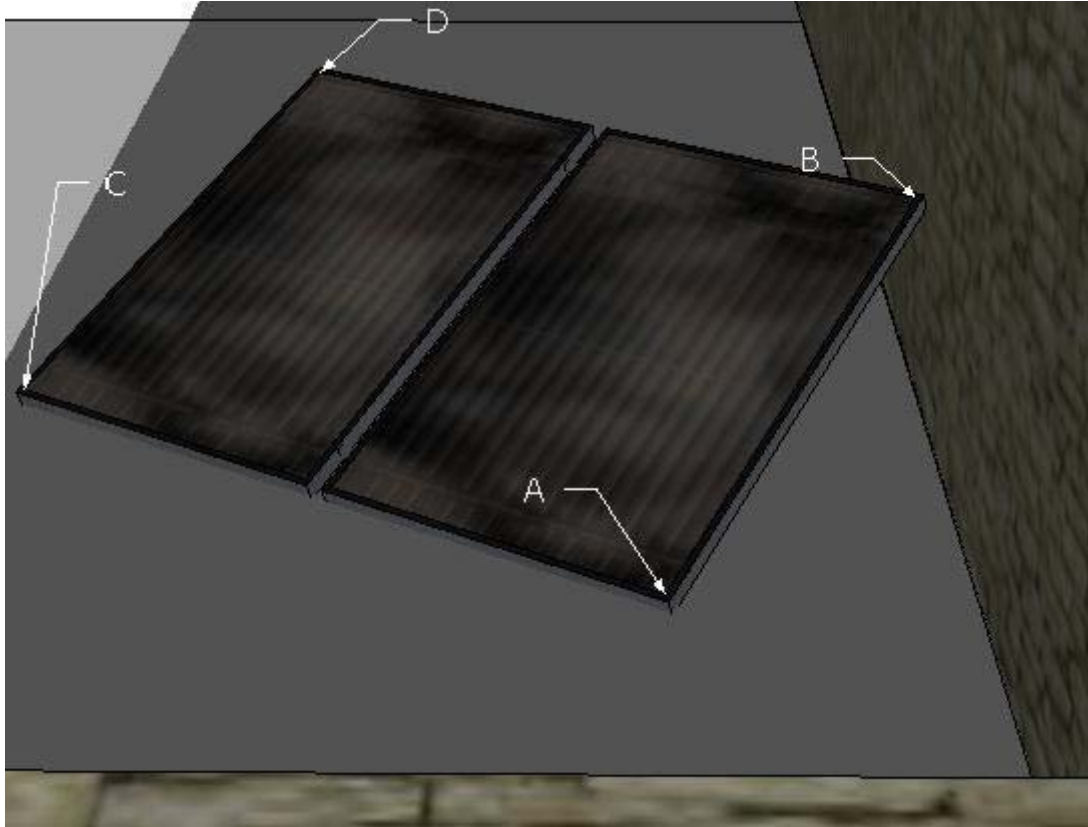
$$\frac{DC'}{Hc} = \frac{Dsc}{Dtsc} \quad \text{ή} \quad DC' = \frac{Hc \cdot Dsc}{Dtsc} \quad (9.1.3.I.VII.6)$$

$$\text{Άρα } CC' = Hc - DC'$$

Έτσι υπολογίζεται και το εμβαδόν στην περίπτωση 7:

$$As = Wc \cdot Hc - \frac{(CC' \cdot CA')}{2} = Ase7 \quad (9.1.3.I.VII.7)$$

h. Εάν το μήκος $D_e > (C, A_t)$ και $D_{ts} > (D, A_t)$ τότε όλη η περιοχή του συλλέκτη είναι κάτω από σκιά :



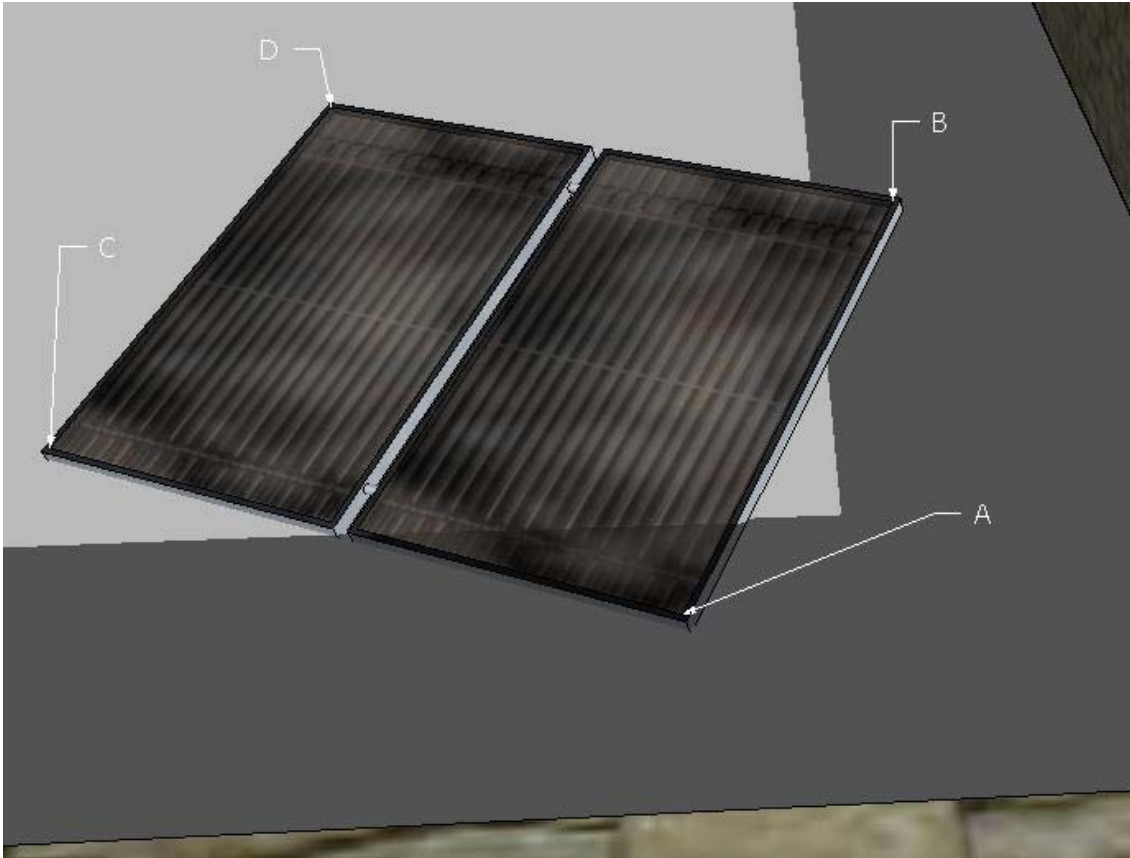
ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.VIII Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό τοίχο

$$A_s = H_c \bullet W_c = A_{ss8}$$

(9.1.3.I.VIII)

2) Περίπτωση 2 από τον τοίχο στον νότο:

- a. Εάν το μήκος $D_{te} < (B, A_t)$ και $D_e < (A, A_t)$ τότε δεν καλύπτεται καθόλου ο συλλέκτης από σκιά:



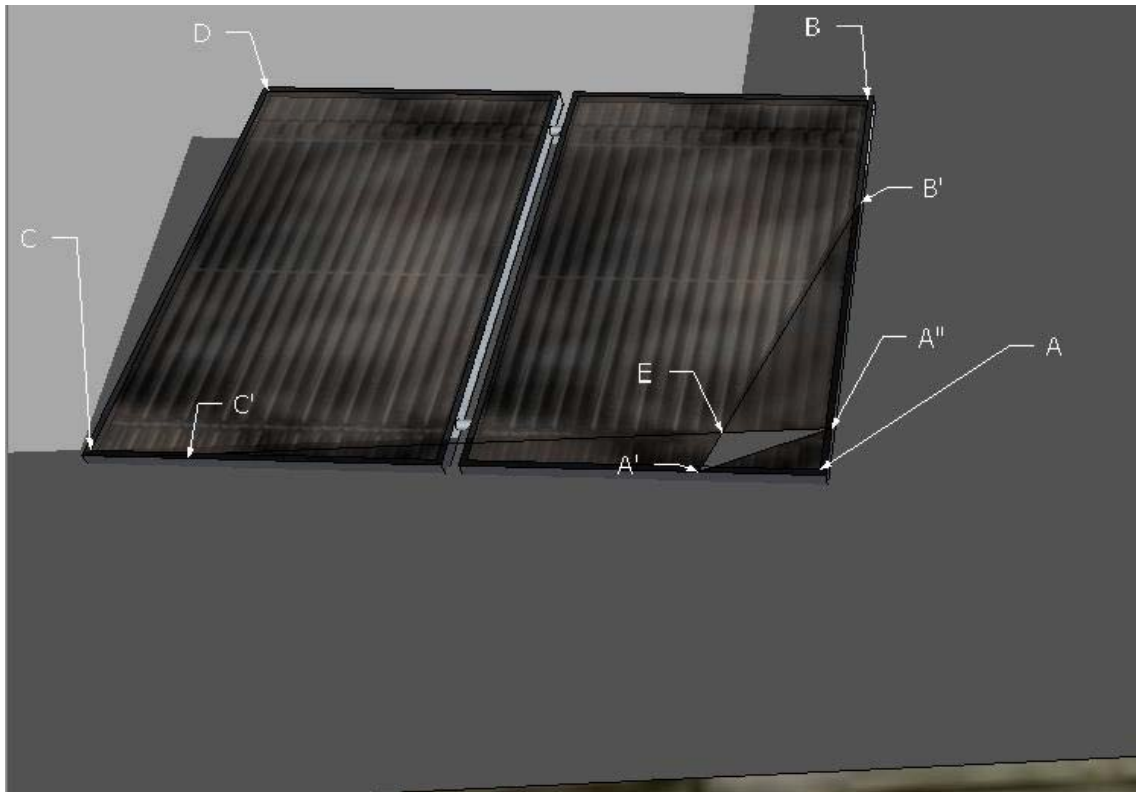
ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.IX Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

Άρα το καλυπτόμενο μέρος είναι όσο και της 1^{ης} περίπτωσης του νότιου τοίχου:

$$A_s = A_{s2}$$

(9.1.3.II.I)

- b. Εάν το μήκος $D_{te} < (B, A_t)$ και $D_e > (A, A_t)$ και $D_e < (C, A_t)$ δημιουργείται το ορθογώνιο τρίγωνο $AA'B'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.X Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

Από τον ανατολικό τοίχο το εμβαδόν της σκιάς είναι A_{se2} και από τον νότιο A_{ss2}

Τώρα έχουμε 4 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $AA' > AC'$ και $AB' > AA''$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το όσο του A_{se2} :

$$A_{stot} = A_{se2} \quad (9.1.3.II.II.1)$$

Εάν το μήκος $AC' > AA'$ και $AA'' > AB'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το όσο του A_{ss2} :

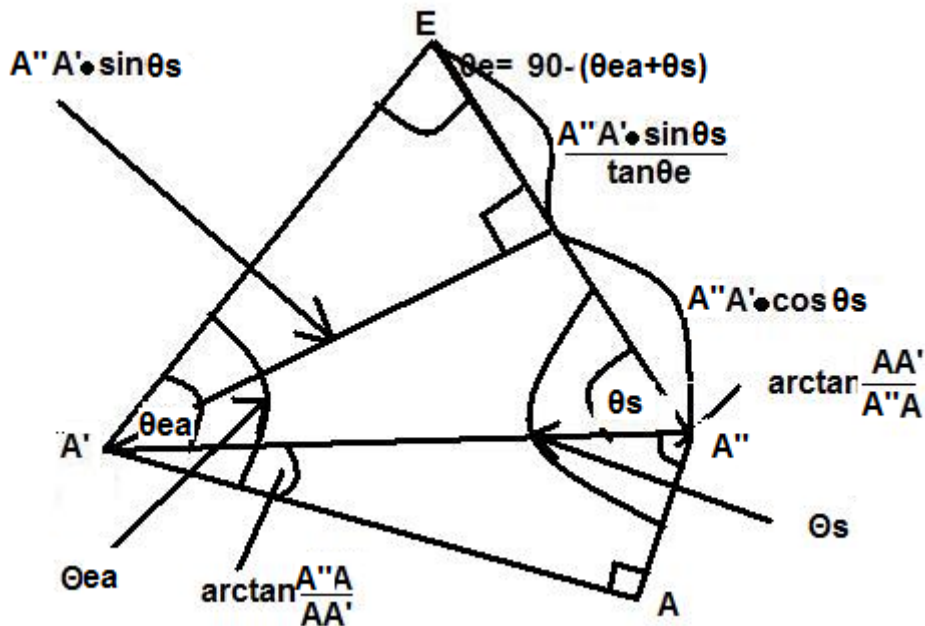
$$A_{stot} = A_{ss2} \quad (9.1.3.II.II.2)$$

Εάν το μήκος $AC' > AA'$ και $AB' > AA''$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι είναι το άθροισμα αυτών των 2 αλλά θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τραπέζιο ($A''AA'E$) με τις 2 γωνίες Θ_{ea} και Θ_s

$$\Theta_{ea} = \arctan\left(\frac{AB'}{A'A}\right), \Theta_s = \arctan\left(\frac{AC'}{A''A}\right) \quad (9.1.3.II.II.3)$$

Χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα όπως τον δυτικό τοίχο με την ενδιάμεση πλευρά είναι η υποτείνουσα του ορθογωνίου τρίγωνο ($A''A'A$):

$$A''A' = \sqrt{A'A^2 + A''A^2} \quad (9.1.3.II.II.4)$$



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XI Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(A''A' \cdot \cos \theta_s + \frac{A''A' \cdot \sin \theta_s}{\tan \theta_e}) \cdot A''A' \cdot \sin \theta_s}{2} + \frac{A''A' \cdot A'A}{2} \quad (9.1.3.II.II.5)$$

οι γωνίες θ_s και θ_w υπολογίζονται εύκολα:

$$\theta_s = \Theta_s - \arctan \frac{AA'}{A''A}, \quad \theta_{ea} = \Theta_{ea} - \arctan \frac{A''A}{AA'} \quad (9.1.3.II.II.6)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$Astot = Ass2 + Ase2 - area \quad (9.1.3.II.II.7)$$

Εάν το μήκος $AA' > AC'$ και $AA'' > AB'$ τότε δημιουργείται ίδιο σχήμα με πριν έτσι το συνολικό εμβαδό είναι είναι το άθροισμα αυτών των 2 αλλά θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τραπέζιο ($B'AC'E$) με τις 2 γωνίες Θ_{ea} και Θ_s

$$\Theta_{ea} = \arctan \left(\frac{A''A}{C'A} \right), \quad \Theta_s = \arctan \left(\frac{A'A}{AB'} \right) \quad (9.1.3.II.II.8)$$

Χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα όπως τον δυτικό τοίχο με την ενδιάμεση πλευρά είναι η υποτείνουσα του ορθογωνίου τρίγωνο ($B'C'A$):

$$C'B' = \sqrt{B'A^2 + C'A^2} \quad (9.1.3.II.II.9)$$

Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(B'C' \cdot \cos \theta_s + \frac{B'C' \cdot \sin \theta_s}{\tan \theta_e}) \cdot B'C' \cdot \sin \theta_s}{2} + \frac{B'A \cdot C'A}{2} \quad (9.1.3.II.II.10)$$

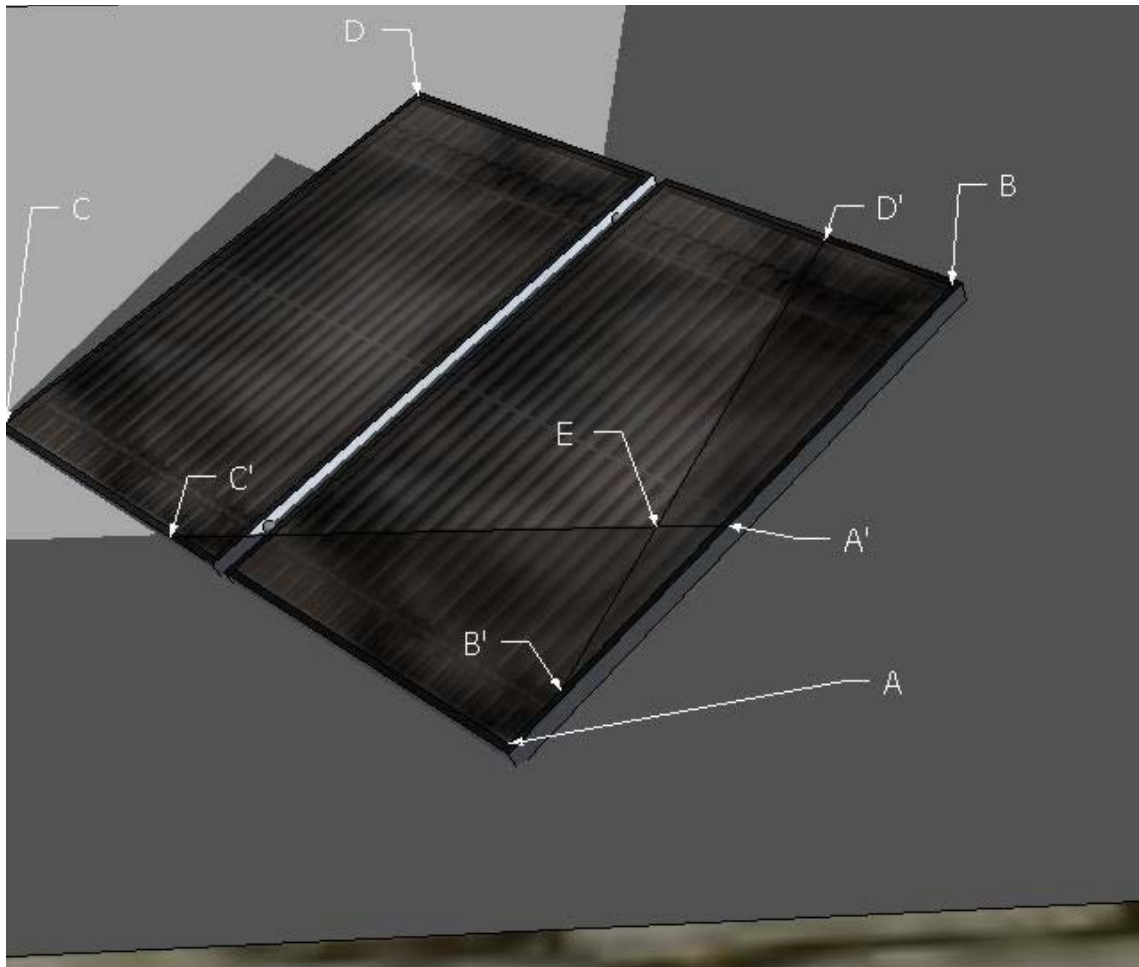
οι γωνίες θ_s και θ_e υπολογίζονται εύκολα:

$$\theta_s = \Theta_s - \arctan \frac{AB'}{C'A}, \quad \theta_e = \Theta_e - \arctan \frac{C'A}{AB'} \quad (9.1.3.II.II.11)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$Astot = Ass2 + Ase2 - area \quad (9.1.3.II.II.12)$$

- c. Εάν το μήκος $Dte > (B, A\tau)$ και $De < (A, A\tau)$ και $Dte < (D, A\tau)$ δημιουργείται τώρα το ορθογώνιο τρίγωνο $BA'B'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XII Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

Από τον ανατολικό τοίχο το εμβαδόν της σκιάς είναι $Ase3$ και από τον νότιο $Ass2$

Τώρα έχουμε 2 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $AA'+BB' < Wc$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το όσο του αθροίσματος $Ase3$ και $Ass2$:

$$Astot = Ase3 + Ass2 \quad (9.1.3.II.III.1)$$

Εάν το μήκος $AA'+BB' > Wc$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το όσο του αθροίσματος $Ase3$ και $Ass2$ αλλά θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τριγωνάκι ($A'B'E$) με τις 2 γωνίες θ_{ea} και θ_s

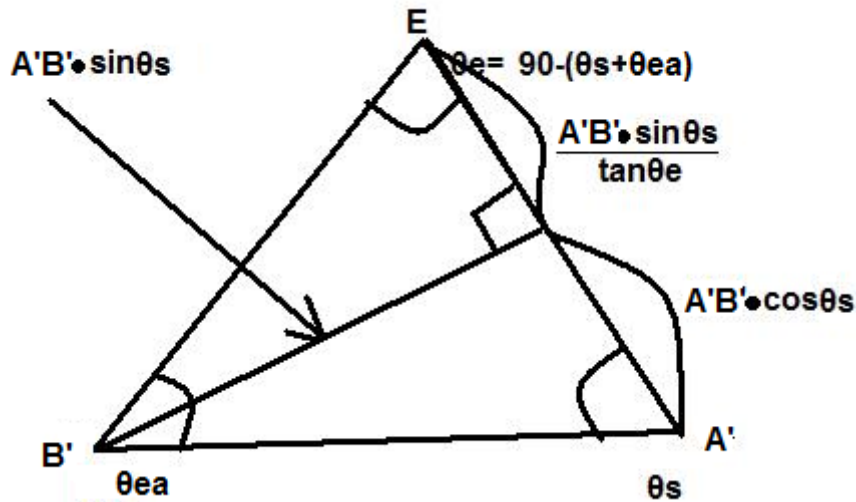
$$\theta_{ea} = \arctan\left(\frac{D'B}{B'B}\right), \theta_s = \arctan\left(\frac{AC'}{AA'}\right) \quad (9.1.3.II.III.2)$$

και την ενδιάμεση πλευρά που είναι η διαφορά των μηκών:

$A'A+BB'-Wc$

(9.1.3.II.III.3)

Για να βρούμε το εμβαδόν του τριγώνου χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XIII Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

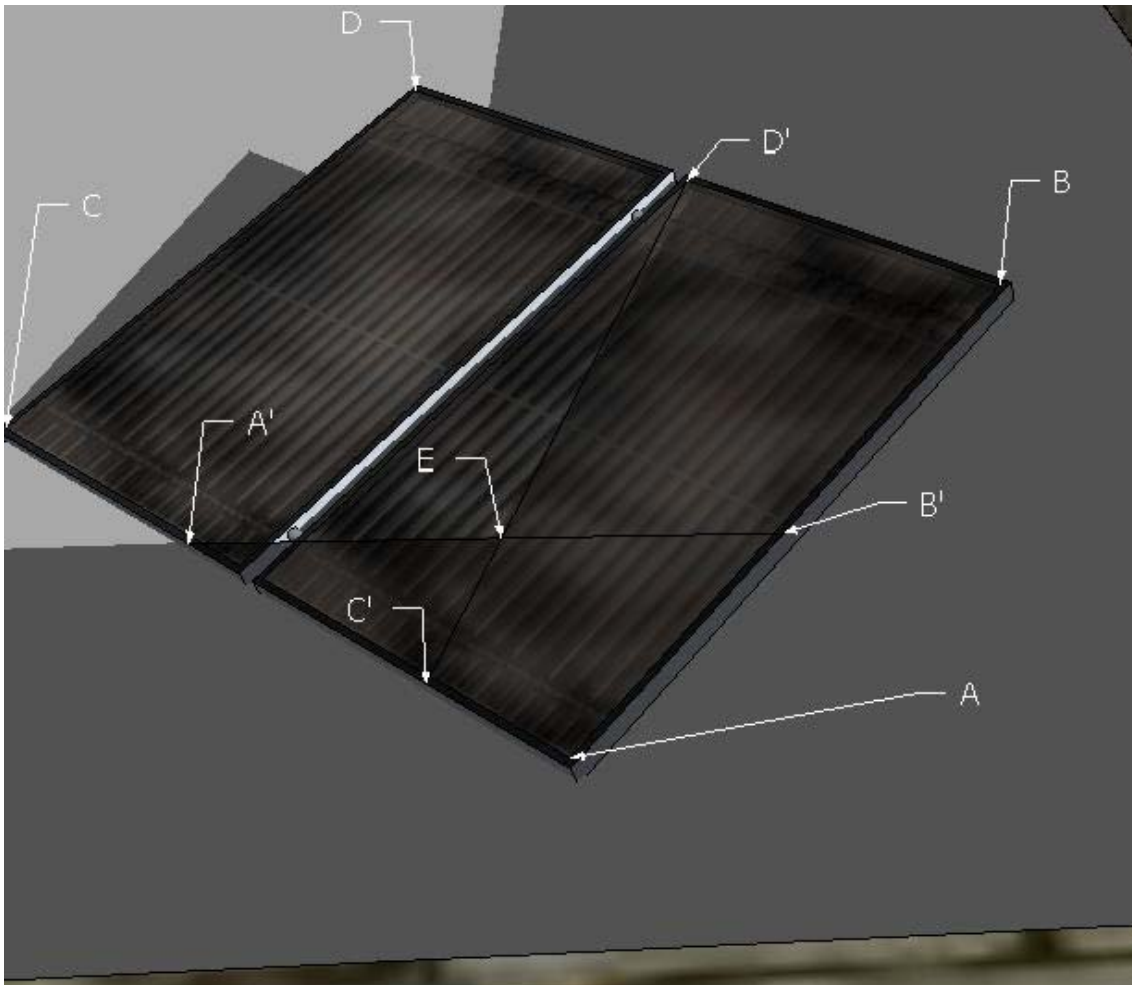
Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(B'A' \cdot \cos \theta_s + \frac{B'A' \cdot \sin \theta_s}{\tan \theta_e}) \cdot B'A' \cdot \sin \theta_s}{2} \quad (9.1.3.II.III.4)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$A_{stot} = A_{se3} + A_{ss2} - area \quad (9.1.3.II.III.5)$$

- d. Εάν το μήκος $Dte > (B, At)$ και $Dte < (D, At)$ και $De < (C, At)$ και $De > (A, At)$ θα δημιουργηθεί από την σκιά και το συλλέκτη ένα τραπέζιο $ABC'D'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XIV Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

Από τον ανατολικό τοίχο το εμβαδόν της σκιάς είναι $Ase4$ και από τον νότιο $Ass2$

Τώρα έχουμε 2 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $AC' > AA'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το όσο του $Ase4$:

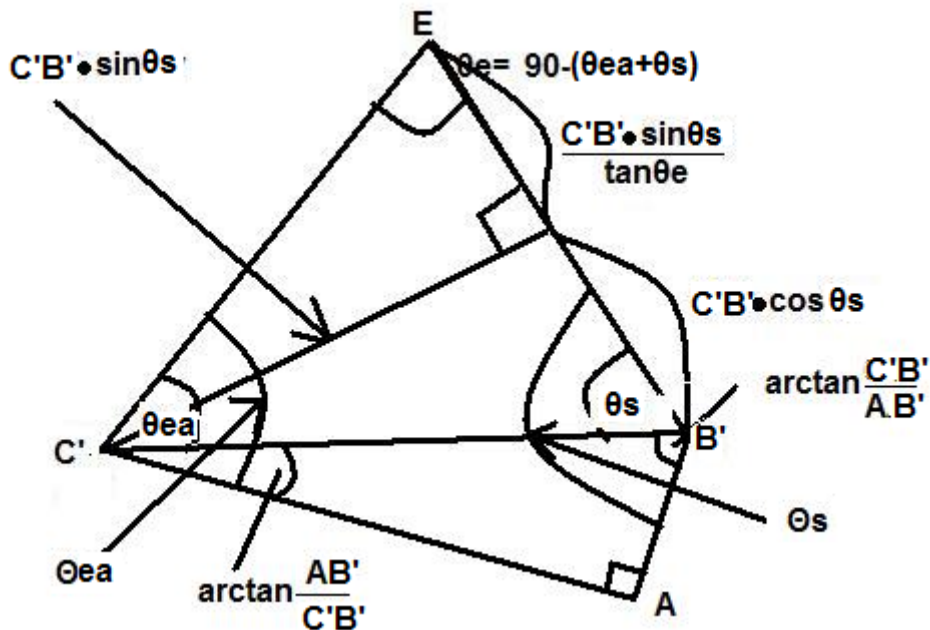
$$Astot = Ase4 \quad (9.1.3.II.IV.1)$$

Εάν το μήκος $AA' > AC'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το άθροισμα αυτών των 2 αλλά θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τραπέζιο ($A'C'EB'$) με τις 2 γωνίες Θ_{ea} και Θ_s

$$\Theta_{ea} = 180 - \arctan\left(\frac{CD(=Hc)}{(C'C - DD')}\right), \Theta_s = \arctan\left(\frac{A'A}{AB'}\right) \quad (9.1.3.II.IV.2)$$

Χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα όπως και πριν με την ενδιάμεση πλευρά είναι η υποτείνουσα του ορθογωνίου τρίγωνο ($C'B'A$):

$$C'B' = \sqrt{C'A^2 + B'A^2} \quad (9.1.3.II.IV.3)$$



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XV Τραπέζιο αποκοπής εμβαδού σκιάς

Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C' B' \cdot \cos \theta_s + \frac{C' B' \cdot \sin \theta_s}{\tan \theta_e}) \cdot C' B' \cdot \sin \theta_s}{2} + \frac{B' A \cdot C' A}{2} \quad (9.1.3.II.IV.4)$$

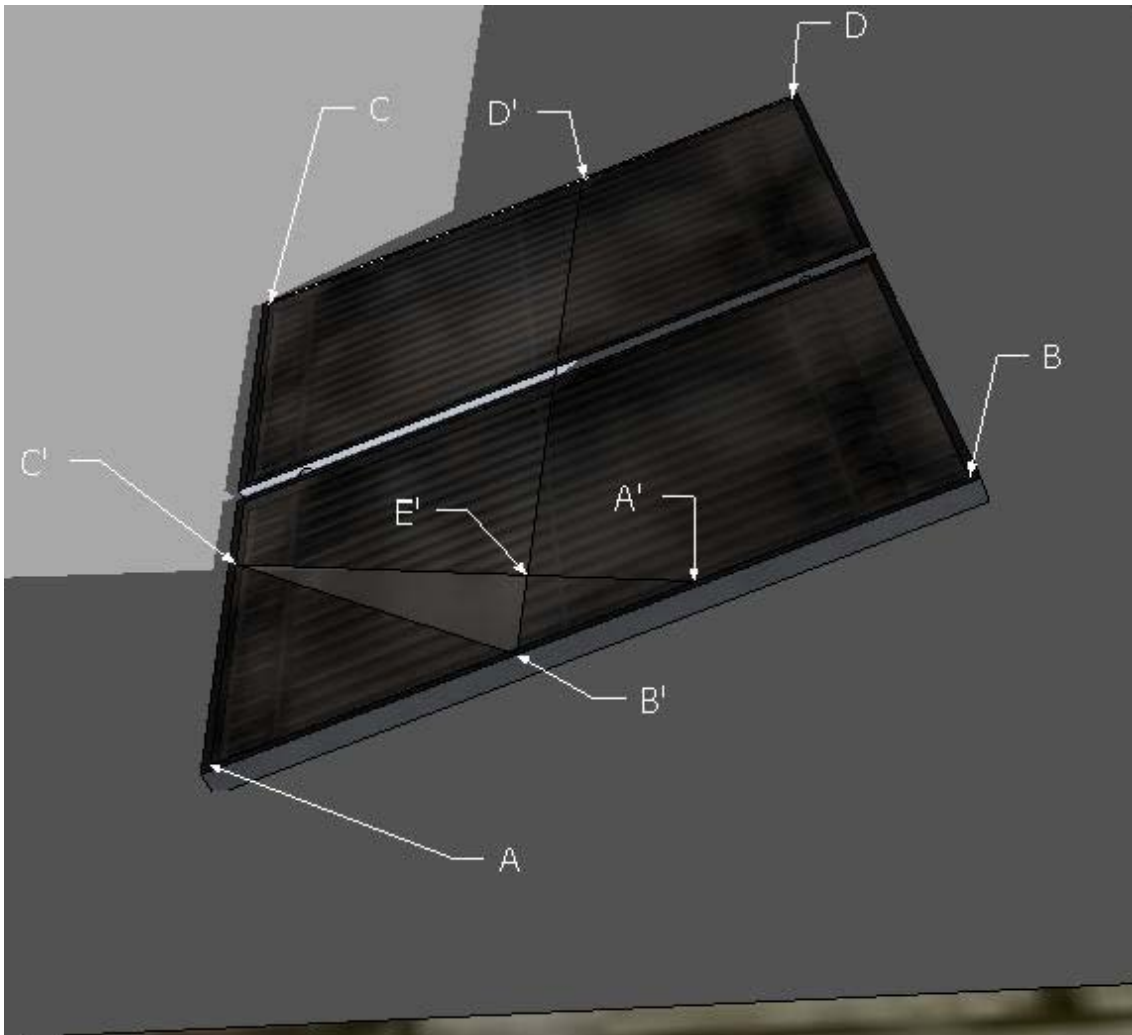
οι γωνίες θ_s και θ_w υπολογίζονται εύκολα:

$$\theta_s = \Theta_s - \arctan \frac{A C'}{B' A}, \quad \theta_{ea} = \Theta_{ea} - \arctan \frac{B' A}{A C'} \quad (9.1.3.II.IV.5)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$A_{stot} = A_{ss2} + A_{se4} - area \quad (9.1.3.II.IV.6)$$

- ε. Εάν το μήκος $D'e > (D, A\tau)$ και $D'e < (A, A\tau)$ θα δημιουργηθεί από την σκιά και το συλλέκτη ένα τραπέζιο $ABB'A'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XVI Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

Από τον ανατολικό τοίχο το εμβαδόν της σκιάς είναι $Ase5$ και από τον νότιο $Ass2$

Τώρα έχουμε 2 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $AB' > AA'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το όσο του αθροίσματος των δύο εμβαδών :

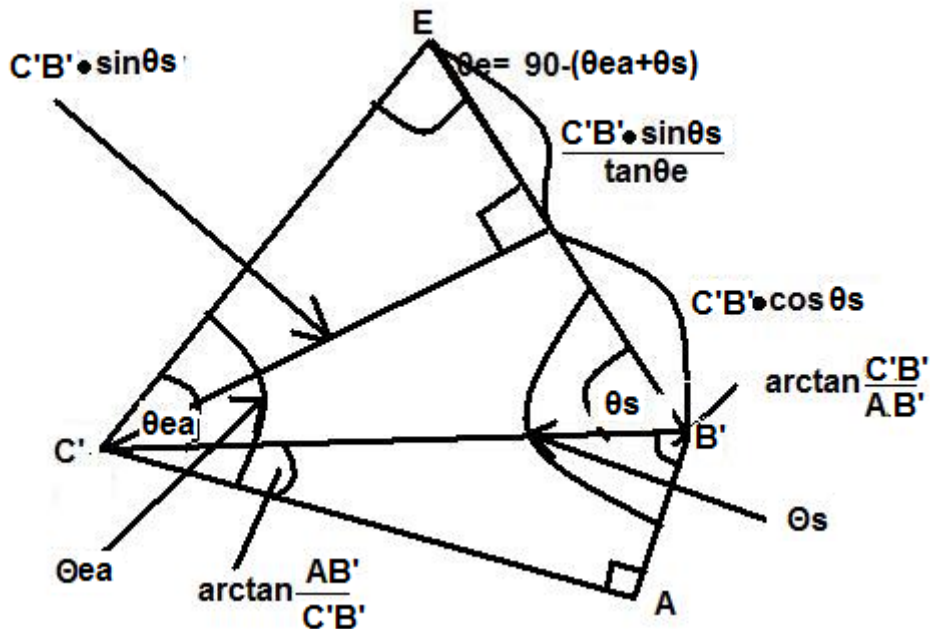
$$A_{\text{tot}} = A_{se5} + A_{ss2} \quad (9.1.3.II.V.1)$$

Εάν το μήκος $AA' > AC'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι είναι το άθροισμα αυτών των 2 αλλά θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τραπέζιο $(A'C'E'B')$ με τις 2 γωνίες Θ_{ea} και Θ_s

$$\Theta_{ea} = \arctan\left(\frac{A'A}{C'A}\right), \Theta_s = 180 - \arctan\left(\frac{DB(=Wc)}{(B'B - D'D)}\right) \quad (9.1.3.II.V.2)$$

Χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα όπως και πριν με την ενδιάμεση πλευρά είναι η υποτείνουσα του ορθογωνίου τρίγωνο ($C'B'A$):

$$C'B' = \sqrt{C'A^2 + B'A^2} \quad (9.1.3.II.V.3)$$



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XVII Τραπεζίο αποκοπής εμβαδού σκιάς

Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'B' \cdot \cos \theta_s + \frac{C'B' \cdot \sin \theta_s}{\tan \theta_e}) \cdot C'B' \cdot \sin \theta_s}{2} + \frac{B'A \cdot C'A}{2} \quad (9.1.3.II.V.4)$$

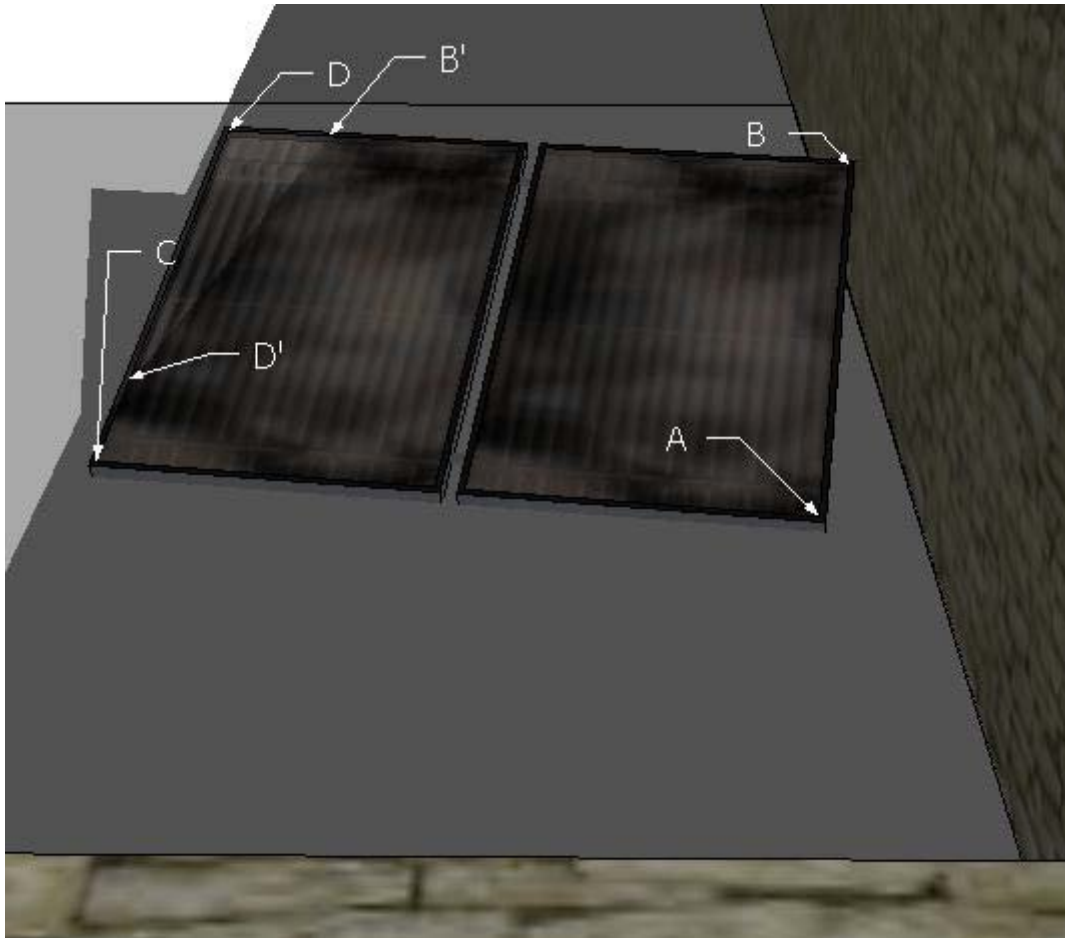
οι γωνίες θ_s και θ_w υπολογίζονται εύκολα:

$$\theta_s = \Theta_s - \arctan \frac{AC'}{B'A}, \quad \theta_{ea} = \Theta_{ea} - \arctan \frac{B'A}{AC'} \quad (9.1.3.II.V.5)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$Astot = Ass2 + Ase5 - area \quad (9.1.3.II.V.6)$$

- f. Εάν το μήκος $D_{te} > (B, A_t)$ και $D_{te} < (D, A_t)$ και $D_e > (C, A_t)$ έχουμε ένα τρίγωνο που δημιουργείται στο οποίο **δεν** σκιάζεται ο συλλέκτης $DB'D'$:



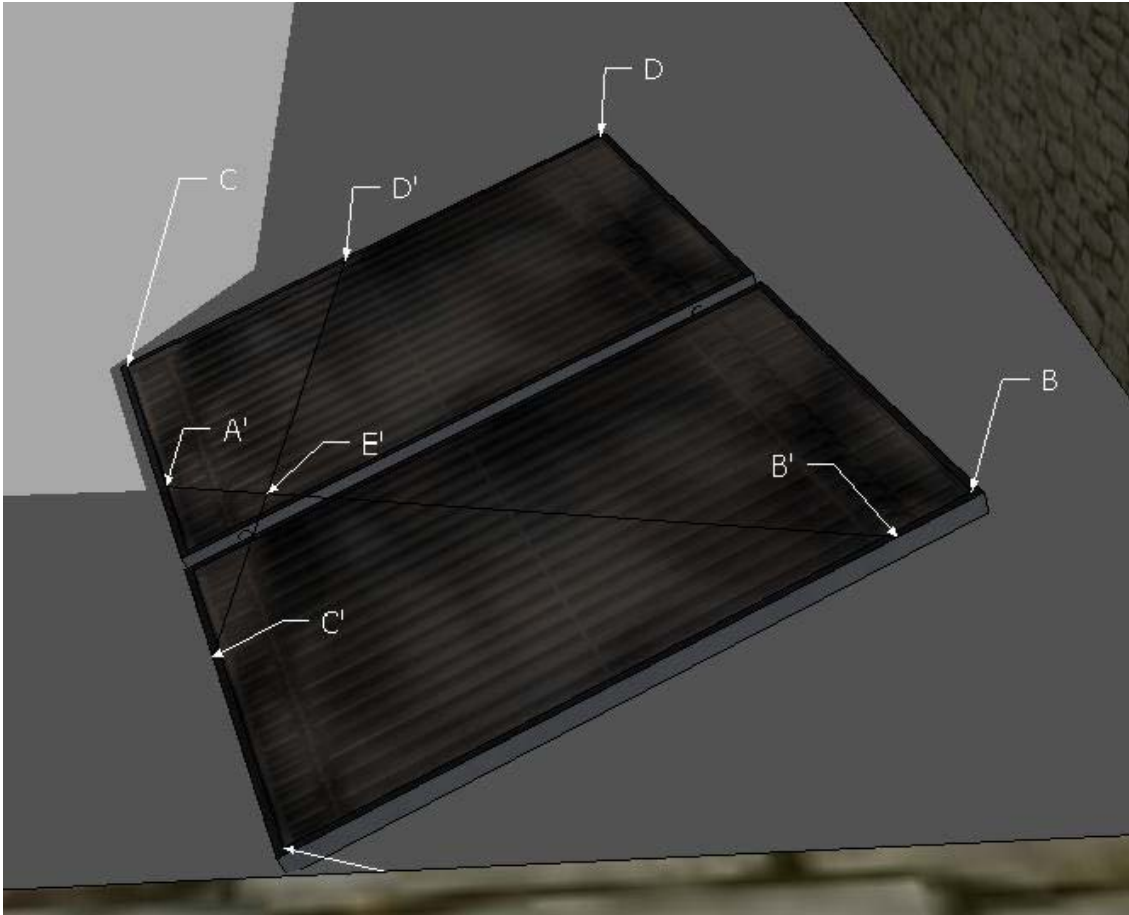
ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XVIII Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

Εδώ η συνολική σκιά είναι όσο το Ase_6 γιατί η σκιά από το νότιο τοίχο καλύπτεται πλήρως από αυτή του ανατολικού άρα:

$$A_{stot} = A_{se6}$$

(9.1.3.II.VI)

- g. Εάν το μήκος $D'e > (D, A\tau)$ και $D'e > (A, A\tau)$ και $D'e < (C, A\tau)$ έχουμε πάλι ένα τρίγωνο που δημιουργείται στο οποίο **δεν** σκιάζεται ο συλλέκτης $CC'D'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XIX Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

Από τον ανατολικό τοίχο το εμβαδόν της σκιάς είναι $Ase7$ και από τον νότιο $Ass2$

Τώρα έχουμε 2 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $AA' < AC'$ τότε το συνολικό εμβαδόν είναι το όσο της σκιάς του ανατολικού τοίχου $Ase7$:

$$Astot = Ase7 \quad (9.1.3.II.VII.1)$$

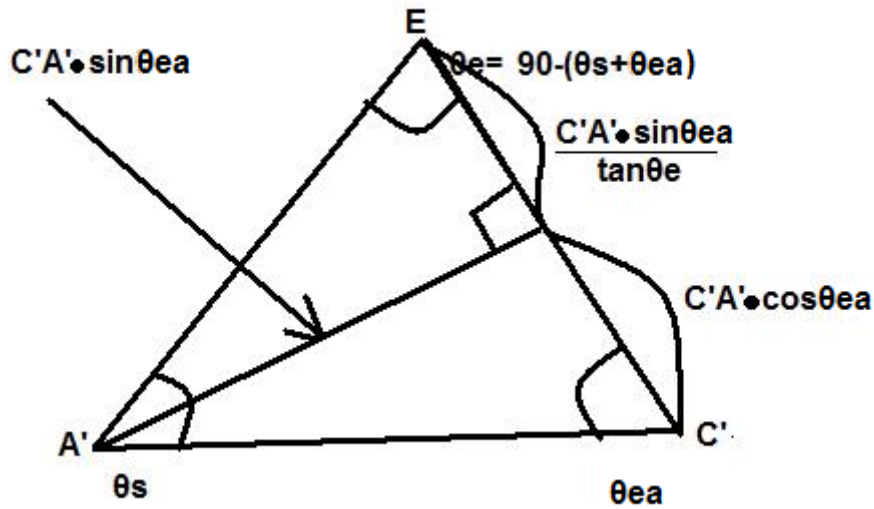
Εάν το μήκος $AA' > AC'$ τότε το συνολικό εμβαδόν είναι το όσο του αθροίσματος $Ase7$ και $Ass2$ αλλά θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τριγωνάκι ($A'C'E$) με τις 2 γωνίες θ_{ea} και θ_s

$$\theta_{ea} = \arctan\left(\frac{D'C}{C'C}\right), \theta_s = \arctan\left(\frac{B'A}{AA'}\right) \quad (9.1.3.II.VII.2)$$

και την ενδιάμεση πλευρά που είναι η διαφορά των μηκών:

$$A'A + CC' - Wc \quad (9.1.3.II.VII.3)$$

Για να βρούμε το εμβαδόν του τριγώνου χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XX Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'A' \cdot \cos \theta_s + \frac{C'A' \cdot \sin \theta_s}{\tan \theta_e}) \cdot C'A' \cdot \sin \theta_s}{2} \quad (9.1.3.II.VII.4)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$A_{stot} = A_{se7} + A_{ss2} - area \quad (9.1.3.II.VII.5)$$

- h. Εάν το μήκος $D_e > (C, A_t)$ και $D_{te} > (D, A_t)$ τότε όλη η περιοχή του συλλέκτη είναι κάτω από σκιά :



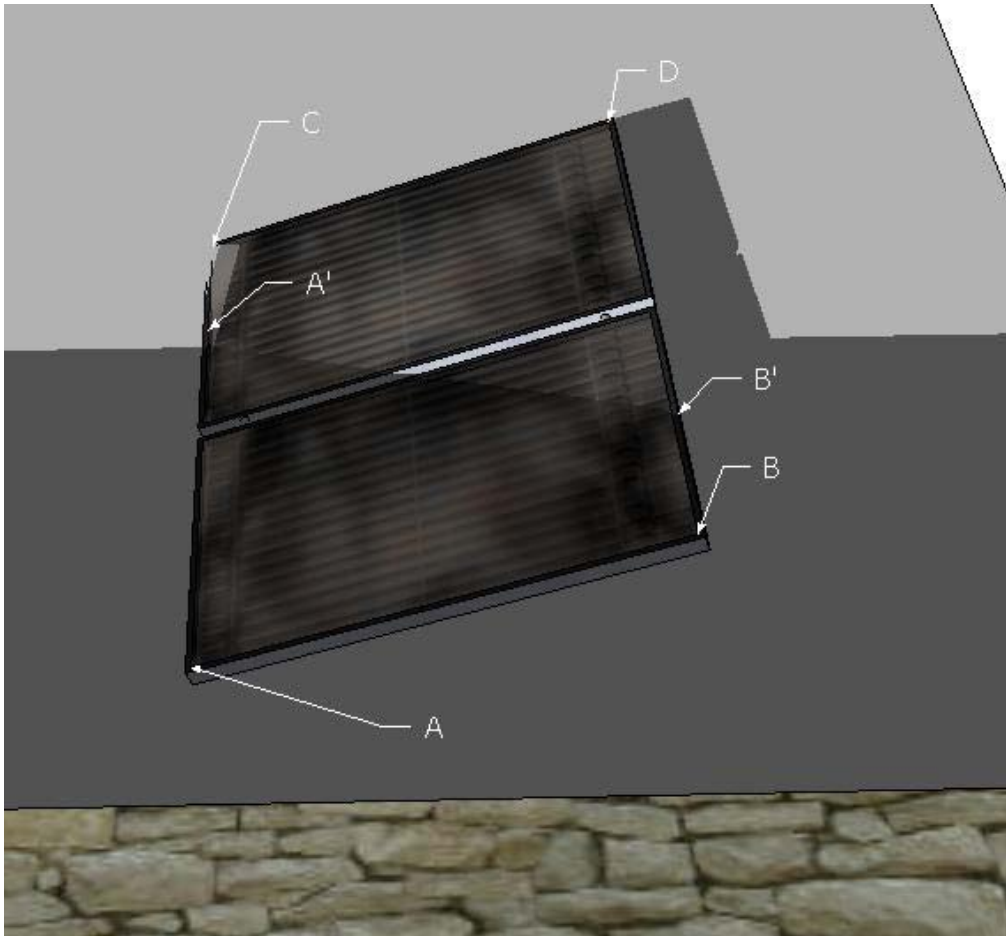
ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXI Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

$$A_s = H_c \cdot W_c = A_{se8}$$

(9.1.3.II.VIII)

3) Περίπτωση 3 από τον τοίχο στον νότο:

- a. Εάν το μήκος $D_{te} < (B, A_t)$ και $D_e < (A, A_t)$ τότε δεν καλύπτεται καθόλου ο συλλέκτης από σκιά:



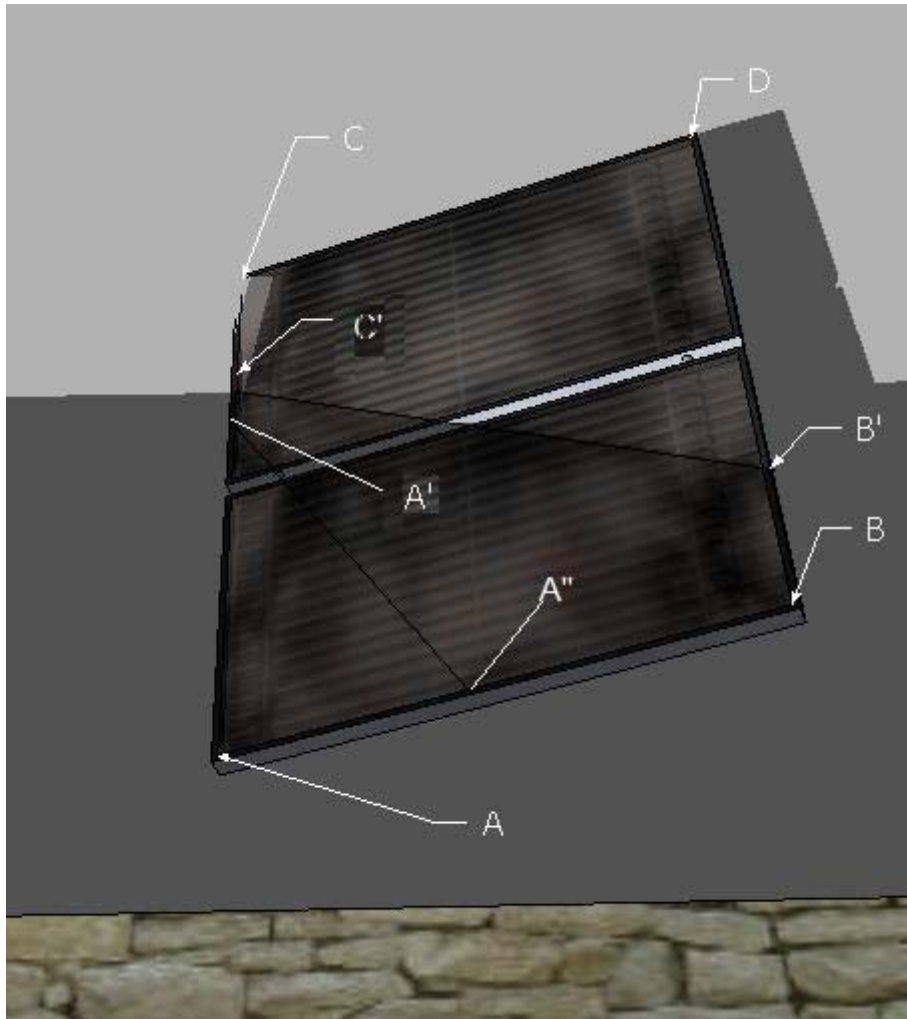
ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXII Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

Άρα το καλυπτόμενο μέρος είναι όσο και της 3^{ης} περίπτωσης του νότιου τοίχου:

$$A_s = A_{s3}$$

(9.1.3.III.I)

- b. Εάν το μήκος $Dte < (B, At)$ και $De > (A, At)$ και $De < (C, At)$ δημιουργείται το ορθογώνιο τρίγωνο $AA'A''$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXIII Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

Από τον ανατολικό τοίχο το εμβαδόν της σκιάς είναι $Ase2$ και από τον νότιο $Ass3$

Τώρα έχουμε 2 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $AA' < AC'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το όσο της σκιάς του ανατολικού τοίχου $Ase2$:

$$Astot = Ase2 \quad (9.1.3.III.II.1)$$

Εάν το μήκος $AA' > AC'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το όσο του αθροίσματος $Ase2$ και $Ass2$ αλλά θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τριγωνάκι ($A'C'E$) με τις 2 γωνίες θ_{ea} και θ_s

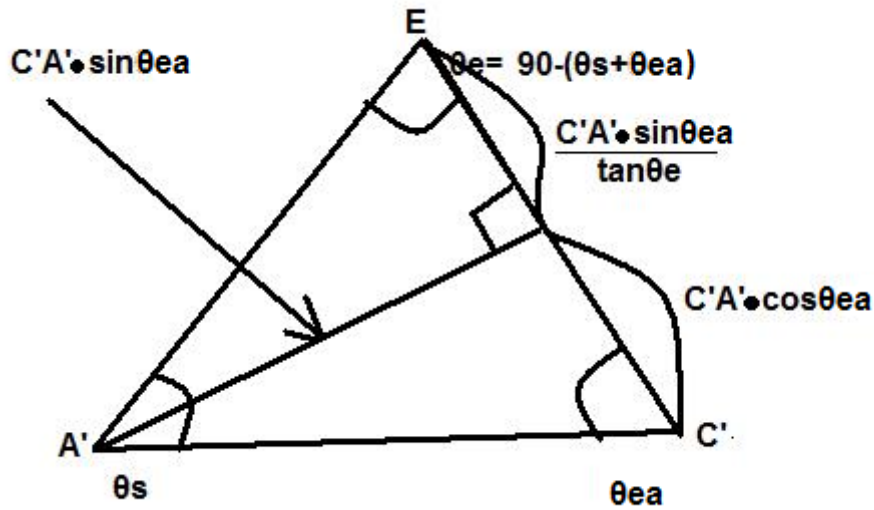
$$\theta_{ea} = 180 - \arctan\left(\frac{AB(=Hc)}{(C'A - BB')}\right), \theta_s = \arctan\left(\frac{A''A}{AA'}\right) \quad (9.1.3.III.II.2)$$

και την ενδιάμεση πλευρά που είναι η διαφορά των μηκών:

$A'A+CC'-Wc$

(9.1.3.III.II.3)

Για να βρούμε το εμβαδόν του τριγώνου χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXIV Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

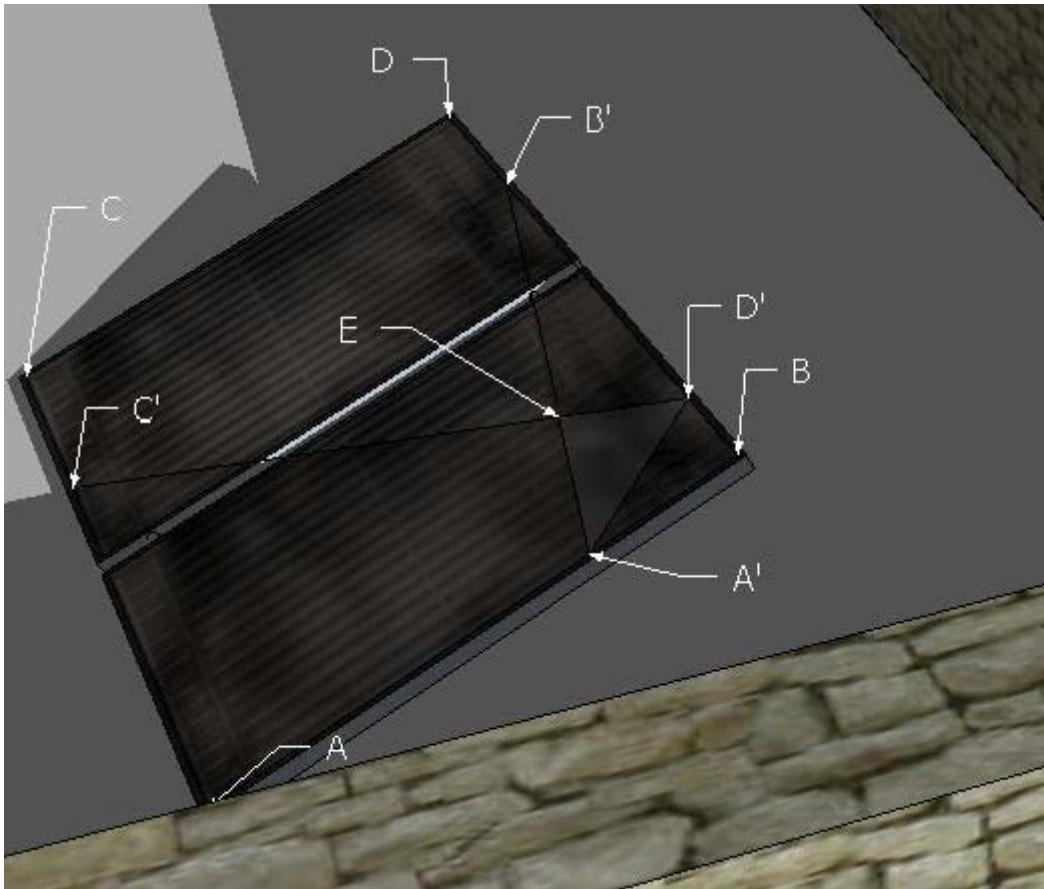
Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'A' \cdot \cos \theta_s + \frac{C'A' \cdot \sin \theta_s}{\tan \theta_e}) \cdot C'A' \cdot \sin \theta_s}{2} \quad (9.1.3.III.II.4)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$A_{tot} = A_{se2} + A_{ss3} - area \quad (9.1.3.III.II.5)$$

- c. Εάν το μήκος $D'e > (B, A\tau)$ και $D'e < (A, A\tau)$ και $D'e < (D, A\tau)$ δημιουργείται τώρα το ορθογώνιο τρίγωνο $BA'B'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXV Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

Από τον ανατολικό τοίχο το εμβαδόν της σκιάς είναι $Ase3$ και από τον νότιο $Ass3$

Τώρα έχουμε 2 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $BD' > BB'$ τότε το συνολικό εμβαδόν είναι το όσο της σκιάς του νότιου τοίχου $Ass3$:

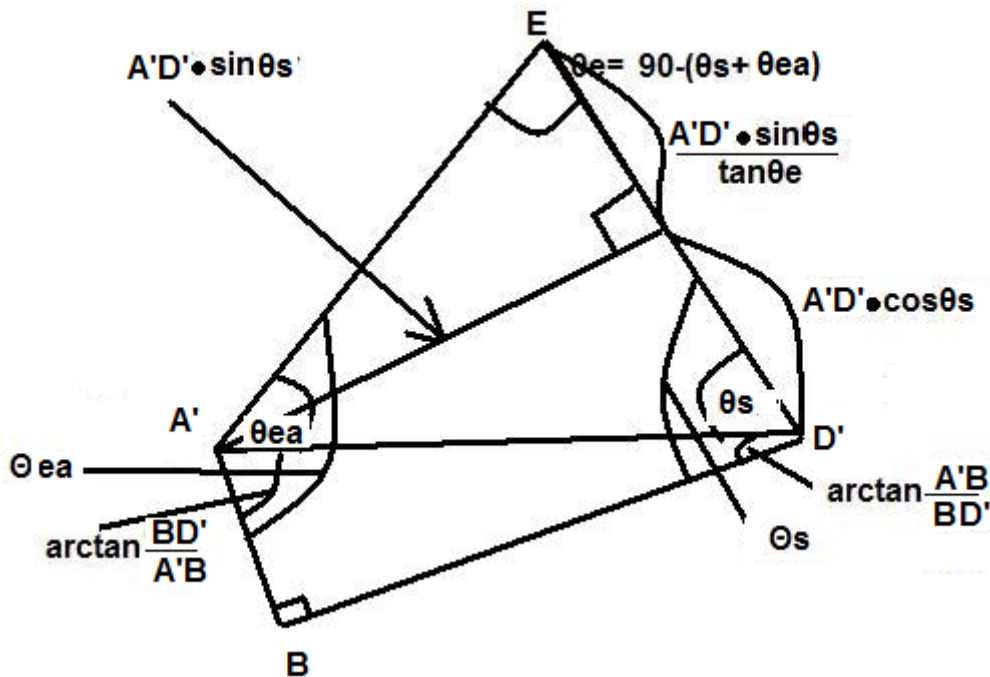
$$Astot = Ass3 \quad (9.1.3.III.III.1)$$

Εάν το μήκος $BD' < BB'$ τότε το συνολικό εμβαδόν είναι είναι το άθροισμα αυτών των 2 αλλά θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τραπέζιο ($A'ED'B$) με τις

$$\Theta_{ea} = \arctan\left(\frac{B'B}{A'B}\right), \Theta_s = 180 - \arctan\left(\frac{CD(=Hc)}{(D'D - C'C)}\right) \quad (9.1.3.III.III.2)$$

Χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα όπως και πριν με την ενδιάμεση πλευρά είναι η υποτείνουσα του ορθογωνίου τρίγωνο ($A'BD'$):

$$A'D' = \sqrt{A'B^2 + BD'^2} \quad (9.1.3.III.III.3)$$



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXVI Τραπεζίο αποκοπής εμβαδού σκιάς

Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(A'D' \cdot \cos \theta_s + \frac{A'D' \cdot \sin \theta_s}{\tan \theta_e}) \cdot A'D' \cdot \sin \theta_s}{2} + \frac{BA' \cdot D'B}{2} \quad (9.1.3.III.III.4)$$

οι γωνίες θ_s και θ_w υπολογίζονται εύκολα:

$$\theta_s = \Theta_s - \arctan \frac{A'B}{BD'}, \quad \theta_{ea} = \Theta_{ea} - \arctan \frac{BD'}{A'B} \quad (9.1.3.III.III.5)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$Astot = Ass3 + Ase3 - area \quad (9.1.3.III.III.6)$$

- d. Εάν το μήκος $Dte > (B, At)$ και $Dte < (D, At)$ και $De < (C, At)$ και $De > (A, At)$ θα δημιουργηθεί από την σκιά και το συλλέκτη ένα τραπέζιο $ABB'A'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXVII Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

Από τον ανατολικό τοίχο το εμβαδόν της σκιάς είναι $Ase4$ και από τον νότιο $Ass3$

Τώρα έχουμε 4 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $AA' > AC'$ και $BB' > BD'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το όσο του $Ase4$:

$$Astot = Ase4 \quad (9.1.3.III.IV.1)$$

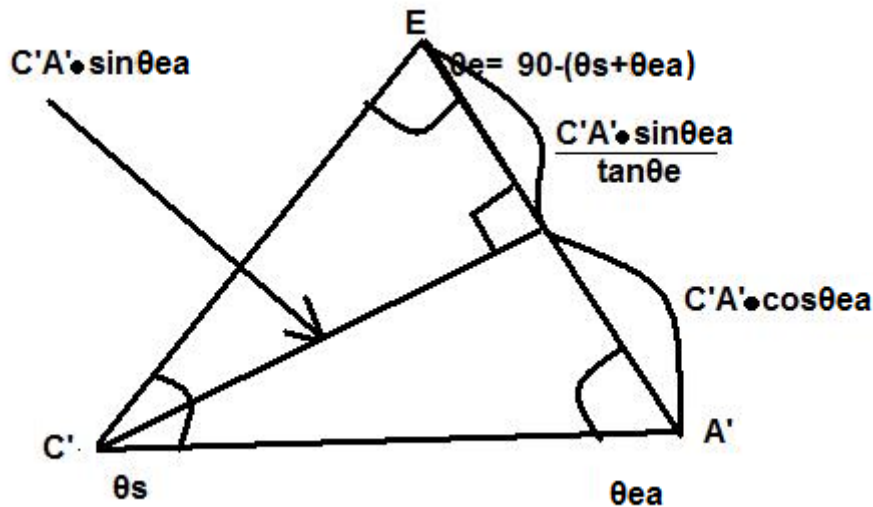
Εάν το μήκος $AC' > AA'$ και $BD' > BB'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το όσο του $Ass4$:

$$Astot = Ass4 \quad (9.1.3.III.IV.2)$$

Εάν το μήκος $AC' > AA'$ και $BB' > BD'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι είναι το άθροισμα του $Ase4$ αλλά θα πρέπει να προσθεθεί ένα τριγωνάκι $(C'A'E)$ με τις 2 γωνίες θ_{ea} και θ_s

$$\theta_{ea} = 180 - \arctan\left(\frac{BA(=Hc)}{(A'A - B'B)}\right), \theta_s = \arctan\left(\frac{BA(=Hc)}{(C'A - D'B)}\right) \quad (9.1.3.III.IV.3,4)$$

Για να βρούμε το εμβαδόν του τριγώνου χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXVIII Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'A' \cdot \cos \theta_s + \frac{C'A' \cdot \sin \theta_s}{\tan \theta_e}) \cdot C'A' \cdot \sin \theta_s}{2} \quad (9.1.3.III.IV.5)$$

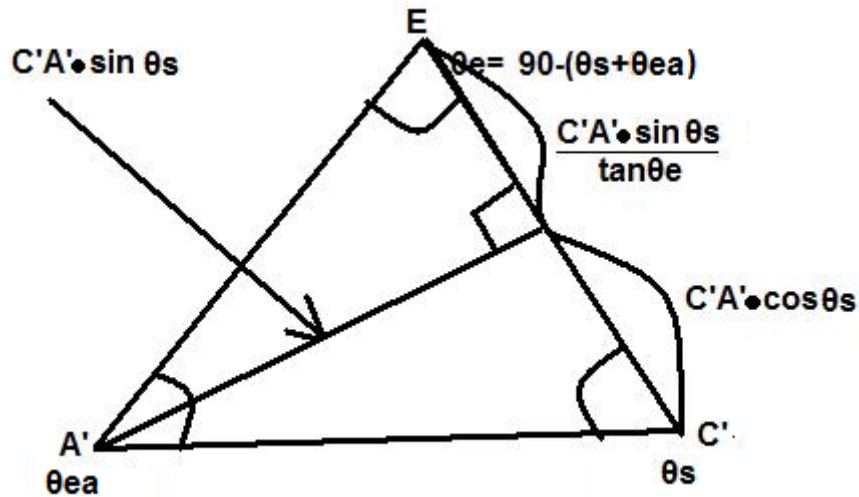
άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$A_{stot} = A_{se4} + A_{ss3} - area \quad (9.1.3.III.IV.6)$$

Εάν το μήκος $AC' < AA'$ και $BB' < BD'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι είναι το άθροισμα του A_{ss3} αλλά θα πρέπει να προσθεθεί ένα τριγωνάκι ($C'A'E$) με τις 2 γωνίες θ_{ea} και θ_s

$$\theta_{ea} = \arctan\left(\frac{BA(=Hc)}{(A'A - B'B)}\right), \theta_s = 180 - \arctan\left(\frac{BA(=Hc)}{(C'A - D'B)}\right) \quad (9.1.3.III.IV.7,8)$$

Για να βρούμε το εμβαδόν του τριγώνου χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXIX Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

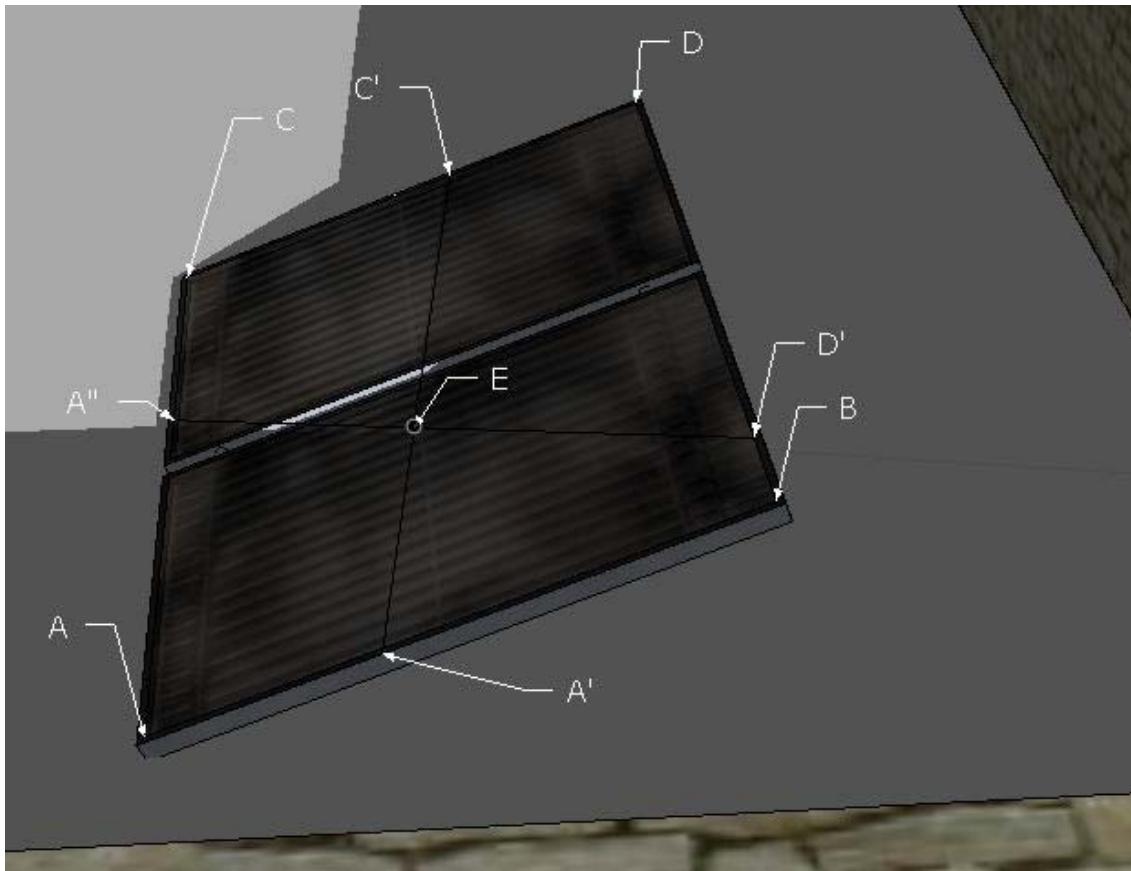
Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'A' \cdot \cos \theta_s + \frac{C'A' \cdot \sin \theta_s}{\tan \theta_e}) \cdot C'A' \cdot \sin \theta_s}{2} \quad (9.1.3.III.IV.9)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$Astot = Ase4 + Ass3 - area \quad (9.1.3.III.IV.10)$$

- ε. Εάν το μήκος $Dte > (D, At)$ και $De < (A, At)$ θα δημιουργηθεί από την σκιά και το συλλέκτη ένα τραπέζιο $ABD'A''$:



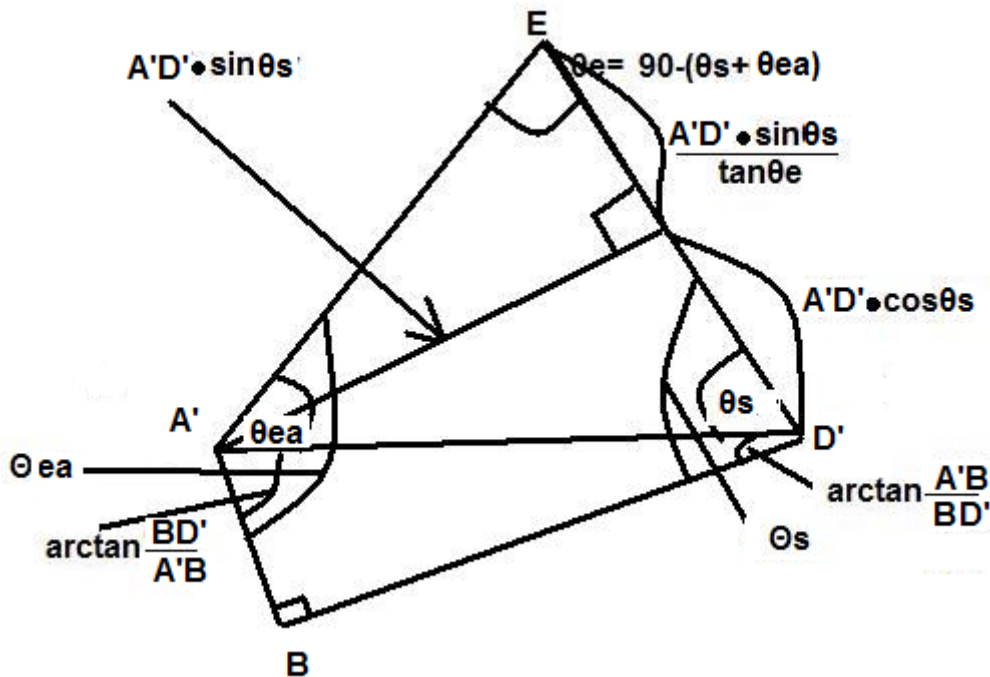
ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXX Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

Από τον ανατολικό τοίχο το εμβαδόν της σκιάς είναι $Ase3$ και από τον νότιο $Ass3$
 Το συνολικό εμβαδό είναι το άθροισμα αυτών των 2 αλλά θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα
 τραπέζιο ($A'ED'B$) με τις 2 γωνίες Θ_{ea} και Θ_s

$$\Theta_{ea} = \arctan\left(\frac{BD}{(A'B - C'D)}\right), \Theta_s = 180 - \arctan\left(\frac{CD(=Hc)}{(D'D - A''C)}\right) \quad (9.1.3.III.V.1)$$

χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα όπως και πριν με την ενδιάμεση πλευρά είναι η
 υποτείνουσα του ορθογωνίου τρίγωνο ($A'BD'$):

$$A'D' = \sqrt{A'B^2 + BD'^2} \quad (9.1.3.III.V.2)$$



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXI Τραπεζίο αποκοπής εμβαδού σκιάς

Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(A'D' \cdot \cos \theta_s + \frac{A'D' \cdot \sin \theta_s}{\tan \theta_e}) \cdot A'D' \cdot \sin \theta_s}{2} + \frac{BA' \cdot D'B}{2} \quad (9.1.3.III.V.3)$$

οι γωνίες θ_s και θ_w υπολογίζονται εύκολα:

$$\theta_s = \Theta_s - \arctan \frac{A'B}{BD'}, \quad \theta_{ea} = \Theta_{ea} - \arctan \frac{BD'}{A'B} \quad (9.1.3.III.V.4,5)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$Astot = Ass3 + Ase5 - area \quad (9.1.3.III.V.6)$$

- f. Εάν το μήκος $Dte > (B, At)$ και $Dte < (D, At)$ και $De > (C, At)$ έχουμε ένα τρίγωνο που δημιουργείται στο οποίο **δεν** σκιάζεται ο συλλέκτης $DC'D'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXII Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

Από τον ανατολικό τοίχο το εμβαδόν της σκιάς είναι $Ase6$ και από τον νότιο $Ass3$

Τώρα έχουμε 2 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $BB' < BD'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το όσο της σκιάς του ανατολικού τοίχου $Ase6$:

$$Astot = Ase6 \quad (9.1.3.III.VI.1)$$

Εάν το μήκος $BB' > BD'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το όσο του αθροίσματος $Ase6$ και $Ass3$ αλλά θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τριγωνάκι ($B'D'E$) με τις 2 γωνίες θ_{ea} και θ_s

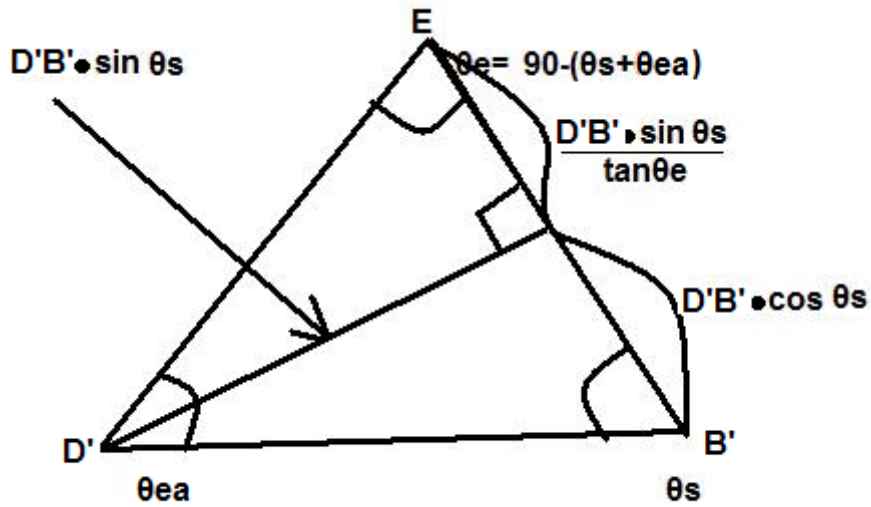
$$\theta_{ea} = \arctan\left(\frac{C'D}{D'D}\right), \theta_s = 180 - \arctan\left(\frac{CD(=Hc)}{(B'D - A'C)}\right) \quad (9.1.3.III.VI.2,3)$$

και την ενδιάμεση πλευρά που είναι η διαφορά των μηκών:

$$D'D + BB' - Wc$$

(9.1.3.III.VI.4)

Για να βρούμε το εμβαδόν του τριγώνου χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXIII Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

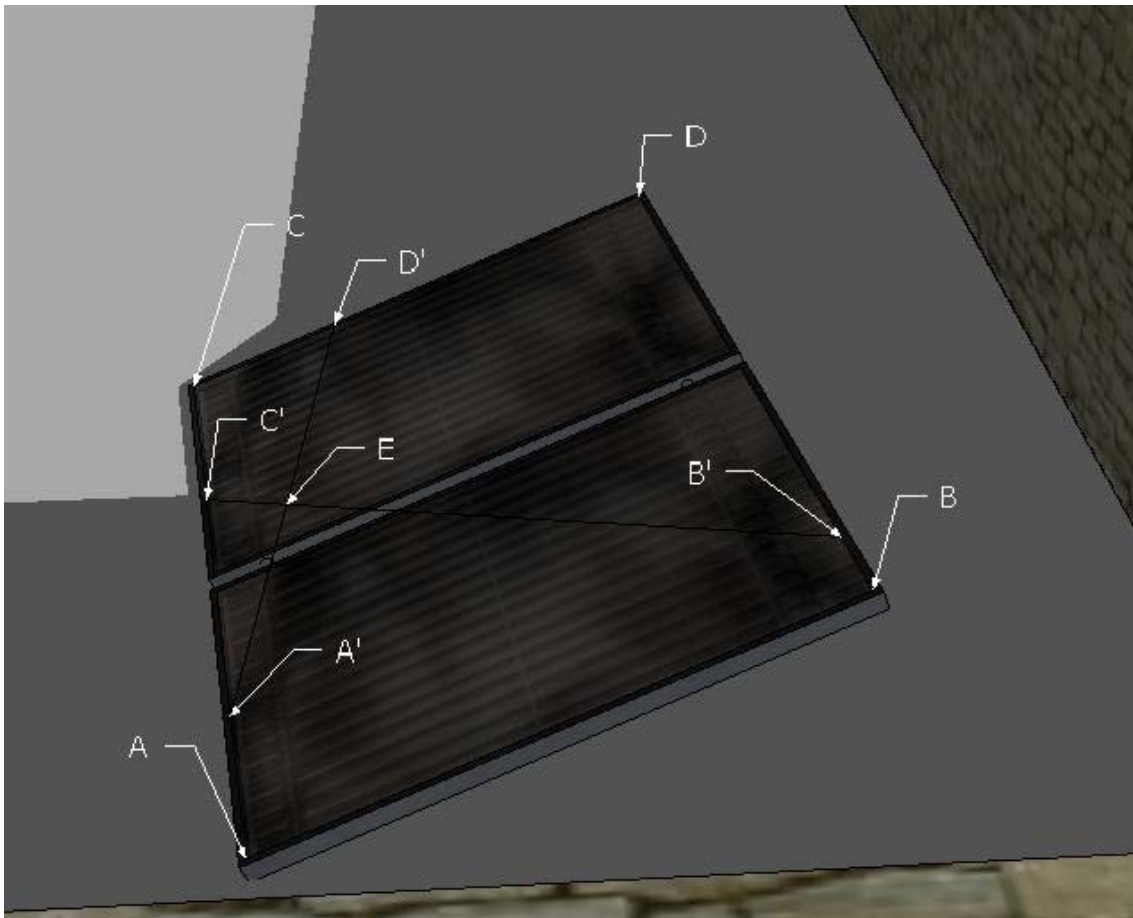
Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(D'B' \cdot \cos \theta_s + \frac{D'B' \cdot \sin \theta_s}{\tan \theta_e}) \cdot D'B' \cdot \sin \theta_s}{2} \quad (9.1.3.III.VI.5)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$Astot = Ase6 + Ass3 - area \quad (9.1.3.III.VI.6)$$

- g. Εάν το μήκος $D'e > (D, A\tau)$ και $D'e > (A, A\tau)$ και $D'e < (C, A\tau)$ έχουμε πάλι ένα τρίγωνο που δημιουργείται στο οποίο **δεν** σκιάζεται ο συλλέκτης $CD'A'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXIV Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

Από τον ανατολικό τοίχο το εμβαδόν της σκιάς είναι $Ase7$ και από τον νότιο $Ass3$

Τώρα έχουμε 2 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $AA' > AC'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το όσο του $Ase7$:

$$Astot = Ase7$$

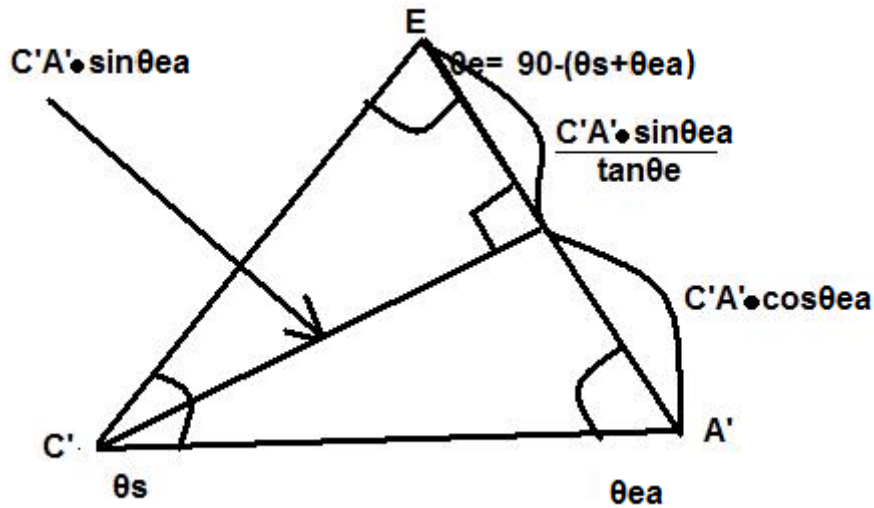
(9.1.3.III.VII.1)

Εάν το μήκος $AC' > AA'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι είναι το άθροισμα του $Ase7$ αλλά θα πρέπει να προσθεθεί ένα τριγωνάκι ($C'A'E$) με τις 2 γωνίες θ_{ea} και θ_s

$$\theta_{ea} = \arctan\left(\frac{CD'}{A'C}\right), \theta_s = \arctan\left(\frac{BA(=Hc)}{(C'A - B'B)}\right)$$

(9.1.3.III.VII.2)

Για να βρούμε το εμβαδόν του τριγώνου χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXV Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

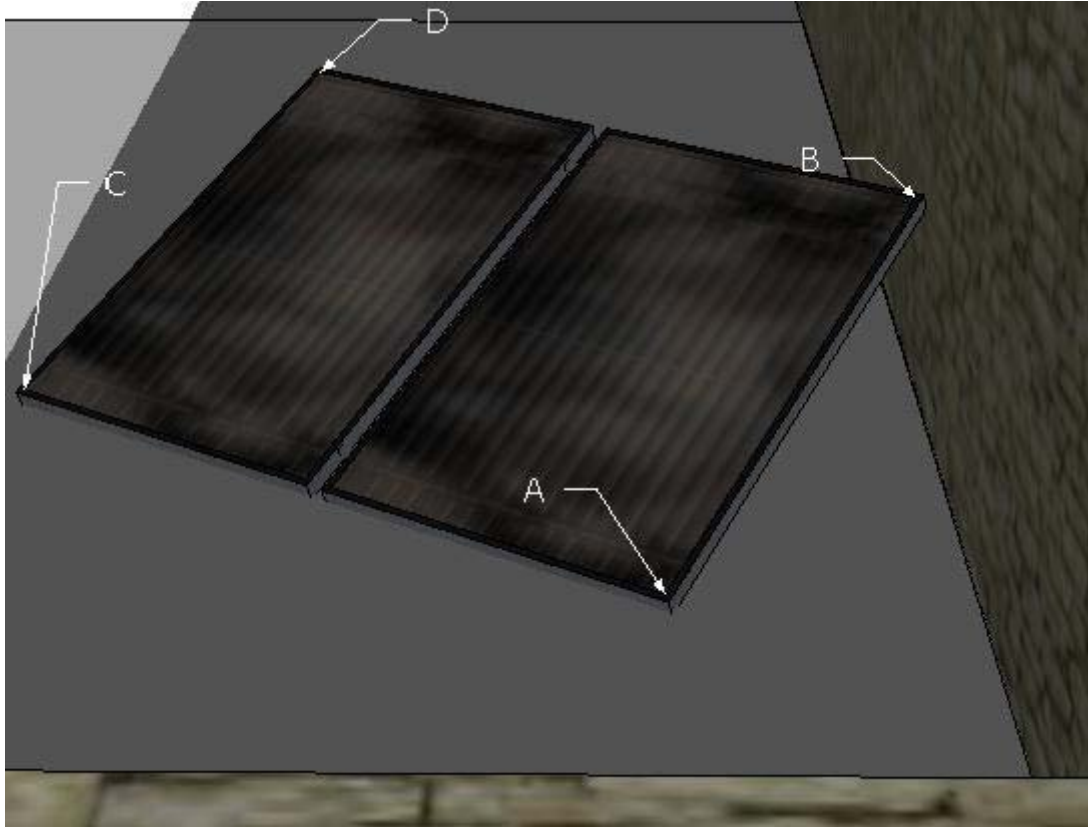
Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'A' \cdot \cos \theta_s + \frac{C'A' \cdot \sin \theta_s}{\tan \theta_e}) \cdot C'A' \cdot \sin \theta_s}{2} \quad (9.1.3.III.VII.3)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$A_{stot} = A_{se7} + A_{ss3} - area \quad (9.1.3.III.VII.4)$$

- h. Εάν το μήκος $D_e > (C, A_t)$ και $D_{te} > (D, A_t)$ τότε όλη η περιοχή του συλλέκτη είναι κάτω από σκιά :



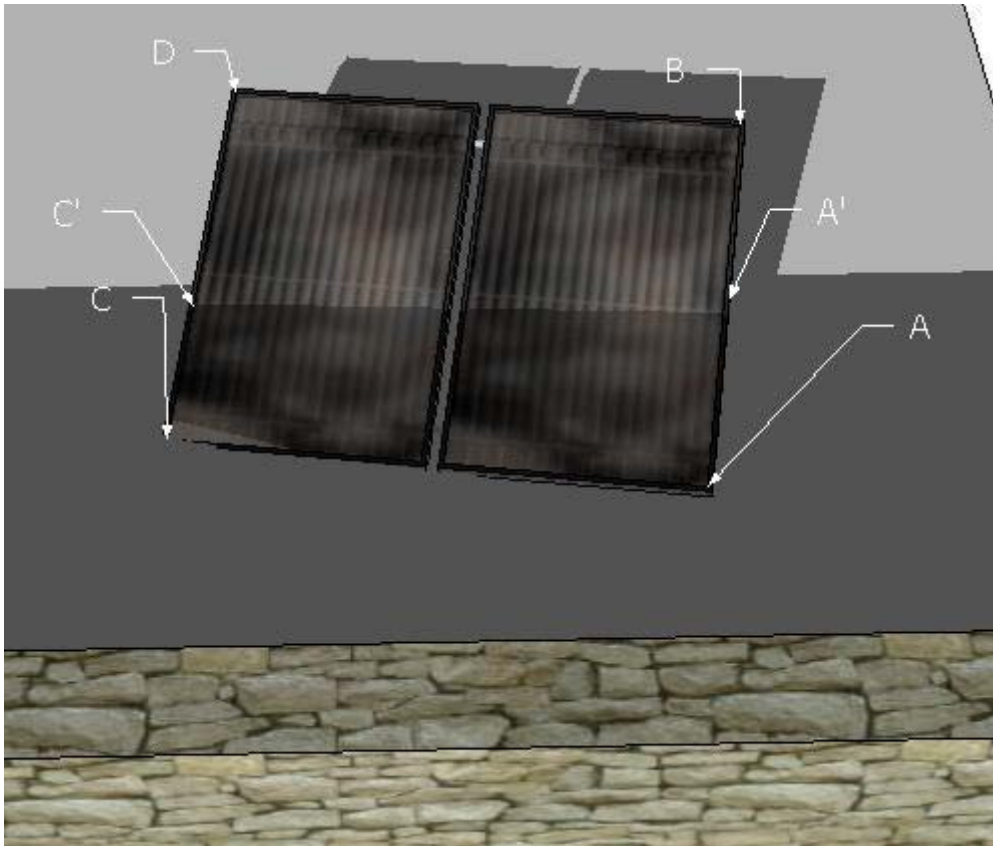
ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXVI Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

$$A_s = H_c \cdot W_c = A_{se8}$$

(9.1.3.III.VIII)

4) Περίπτωση 4 από τον τοίχο στον νότο:

- a. Εάν το μήκος $D_{te} < (B, A_t)$ και $D_e < (A, A_t)$ τότε δεν καλύπτεται καθόλου ο συλλέκτης από σκιά:

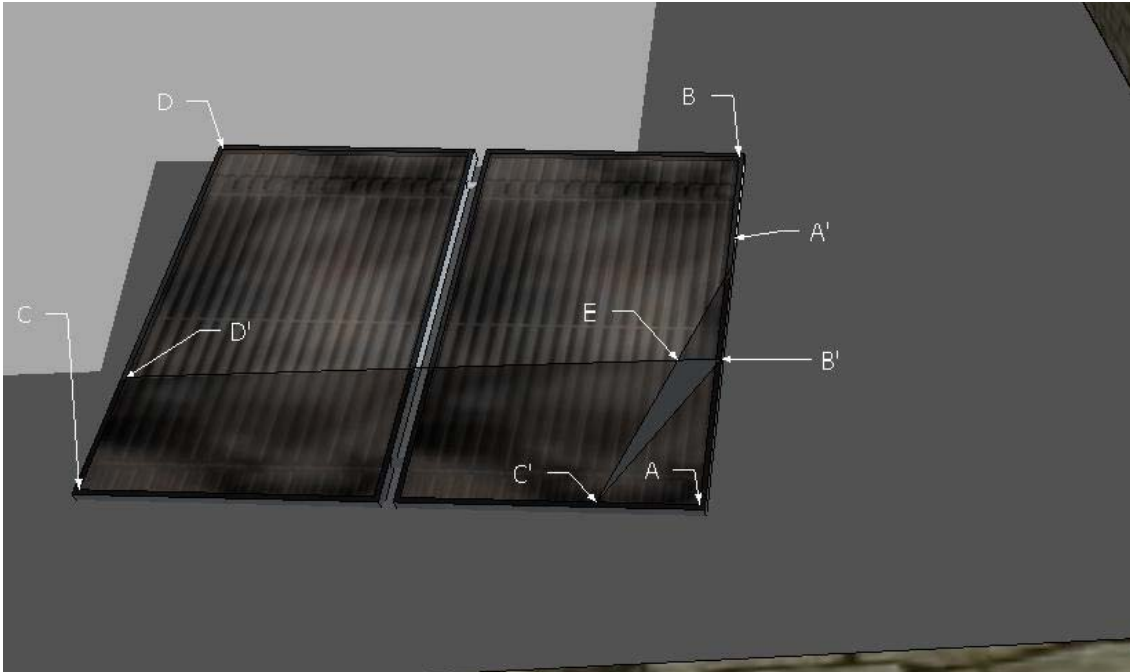


ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXVII Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

As=Ass4

(9.1.3.IV.I)

- b. Εάν το μήκος $D_{te} < (B, A_t)$ και $D_e > (A, A_t)$ και $D_e < (C, A_t)$ δημιουργείται το ορθογώνιο τρίγωνο $AA'C'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXVIII Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

Από τον ανατολικό τοίχο το εμβαδόν της σκιάς είναι A_{se}^2 και από τον νότιο A_{ss}^4
 Τώρα έχουμε 2 περιπτώσεις:
 Εάν το μήκος $AB' > AA'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το όσο της σκιάς του νότιου τοίχου:

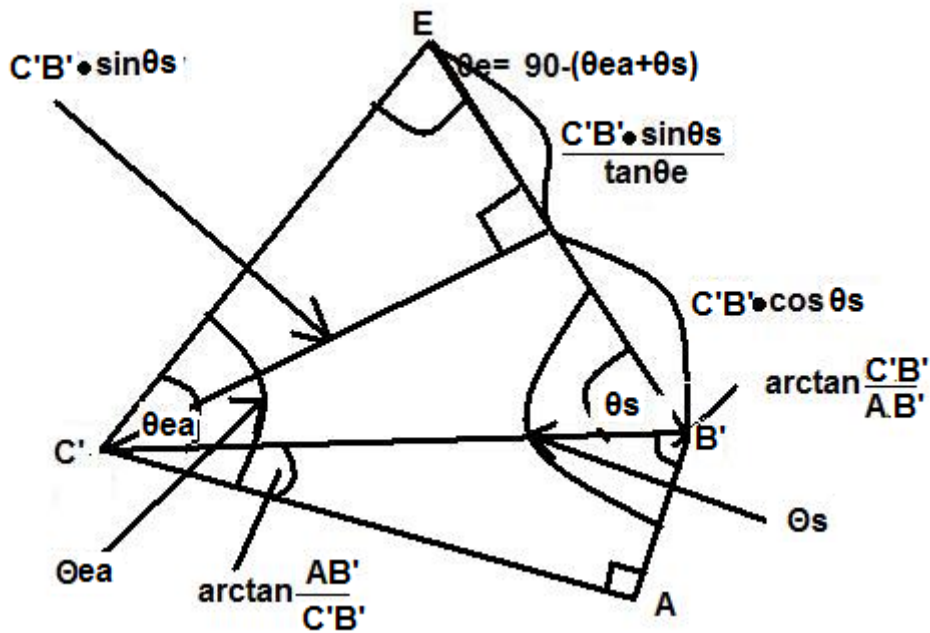
$$A_{stot} = A_{ss}^4 \quad (9.1.3.IV.II.1)$$

Εάν το μήκος $AA' > AB'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι είναι το άθροισμα αυτών των 2 αλλά θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τραπέζιο ($A'C'EB'$) με τις 2 γωνίες Θ_{ea} και Θ_s

$$\Theta_{ea} = \arctan\left(\frac{A'A}{C'A}\right), \Theta_s = \arctan\left(\frac{CA(=Wc)}{(B'A - D'C)}\right) \quad (9.1.3.IV.II.2)$$

Χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα όπως και πριν με την ενδιάμεση πλευρά είναι η υποτείνουσα του ορθογωνίου τρίγωνο ($C'B'A$):

$$C'B' = \sqrt{C'A^2 + B'A^2} \quad (9.1.3.IV.II.3)$$



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXIX Τραπεζίο αποκοπής εμβαδού σκιάς

Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'B' \cdot \cos \theta_s + \frac{C'B' \cdot \sin \theta_s}{\tan \theta_e}) \cdot C'B' \cdot \sin \theta_s}{2} + \frac{B'A \cdot C'A}{2} \quad (9.1.3.IV.II.4)$$

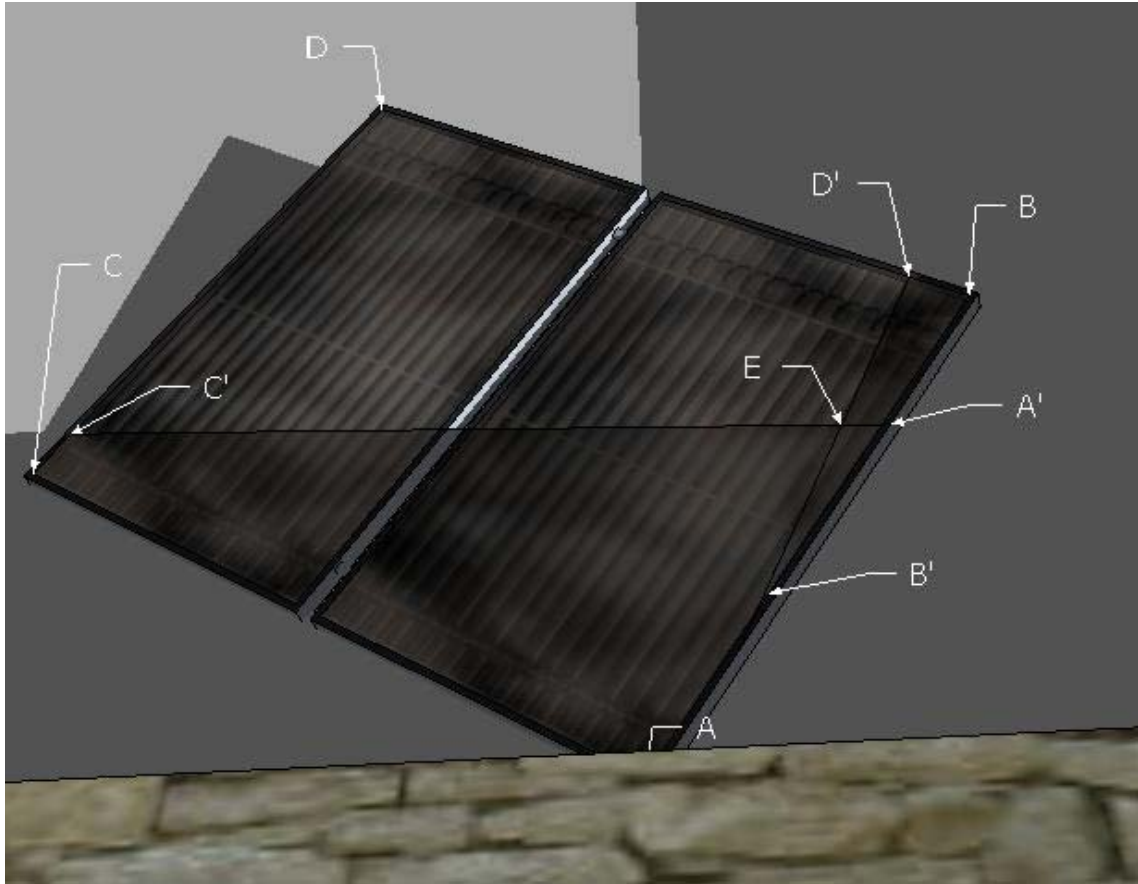
οι γωνίες θ_s και θ_w υπολογίζονται εύκολα:

$$\theta_s = \Theta_s - \arctan \frac{AC'}{B'A}, \quad \theta_{ea} = \Theta_{ea} - \arctan \frac{B'A}{AC'} \quad (9.1.3.IV.II.5)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$Astot = Ass4 + Ase2 - area \quad (9.1.3.IV.II.6)$$

- c. Εάν το μήκος $Dte > (B, At)$ και $De < (A, At)$ και $Dte < (D, At)$ δημιουργείται τώρα το ορθογώνιο τρίγωνο $BD'B'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXX Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

Από τον ανατολικό τοίχο το εμβαδόν της σκιάς είναι $Ase3$ και από τον νότιο $Ass4$

Τώρα έχουμε 2 περιπτώσεις:

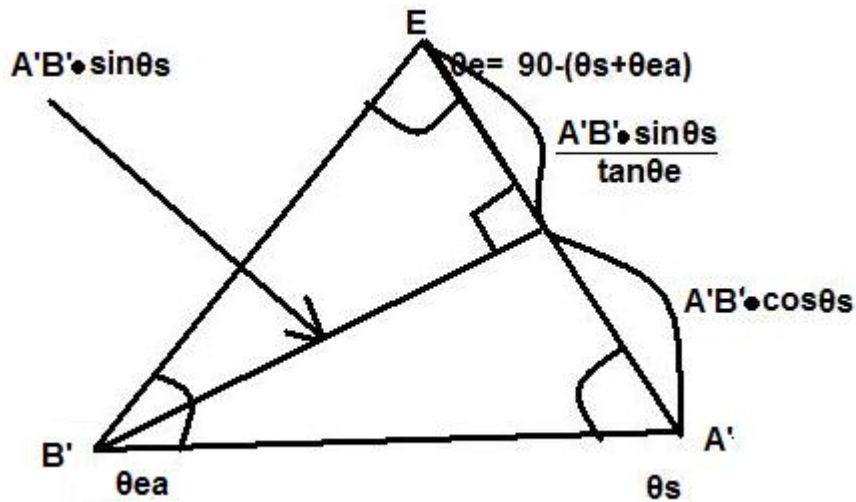
Εάν το μήκος $AA'+BB' < Hc$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το όσο του αθροίσματος των 2 εμβαδών :

$$Astot = Ase3 + Ass4 \quad (9.1.3.IV.III.1)$$

Εάν το μήκος $AA'+BB' > Hc$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι όσο πριν αλλά θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τριγωνάκι ($B'A'E$) με τις 2 γωνίες θ_{ea} και θ_s που

$$\theta_{ea} = \arctan\left(\frac{BD'}{B'B}\right), \theta_s = \arctan\left(\frac{CA(=Wc)}{(A'A - C'C)}\right) \quad (9.1.3.IV.III.2)$$

Για να βρούμε το εμβαδόν του τριγώνου χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXXI Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

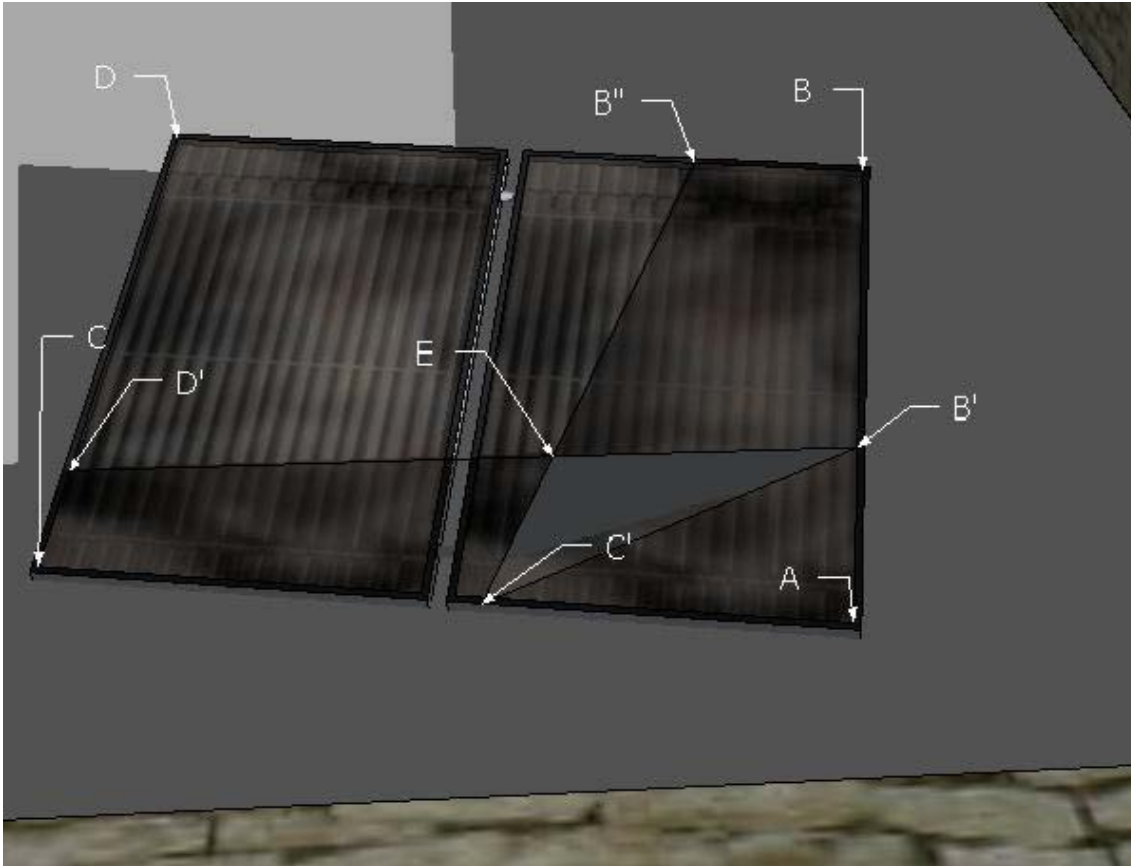
Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(B'A' \cdot \cos \theta_s + \frac{B'A' \cdot \sin \theta_s}{\tan \theta_e}) \cdot B'A' \cdot \sin \theta_s}{2} \quad (9.1.3.IV.III.3)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$Astot = Ase3 + Ass4 - area \quad (9.1.3.IV.III.4)$$

- d. Εάν το μήκος $Dte > (B, At)$ και $Dte < (D, At)$ και $De < (C, At)$ και $De > (A, At)$ θα δημιουργηθεί από την σκιά και το συλλέκτη ένα τραπέζιο $ABB'A'$:



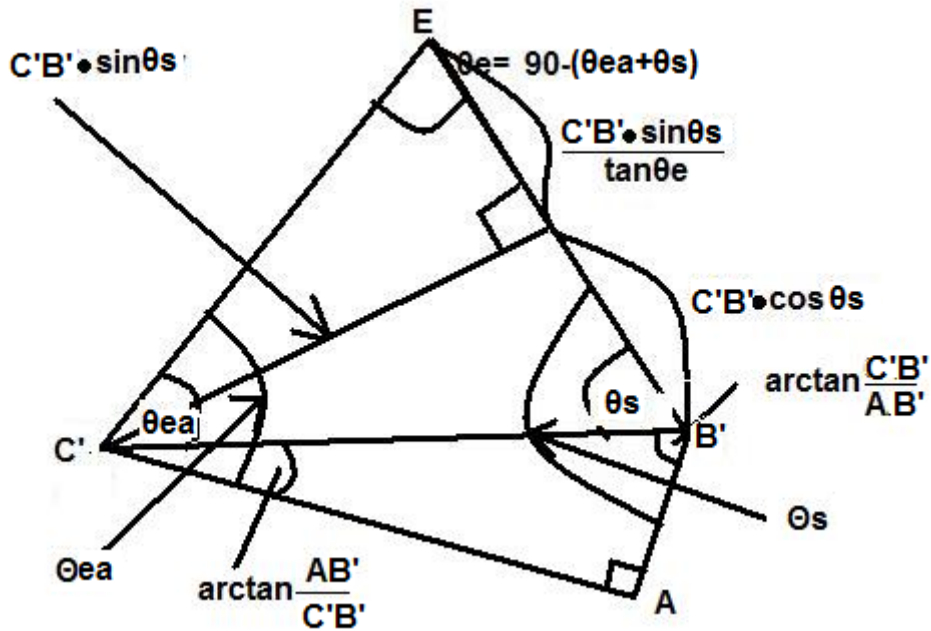
ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXII Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

Από τον ανατολικό τοίχο το εμβαδόν της σκιάς είναι $Ase4$ και από τον νότιο $Ass4$. Το συνολικό εμβαδό είναι το άθροισμα αυτών των 2 αλλά θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τραπέζιο $(A'C'EB')$ με τις 2 γωνίες Θ_{ea} και Θ_s

$$\Theta_{ea} = \arctan\left(\frac{BA(=Hc)}{(C'A - B''B)}\right), \Theta_s = \arctan\left(\frac{CA(=Wc)}{(B'A - D'C)}\right) \quad (9.1.3.IV.IV.1)$$

Χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα όπως και πριν με την ενδιάμεση πλευρά είναι η υποτείνουσα του ορθογωνίου τρίγωνο $(C'B'A)$:

$$C'B' = \sqrt{C'A^2 + B'A^2} \quad (9.1.3.IV.IV.2)$$



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXXIII Τραπεζίο αποκοπής εμβαδού σκιάς

Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'B' \cdot \cos \theta_s + \frac{C'B' \cdot \sin \theta_s}{\tan \theta_e}) \cdot C'B' \cdot \sin \theta_s}{2} + \frac{B'A \cdot C'A}{2} \quad (9.1.3.IV.IV.3)$$

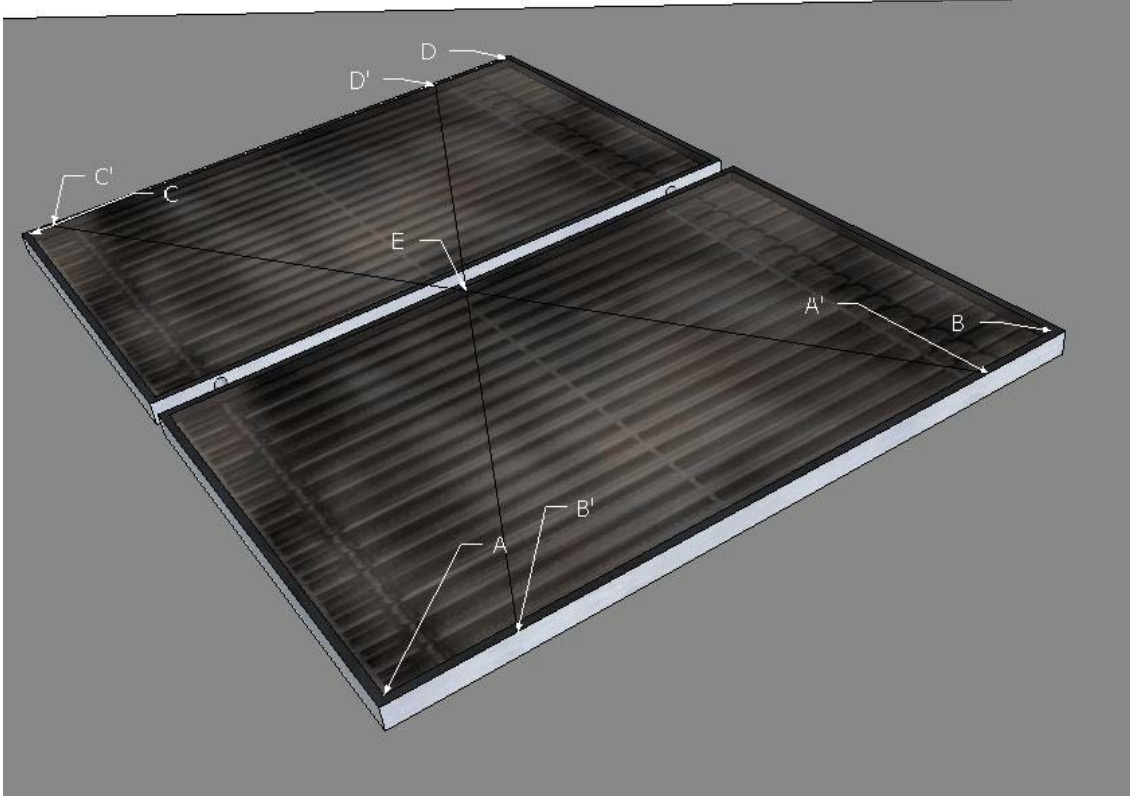
οι γωνίες θ_s και θ_w υπολογίζονται εύκολα:

$$\theta_s = \Theta_s - \arctan \frac{AC'}{B'A}, \quad \theta_{ea} = \Theta_{ea} - \arctan \frac{B'A}{AC'} \quad (9.1.3.IV.IV.4)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$A_{stot} = A_{ss4} + A_{se4} - area \quad (9.1.3.IV.IV.5)$$

- ε. Εάν το μήκος $Dte > (D, At)$ και $De < (A, At)$ θα δημιουργηθεί από την σκιά και το συλλέκτη ένα τραπέζιο $DD'B'B$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXXIV Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

Από τον ανατολικό τοίχο το εμβαδόν της σκιάς είναι $Ase5$ και από τον νότιο $Ass4$

Τώρα έχουμε 3 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $AA'+BB' < Hc$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το όσο του αθροίσματος των 2 εμβαδών :

$$Astot = Ase5 + Ass4 \quad (9.1.3.IV.V.1)$$

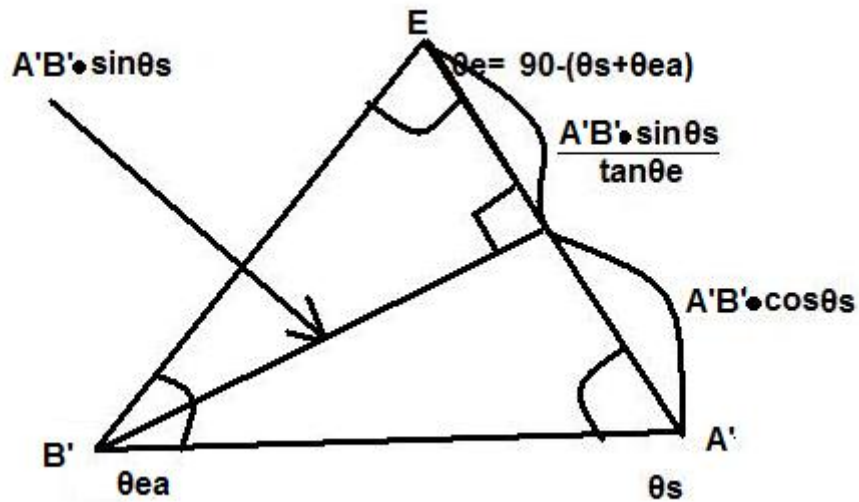
Εάν το μήκος $CC'+DD' > Hc$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το όσο του όλο το εμβαδόν του συλλέκτη:

$$Astot = Hc \cdot Wc \quad (9.1.3.IV.V.2)$$

Εάν το μήκος $AA'+BB' > Hc$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι όσο πριν αλλά θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τριγωνάκι ($B'A'E$) με τις 2 γωνίες θ_{ea} και θ_s

$$\theta_{ea} = \arctan\left(\frac{BD = (Wc)}{(B'B - D'D)}\right), \theta_s = \arctan\left(\frac{CA (= Wc)}{(A'A - C'C)}\right) \quad (9.1.3.IV.V.3,4)$$

Για να βρούμε το εμβαδόν του τριγώνου χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXXV Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

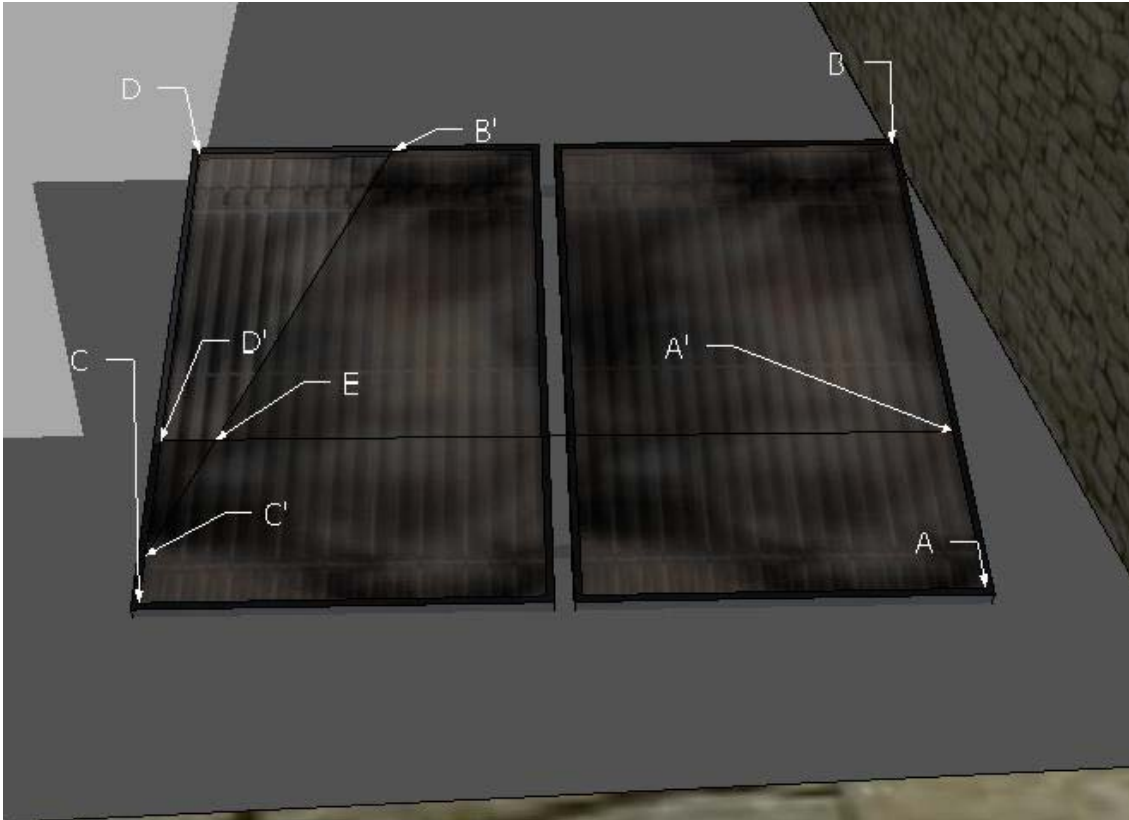
Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(B'A' \cdot \cos \theta_s + \frac{B'A' \cdot \sin \theta_s}{\tan \theta_e}) \cdot B'A' \cdot \sin \theta_s}{2} \quad (9.1.3.IV.V.5)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$A_{stot} = A_{se5} + A_{ss4} - area \quad (9.1.3.IV.V.6)$$

- f. Εάν το μήκος $Dte > (B, At)$ και $Dte < (D, At)$ και $De > (C, At)$ έχουμε ένα τρίγωνο που δημιουργείται στο οποίο **δεν** σκιάζεται ο συλλέκτης $DB'D'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXXVI Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

Από τον ανατολικό τοίχο το εμβαδόν της σκιάς είναι $Ase6$ και από τον νότιο $Ass4$

Τώρα έχουμε 2 περιπτώσεις:

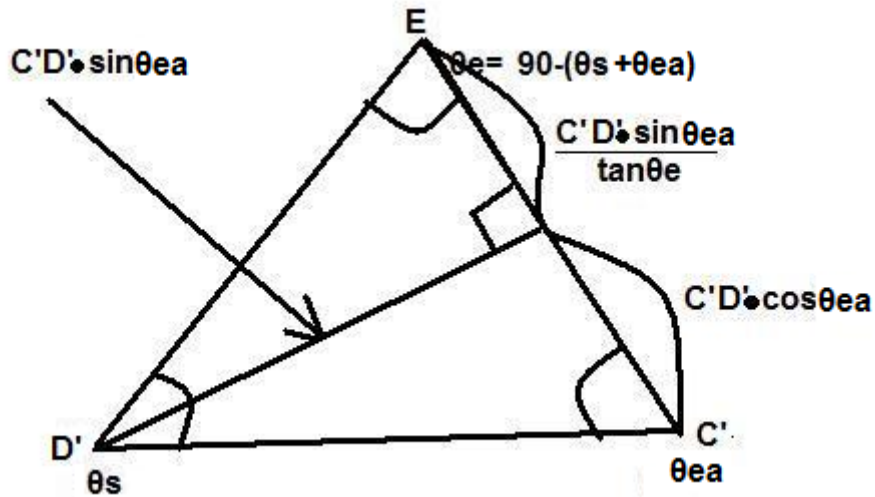
Εάν το μήκος $CC' > CD'$ τότε το συνολικό εμβαδόν είναι το όσο του εμβαδού $Ase6$:

$$Astot = Ase6 \quad (9.1.3.IV.VI.1)$$

Εάν το μήκος $CC' < CD'$ τότε το συνολικό εμβαδόν είναι όσο το άθροισμα των δύο εμβαδών αλλά θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τριγωνάκι ($C'D'E$) με τις 2 γωνίες θ_{ea} και θ_s

$$\theta_{ea} = \arctan\left(\frac{B'D}{C'D}\right), \theta_s = 180 - \arctan\left(\frac{DB(=Wc)}{(D'D - A'B)}\right) \quad (9.1.3.IV.VI.2,3)$$

Για να βρούμε το εμβαδόν του τριγώνου χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXXVII Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

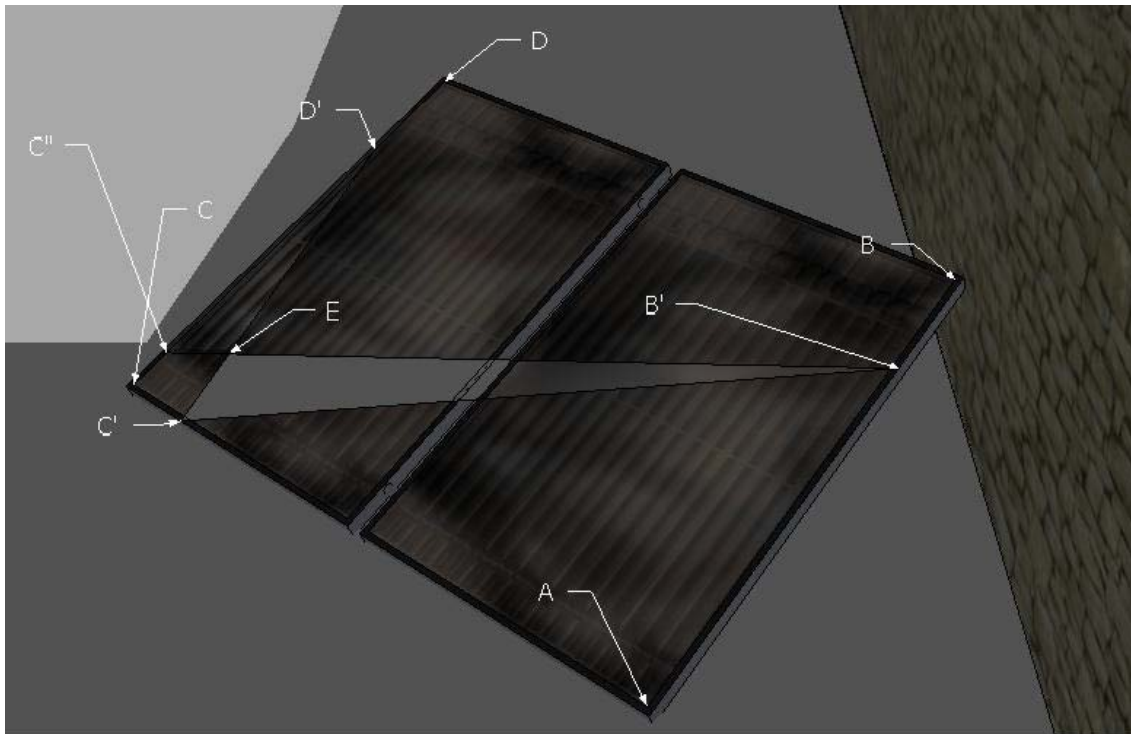
Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'D' \cdot \cos \theta_s + \frac{C'D' \cdot \sin \theta_s}{\tan \theta_e}) \cdot C'D' \cdot \sin \theta_s}{2} \quad (9.1.3.IV.VI.4)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$A_{tot} = A_{se6} + A_{ss4} - area \quad (9.1.3.IV.VI.5)$$

- g. Εάν το μήκος $Dte > (D, At)$ και $De > (A, At)$ και $De < (C, At)$ έχουμε πάλι ένα τρίγωνο που δημιουργείται στο οποίο **δεν** σκιάζεται ο συλλέκτης $CC'A'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXXVIII Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

Από τον ανατολικό τοίχο το εμβαδόν της σκιάς είναι $Ase7$ και από τον νότιο $Ass4$

Τώρα έχουμε 2 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $CC'' > CD'$ τότε το συνολικό εμβαδόν είναι το όσο το εμβαδόν του συλλέκτη:

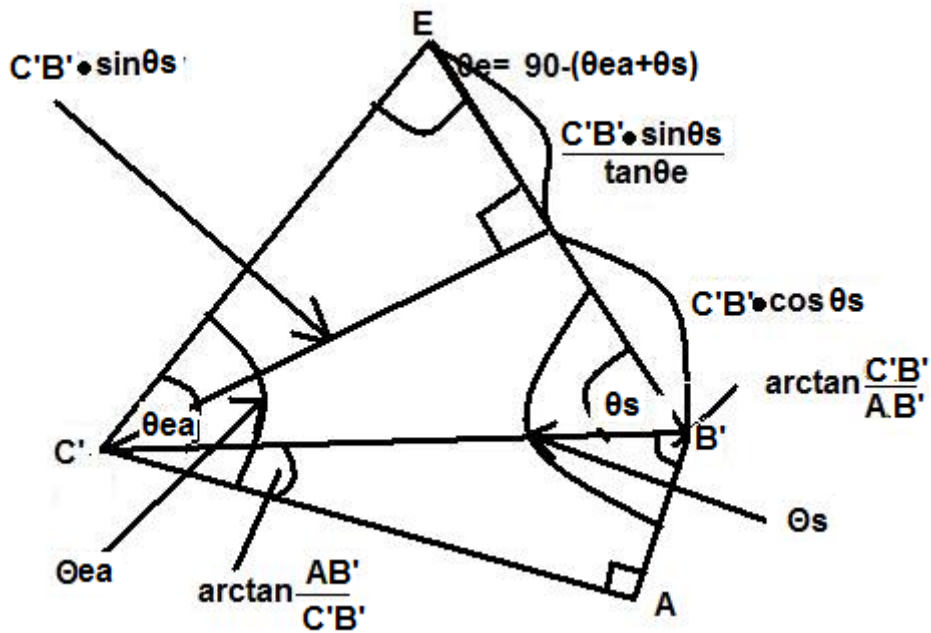
$$Astot = Hc \bullet Wc \quad (9.1.3.IV.VII.1)$$

Εάν το μήκος $CC'' < CD'$ τότε το συνολικό εμβαδόν είναι είναι το άθροισμα αυτών των 2 αλλά θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τραπέζιο ($AC'EB'$) με τις 2 γωνίες Θ_{ea} και Θ_s

$$\Theta_{ea} = 180 - \arctan\left(\frac{CD'}{C'C}\right), \Theta_s = \arctan\left(\frac{CA(=Wc)}{B'A - C''C}\right) \quad (9.1.3.IV.VII.2,3)$$

Χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα όπως και πριν με την ενδιάμεση πλευρά είναι η υποτείνουσα του ορθογωνίου τρίγωνο ($C'B'A$):

$$C'B' = \sqrt{C'A^2 + B'A^2} \quad (9.1.3.IV.VII.4)$$



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXXIX Τραπεζίο αποκοπής εμβαδού σκιάς

Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'B' \cdot \cos \theta_s + \frac{C'B' \cdot \sin \theta_s}{\tan \theta_e}) \cdot C'B' \cdot \sin \theta_s}{2} + \frac{B'A \cdot C'A}{2} \quad (9.1.3.IV.VII.5)$$

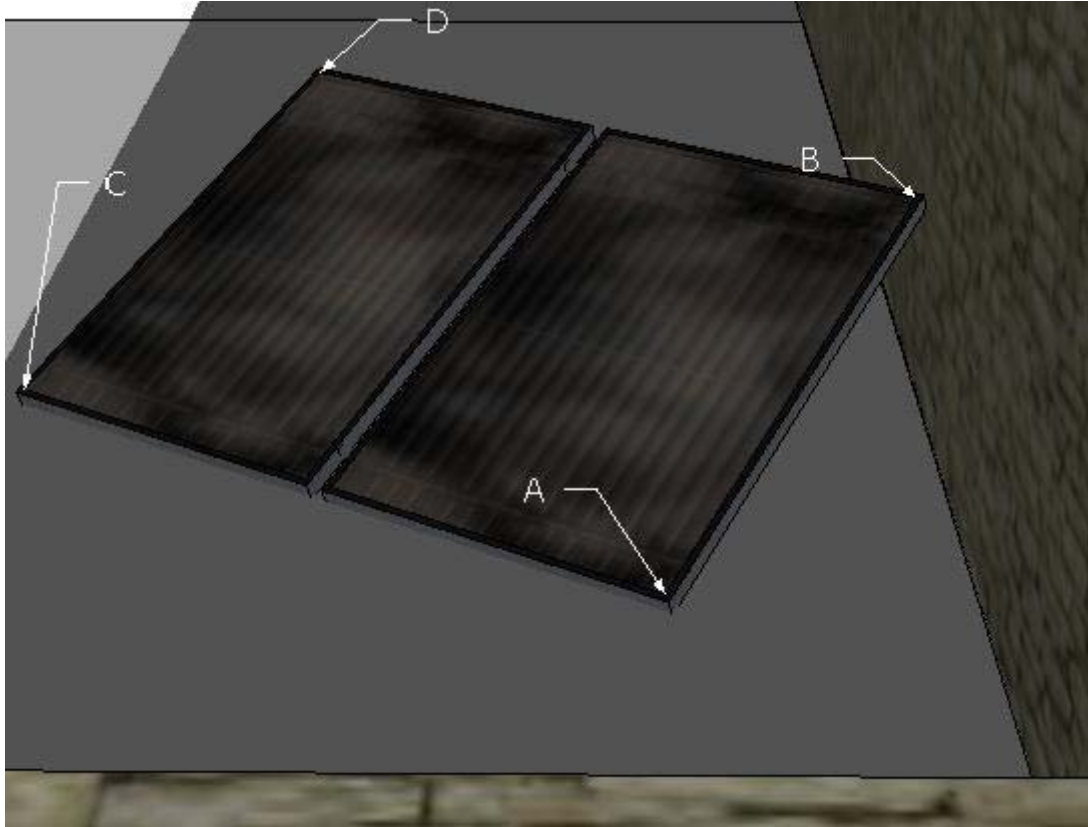
οι γωνίες θ_s και θ_w υπολογίζονται εύκολα:

$$\theta_s = \Theta_s - \arctan \frac{AC'}{B'A}, \quad \theta_{ea} = \Theta_{ea} - \arctan \frac{B'A}{AC'} \quad (9.1.3.IV.VII.6,7)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$Astot = Ass4 + Ase7 - area \quad (9.1.3.IV.VII.8)$$

- h. Εάν το μήκος $D_e > (C, A_t)$ και $D_{te} > (D, A_t)$ τότε όλη η περιοχή του συλλέκτη είναι κάτω από σκιά :



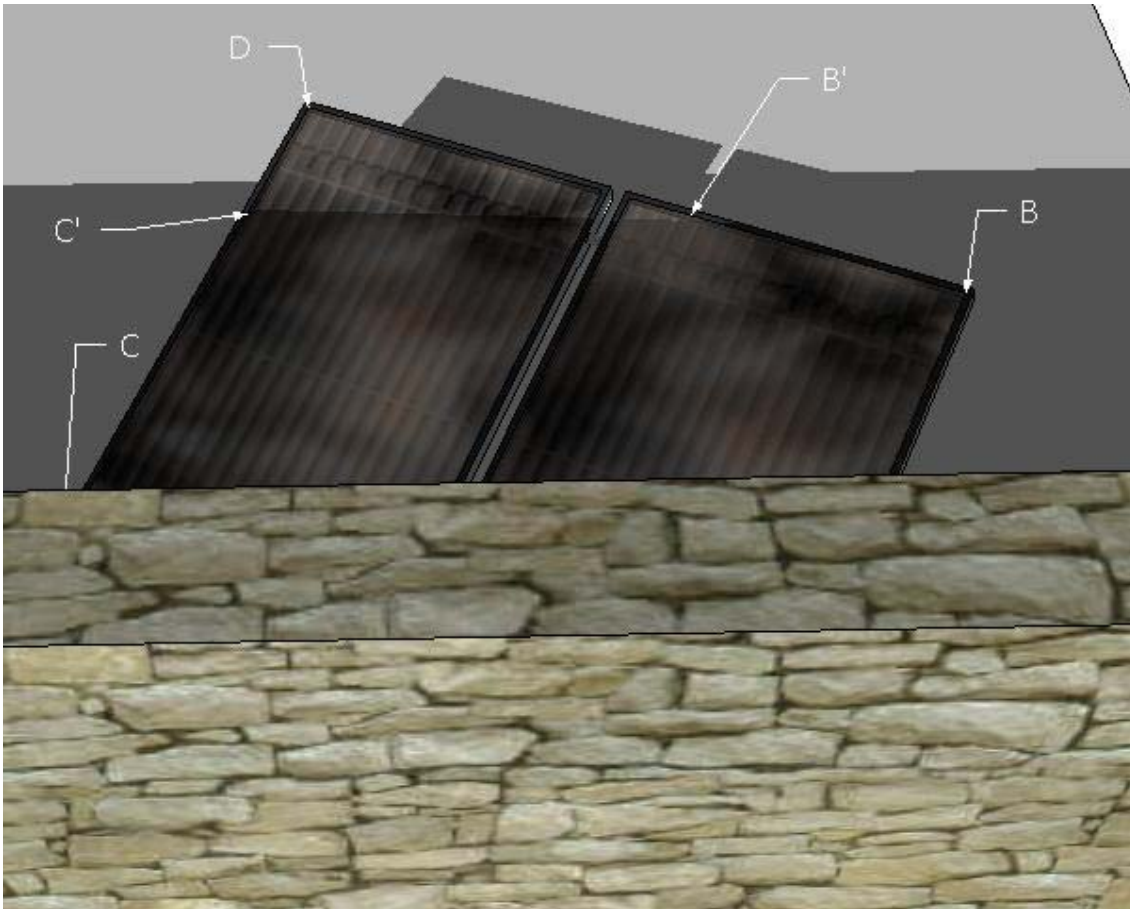
ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXXX Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

$$A_s = H_c \cdot W_c = A_{se8}$$

(9.1.3.IV.VIII)

5) Περίπτωση 5 από τον τοίχο στον νότο:

- a. Εάν το μήκος $D_{te} < (B, A_t)$ και $D_e < (A, A_t)$ τότε δεν καλύπτεται καθόλου ο συλλέκτης από σκιά:

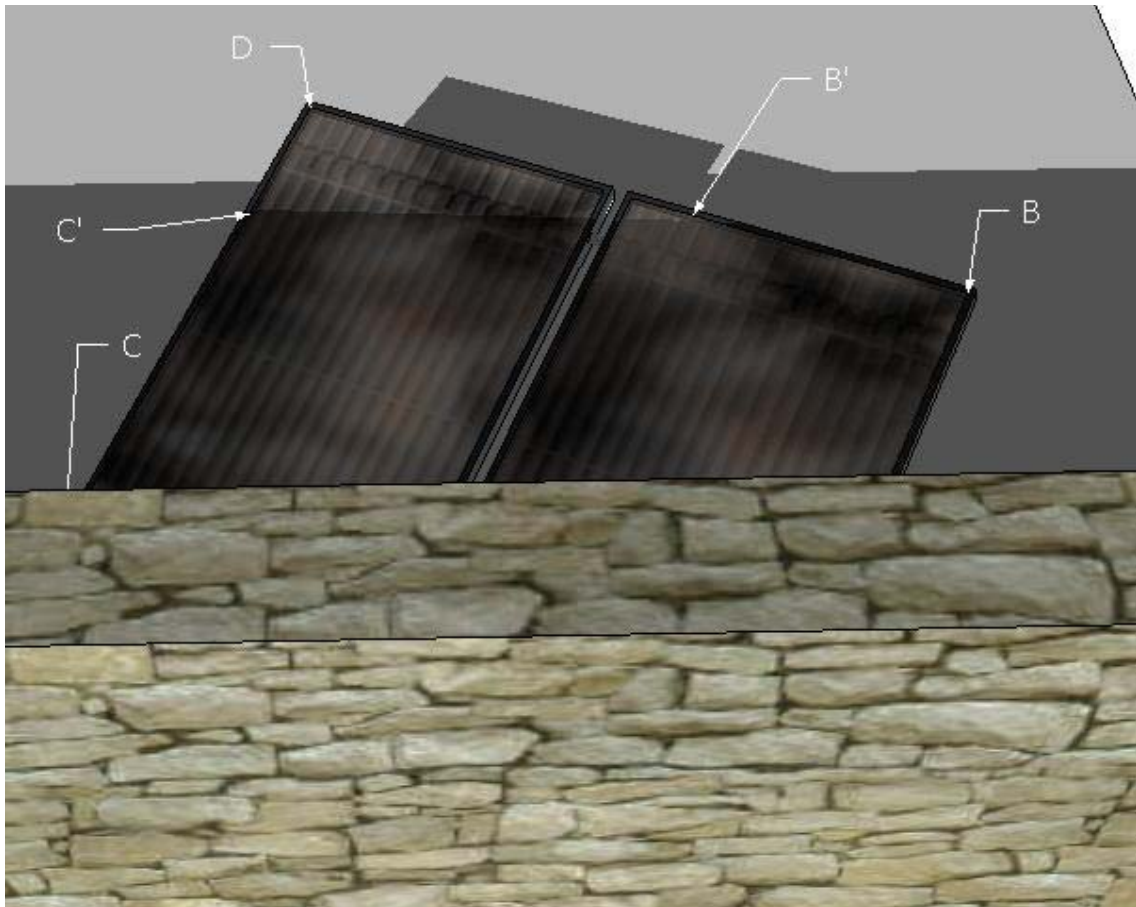


ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXXXX Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

As=Ass5

(9.1.3.V.I)

- b. Εάν το μήκος $D_{te} < (B, A_t)$ και $D_e > (A, A_t)$ και $D_e < (C, A_t)$ δημιουργείται το ορθογώνιο τρίγωνο $AA'B''$:



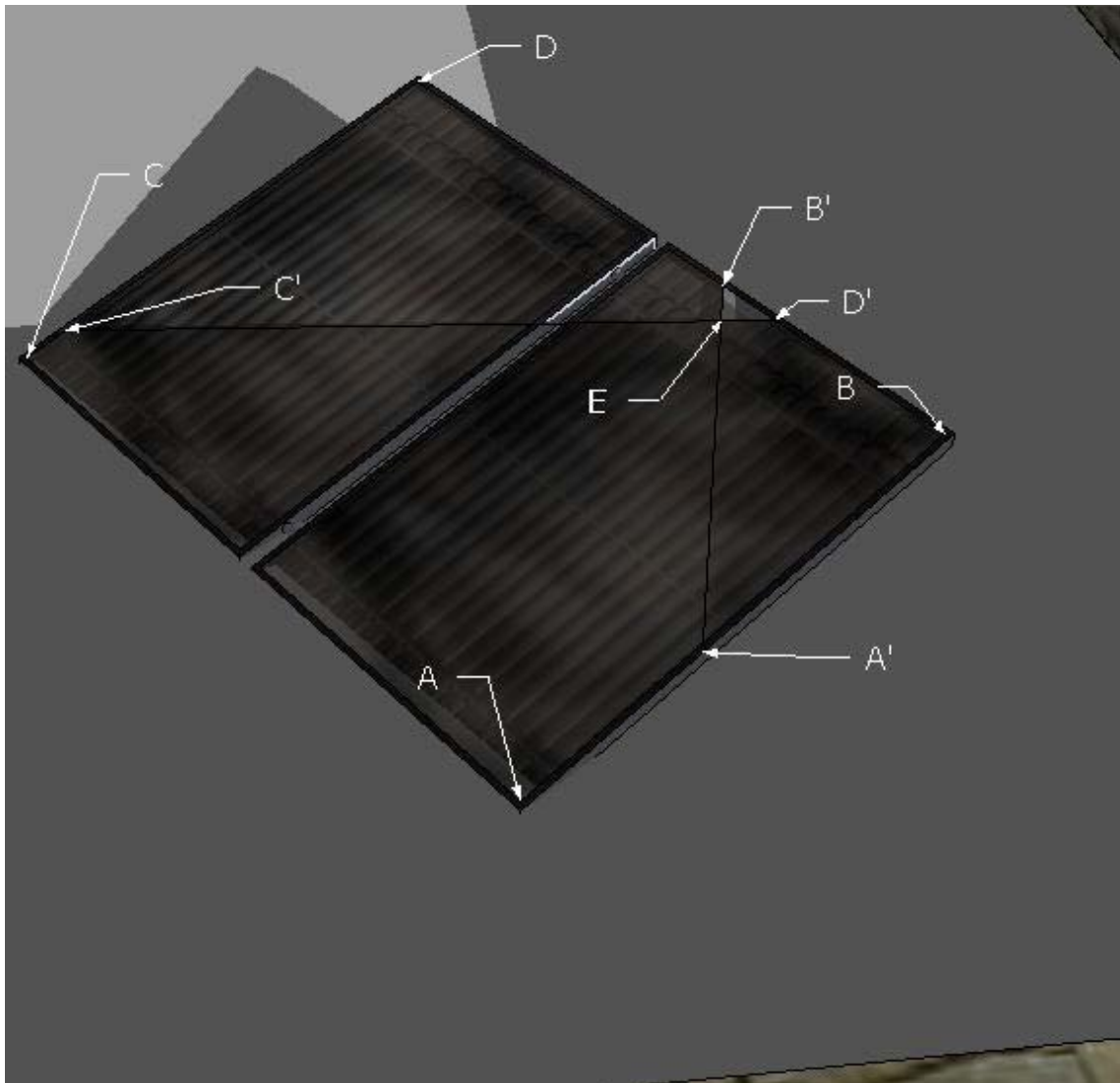
ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXXXII Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

επειδή το εμβαδόν της σκιάς από τον ανατολικό τοίχο καλύπτεται από τον νότιο το συνολικό εμβαδόν είναι:

$$A_s = A_{s5}$$

(9.1.3.V.II)

- c. Εάν το μήκος $Dte > (B, Aτ)$ και $De < (A, Aτ)$ και $Dte < (D, Aτ)$ δημιουργείται τώρα το ορθογώνιο τρίγωνο $BA'B'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXXXIII Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

Από τον ανατολικό τοίχο το εμβαδόν της σκιάς είναι $Ase3$ και από τον νότιο $Ass5$

Τώρα έχουμε 2 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $BB' < BD'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το όσο της σκιάς του ανατολικού τοίχου $Ass5$:

$$Astot = Ass5 \quad (9.1.3.V.III.1)$$

Εάν το μήκος $BB' > BD'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το όσο του αθροίσματος $Ase3$ και $Ass5$ αλλά θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τριγωνάκι $(B'D'E)$ με τις 2 γωνίες θ_{ea} και θ_s

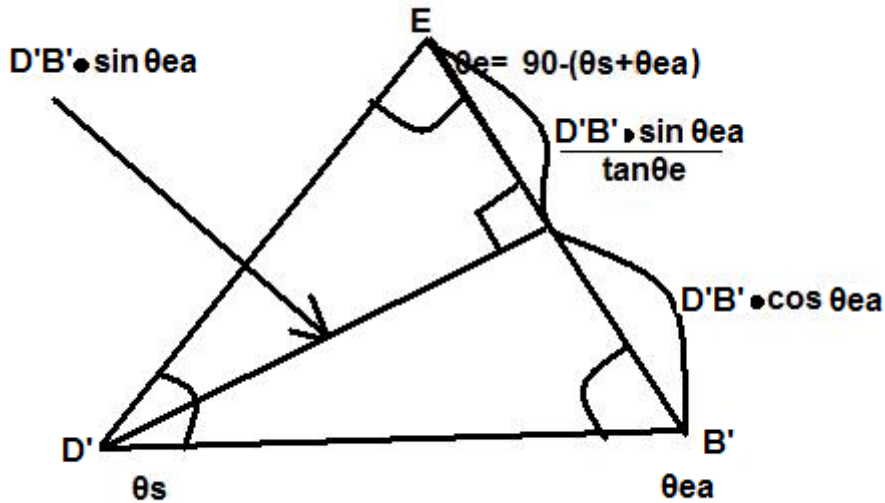
$$\theta_{ea} = \arctan\left(\frac{A'B}{B'B}\right), \theta_s = \arctan\left(\frac{C'D}{D'D}\right) \quad (9.1.3.V.III.2,3)$$

και την ενδιάμεση πλευρά που είναι η διαφορά των μηκών:

$$D'D + BB' - Wc$$

(9.1.3.V.III.4)

για να βρούμε το εμβαδόν του τριγώνου χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXXXIV Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

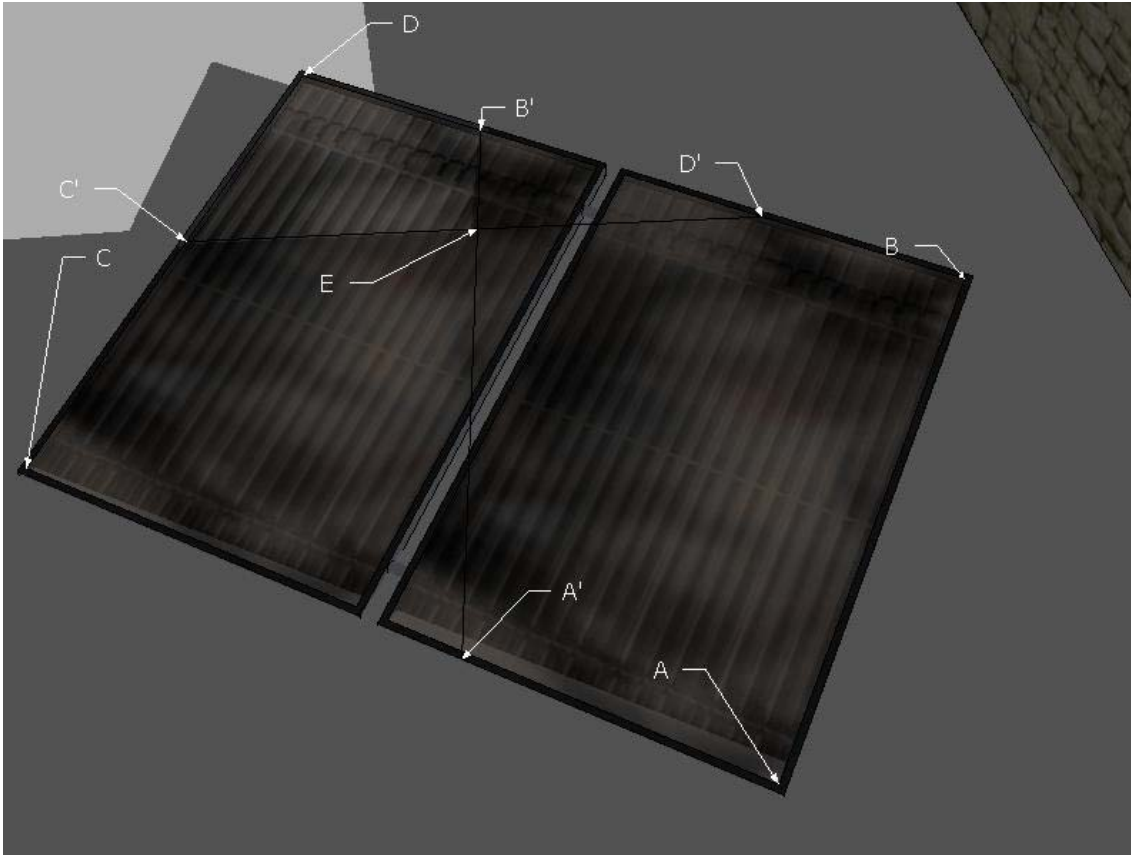
Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(D'B' \cdot \cos \theta a + \frac{D'B' \cdot \sin \theta a}{\tan \theta e}) \cdot D'B' \cdot \sin \theta a}{2} \quad (9.1.3.V.III.5)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$A_{tot} = A_{se3} + A_{ss5} - area \quad (9.1.3.V.III.6)$$

- d. Εάν το μήκος $Dte > (B, At)$ και $Dte < (D, At)$ και $De < (C, At)$ και $De > (A, At)$ θα δημιουργηθεί από την σκιά και το συλλέκτη ένα τραπέζιο $ABB'A'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXXXV Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

Από τον ανατολικό τοίχο το εμβαδόν της σκιάς είναι $Ase4$ και από τον νότιο $Ass5$

Τώρα έχουμε 2 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $BB' < BD'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το όσο της σκιάς του ανατολικού τοίχου $Ass5$:

$$Astot = Ass5 \quad (9.1.3.V.IV.1)$$

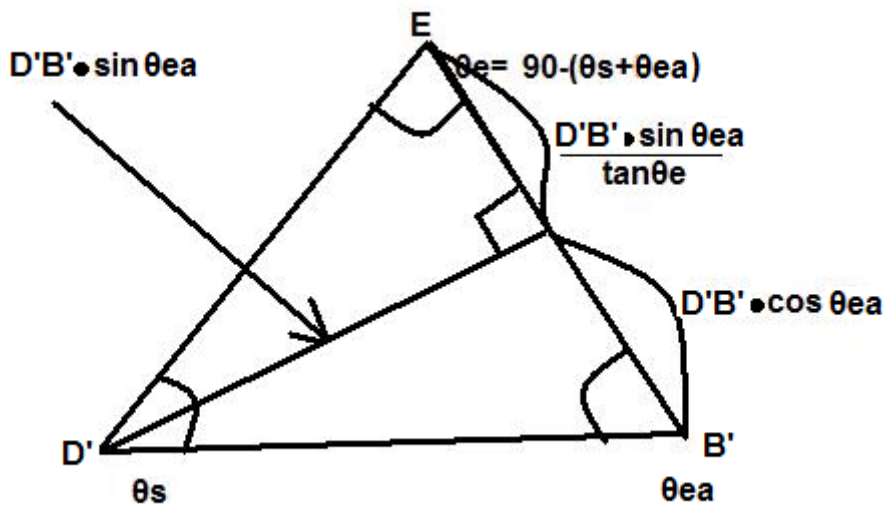
Εάν το μήκος $BB' > BD'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το όσο του αθροίσματος $Ase4$ και $Ass5$ αλλά θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τριγωνάκι $(B'D'E)$ με τις 2 γωνίες θ_{ea} και θ_s

$$\theta_{ea} = \arctan\left(\frac{AB(=Hc)}{(B'B - A'A)}\right), \theta_s = \arctan\left(\frac{C'D}{D'D}\right) \quad (9.1.3.V.IV.2,3)$$

και την ενδιάμεση πλευρά που είναι η διαφορά των μηκών:

$$D'D + BB' - Wc \quad (9.1.3.V.IV.4)$$

Για να βρούμε το εμβαδόν του τριγώνου χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXXXVI Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

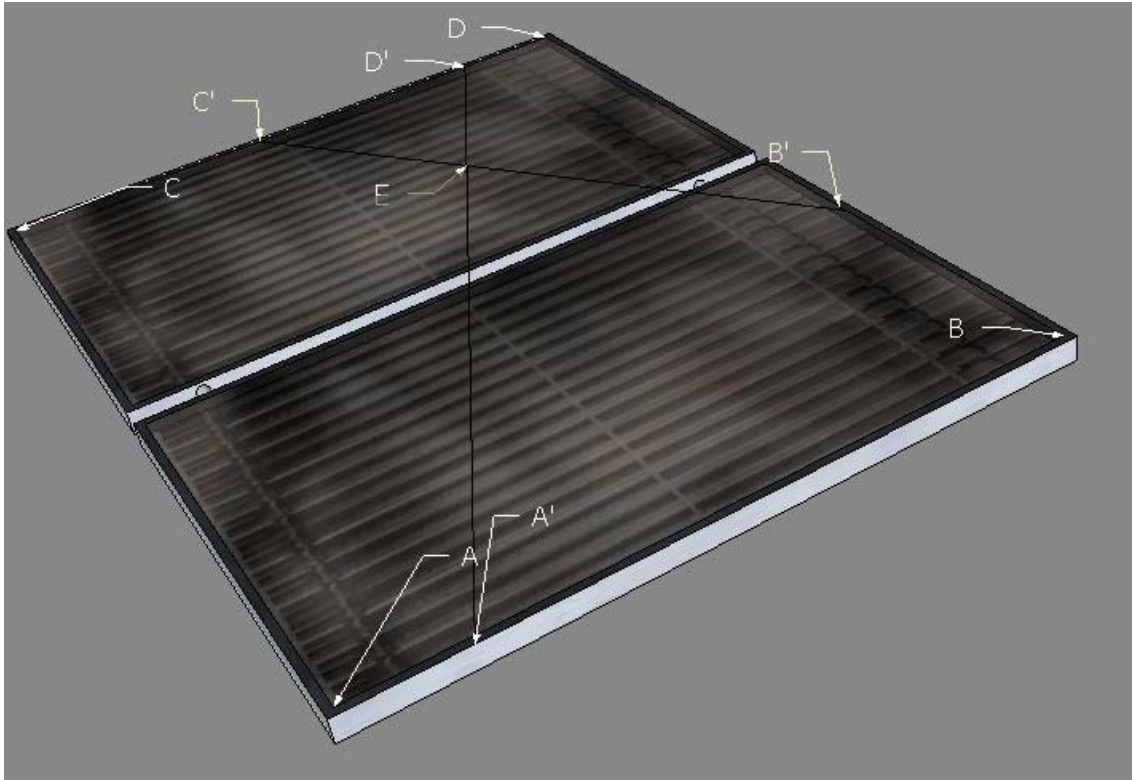
Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(D'B' \cdot \cos \theta_{ea} + \frac{D'B' \cdot \sin \theta_{ea}}{\tan \theta_e}) \cdot D'B' \cdot \sin \theta_{ea}}{2} \quad (9.1.3.V.IV.5)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$Astot = Ase4 + Ass5 - area \quad (9.1.3.V.IV.6)$$

- ε. Εάν το μήκος $D'e > (D, A\tau)$ και $D'e < (A, A\tau)$ θα δημιουργηθεί από την σκιά και το συλλέκτη ένα τραπέζιο $ABB'A'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXXXVII Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

Από τον ανατολικό τοίχο το εμβαδόν της σκιάς είναι $Ase5$ και από τον νότιο $Ass5$

Τώρα έχουμε 2 περιπτώσεις:

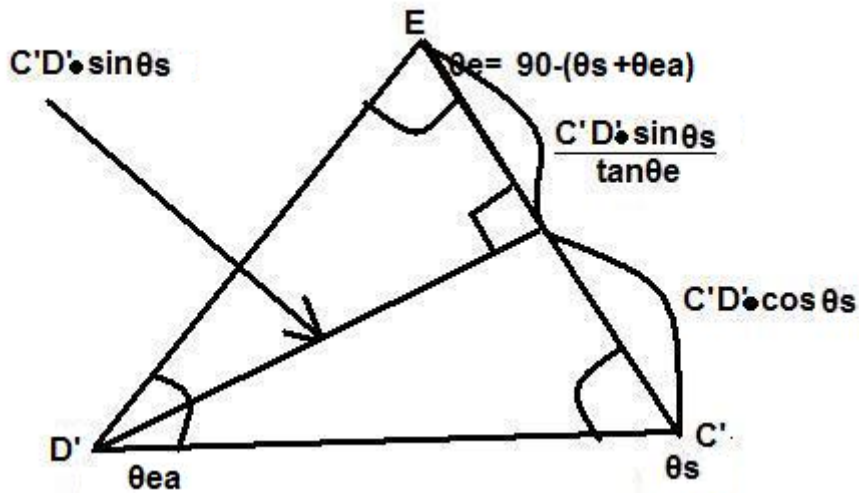
Εάν το μήκος $CC' > CD'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το όσο του εμβαδού του συλλέκτη :

$$A_{stot} = Hc \cdot Wc \quad (9.1.3.V.V.1)$$

Εάν το μήκος $CC' < CD'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι όσο το άθροισμα των δύο εμβαδών αλλά θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τριγωνάκι ($C'D'E$) με τις 2 γωνίες θ_{ea} και θ_s

$$\theta_{ea} = \arctan\left(\frac{AC(=Wc)}{(D'C - A'A)}\right), \theta_s = \arctan\left(\frac{B'D}{C'D}\right) \quad (9.1.3.V.V.2,3)$$

Για να βρούμε το εμβαδόν του τριγώνου χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXXXVIII Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

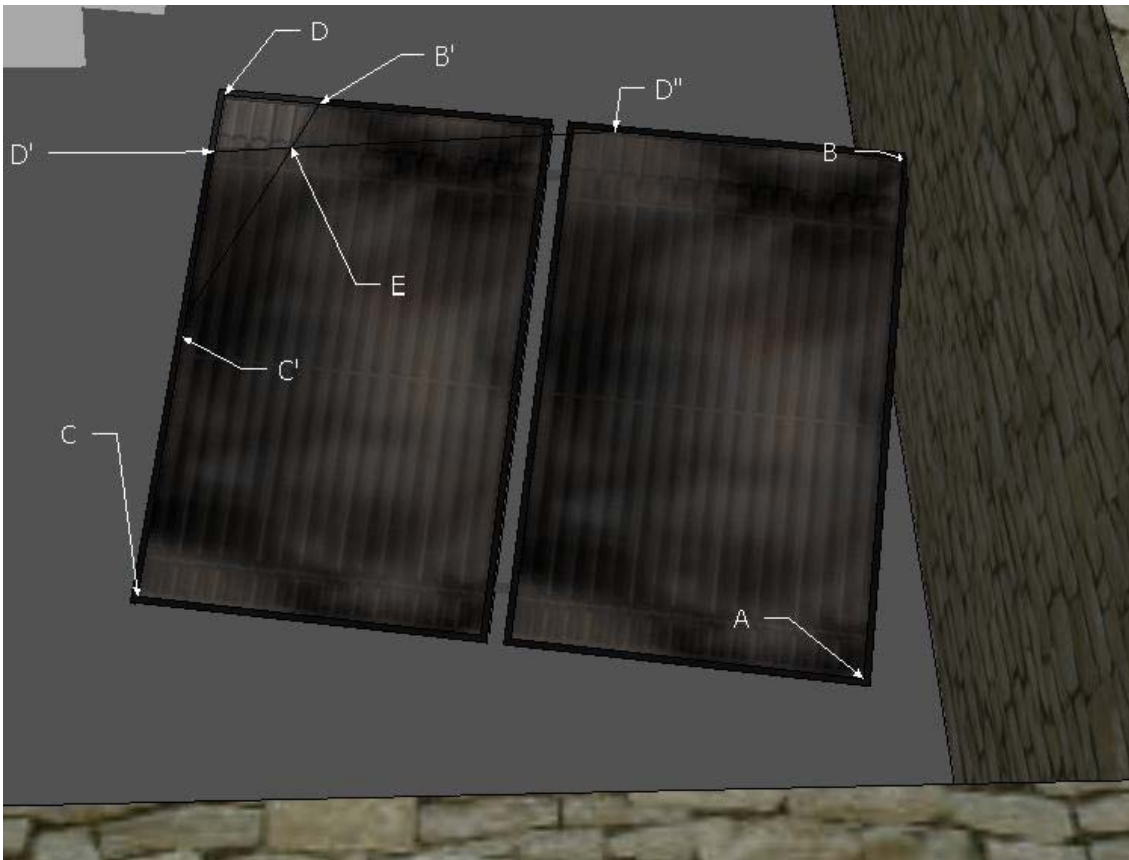
Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'D' \cdot \cos \theta_s + \frac{C'D' \cdot \sin \theta_s}{\tan \theta_e}) \cdot C'D' \cdot \sin \theta_s}{2} \quad (9.1.3.V.V.4)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$Astot = Ase5 + Ass5 - area \quad (9.1.3.V.V.5)$$

- f. Εάν το μήκος $Dte > (B, At)$ και $Dte < (D, At)$ και $De > (C, At)$ έχουμε ένα τρίγωνο που δημιουργείται στο οποίο **δεν** σκιάζεται ο συλλέκτης $DB'D'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXXXIX Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

Από τον ανατολικό τοίχο το εμβαδόν της σκιάς είναι $Ase6$ και από τον νότιο $Ass5$

Τώρα έχουμε 4 περιπτώσεις:

Εάν το μήκος $CC' > CD'$ και $BB' > BD''$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το όσο του $Ase6$:

$$Astot = Ase6 \quad (9.1.3.V.VI.1)$$

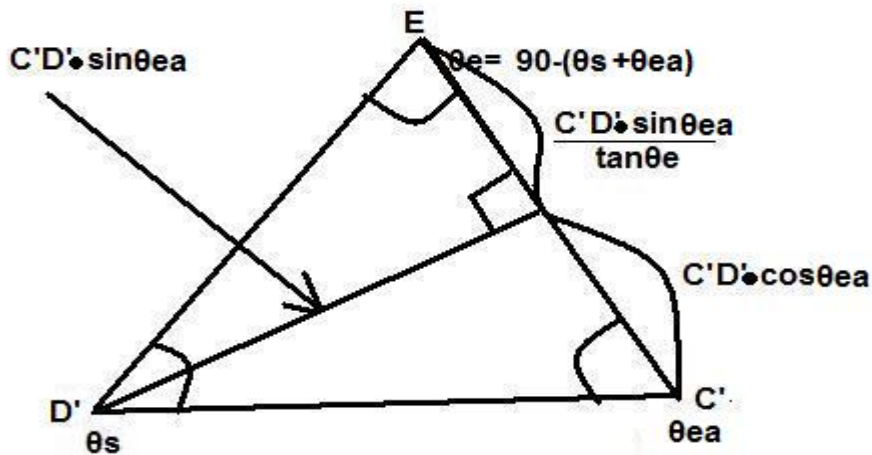
Εάν το μήκος $CC' < CD'$ και $BB' < BD''$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το όσο του $Ass5$:

$$Astot = Ass5 \quad (9.1.3.V.VI.2)$$

Εάν το μήκος $CC' < CD'$ και $BB' > BD''$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το άθροισμα του $Ase6$ αλλά θα πρέπει να προστεθεί ένα τριγωνάκι ($C'D'E$) με τις 2 γωνίες θ_{ea} και θ_s

$$\theta_{ea} = \arctan\left(\frac{B'D}{C'D}\right), \theta_s = 180 - \arctan\left(\frac{D''D}{D'D}\right) \quad (9.1.3.V.VI.3)$$

Για να βρούμε το εμβαδόν του τριγώνου χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα: το ίδιο τέχνασμα:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXXXX Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'D' \cdot \cos \theta_{ea} + \frac{C'D' \cdot \sin \theta_{ea}}{\tan \theta_e}) \cdot C'D' \cdot \sin \theta_{ea}}{2} \quad (9.1.3.V.VI.4)$$

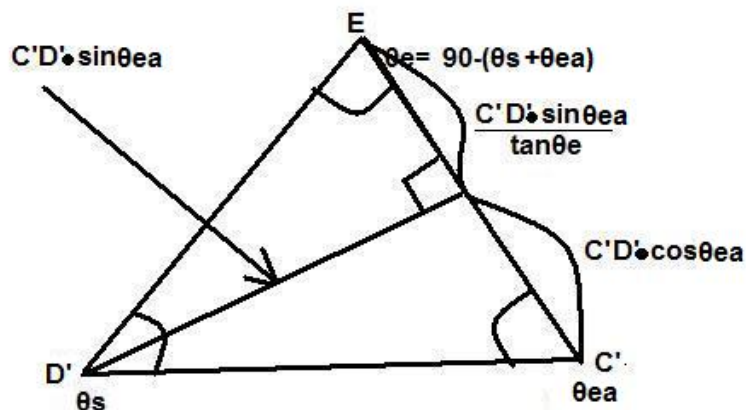
άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$A_{tot} = A_{σεβ} + area \quad (9.1.3.V.VI.5)$$

Εάν το μήκος $CC' > CD'$ και $BB' < BD''$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι είναι το άθροισμα του A_{ss5} αλλά θα πρέπει να προσθεθεί ένα τριγωνάκι $(C'D'E)$ με τις 2 γωνίες θ_{ea} και θ_s

$$\theta_{ea} = 180 - \arctan\left(\frac{B'D}{C'D}\right), \theta_s = \arctan\left(\frac{D''D}{D'D}\right) \quad (9.1.3.V.VI.6,7)$$

Για να βρούμε το εμβαδόν του τριγώνου χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXXXXI Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

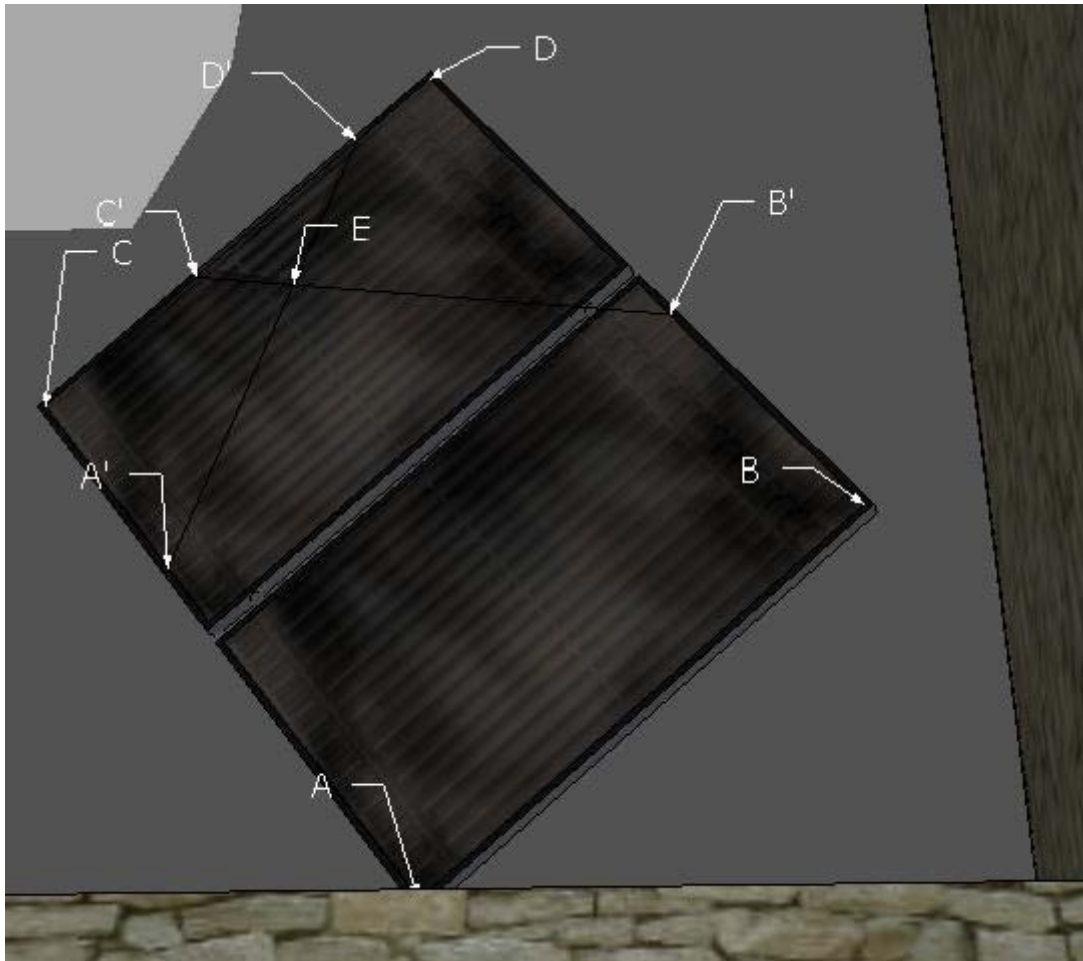
Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'D' \cdot \cos \theta_{ea} + \frac{C'D' \cdot \sin \theta_{ea}}{\tan \theta_e}) \cdot C'D' \cdot \sin \theta_{ea}}{2} \quad (9.1.3.V.VI.8)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$Astot = Ass5 + area \quad (9.1.3.V.VI.9)$$

- g. Εάν το μήκος $D'e > (D, A\tau)$ και $D'e > (A, A\tau)$ και $D'e < (C, A\tau)$ έχουμε πάλι ένα τρίγωνο που δημιουργείται στο οποίο **δεν** σκιάζεται ο συλλέκτης $CC'A'$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXXXXII Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

Από τον ανατολικό τοίχο το εμβαδόν της σκιάς είναι $Ase7$ και από τον νότιο $Ass5$

Τώρα έχουμε 2 περιπτώσεις:

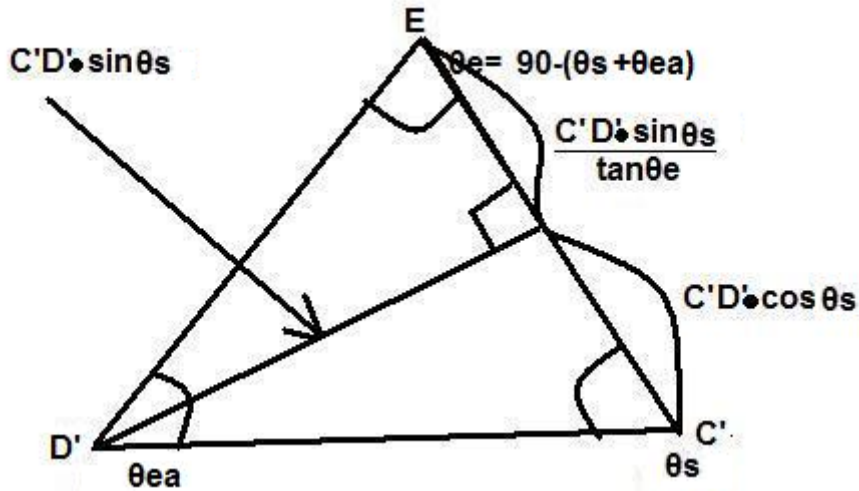
Εάν το μήκος $CC' > CD'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι το όσο του εμβαδού του συλλέκτη :

$$A_{\text{σολ}} = H_c \cdot W_c \quad (9.1.3.V.VII.1)$$

Εάν το μήκος $CC' < CD'$ τότε το συνολικό εμβαδό είναι όσο του εμβαδού του συλλέκτη αλλά θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα τριγωνάκι $(C'D'E)$ με τις 2 γωνίες θ_{ea} και θ_s

$$\theta_{ea} = \arctan\left(\frac{A'C}{D'C}\right), \theta_s = \arctan\left(\frac{B'D}{C'D}\right) \quad (9.1.3.V.VII.2,3)$$

Για να βρούμε το εμβαδόν του τριγώνου χρησιμοποιούμε το ίδιο τέχνασμα:



ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXXXXIII Τρίγωνο αποκοπής εμβαδού σκιάς

Έτσι το εμβαδόν του ισούται με

$$area = \frac{(C'D' \cdot \cos \theta_s + \frac{C'D' \cdot \sin \theta_s}{\tan \theta_e}) \cdot C'D' \cdot \sin \theta_s}{2} \quad (9.1.3.V.VII.4)$$

άρα το συνολικό υπό σκιά εμβαδό:

$$A_{stot} = H_c \cdot W_c - area \quad (9.1.3.V.VII.5)$$

- h. Εάν το μήκος $D_e > (C, A_t)$ και $D_{te} > (D, A_t)$ τότε όλη η περιοχή του συλλέκτη είναι κάτω από σκιά :



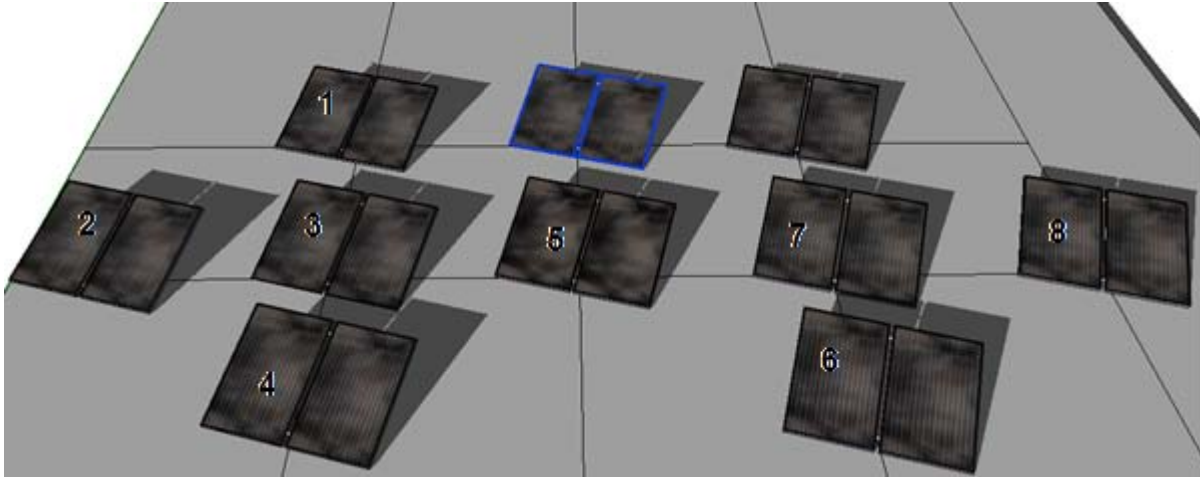
ΕΙΚΟΝΑ 9.1.3.XXXXXXIV Σκίαση ηλιακού συλλέκτη από ανατολικό και νότιο τοίχο

$$A_s = H_c \cdot W_c = A_{ss8}$$

(9.1.3.V.VIII)

9.2 Επιφάνεια συλλεκτών υπό σκιά λόγω συλλέκτη

Τοποθετώντας τους συλλέκτες σε ίσες αποστάσεις μεταξύ τους και από τους τοίχους μειώνονται οι περιπτώσεις σκίασης ενός συλλέκτη από άλλον εκτός των διπλανών του δηλαδή όπως το παρακάτω σχήμα μπορεί να δεχθεί σκιά από τους 8 γύρω του συλλέκτες:



ΕΙΚΟΝΑ 9.2.I Τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών

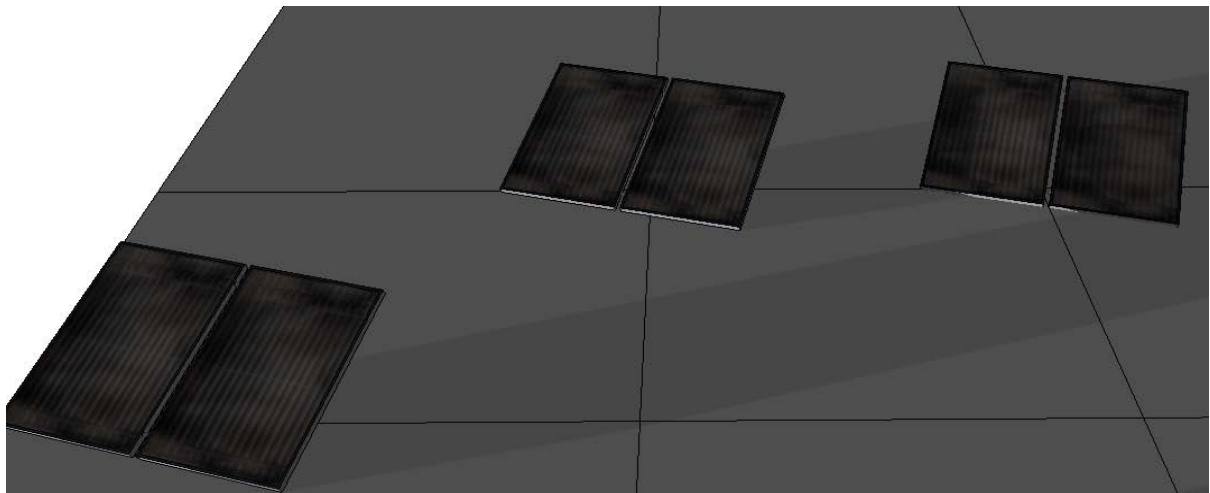
Με αυτό το στήσιμο δεν μπορεί να καλύπτεται από άλλον αφού θα υπάρχει ενδιάμεσος συλλέκτης (οπτική επαφή με άλλο συλλέκτη). Έτσι περιγράφουμε τις επόμενες περιπτώσεις:

Γνωρίζουμε τις αποστάσεις συλλεκτών:

Απόσταση του κέντρου του κάτω μέρους του συλλεκτών οριζόντιος: **do**

Απόσταση του κέντρου του άνω μέρους του συλλεκτών καθέτως: **dk**

Γενικά :

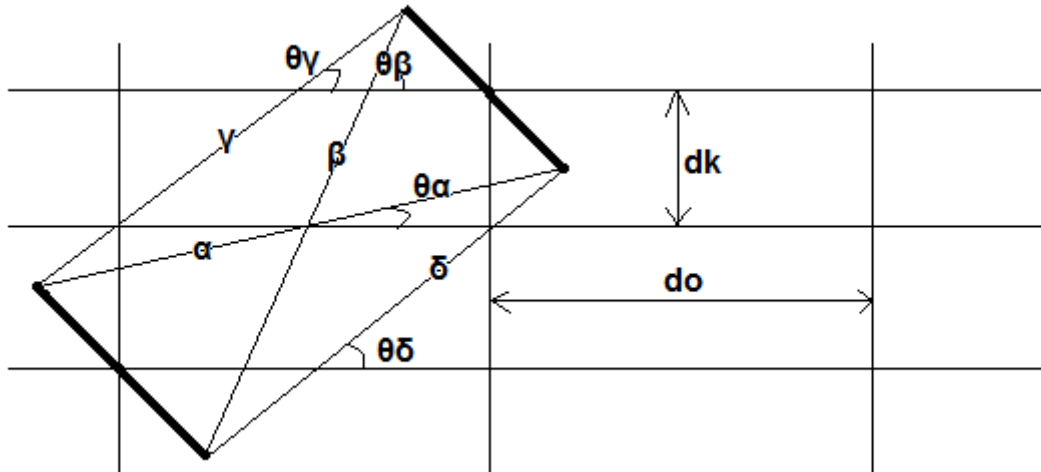


ΕΙΚΟΝΑ 9.2.II Παράδειγμα σκίασης ηλιακού συλλέκτη

Έχουμε 2 βασικούς παραμέτρους το ηλιακό ύψος και την το αζιμούθιο του ηλίου που καθορίζουν αν θα σκιάζονται μεταξύ τους οι συλλέκτες η όχι. Έτσι για αυτήν την πρώτη περίπτωση θα πρέπει η απόσταση της σκιάς να είναι μεγαλύτερη από την εκάστοτε

απόσταση των σημείων των συλλεκτών που βρίσκονται στην ίδια ευθεία που έχει για γωνία το αζιμούθιο του ήλιου.

Αρχικά υπολογίζουμε τα εκάστοτε όρια που πρέπει να βρίσκεται η ακτίνα του ήλιου ώστε να σκιάζει τον εκάστοτε συλλέκτη και επειδή αυτά μεταφράζονται σε γωνίες και διαστήματα έχουμε για παράδειγμα:



ΕΙΚΟΝΑ 9.2.III Γωνίες μεταξύ των συλλεκτών

Δηλαδή στην ουσία θέλουμε να υπολογίσουμε τις γωνίες θ_α , θ_β , θ_γ και θ_δ .

για το α :

$$\begin{aligned} \kappa\alpha\theta &= 2 \cdot dk - Wc \cdot \sin(\gamma) \\ \rho &= do + Wc \cdot \cos(\gamma) \\ \theta_\alpha &= \arctan(\kappa\alpha\theta / \rho) \end{aligned} \quad (9.2.1)$$

για το β :

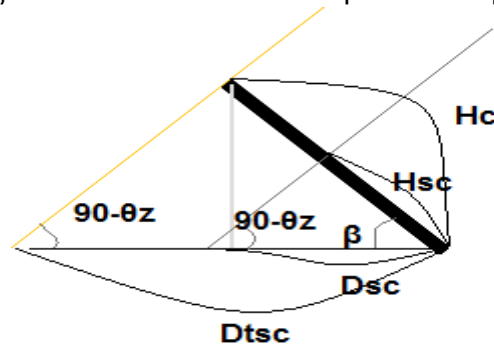
$$\begin{aligned} \kappa\alpha\theta &= 2 \cdot dk + Wc \cdot \sin(\gamma) \\ \rho &= do - Wc \cdot \cos(\gamma) \\ \theta_\beta &= \arctan(\kappa\alpha\theta / \rho) \end{aligned} \quad (9.2.2)$$

και για το γ , δ :

$$\begin{aligned} \kappa\alpha\theta &= 2 \cdot dk \\ \rho &= do \\ \theta_\gamma &= \arctan(\kappa\alpha\theta / \rho) \end{aligned} \quad (9.2.3)$$

$$\theta_\beta \geq 90 + \gamma_s \geq \theta_\alpha$$

Τώρα μπορούμε να δούμε αν η σκιά ξεπερνάει την απόσταση μεταξύ των συλλεκτών. Έχουμε όπως το παράδειγμα εύρεσης σκιάς σε συλλέκτη με γωνία αζιμούθιου μηδέν λόγω παραλληλίας των συλλεκτών σε κάθετη διεύθυνση των συλλεκτών:



ΕΙΚΟΝΑ 9.2.IV Παράδειγμα εύρεσης σκιάς σε συλλέκτη

Hc: μήκος συλλέκτη,

Hsc: μήκος σκιάς στον συλλέκτη (υπολογίζεται)

Dsc : ανάλογο μήκος σκιάς στο έδαφος σε σχέση με το σκιασμένο μέρος του συλλέκτη

$$D_{sc} = \frac{H_c \cdot \sin \beta}{\tan(90 - \theta_z)} \cdot \sin(90 + \gamma + \gamma_s) + H_c \cdot \cos \beta - \sqrt{(2dk)^2 + do^2} \cdot \sin(\gamma + \theta_\gamma) \quad (9.2.4)$$

Dtsc: ανάλογο μήκος σκιάς στο έδαφος στην περίπτωση που καλύπτεται όλος ο συλλέκτης

$$D_{tsc} = \frac{H_c \cdot \sin \beta}{\tan(90 - \theta_z)} \cdot \sin(90 + \gamma + \gamma_s) + H_c \cdot \cos \beta \quad (9.2.5)$$

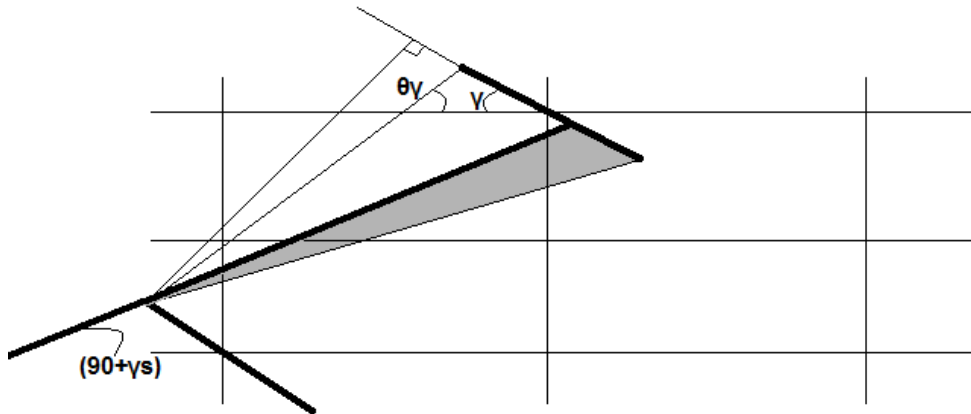
Τώρα αν το Dsc είναι θετικό υπολογίζουμε το μήκος της σκιάς του συλλέκτη:

$$H_{sc} = \frac{H_c \cdot D_{sc}}{D_{tsc}} \quad (9.2.6)$$

Θα πρέπει ακόμα το αζιμούθιο του ήλιου να βρίσκεται και ανάμεσα στα όρια των γωνιών, όταν αυτό συμβαίνει (θα το αναλύσουμε ποιο κάτω) έχουμε τα εξής:
Από την αριστερή πλευρά έχουμε:

$$\theta_\gamma \geq 90 + \gamma_s \geq \theta_\alpha$$

$$\text{για } \theta_\gamma + \gamma < 90:$$



ΕΙΚΟΝΑ 9.2.V Παράδειγμα εύρεσης πλάτους της σκιάς σε συλλέκτη

$$apostasi = \sqrt{(2dk)^2 + do^2}$$

$$kath = apostasi \cdot \sin(\theta\gamma + \gamma)$$

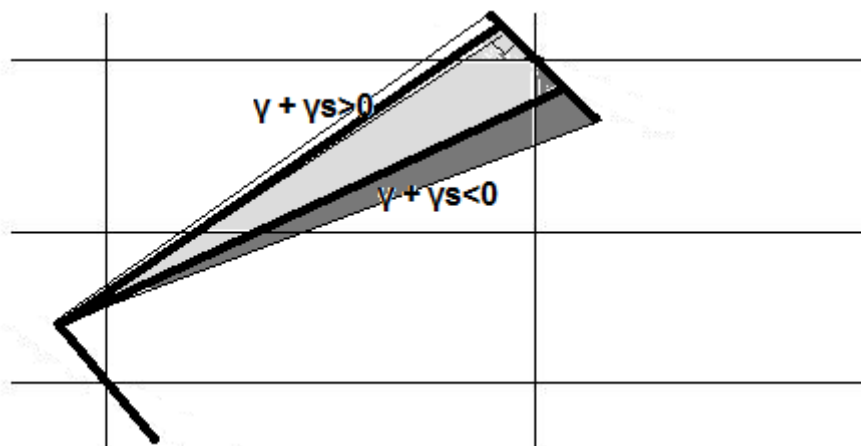
$$orio = kath / \tan(\theta\gamma + \gamma)$$

$$neo = kath / \tan(90 + \gamma s + \gamma)$$

$$wo = neo - orio$$

$$Wsc = Wc - wo$$

(9.2.7)

για $\theta\gamma + \gamma > 90$:

ΕΙΚΟΝΑ 9.2.VI Παράδειγμα εύρεσης πλάτους της σκιάς σε συλλέκτη

$$\gamma_s + \gamma < 0$$

$$kath = apostasi \cdot \sin(180 - \theta\gamma - \gamma)$$

$$orio = kath / \tan(180 - \theta\gamma - \gamma)$$

$$neo = kath / \tan(90 + \gamma_s + \gamma)$$

$$wo = neo + orio$$

$$W_{sc} = W_c - wo$$

(9.2.8)

$$\gamma_s + \gamma > 0$$

$$neo = kath / \tan(90 - \gamma_s - \gamma)$$

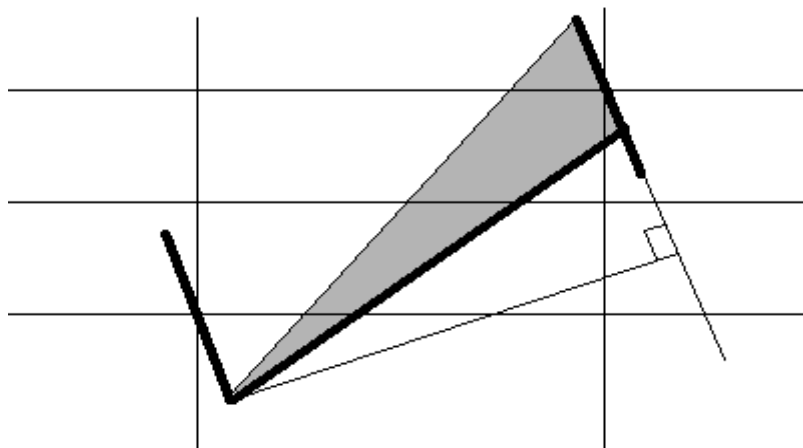
$$wo = orio - neo$$

$$W_{sc} = W_c - wo$$

Ενώ από την δεξιά πλευρά:

$$\theta\beta \geq 90 + \gamma_s \geq \theta\gamma$$

για $\theta\gamma + \gamma > 90$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.2.VII Παράδειγμα εύρεσης πλάτους της σκιάς σε συλλέκτη

$$apostasi = \sqrt{(2dk)^2 + do^2}$$

$$kath = apostasi \cdot \sin(180 - \theta\gamma - \gamma)$$

$$orio = kath / \tan(180 - \theta\gamma - \gamma)$$

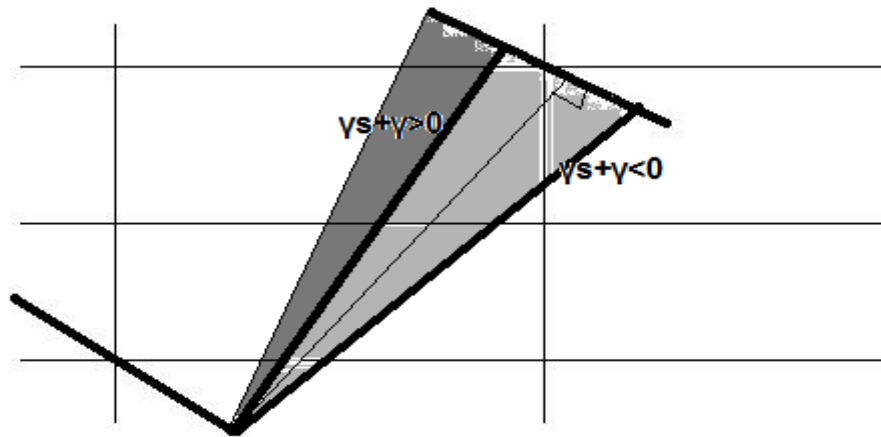
$$neo = kath / \tan(90 - \gamma_s - \gamma)$$

$$wo = neo - orio$$

$$W_{sc} = W_c - wo$$

(9.2.9)

για $\theta\gamma + \gamma < 90$:



ΕΙΚΟΝΑ 9.2.VIII Παράδειγμα εύρεσης πλάτους της σκιάς σε συλλέκτη

$$\gamma_s + \gamma < 0$$

$$kath = apostasi \cdot \sin(\theta\gamma + \gamma)$$

$$orio = kath / \tan(\theta\gamma + \gamma)$$

$$neo = kath / \tan(90 + \gamma_s + \gamma)$$

$$wo = orio - neo$$

(9.2.10)

$$W_{sc} = W_c - wo$$

$$\gamma_s + \gamma > 0$$

$$neo = kath / \tan(90 - \gamma_s - \gamma)$$

$$wo = orio + neo$$

$$W_{sc} = W_c - wo$$

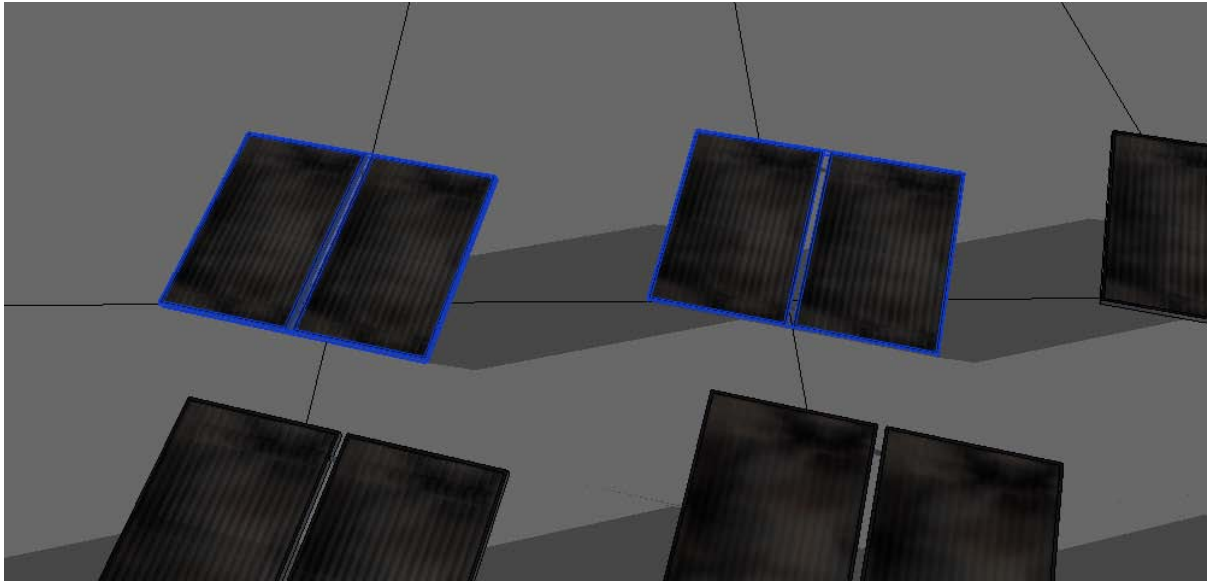
Μετά από όλα αυτά υπολογίζουμε την σκιασμένη επιφάνεια κάθε περίπτωσης:

$$A_c = H_{sc} \cdot W_{sc}$$

(9.2.11)

Τώρα πλέον μπορούμε να ξεκινήσουμε για κάθε περίπτωση, η διαδικασία είναι ίδια το μόνο που αλλάζει είναι οι αποστάσεις και οι επιπλέον περιορισμοί για τους συλλέκτες που είναι προσανατολιστικά ανατολικά με τον «κεντρικό», έτσι με αριστερόστροφη φορά για τον κάθε συλλέκτη έχουμε τα εξής:

1. Δυτικά του «κεντρικού»



ΕΙΚΟΝΑ 9.2.IX σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δυτικά

Εδώ έχουμε:

για το α :

$$\begin{aligned} \kappa\alpha\theta &= -Wc \cdot \sin(\gamma) \\ \rho &= do + Wc \cdot \cos(\gamma) \\ \theta\alpha &= \arctan(\kappa\alpha\theta / \rho) \end{aligned} \quad (9.2.1.1)$$

για το β :

$$\begin{aligned} \kappa\alpha\theta &= Wc \cdot \sin(\gamma) \\ \rho &= do - Wc \cdot \cos(\gamma) \\ \theta\beta &= \arctan(\kappa\alpha\theta / \rho) \end{aligned} \quad (9.2.1.2)$$

και για το γ , δ :

$$\begin{aligned} \kappa\alpha\theta &= 0 \\ \rho &= do \\ \theta\gamma &= 0 \end{aligned} \quad (9.2.1.3)$$

D_{sc} : ανάλογο μήκος σκιάς στο έδαφος σε σχέση με το σκιασμένο μέρος του συλλέκτη

$$D_{sc} = \frac{Hc \cdot \sin \beta}{\tan(90 - \theta_z)} \cdot \sin(90 + \gamma + \gamma_s) + Hc \cdot \cos \beta - do \cdot \sin(\gamma + \theta\gamma) \quad (9.2.1.4)$$

Dtsc: ανάλογο μήκος σκιάς στο έδαφος στην περίπτωση που καλύπτεται όλος ο συλλέκτης

$$Dtsc = \frac{Hc \cdot \sin \beta}{\tan(90 - \theta z)} \cdot \sin(90 + \gamma + \gamma s) + Hc \cdot \cos \beta \quad (9.2.1.5)$$

Τώρα αν το Dsc είναι θετικό υπολογίζουμε το μήκος της σκιάς του συλλέκτη:

$$Hsc = \frac{Hc \cdot Dsc}{Dtsc} \quad (9.2.1.6)$$

Θα πρέπει ακόμα το αζιμούθιο του ήλιου να βρίσκεται και ανάμεσα στα όρια των γωνιών, όταν αυτό συμβαίνει (θα το αναλύσουμε ποιο κάτω) έχουμε τα εξής:
Από την αριστερή πλευρά έχουμε:

$$\theta \gamma \geq 90 + \gamma s \geq \theta \alpha$$

για $\theta \gamma + \gamma < 90$:

$$apostasi = do$$

$$kath = apostasi \cdot \sin(\theta \gamma + \gamma)$$

$$orio = kath / \tan(\theta \gamma + \gamma)$$

$$neo = kath / \tan(90 + \gamma s + \gamma)$$

$$wo = neo - orio$$

$$Wsc = Wc - wo$$

(9.2.1.7)

για $\theta \gamma + \gamma > 90$:

$$\gamma s + \gamma < 0$$

$$kath = apostasi \cdot \sin(180 - \theta \gamma - \gamma)$$

$$orio = kath / \tan(180 - \theta \gamma - \gamma)$$

$$neo = kath / \tan(90 + \gamma s + \gamma)$$

$$wo = neo + orio$$

$$Wsc = Wc - wo$$

$$\gamma s + \gamma > 0$$

$$neo = kath / \tan(90 - \gamma s - \gamma)$$

$$wo = orio - neo$$

$$Wsc = Wc - wo$$

Ενώ από την δεξιά πλευρά:

(9.2.1.8)

$$\theta\beta \geq 90 + \gamma_s \geq \theta\gamma$$

για $\theta\gamma + \gamma > 90$:

$$apostasi = do$$

$$kath = apostasi \cdot \sin(180 - \theta\gamma - \gamma)$$

$$orio = kath / \tan(180 - \theta\gamma - \gamma)$$

$$neo = kath / \tan(90 - \gamma_s - \gamma)$$

$$wo = orio - neo$$

$$Wsc = Wc - wo$$

(9.2.1.9)

για $\theta\gamma + \gamma < 90$:

$$\gamma_s + \gamma < 0$$

$$kath = apostasi \cdot \sin(\theta\gamma + \gamma)$$

$$orio = kath / \tan(\theta\gamma + \gamma)$$

$$neo = kath / \tan(90 + \gamma_s + \gamma)$$

$$wo = orio - neo$$

$$Wsc = Wc - wo$$

(9.2.1.10)

$$\gamma_s + \gamma > 0$$

$$neo = kath / \tan(90 - \gamma_s - \gamma)$$

$$wo = orio + neo$$

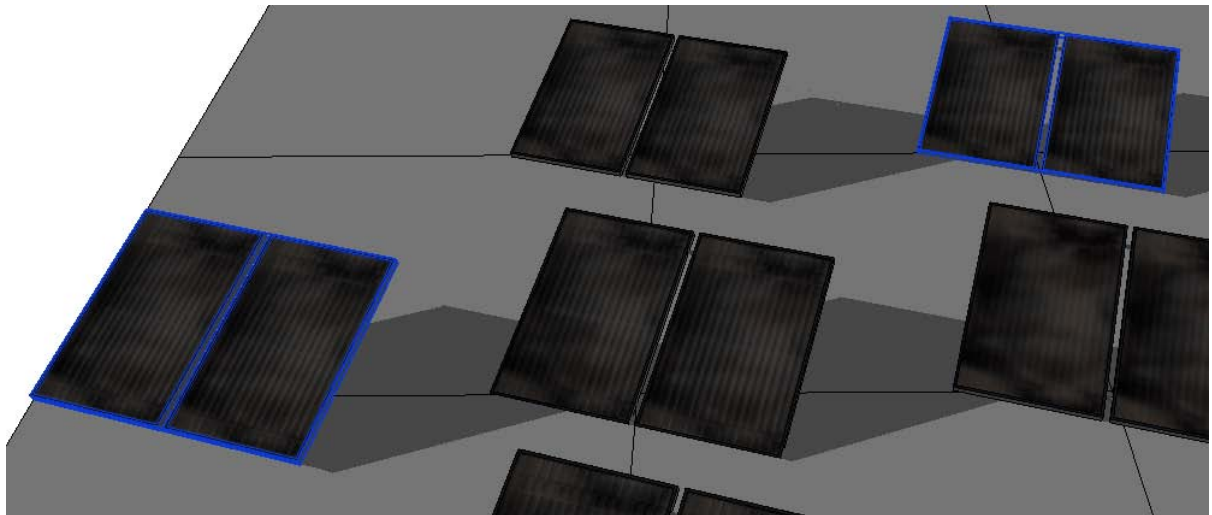
$$Wsc = Wc - wo$$

Τέλος υπολογίζουμε την σκιασμένη επιφάνεια:

$$Ac = Hsc \cdot Wsc$$

(9.2.1.11)

2. Νοτιοδυτικά του «κεντρικού»



ΕΙΚΟΝΑ 9.2.Χ σκίαση ηλιακού συλλέκτη από νοτιοδυτικά

Εδώ έχουμε:

για το α:

$$\kappa\alpha\theta = dk - Wc \cdot \sin(\gamma)$$

$$\rho\rho = 2 \cdot do + Wc \cdot \cos(\gamma) \quad (9.2.II.1)$$

$$\theta\alpha = \arctan(\kappa\alpha\theta / \rho\rho)$$

για το β:

$$\kappa\alpha\theta = dk + Wc \cdot \sin(\gamma)$$

$$\rho\rho = 2 \cdot do - Wc \cdot \cos(\gamma) \quad (9.2.II.2)$$

$$\theta\beta = \arctan(\kappa\alpha\theta / \rho\rho)$$

και για το γ, δ:

$$\kappa\alpha\theta = dk$$

$$\rho\rho = 2 \cdot do \quad (9.2.II.3)$$

$$\theta\gamma = \arctan(\kappa\alpha\theta / \rho\rho)$$

Dsc : ανάλογο μήκος σκιάς στο έδαφος σε σχέση με το σκιασμένο μέρος του συλλέκτη

$$D_{sc} = \frac{Hc \cdot \sin \beta}{\tan(90 - \theta_z)} \cdot \sin(90 + \gamma + \gamma_s) + Hc \cdot \cos \beta - \sqrt{(2do)^2 + dk^2} \cdot \sin(\gamma + \theta\gamma) \quad (9.2.II.4)$$

Dtsc: ανάλογο μήκος σκιάς στο έδαφος στην περίπτωση που καλύπτεται όλος ο συλλέκτης

$$Dtsc = \frac{Hc \cdot \sin \beta}{\tan(90 - \theta_z)} \cdot \sin(90 + \gamma + \gamma_s) + Hc \cdot \cos \beta \quad (9.2.II.5)$$

Τώρα αν το Dsc είναι θετικό υπολογίζουμε το μήκος της σκιάς του συλλέκτη:

$$Hsc = \frac{Hc \cdot Dsc}{Dtsc} \quad (9.2.II.6)$$

Θα πρέπει ακόμα το αζιμούθιο του ήλιου να βρίσκεται και ανάμεσα στα όρια των γωνιών, όταν αυτό συμβαίνει (θα το αναλύσουμε ποιο κάτω) έχουμε τα εξής:
Από την αριστερή πλευρά έχουμε:

$$\theta_\gamma \geq 90 + \gamma_s \geq \theta_\alpha$$

για $\theta_\gamma + \gamma < 90$:

$$\begin{aligned} apostasi &= \sqrt{(2do)^2 + dk^2} \\ kath &= apostasi \cdot \sin(\theta_\gamma + \gamma) \\ orio &= kath / \tan(\theta_\gamma + \gamma) \\ neo &= kath / \tan(90 + \gamma_s + \gamma) \\ wo &= neo - orio \\ Wsc &= Wc - wo \end{aligned} \quad (9.2.II.7)$$

για $\theta_\gamma + \gamma > 90$:

$$\begin{aligned} \gamma_s + \gamma &< 0 \\ kath &= apostasi \cdot \sin(180 - \theta_\gamma - \gamma) \\ orio &= kath / \tan(180 - \theta_\gamma - \gamma) \\ neo &= kath / \tan(90 + \gamma_s + \gamma) \\ wo &= neo + orio \\ Wsc &= Wc - wo \end{aligned} \quad (9.2.II.8)$$

$$\begin{aligned} \gamma_s + \gamma &> 0 \\ neo &= kath / \tan(90 - \gamma_s - \gamma) \\ wo &= orio - neo \\ Wsc &= Wc - wo \end{aligned}$$

Ενώ από την δεξιά πλευρά:

$$\theta\beta \geq 90 + \gamma_s \geq \theta\gamma$$

για $\theta\gamma + \gamma > 90$:

$$apostasi = \sqrt{(2do)^2 + dk^2}$$

$$kath = apostasi \cdot \sin(180 - \theta\gamma - \gamma)$$

$$orio = kath / \tan(180 - \theta\gamma - \gamma)$$

$$neo = kath / \tan(90 - \gamma_s - \gamma)$$

$$wo = orio - neo$$

$$Wsc = Wc - wo$$

(9.2.II.9)

για $\theta\gamma + \gamma < 90$:

$$\gamma_s + \gamma < 0$$

$$kath = apostasi \cdot \sin(\theta\gamma + \gamma)$$

$$orio = kath / \tan(\theta\gamma + \gamma)$$

$$neo = kath / \tan(90 + \gamma_s + \gamma)$$

$$wo = orio - neo$$

$$Wsc = Wc - wo$$

(9.2.II.10)

$$\gamma_s + \gamma > 0$$

$$neo = kath / \tan(90 - \gamma_s - \gamma)$$

$$wo = orio + neo$$

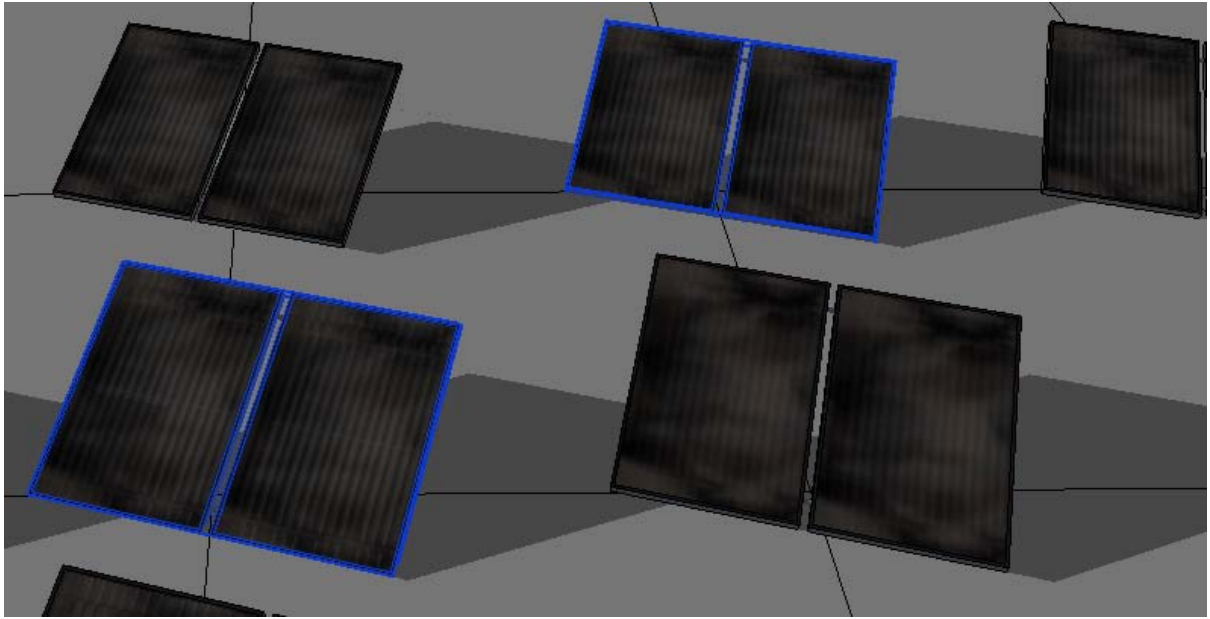
$$Wsc = Wc - wo$$

Τέλος υπολογίζουμε την σκιασμένη επιφάνεια:

$$Ac = Hsc \cdot Wsc$$

(9.2.II.11)

3. Νοτιοδυτικά του «κεντρικού»



ΕΙΚΟΝΑ 9.2.XI σκίαση ηλιακού συλλέκτη από νοτιοδυτικά

Εδώ έχουμε:

για το α:

$$\kappa\alpha\theta = dk - Wc \cdot \sin(\gamma)$$

$$\rho\rho = do + Wc \cdot \cos(\gamma) \quad (9.2.III.1)$$

$$\theta\alpha = \arctan(\kappa\alpha\theta / \rho\rho)$$

για το β:

$$\kappa\alpha\theta = dk + Wc \cdot \sin(\gamma)$$

$$\rho\rho = do - Wc \cdot \cos(\gamma) \quad (9.2.III.2)$$

$$\theta\beta = \arctan(\kappa\alpha\theta / \rho\rho)$$

και για το γ, δ:

$$\kappa\alpha\theta = dk$$

$$\rho\rho = do \quad (9.2.III.3)$$

$$\theta\gamma = \arctan(\kappa\alpha\theta / \rho\rho)$$

Dsc : ανάλογο μήκος σκιάς στο έδαφος σε σχέση με το σκιασμένο μέρος του συλλέκτη

$$D_{sc} = \frac{Hc \cdot \sin \beta}{\tan(90 - \theta_z)} \cdot \sin(90 + \gamma + \gamma_s) + Hc \cdot \cos \beta - \sqrt{dk^2 + do^2} \cdot \sin(\gamma + \theta\gamma) \quad (9.2.III.4)$$

Dtsc: ανάλογο μήκος σκιάς στο έδαφος στην περίπτωση που καλύπτεται όλος ο συλλέκτης

$$Dtsc = \frac{Hc \cdot \sin \beta}{\tan(90 - \theta z)} \cdot \sin(90 + \gamma + \gamma s) + Hc \cdot \cos \beta \quad (9.2.III.5)$$

Τώρα αν το Dsc είναι θετικό υπολογίζουμε το μήκος της σκιάς του συλλέκτη:

$$Hsc = \frac{Hc \cdot Dsc}{Dtsc} \quad (9.2.III.6)$$

Θα πρέπει ακόμα το αζιμούθιο του ήλιου να βρίσκεται και ανάμεσα στα όρια των γωνιών, όταν αυτό συμβαίνει (θα το αναλύσουμε πιο κάτω) έχουμε τα εξής:
Από την αριστερή πλευρά έχουμε:

$$\theta \gamma \geq 90 + \gamma s \geq \theta \alpha$$

για $\theta \gamma + \gamma < 90$:

$$apostasi = \sqrt{do^2 + dk^2}$$

$$kath = apostasi \cdot \sin(\theta \gamma + \gamma)$$

$$orio = kath / \tan(\theta \gamma + \gamma)$$

$$neo = kath / \tan(90 + \gamma s + \gamma)$$

$$wo = neo - orio$$

$$Wsc = Wc - wo$$

για $\theta \gamma + \gamma > 90$:

$$\gamma s + \gamma < 0$$

$$kath = apostasi \cdot \sin(180 - \theta \gamma - \gamma)$$

$$orio = kath / \tan(180 - \theta \gamma - \gamma)$$

$$neo = kath / \tan(90 + \gamma s + \gamma)$$

$$wo = neo + orio$$

$$Wsc = Wc - wo$$

$$\gamma s + \gamma > 0$$

$$neo = kath / \tan(90 - \gamma s - \gamma)$$

$$wo = orio - neo$$

$$Wsc = Wc - wo$$

Ενώ από την δεξιά πλευρά:

$$\theta \beta \geq 90 + \gamma s \geq \theta \gamma$$

για $\theta \gamma + \gamma > 90$:

$$apostasi = \sqrt{do^2 + dk^2}$$

$$kath = apostasi \cdot \sin(180 - \theta\gamma - \gamma)$$

$$orio = kath / \tan(180 - \theta\gamma - \gamma)$$

$$neo = kath / \tan(90 - \gamma s - \gamma)$$

$$wo = neo - orio$$

$$Wsc = Wc - wo$$

για $\theta\gamma + \gamma < 90$:

$$\gamma s + \gamma < 0$$

$$kath = apostasi \cdot \sin(\theta\gamma + \gamma)$$

$$orio = kath / \tan(\theta\gamma + \gamma)$$

$$neo = kath / \tan(90 + \gamma s + \gamma)$$

$$wo = orio - neo$$

$$Wsc = Wc - wo$$

$$\gamma s + \gamma > 0$$

$$neo = kath / \tan(90 - \gamma s - \gamma)$$

$$wo = orio + neo$$

$$Wsc = Wc - wo$$

(9.2.III.9)

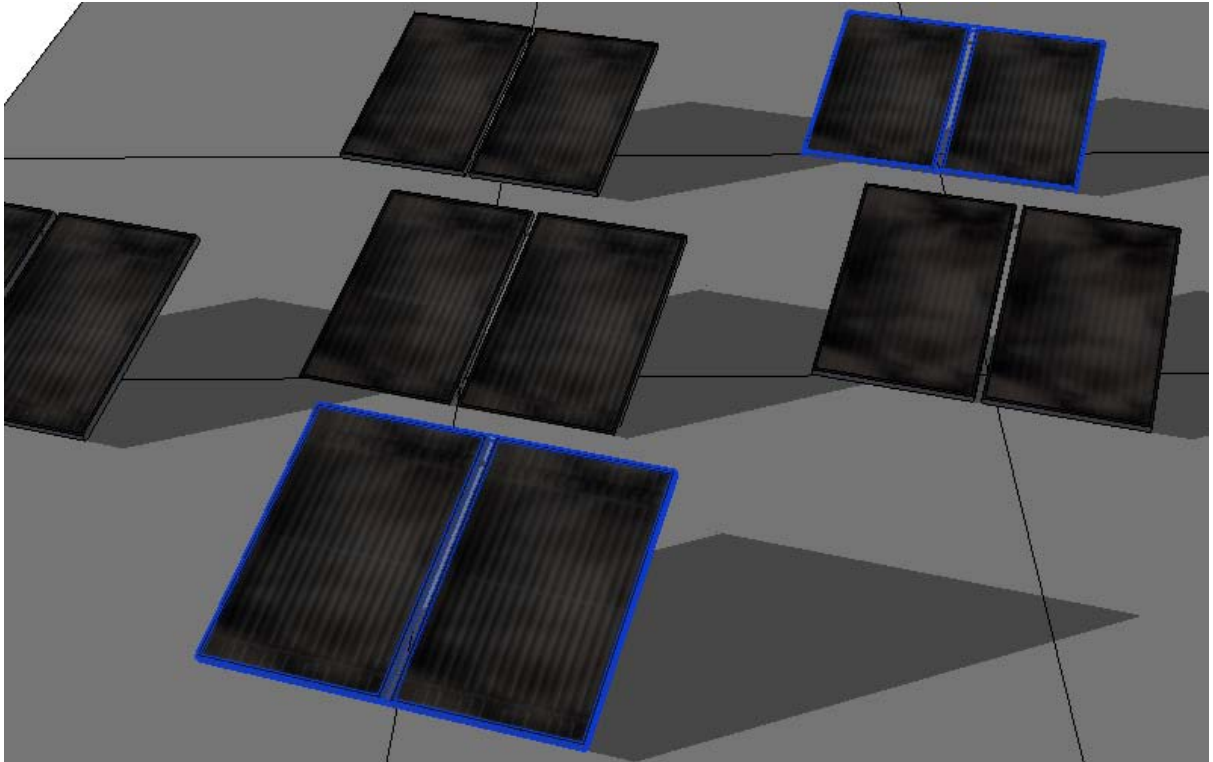
(9.2.III.10)

Τέλος υπολογίζουμε την σκιασμένη επιφάνεια:

$$Ac = Hsc \cdot Wsc$$

(9.2.III.11)

4. Νοτιοδυτικά του «κεντρικού»



ΕΙΚΟΝΑ 9.2.XII σκίαση ηλιακού συλλέκτη από νοτιοδυτικά

Εδώ έχουμε:

για το α:

$$\kappa\alpha\theta = 2 \cdot dk - Wc \cdot \sin(\gamma)$$

$$\rho\rho = do + Wc \cdot \cos(\gamma) \quad (9.2.IV.1)$$

$$\theta\alpha = \arctan(\kappa\alpha\theta / \rho\rho)$$

για το β:

$$\kappa\alpha\theta = 2 \cdot dk + Wc \cdot \sin(\gamma)$$

$$\rho\rho = do - Wc \cdot \cos(\gamma) \quad (9.2.IV.2)$$

$$\theta\beta = \arctan(\kappa\alpha\theta / \rho\rho)$$

και για το γ, δ:

$$\kappa\alpha\theta = 2 \cdot dk$$

$$\rho\rho = do \quad (9.2.IV.3)$$

$$\theta\gamma = \arctan(\kappa\alpha\theta / \rho\rho)$$

Dsc : ανάλογο μήκος σκιάς στο έδαφος σε σχέση με το σκιασμένο μέρος του συλλέκτη

$$D_{sc} = \frac{Hc \cdot \sin \beta}{\tan(90 - \theta_z)} \cdot \sin(90 + \gamma + \gamma_s) + Hc \cdot \cos \beta - \sqrt{(2dk)^2 + do^2} \cdot \sin(\gamma + \theta_\gamma) \quad (9.2.IV.4)$$

Dtsc: ανάλογο μήκος σκιάς στο έδαφος στην περίπτωση που καλύπτεται όλος ο συλλέκτης

$$D_{tsc} = \frac{Hc \cdot \sin \beta}{\tan(90 - \theta_z)} \cdot \sin(90 + \gamma + \gamma_s) + Hc \cdot \cos \beta \quad (9.2.IV.5)$$

Τώρα αν το Dsc είναι θετικό υπολογίζουμε το μήκος της σκιάς του συλλέκτη:

$$H_{sc} = \frac{Hc \cdot D_{sc}}{D_{tsc}} \quad (9.2.IV.6)$$

Θα πρέπει ακόμα το αζιμούθιο του ήλιου να βρίσκεται και ανάμεσα στα όρια των γωνιών, όταν αυτό συμβαίνει (θα το αναλύσουμε ποιο κάτω) έχουμε τα εξής:
Από την αριστερή πλευρά έχουμε:

$$\theta_\gamma \geq 90 + \gamma_s \geq \theta_\alpha$$

για $\theta_\gamma + \gamma < 90$:

$$\begin{aligned} \text{apostasi} &= \sqrt{(2dk)^2 + do^2} \\ \text{kath} &= \text{apostasi} \cdot \sin(\theta_\gamma + \gamma) \\ \text{orio} &= \text{kath} / \tan(\theta_\gamma + \gamma) \\ \text{neo} &= \text{kath} / \tan(90 + \gamma_s + \gamma) \\ \text{wo} &= \text{neo} - \text{orio} \\ W_{sc} &= W_c - \text{wo} \end{aligned} \quad (9.2.IV.7)$$

για $\theta_\gamma + \gamma > 90$:

$$\begin{aligned} \gamma_s + \gamma &< 0 \\ \text{kath} &= \text{apostasi} \cdot \sin(180 - \theta_\gamma - \gamma) \\ \text{orio} &= \text{kath} / \tan(180 - \theta_\gamma - \gamma) \\ \text{neo} &= \text{kath} / \tan(90 + \gamma_s + \gamma) \\ \text{wo} &= \text{neo} + \text{orio} \\ W_{sc} &= W_c - \text{wo} \\ \gamma_s + \gamma &> 0 \\ \text{neo} &= \text{kath} / \tan(90 - \gamma_s - \gamma) \\ \text{wo} &= \text{orio} - \text{neo} \\ W_{sc} &= W_c - \text{wo} \end{aligned} \quad (9.2.IV.8)$$

Ενώ από την δεξιά πλευρά:

$$\theta\beta \geq 90 + \gamma s \geq \theta\gamma$$

για $\theta\gamma + \gamma > 90$:

$$apostasi = \sqrt{(2dk)^2 + do^2}$$

$$kath = apostasi \cdot \sin(180 - \theta\gamma - \gamma)$$

$$orio = kath / \tan(180 - \theta\gamma - \gamma)$$

$$neo = kath / \tan(90 - \gamma s - \gamma)$$

$$wo = orio - neo$$

$$Wsc = Wc - wo$$

(9.2.IV.9)

για $\theta\gamma + \gamma < 90$:

$$\gamma s + \gamma < 0$$

$$kath = apostasi \cdot \sin(\theta\gamma + \gamma)$$

$$orio = kath / \tan(\theta\gamma + \gamma)$$

$$neo = kath / \tan(90 + \gamma s + \gamma)$$

$$wo = orio - neo$$

$$Wsc = Wc - wo$$

(9.2.IV.10)

$$\gamma s + \gamma > 0$$

$$neo = kath / \tan(90 - \gamma s - \gamma)$$

$$wo = orio + neo$$

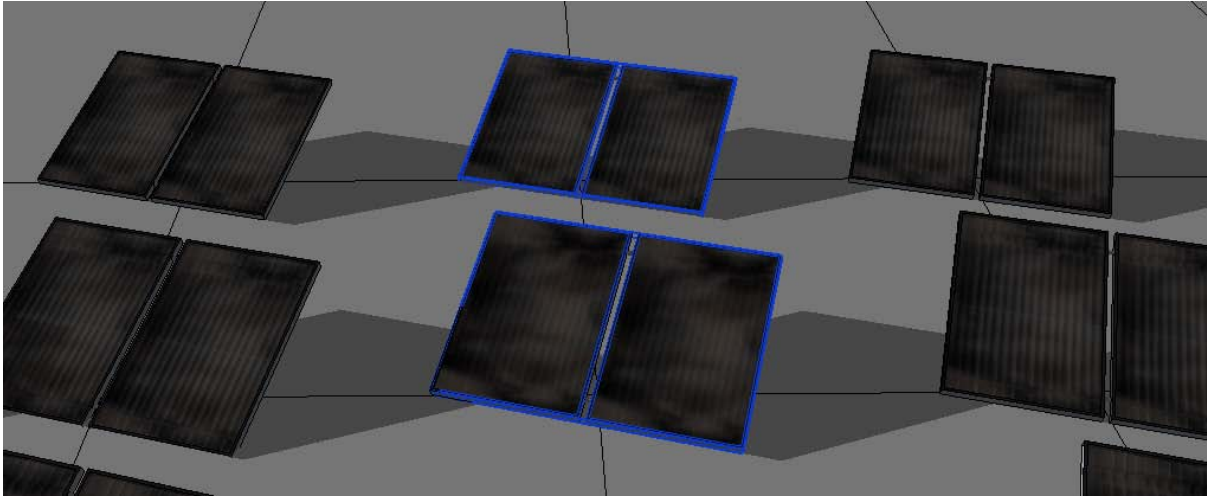
$$Wsc = Wc - wo$$

Τέλος υπολογίζουμε την σκιασμένη επιφάνεια:

$$Ac = Hsc \cdot Wsc$$

(9.2.IV.11)

5. Νότια του «κεντρικού»



ΕΙΚΟΝΑ 9.2.XIII σκίαση ηλιακού συλλέκτη από νότια

Εδώ έχουμε:

για το α :

$$\kappa\alpha\theta = dk - Wc \cdot \sin(\gamma)$$

$$\rho = Wc \cdot \cos(\gamma)$$

(9.2.V.1)

$$\theta\alpha = \arctan(\kappa\alpha\theta / \rho)$$

για το β :

$$\kappa\alpha\theta = dk + Wc \cdot \sin(\gamma)$$

(9.2.V.2)

$$\rho = -Wc \cdot \cos(\gamma)$$

$$\theta\beta = \arctan(\kappa\alpha\theta / \rho)$$

και για το γ , δ :

$$\kappa\alpha\theta = dk$$

$$\rho = 0$$

(9.2.V.3)

$$\theta\gamma = 90$$

Dsc : ανάλογο μήκος σκιάς στο έδαφος σε σχέση με το σκιασμένο μέρος του συλλέκτη

$$D_{sc} = \frac{Hc \cdot \sin \beta}{\tan(90 - \theta z)} \cdot \sin(90 + \gamma + \gamma s) + Hc \cdot \cos \beta - dk \cdot \sin(\gamma + \theta\gamma) \quad (9.2.V.4)$$

Dtsc: ανάλογο μήκος σκιάς στο έδαφος στην περίπτωση που καλύπτεται όλος ο συλλέκτης

$$D_{tsc} = \frac{Hc \cdot \sin \beta}{\tan(90 - \theta z)} \cdot \sin(90 + \gamma + \gamma s) + Hc \cdot \cos \beta \quad (9.2.V.5)$$

Τώρα αν το D_{sc} είναι θετικό υπολογίζουμε το μήκος της σκιάς του συλλέκτη:

$$H_{sc} = \frac{H_c \cdot D_{sc}}{D_{tsc}} \quad (9.2.V.6)$$

Θα πρέπει ακόμα το αζιμούθιο του ήλιου να βρίσκεται και ανάμεσα στα όρια των γωνιών, όταν αυτό συμβαίνει (θα το αναλύσουμε πιο κάτω) έχουμε τα εξής:
Επειδή το $\theta\gamma=90$ θα έχουμε μειωμένες περιπτώσεις από πριν δηλαδή:
Από την αριστερή πλευρά έχουμε:

$$\theta\gamma \geq 90 + \gamma_s \geq \theta\alpha$$

για $\theta\gamma + \gamma > 90$:

$$\gamma_s + \gamma < 0$$

$$apostasi = dk$$

$$kath = apostasi \cdot \sin(180 - \theta\gamma - \gamma)$$

$$orio = kath / \tan(180 - \theta\gamma - \gamma)$$

$$neo = kath / \tan(90 + \gamma_s + \gamma)$$

$$wo = neo + orio$$

(9.2.V.7)

$$W_{sc} = W_c - wo$$

$$\gamma_s + \gamma > 0$$

$$neo = kath / \tan(90 - \gamma_s - \gamma)$$

$$wo = orio - neo$$

$$W_{sc} = W_c - wo$$

Ενώ από την δεξιά πλευρά:

$$\theta\beta \geq 90 + \gamma_s \geq \theta\gamma$$

για $\theta\gamma + \gamma > 90$:

$$apostasi = dk$$

$$kath = apostasi \cdot \sin(180 - \theta\gamma - \gamma)$$

$$orio = kath / \tan(180 - \theta\gamma - \gamma)$$

$$neo = kath / \tan(90 - \gamma_s - \gamma)$$

(9.2.V.8)

$$wo = neo - orio$$

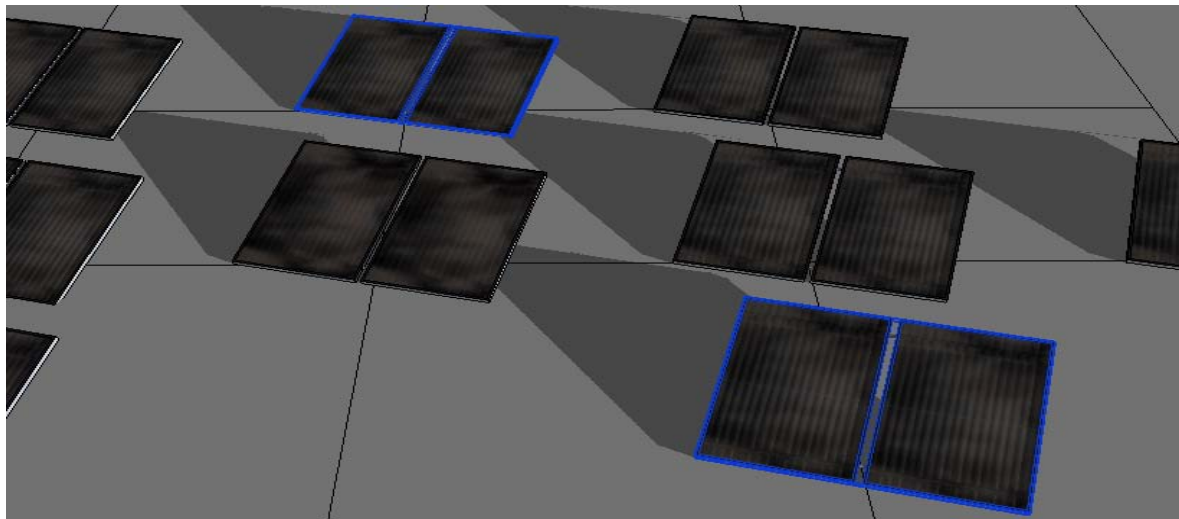
$$Wsc = Wc - wo$$

Τέλος υπολογίζουμε την σκιασμένη επιφάνεια:

$$Ac = Hsc \cdot Wsc$$

(9.2.V.9)

6. Νοτιοανατολικά του «κεντρικού»



ΕΙΚΟΝΑ 9.2.XIV σκίαση ηλιακού συλλέκτη από νοτιοανατολικά

Εδώ έχουμε:

για το α:

$$καθ = 2 \cdot dk - Wc \cdot \sin(\gamma)$$

$$ορ = do - Wc \cdot \cos(\gamma)$$

$$\theta\alpha = \arctan(ορ / καθ) + 90$$

(9.2.VI.1)

για το β:

$$καθ = 2 \cdot dk + Wc \cdot \sin(\gamma)$$

$$ορ = do + Wc \cdot \cos(\gamma)$$

$$\theta\beta = \arctan(ορ / καθ) + 90$$

(9.2.VI.2)

και για το γ, δ:

$$καθ = 2 \cdot dk$$

$$ορ = do$$

$$\theta\gamma = \arctan(ορ / καθ) + 90$$

(9.2.VI.3)

Dsc : ανάλογο μήκος σκιάς στο έδαφος σε σχέση με το σκιασμένο μέρος του συλλέκτη

$$Dsc = \frac{Hc \cdot \sin \beta}{\tan(90 - \theta z)} \cdot \sin(90 + \gamma + \gamma s) + Hc \cdot \cos \beta - \sqrt{(2dk)^2 + do^2} \cdot \sin(\gamma + \theta \gamma) \quad (9.2.VI.4)$$

Dtsc: ανάλογο μήκος σκιάς στο έδαφος στην περίπτωση που καλύπτεται όλος ο συλλέκτης

$$Dtsc = \frac{Hc \cdot \sin \beta}{\tan(90 - \theta z)} \cdot \sin(90 + \gamma + \gamma s) + Hc \cdot \cos \beta \quad (9.2.VI.5)$$

Τώρα αν το Dsc είναι θετικό υπολογίζουμε το μήκος της σκιάς του συλλέκτη:

$$Hsc = \frac{Hc \cdot Dsc}{Dtsc} \quad (9.2.VI.6)$$

Θα πρέπει ακόμα το αζιμούθιο του ήλιου να βρίσκεται και ανάμεσα στα όρια των γωνιών, όταν αυτό συμβαίνει (θα το αναλύσουμε ποιο κάτω) έχουμε τα εξής: Επειδή το $\theta \gamma > 90$ και $\gamma s + \gamma > 0$ θα έχουμε μειωμένες περιπτώσεις από πριν δηλαδή: Από την αριστερή πλευρά έχουμε:

$$\theta \gamma \geq 90 + \gamma s \geq \theta \alpha$$

$$\text{για } \theta \gamma + \gamma > 90:$$

$$apostasi = \sqrt{(2dk)^2 + do^2}$$

$$kath = apostasi \cdot \sin(180 - \theta \gamma - \gamma)$$

$$orio = kath / \tan(180 - \theta \gamma - \gamma)$$

$$neo = kath / \tan(90 - \gamma s - \gamma)$$

$$wo = orio - neo$$

$$Wsc = Wc - wo$$

Ενώ από την δεξιά πλευρά:

$$\theta \beta \geq 90 + \gamma s \geq \theta \gamma$$

$$\text{για } \theta \gamma + \gamma > 90:$$

$$apostasi = \sqrt{(2dk)^2 + do^2}$$

$$kath = apostasi \cdot \sin(180 - \theta\gamma - \gamma)$$

$$orio = kath / \tan(180 - \theta\gamma - \gamma)$$

$$neo = kath / \tan(90 - \gamma_s - \gamma)$$

$$wo = neo - orio$$

$$Wsc = Wc - wo$$

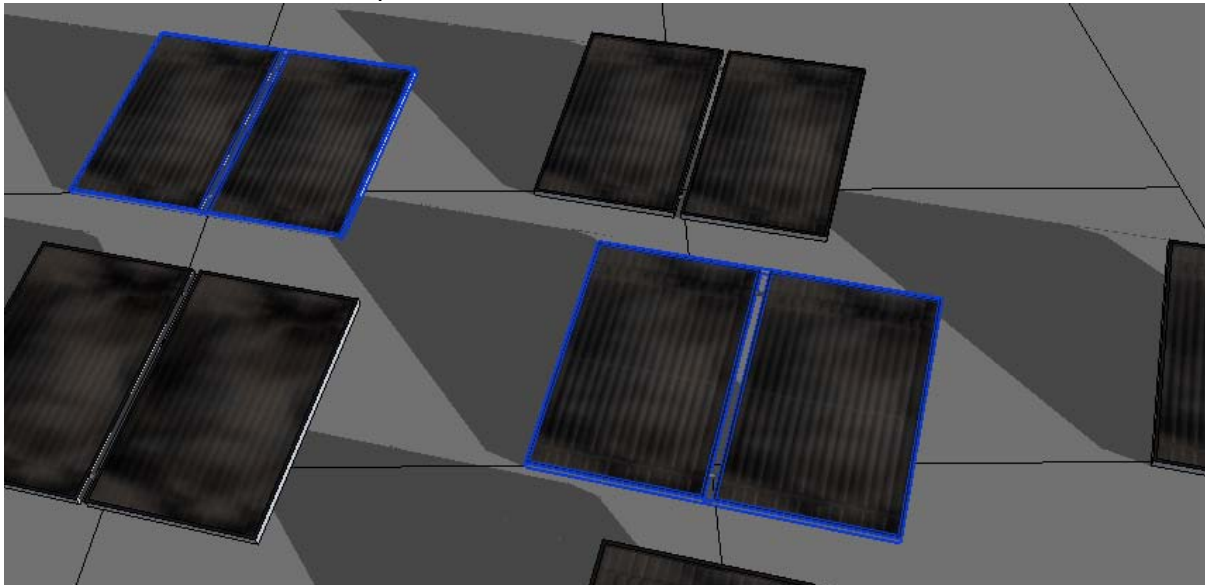
(9.2.VI.8)

Τέλος υπολογίζουμε την σκιασμένη επιφάνεια:

$$Ac = Hsc \cdot Wsc$$

(9.2.VI.9)

7. Νοτιοανατολικά του «κεντρικού»



ΕΙΚΟΝΑ 9.2.XV σκίαση ηλιακού συλλέκτη από νοτιοανατολικά

Εδώ έχουμε:

για το α:

$$καθ = dk - Wc \cdot \sin(\gamma)$$

$$ορ = do - Wc \cdot \cos(\gamma)$$

$$\theta\alpha = \arctan(ορ / καθ) + 90$$

(9.2.VII.1)

για το β:

$$καθ = dk + Wc \cdot \sin(\gamma)$$

$$ορ = do + Wc \cdot \cos(\gamma)$$

$$\theta\beta = \arctan(ορ / καθ) + 90$$

(9.2.VII.2)

και για το γ , δ :

$$καθ = dk$$

$$ορ = do$$

$$\theta\gamma = \arctan(ορ / καθ) + 90$$

(9.2.VII.3)

Dsc : ανάλογο μήκος σκιάς στο έδαφος σε σχέση με το σκιασμένο μέρος του συλλέκτη

$$Dsc = \frac{Hc \cdot \sin \beta}{\tan(90 - \theta z)} \cdot \sin(90 + \gamma + \gamma s) + Hc \cdot \cos \beta - \sqrt{dk^2 + do^2} \cdot \sin(\gamma + \theta\gamma) \quad (9.2.VII.4)$$

Dtsc: ανάλογο μήκος σκιάς στο έδαφος στην περίπτωση που καλύπτεται όλος ο συλλέκτης

$$Dtsc = \frac{Hc \cdot \sin \beta}{\tan(90 - \theta z)} \cdot \sin(90 + \gamma + \gamma s) + Hc \cdot \cos \beta \quad (9.2.VII.5)$$

Τώρα αν το Dsc είναι θετικό υπολογίζουμε το μήκος της σκιάς του συλλέκτη:

$$Hsc = \frac{Hc \cdot Dsc}{Dtsc} \quad (9.2.VII.6)$$

Θα πρέπει ακόμα το αζιμούθιο του ήλιου να βρίσκεται και ανάμεσα στα όρια των γωνιών, όταν αυτό συμβαίνει (θα το αναλύσουμε ποιο κάτω) έχουμε τα εξής:
Επειδή το $\theta\gamma > 90$ και $\gamma s + \gamma > 0$ θα έχουμε μειωμένες περιπτώσεις από πριν δηλαδή:
Από την αριστερή πλευρά έχουμε:

$$\theta\gamma \geq 90 + \gamma s \geq \theta\alpha$$

για $\theta\gamma + \gamma > 90$:

$$apostasi = \sqrt{dk^2 + do^2}$$

$$kath = apostasi \cdot \sin(180 - \theta\gamma - \gamma)$$

$$orio = kath / \tan(180 - \theta\gamma - \gamma)$$

$$neo = kath / \tan(90 - \gamma s - \gamma)$$

$$wo = orio - neo$$

$$Wsc = Wc - wo$$

(9.2.VII.7)

Ενώ από την δεξιά πλευρά:

$$\theta\beta \geq 90 + \gamma s \geq \theta\gamma$$

για $\theta\gamma + \gamma > 90$:

$$apostasi = \sqrt{dk^2 + do^2}$$

$$kath = apostasi \cdot \sin(180 - \theta\gamma - \gamma)$$

$$orio = kath / \tan(180 - \theta\gamma - \gamma)$$

$$neo = kath / \tan(90 - \gamma_s - \gamma)$$

$$wo = neo - orio$$

$$Wsc = Wc - wo$$

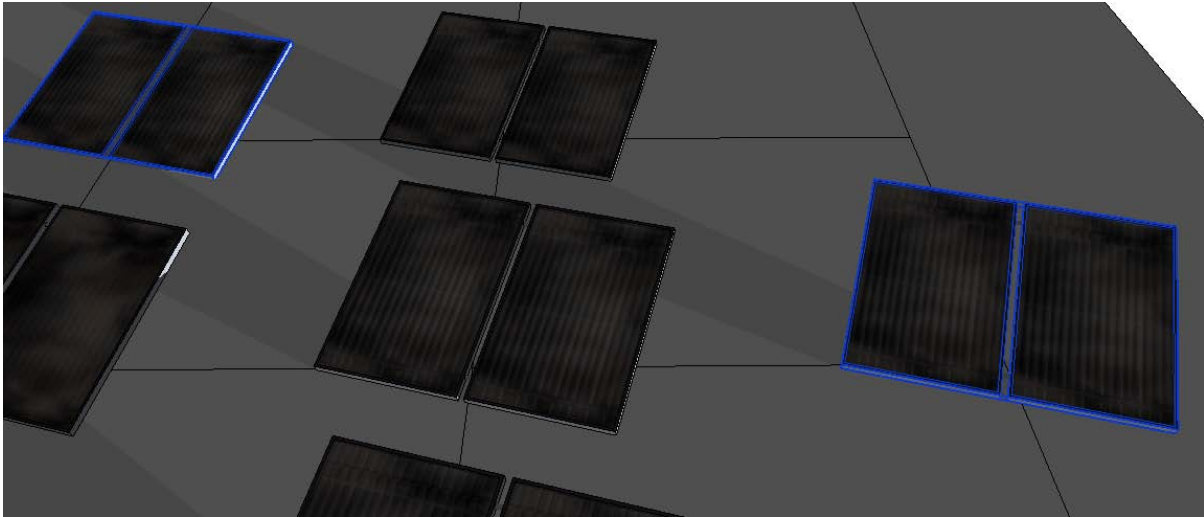
(9.2.VII.8)

Τέλος υπολογίζουμε την σκιασμένη επιφάνεια:

$$Ac = Hsc \cdot Wsc$$

(9.2.VII.9)

8. Νοτιοανατολικά του «κεντρικού»



ΕΙΚΟΝΑ 9.2.XVI σκίαση ηλιακού συλλέκτη από νοτιοανατολικά

Εδώ έχουμε:

για το α:

$$καθ = dk - Wc \cdot \sin(\gamma)$$

$$ορ = 2 \cdot do - Wc \cdot \cos(\gamma)$$

$$\theta\alpha = \arctan(ορ / καθ) + 90$$

(9.2.VIII.1)

για το β:

$$καθ = dk + Wc \cdot \sin(\gamma)$$

$$ορ = 2 \cdot do + Wc \cdot \cos(\gamma)$$

$$\theta\beta = \arctan(ορ / καθ) + 90$$

(9.2.VIII.2)

και για το γ, δ:

$$καθ = dk$$

$$ορ = 2 \bullet do$$

$$\theta\gamma = \arctan(ορ / καθ) + 90$$

(9.2.VIII.3)

$$\theta\beta \geq 90 + \gamma_s \geq \theta\alpha$$

Dsc : ανάλογο μήκος σκιάς στο έδαφος σε σχέση με το σκιασμένο μέρος του συλλέκτη

$$Dsc = \frac{Hc \bullet \sin \beta}{\tan(90 - \theta_z)} \bullet \sin(90 + \gamma + \gamma_s) + Hc \bullet \cos \beta - \sqrt{(2do)^2 + dk^2} \bullet \sin(\gamma + \theta\gamma) \quad (9.2.VIII.4)$$

Dtsc: ανάλογο μήκος σκιάς στο έδαφος στην περίπτωση που καλύπτεται όλος ο συλλέκτης

$$Dtsc = \frac{Hc \bullet \sin \beta}{\tan(90 - \theta_z)} \bullet \sin(90 + \gamma + \gamma_s) + Hc \bullet \cos \beta \quad (9.2.VIII.5)$$

Τώρα αν το Dsc είναι θετικό υπολογίζουμε το μήκος της σκιάς του συλλέκτη:

$$Hsc = \frac{Hc \bullet Dsc}{Dtsc} \quad (9.2.VIII.6)$$

Θα πρέπει ακόμα το αζιμούθιο του ήλιου να βρίσκεται και ανάμεσα στα όρια των γωνιών, όταν αυτό συμβαίνει (θα το αναλύσουμε ποιο κάτω) έχουμε τα εξής:
Επειδή το $\theta\gamma > 90$ και $\gamma_s + \gamma > 0$ θα έχουμε μειωμένες περιπτώσεις από πριν δηλαδή:
Από την αριστερή πλευρά έχουμε:

$$\theta\gamma \geq 90 + \gamma_s \geq \theta\alpha$$

για $\theta\gamma + \gamma > 90$:

$$apostasi = \sqrt{(2do)^2 + dk^2}$$

$$kath = apostasi \bullet \sin(180 - \theta\gamma - \gamma)$$

$$orio = kath / \tan(180 - \theta\gamma - \gamma)$$

$$neo = kath / \tan(90 - \gamma_s - \gamma)$$

$$wo = orio - neo$$

$$Wsc = Wc - wo$$

(9.2.VIII.7)

Ενώ από την δεξιά πλευρά:

$$\theta\beta \geq 90 + \gamma_s \geq \theta\gamma$$

για $\theta\gamma + \gamma > 90$:

$$apostasi = \sqrt{(2do)^2 + dk^2}$$

$$kath = apostasi \cdot \sin(180 - \theta\gamma - \gamma)$$

$$orio = kath / \tan(180 - \theta\gamma - \gamma)$$

$$neo = kath / \tan(90 - \gamma_s - \gamma)$$

$$wo = neo - orio$$

$$Wsc = Wc - wo$$

(9.2.VIII.8)

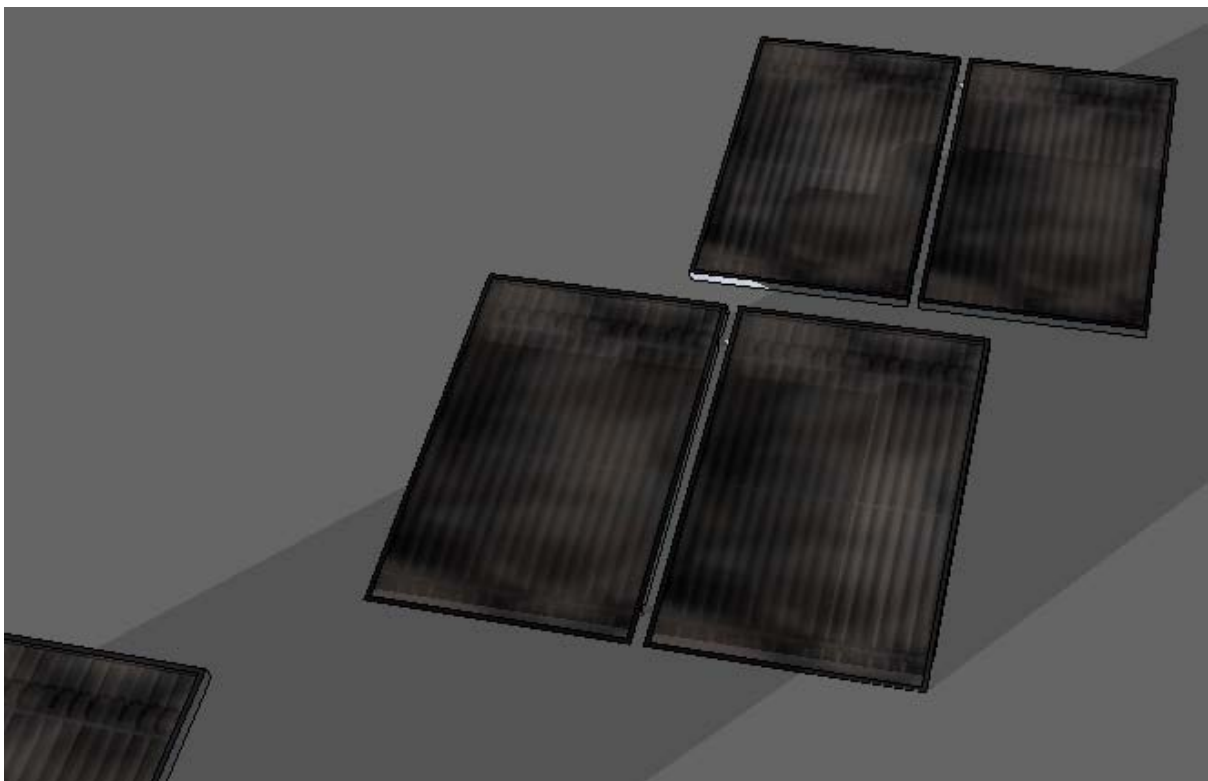
Τέλος υπολογίζουμε την σκιασμένη επιφάνεια:

$$Ac = Hsc \cdot Wsc$$

(9.2.VIII.9)

Τέλος υπάρχουν και οι περιπτώσεις να σκιάζεται κάποιος συλλέκτης από δύο διαφορετικούς συλλέκτες. Έχουμε 3 περιπτώσεις (όπου 1,2 είναι διπλανοί συλλέκτες):

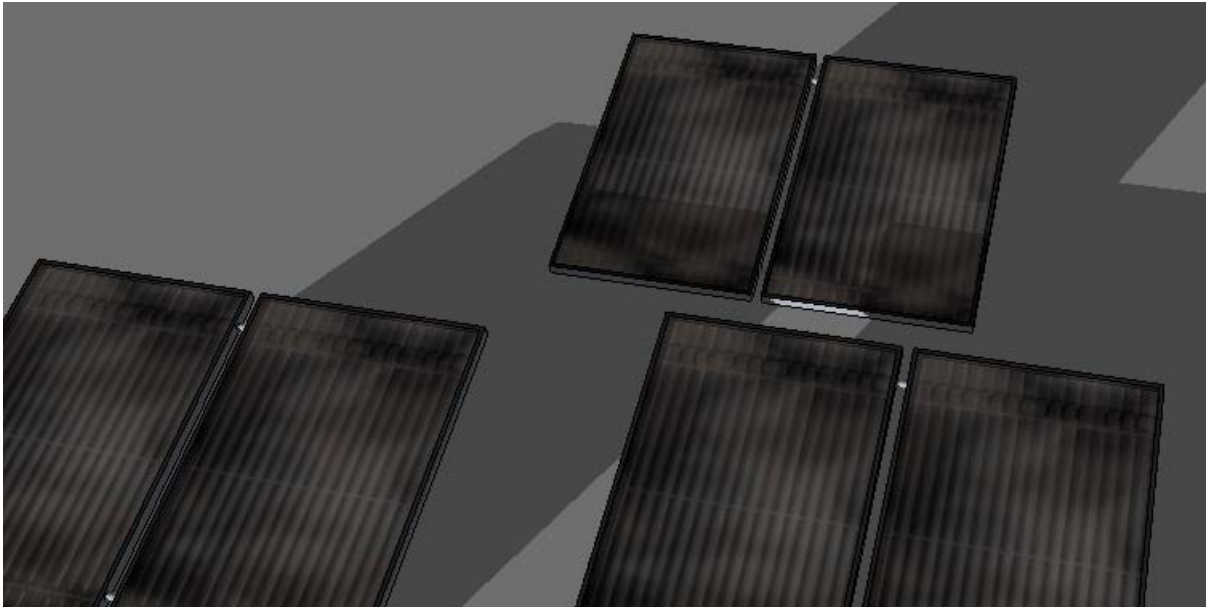
$$a. \theta\gamma_1 \geq 90 + \gamma_s \geq \theta\alpha_1 \text{ και } \theta\gamma_2 \geq 90 + \gamma_s \geq \theta\alpha_2$$



ΕΙΚΟΝΑ 9.2.XVII σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δύο ταυτόχρονα

Εδώ έχουμε να προσθέσουμε τις δύο σκιασμένες επιφάνειες με την αφαίρεση ενός κομματιού που είναι κοινό και για τις δύο ,ανάλογα ποιος από τους δύο συλλέκτες που σκιάζουν έχει και την πλευρά του ύψους του «κομματιού» (Hsc) και το άλλο το πλάτος (Wsc)

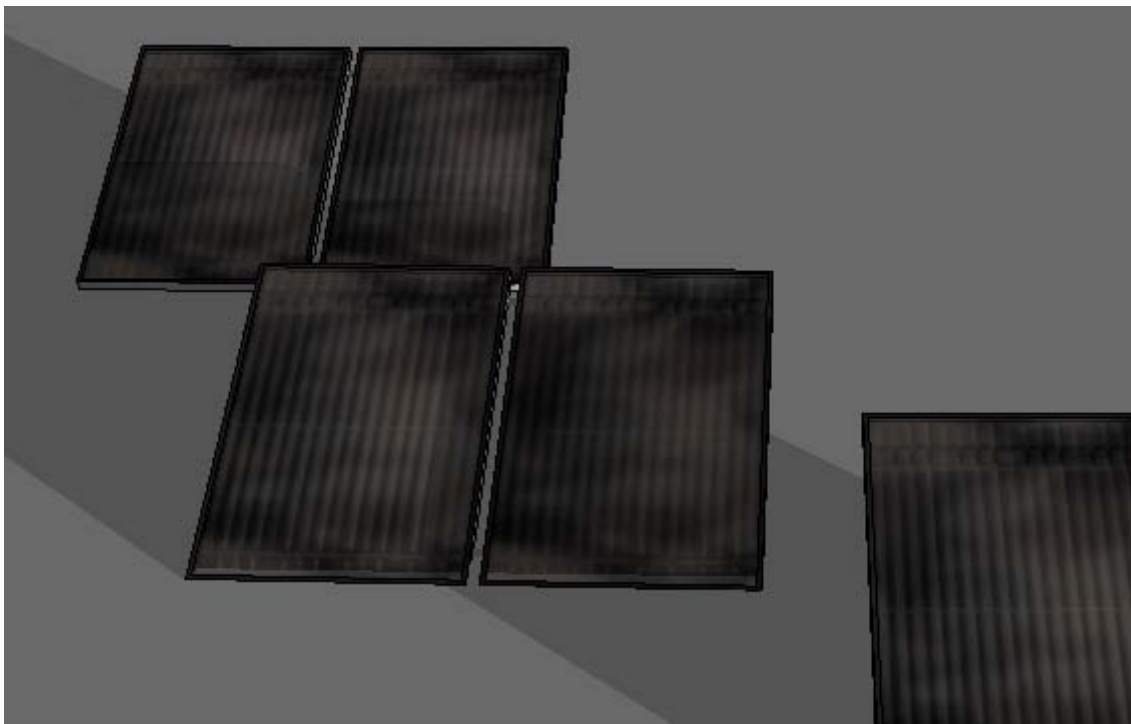
b. $\theta\gamma_2 \geq 90 + \gamma_s \geq \theta\alpha_2$ και $\theta\beta_1 \geq 90 + \gamma_s \geq \theta\gamma_1$



ΕΙΚΟΝΑ 9.2.XVIII σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δύο ταυτόχρονα

Εδώ έχουμε απλά να προσθέσουμε τις δύο σκιασμένες επιφάνειες αφού δεν εμπλέκονται μεταξύ τους.

c. $\theta\beta_1 \geq 90 + \gamma_s \geq \theta\gamma_1$ και $\theta\beta_2 \geq 90 + \gamma_s \geq \theta\gamma_2$



ΕΙΚΟΝΑ 9.2.XIX σκίαση ηλιακού συλλέκτη από δύο ταυτόχρονα

Εδώ πάλι έχουμε να προσθέσουμε τις δύο σκιασμένες επιφάνειες με την αφαίρεση ενός κομματιού που είναι κοινό και για τις δύο ,ανάλογα ποιος από τους δύο συλλέκτες που σκιάζουν έχει και την πλευρά του ύψους του «κομματιού» (Hsc) και το άλλο το πλάτος (Wsc)

10. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Για την ολοκλήρωση της εργασίας μας είναι απαραίτητη η εφαρμογή όλων όσων αναφέρθηκαν σαν παραδείγματα, με σκοπό την επιβεβαίωση της σωστής σύνταξης τους. Με λίγα λόγια έχουμε απλά τον συνδυασμό του μαθηματικού μοντέλου που μόλις δείξαμε και του προσχέδιου κατά τρόπο τέτοιο, με την βοήθεια του προγράμματος της Matlab, ώστε να δεχόμαστε τα κατάλληλα αποτελέσματα που επιθυμούμε, από γραφικές παραστάσεις και πίνακες τιμών έως και απλές και συνοπτικές απαντήσεις.

Στην περίπτωση μας λοιπόν επιθυμούμε κάτι συνοπτικό, την ανοχή μιας ταράτσας, σκεπής, στέγης στον αριθμό των ηλιακών συλλεκτών έτσι ώστε η σκίαση τους από ένα ενδεχόμενο τοίχιο να μην καλύπτει το 1% της ακτινοβολίας που δέχονται. Για τα επόμενα παραδείγματα υπάρχουν τιμές όρια των μεταβλητών, η ώρα κάθε ημέρας του έτους, η γωνία αζιμούθιου (ανά 30°), η κλίση των συλλεκτών (ανά 1°) και το γεωγραφικό πλάτος (Αθήνας) που δεν αλλάζουν, δηλαδή εξετάζονται στις ίδιες αυτές παραμέτρους.

Σαν σημείο αναφοράς στους συλλέκτες παίρνουμε το κέντρο στην κάτω πλευρά του συλλέκτη (αυτήν που εφάπτεται με το έδαφος). Όταν θα αναφέρουμε λοιπόν τις αποστάσεις πχ από τον τοίχο θα αναφερόμαστε στον ποίο κοντινό συλλέκτη, και σε αυτό το σημείο.

10.1 Παράδειγμα 1ο

Για το πρώτο παράδειγμά μας έχουμε τα εξής στοιχεία:

Το γεωγραφικό πλάτος: **37.97 (της Αθήνας)**

Την επιφάνεια τοποθέτησης: **16m² (4 (οριζόντια)*4 (κάθετα))**

Την επιφάνεια συλλεκτών: **E=1 m², 1m ύψος (Hc) , 1m πλάτος (Wc)**

Την απόσταση μεταξύ των συλλεκτών οριζοντίως: **(do) 1 m (όσο και το πλάτος συλλέκτη)**

Την απόσταση μεταξύ των συλλεκτών καθέτως: **(dk) 1 m (όσο και το ύψος συλλέκτη)**

Την απόσταση μεταξύ των συλλεκτών και του τοίχου: **την μέγιστη δυνατή κάθε φορά με το πλήθος των συλλεκτών από δυτικό, ανατολικό και νότιο**

Το ύψος των τοιχίων(νότιου, δυτικού, ανατολικού): **0.5m**

Τα βέλτιστα αποτελέσματα που προκύπτουν από το πρόγραμμά μας είναι:

α)

Το πλήθος των συλλεκτών: **4 (2 * 2)**

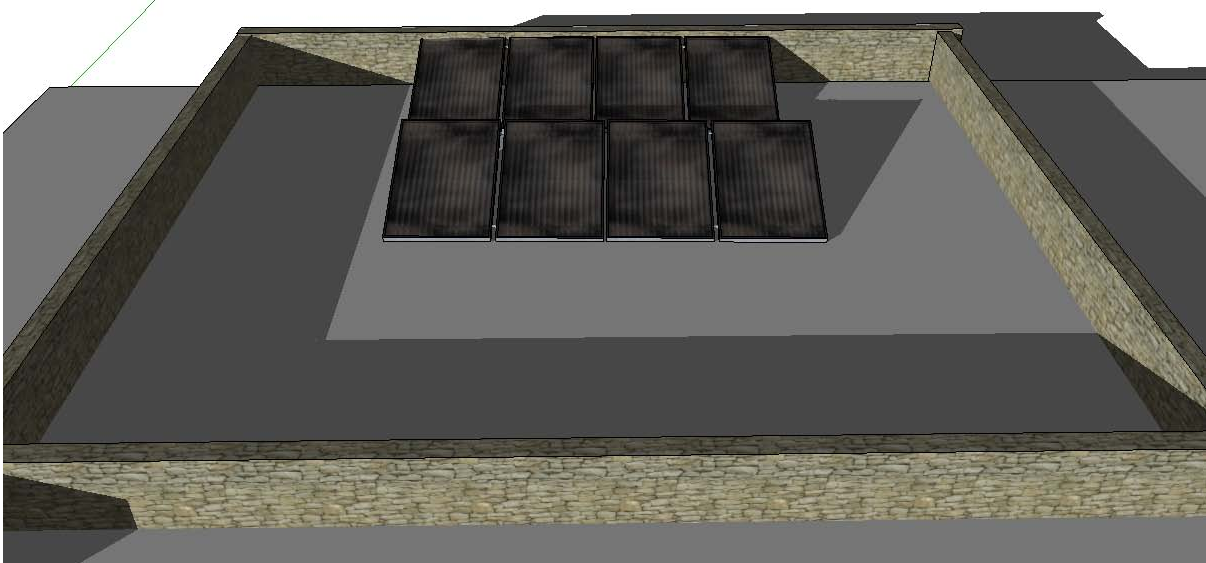
Την συνολική επιφάνεια συλλεκτών: **4m²**

Η γωνία αζιμούθιου των συλλεκτών: **0°**

Η γωνία κλίσης των συλλεκτών: **32° και 33°**

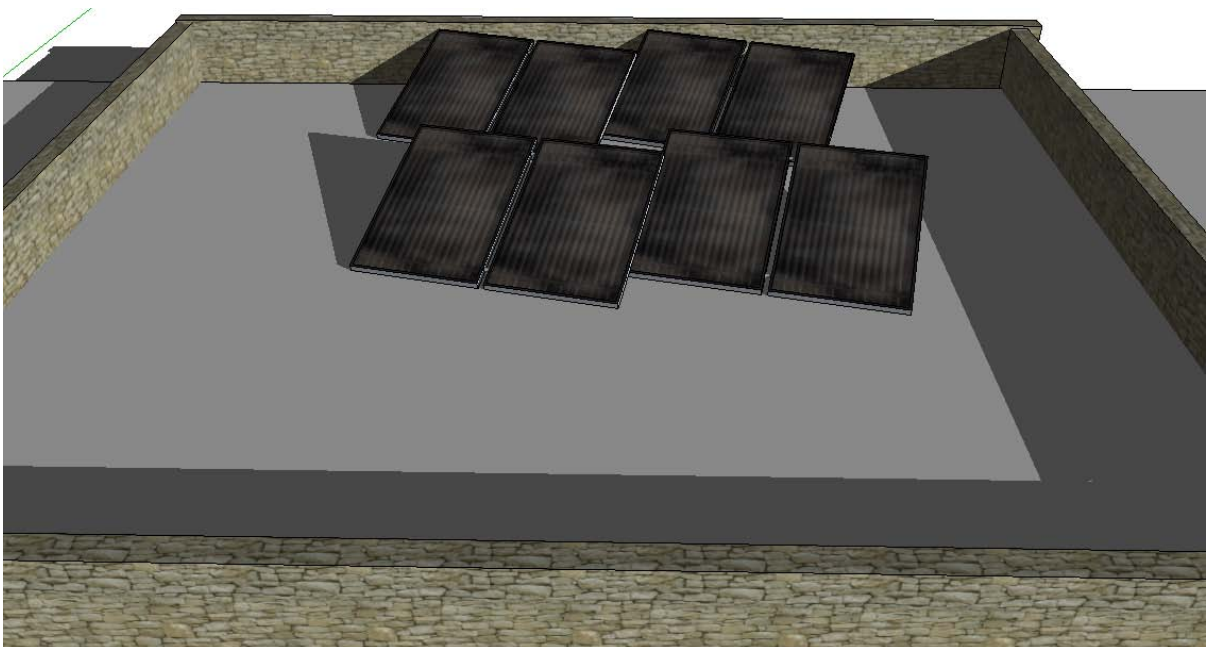
Η απόσταση από τον νότιο τοίχο: **2.152m και 2.161m** αντίστοιχα

Η απόσταση από τον δυτικό και ανατολικό τοίχο: **1.5m**



ΕΙΚΟΝΑ 10.1.I Θέση ηλιακών συλλεκτών παραδείγματος 1 (αζιμούθιο 0°)

β)

Το πλήθος των συλλεκτών: **4 (2 * 2)**Την συνολική επιφάνεια συλλεκτών: **4m²**Η γωνία αζιμούθιου των συλλεκτών: **30°**Η γωνία κλίσης των συλλεκτών: **32° και 33°**Η απόσταση από τον νότιο τοίχο: **2.015m και 2.023m** αντίστοιχαΗ απόσταση από τον δυτικό και ανατολικό τοίχο: **1.5m**

ΕΙΚΟΝΑ 10.1.II Θέση ηλιακών συλλεκτών παραδείγματος 1 (αζιμούθιο 30°)

10.2 Παράδειγμα 2ο

Για το δεύτερο παράδειγμά μας έχουμε τα εξής στοιχεία:

Το γεωγραφικό πλάτος: **37.97 (της Αθήνας)**

Την επιφάνεια τοποθέτησης: **35m² (5 (οριζόντια)*7 (κάθετα))**

Την επιφάνεια συλλεκτών: **E=1 m², 1m ύψος (Hc) , 1m πλάτος (Wc)**

Την απόσταση μεταξύ των συλλεκτών οριζοντίως: **(do)1 m (όσο και το πλάτος συλλέκτη)**

Την απόσταση μεταξύ των συλλεκτών καθέτως: **(dk) τέτοια ώστε να απέχουν εξίσου μεταξύ τους**

Την απόσταση μεταξύ των συλλεκτών και του τοίχου: **την μέγιστη δυνατή κάθε φορά με το πλήθος των συλλεκτών από δυτικό, ανατολικό και για τον νότιο ανάλογα με το ύψος του τοίχου σε σχέση με τους συλλέκτες (δηλαδή μικρός τοίχος μικρότερη από ότι αυτή των συλλεκτών (dk))**

Το ύψος των τοιχίων(νότιου, δυτικού, ανατολικού): **0.3m**

Τα βέλτιστα αποτελέσματα που προκύπτουν από το πρόγραμμά μας είναι:

Το πλήθος των συλλεκτών: **16 (4 * 4)**

Την συνολική επιφάνεια συλλεκτών: **16m²**

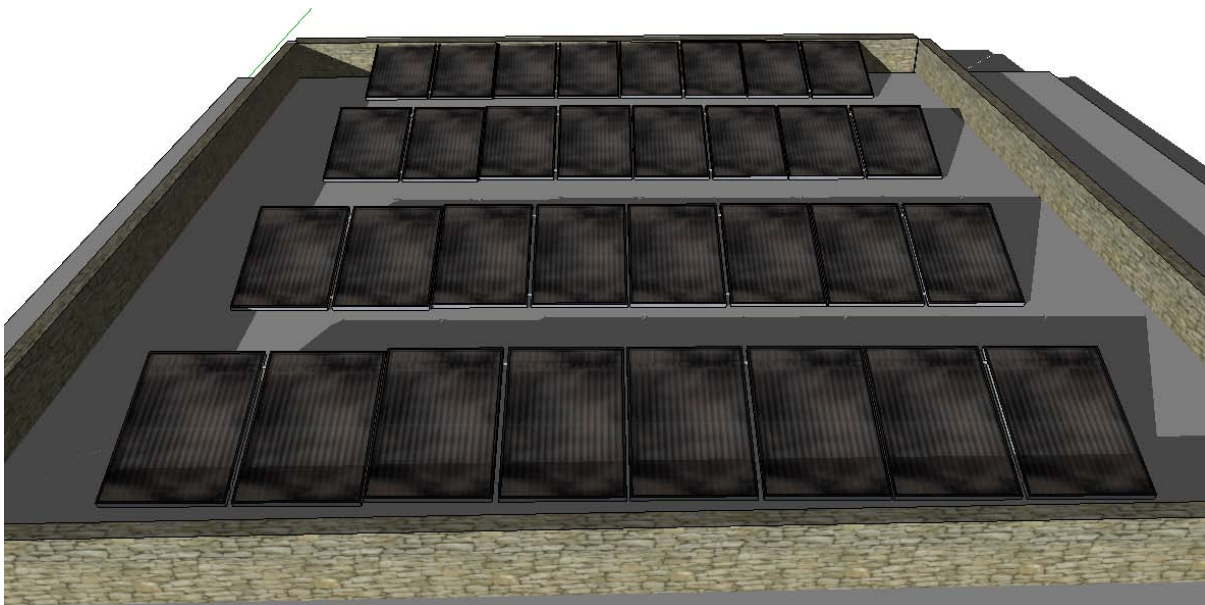
Η γωνία αζιμούθιου των συλλεκτών: **0°**

Η γωνία κλίσης των συλλεκτών: **32° και 33°**

Την απόσταση μεταξύ των συλλεκτών καθέτως: **(dk) 1.98m και 2.00m** αντίστοιχα

Η απόσταση από τον νότιο τοίχο: **0.21m και 0.168m** αντίστοιχα

Η απόσταση από τον δυτικό και ανατολικό τοίχο: **1m**



ΕΙΚΟΝΑ 10.2. Θέση ηλιακών συλλεκτών παραδείγματος 2

10.3 Παράδειγμα 3ο

Για το τρίτο παράδειγμά μας έχουμε τα εξής στοιχεία:

Το γεωγραφικό πλάτος: **37.97 (της Αθήνας)**

Την επιφάνεια τοποθέτησης: **100m² (10 (οριζόντια)*10 (κάθετα))**

Την επιφάνεια συλλεκτών: **E=1 m², 1m ύψος (Hc) , 1m πλάτος (Wc)**

Την απόσταση μεταξύ των συλλεκτών οριζοντίως: **(do)1 m (όσο και το πλάτος συλλέκτη)**

Την απόσταση μεταξύ των συλλεκτών καθέτως: **(dk) τέτοια ώστε να απέχουν εξίσου μεταξύ τους**

Την απόσταση μεταξύ των συλλεκτών και του τοίχου: **την μέγιστη δυνατή κάθε φορά με το πλήθος των συλλεκτών από δυτικό, ανατολικό και για τον νότιο ανάλογα με το ύψος του τοίχου σε σχέση με τους συλλέκτες (δηλαδή μικρός τοίχος μικρότερη από ότι αυτή των συλλεκτών (dk))**

Το ύψος των τοιχιών(νότιου, δυτικού, ανατολικού): **0.7m**

Τα βέλτιστα αποτελέσματα που προκύπτουν από το πρόγραμμά μας είναι:

Το πλήθος των συλλεκτών: **35 (7 (οριζόντια)*5 (κάθετα))**

Την συνολική επιφάνεια συλλεκτών: **35m²**

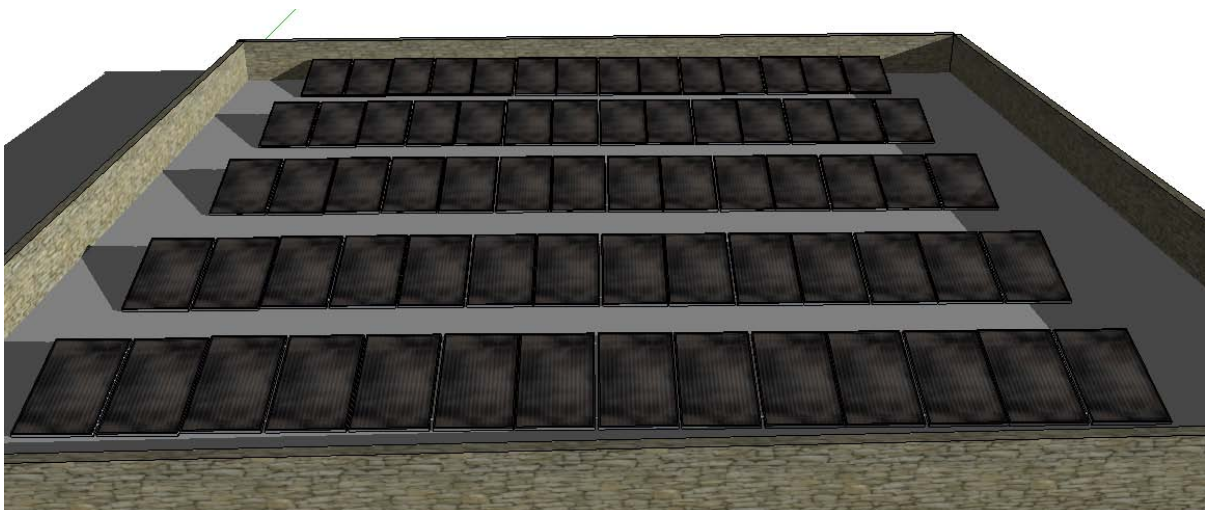
Η γωνία αζιμούθιου των συλλεκτών: **0°**

Η γωνία κλίσης των συλλεκτών: **32° και 33°**

Την απόσταση μεταξύ των συλλεκτών καθέτως: **(dk) 1.930m και 1.936m** αντίστοιχα

Η απόσταση από τον νότιο τοίχο: **1.432m και 1.419m** αντίστοιχα

Η απόσταση από τον δυτικό και ανατολικό τοίχο: **2m**



ΕΙΚΟΝΑ 10.3. Θέση ηλιακών συλλεκτών παραδείγματος 3

10.4 Παράδειγμα 4ο

Για το τέταρτο παράδειγμά μας έχουμε τα εξής στοιχεία:

Το γεωγραφικό πλάτος: **37.97 (της Αθήνας)**

Την επιφάνεια τοποθέτησης: **100m² (10 (οριζόντια)*10 (κάθετα))**

Την επιφάνεια συλλεκτών: **E=1 m², 1m ύψος (Hc) , 1m πλάτος (Wc)**

Την απόσταση μεταξύ των συλλεκτών οριζοντίως: **(do)1 m (όσο και το πλάτος συλλέκτη)**

Την απόσταση μεταξύ των συλλεκτών καθέτως: **(dk) τέτοια ώστε να απέχουν εξίσου μεταξύ τους**

Την απόσταση μεταξύ των συλλεκτών και του τοίχου: **την μέγιστη δυνατή κάθε φορά με το πλήθος των συλλεκτών από δυτικό, ανατολικό και για τον νότιο ανάλογα με το ύψος του τοίχου σε σχέση με τους συλλέκτες (δηλαδή μικρός τοίχος μικρότερη από ότι αυτή των συλλεκτών (dk))**

Το ύψος των τοιχίων(νότιου, δυτικού, ανατολικού): **0.3m**

Τα βέλτιστα αποτελέσματα που προκύπτουν από το πρόγραμμά μας είναι:

Το πλήθος των συλλεκτών: **54 (9 (οριζόντια)*6 (κάθετα))**

Την συνολική επιφάνεια συλλεκτών: **54 m²**

Η γωνία αζιμούθιου των συλλεκτών: **0°**

Η γωνία κλίσης των συλλεκτών: **32° και 33°**

Την απόσταση μεταξύ των συλλεκτών καθέτως: **(dk) 1.72m και 1.80m** αντίστοιχα

Η απόσταση από τον νότιο τοίχο: **0.191m και 0.152m** αντίστοιχα

Η απόσταση από τον δυτικό και ανατολικό τοίχο: **1m**



ΕΙΚΟΝΑ 10.4. Θέση ηλιακών συλλεκτών παραδείγματος 4

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Βιβλία

- [1] Κίμων Α. Αντωνόπουλος, *Θερμικά-Ηλιακά Συστήματα, Μέρος Πρώτο*, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα 2004
- [2] Υ. Τριπαναγνοστόπουλος, Θ. Νούσια, Μ. Σουλιώτης και Π. Γιανούλης *Solar Energy* 72,217-234 (2002)
- [3] Υ. Τριπαναγνοστόπουλος, Π. Γιανούλης, R. Battisti και A. Corrado *Progress in Photovoltaics: Research and Applications* 13,235-250 (2005),14,65-76 (2006)
- [4] Υ. Τριπαναγνοστόπουλος, *Solar Energy* 81,117-1131 (2007)
- [5] J.K.Τουι, Υ. Τριπαναγνοστόπουλος, *Solar Energy* 81,498-511 (2006)
- [6] J.K.Τουι, Υ. Τριπαναγνοστόπουλος, *Renewable Energy* 32,623-637 (2006)
- [7] J.K.Τουι, Υ. Τριπαναγνοστόπουλος, Χ. Σιαμπέκου *Solar Energy* 81,661-675(2007)
- [8] Υ. Τριπαναγνοστόπουλος, παρουσίαση στο PVSEC,Valencia, Spain 2008
- [9] Ι.Ε.Φραγκιαδάκης, *Φωτοβολταϊκά Συστήματα*, 2η Έκδοση, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη 2006
- [10] Αριστοτέλης Αηδόνης, Βασιλική Δρόσου, Παρουσίαση τεχνολογιών των θερμικών ηλιακών συστημάτων
- [11] ΚΑΠΕ, Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης & Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΟΧΕΕ), Νομοτεχνικό Σχέδιο, 2003
- [12] **Photovoltaics: Technology overview**, *Green. Energy Policy*, 28:989–998, (2000)
- [13] Ανδρέας Ε. Μοσχάτος, *Ηλιακή Ενέργεια*, Έκδοση Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος
- [14] Jan-Olof Dalenback, *Solar Heating with Seasonal Storage*, Goteborg 1993
- [15] **International Solar Energy Society**, *Solar Energy-Special Issue Large Scale Solar Heating* 2000
- [16] **Εισαγωγή στη MATLAB**, Γ.Γεωργίου,Χ.Ξενοφώντος, Λευκωσία 2007
- [17] John A.Duffie & William A. Beckman, *Solar engineering of thermal processes*, 3rd Edition, WILEY 2006

Ισότοπος

[18] <http://www.cres.gr> (ΚΑΠΕ)

[19] <http://www.rae.gr> (ΡΑΕ)

[20] <http://www.hellasres.gr> (ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΩΝ ΑΠΟ ΑΠΕ)

[21] <http://www.dei.gr> (ΔΕΗ)

[22] <http://www.eurec.be> (European Renewable Energy Centers Agency)

[23] <http://www.wicikpedia.com>

[24] <http://www.eletaen.gr> (Ελληνική επιστημονική ένωση αιολικής ενέργειας)

[25] <http://www.energypoint.gr>

[26] <http://www.noa.gr> (ΕΘΝΙΚΟ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ (ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΜΑΤΛΑΒ)

ΠΡΟΣΧΕΔΙΟ

Γωνία πρόσπτωσης του ηλίου στην επιφάνεια συλλέκτη

```
function solar_position
fi=41*pi/180; % the latitude
bita=0; % the slope
    bita=bita*pi/180;
gama=0; % the surface azimuth angle
    gama=gama*pi/180;
time=12; % the time (p.e. 17.5 = 5:30 in the afternoon)
omega1=0.25*(time*60-12*60);% the hour angle
    omega=omega1*pi/180;

for n=1:365 %loop for every day of the year
    praksh=360*(284+n)/365;
    praksh=praksh*pi/180;
    sin1=sin(praksh);
    delta=23.45*sin1*pi/180; %The declination
    %the angle of incidence
    thita(n)=acos(sin(delta)*sin(fi)*cos(bita)-
sin(delta)*cos(fi)*sin(bita)*cos(gama)+cos(delta)*cos(fi)*cos(bita)*cos(omega)+cos(delta)*sin(fi)*sin(bita)*cos
(gama)*cos(omega)+cos(delta)*sin(bita)*sin(gama)*sin(omega));
    thita(n)=thita(n)*180/pi;
    thita_n(n,2)=thita(n);
    thita_n(n,1)=n;
end
xlswrite('day-thita.xls',thita_n) %save the data
% plot thita-day
plot((1:n),thita(1:n));
xlabel('days')
ylabel('\Theta')
title('Plot of \Theta(days)')
grid on
```

Ηλιακή Θέση

```

function solar_direccion
fi=41*pi/180; % the latitude
month=[17,47,75,105,135,162,198,228,258,288,318,344];%the average days for months
k=0;
for ii=1:12 %loop for the twelve months
praksh2=360*(284+month(ii))/365;
praksh2=praksh2*pi/180;
sin2=sin(praksh2);
delta2=23.45*sin2*pi/180; %The declination
omegaS(ii)=acos(-tan(fi)*tan(delta2)); %the sunset hour angle
bhma=pi*15/180; %hour angle
%calculate the total hours of sun
terma(ii)=2*omegaS(ii)/bhma;
kterma=floor(terma(ii));
omegaS(ii)=kterma*bhma/2;
for iii=1:kterma+1 %loop for all of the hours
k=k+1;
thi=acos(sin(delta2)*sin(fi)+cos(delta2)*cos(fi)*cos(-omegaS(ii)+iii*15*pi/180-15*pi/180));
om=-omegaS(ii)*180/pi+iii*15-15;

thitaz(iii)=thi; % the zenith angle
omega(iii)=om; % hour angle
%sign of the solar azimuth angle
kkkk=1;
if(omega(iii)<0),
kkkk=-1;
end
diai=(cos(thitaz(iii))*sin(fi)-sin(delta2))/(sin(thitaz(iii))*cos(fi));
cosa=acos(diai);
absa=abs(cosa); % absolute value
gamas(iii)=kkkk*absa*180/pi; % the solar azimuth angle
otg(k,1)=omega(iii);
otg(k,2)=thitaz(iii)*180/pi;
otg(k,3)=gamas(iii);
end

% plot omega-thitaz
plot(omega(1:iii),thitaz(1:iii)*180/pi);
axis([-110 110 10 95])
legend('1','2','3','4','5','6','7','8','9','10','11','12')
xlabel('\omega')
ylabel('\Thetaz')
title('Plot of \Thetaz(\omega)')
str1(1) = {'1'};str1(2) = {'2'};str1(3) = {'3'};str1(4) = {'4'};str1(5) = {'5'};str1(6) = {'6'};str1(7) = {'7'};str1(8) =
{'8'};str1(9) = {'9'};str1(10) = {'10'};str1(11) = {'11'};str1(12) = {'12'};
text(omega(1,ii),thitaz(1,ii)*180/pi,gamas(1,ii),str1(ii))
hold all

```

```
grid on
% plot gamas-thitaz
plot(gamas(1:iii),thitaz(1:iii)*180/pi);
axis([-110 110 10 95])
legend('1','2','3','4','5','6','7','8','9','10','11','12')
xlabel('\gamas')
ylabel('\Thetaz')
title('Plot of \Thetaz(\gamas)')
str1(1) = {'1'};str1(2) = {'2'};str1(3) = {'3'};str1(4) = {'4'};str1(5) = {'5'};str1(6) = {'6'};str1(7) = {'7'};str1(8) =
{'8'};str1(9) = {'9'};str1(10) = {'10'};str1(11) = {'11'};str1(12) = {'12'};
text(gamas(1,ii),thitaz(1,ii)*180/pi,str1(ii))
hold all
grid on
% plot omega-gamas
plot(omega(1:iii),gamas(1:iii));
legend('1','2','3','4','5','6','7','8','9','10','11','12')
xlabel('\omega')
ylabel('\gammas')
title('Plot of \gammas(\omega)')
str1(1) = {'1'};str1(2) = {'2'};str1(3) = {'3'};str1(4) = {'4'};str1(5) = {'5'};str1(6) = {'6'};str1(7) = {'7'};str1(8) =
{'8'};str1(9) = {'9'};str1(10) = {'10'};str1(11) = {'11'};str1(12) = {'12'};
text(omega(1,ii),gamas(1,ii),str1(ii))
hold all
grid on
% 3D plot thitaz-omega-gamas
plot3(thitaz(1:iii)*180/pi,omega(1:iii),gamas(1:iii))
legend('1','2','3','4','5','6','7','8','9','10','11','12')
ylabel('\omega')
zlabel('\gammas')
xlabel('\thetaz')
title('Plot of \thetaz,\gammas,\omega')
hold all
grid on
end
% save data
xlswrite('omega-thitaz-gamas.xls',otg)
end
```

Ηλιακή ακτινοβολία

```
function radiacion_mensual
```

```
fi=41.4*pi/180;% latitude
```

```
month=[17,47,75,105,135,162,198,228,258,288,318,344];
```

```
H=[6.8,9.65,13.88,18.54,22.25,24.03,23.37,20.42,16.05,11.4,7.73,6.04];%day solar radiation
```

```
g=0;%steps
```

```
bi=0;
```

```
%loop for every surface azimuth angle
```

```
for gama=0:30:90
```

```
g=g+1;
```

```
baa=0;%step
```

```
%loop for every slope of the collectors
```

```
for bita=0:5:90
```

```
bi=bi+1;
```

```
baa=baa+1;
```

```
%loop for every month
```

```
for n=1:12
```

```
%change the units
```

```
gama1=gama*pi/180;
```

```
bitaa=bita*pi/180;
```

```
%calculate the declination
```

```
delta(n)=23.45*sin(360*(284+month(n))/365*pi/180)*pi/180;
```

```
omegas(n)=acos(-tan(fi)*tan(delta(n)));%hour sunrize
```

```
bhma=15*pi/180; %hour an angles
```

```
terma(n)=omegas(n)/bhma;
```

```
kte=floor(terma(n));
```

```
ora=kte*bhma;
```

```
Ht1=0; %nihilism of meter of radiation of a day
```

```
%loop for every hour
```

```
for ii=0:(kte*2+1)
```

```
ooo=-ora+15*ii*pi/180; %hours
```

```
om1=ooo-15*pi/180; %down hour
```

```
om2=ooo; %up hour
```

```
%for the hours that are not totals
```

```
if(ii==0),
```

```
om1=-omegas(n);
```

```
end
```

```
if(ii==kte*2+1),
```

```
om2=omegas(n);
```

```
end
```

```
omega=(om1+om2)/2;%hour angle
```

```

%extraterrestrial radiation on a horizontal surface for    hour period
lo(n)=(12*3.6*1.367/pi)*(1+0.033*cos(360*month(n)*pi/365/180))*(cos(fi)*cos(delta(n))*(sin(om2)-
sin(om1))+om2-om1)*sin(fi)*sin(delta(n)));

%coefficients
a=0.409+0.5016*sin(omegas(n)-60*pi/180);
b=0.6609-0.4767*sin(omegas(n)-60*pi/180);
%function of a day length
rt(ii+1,n)=pi*(a+b*cos(omega))*(cos(omega)-cos(omegas(n)))/(sin(omegas(n))-
omegas(n)*cos(omegas(n)))/24;
%horal solar radiation
l(ii+1,n)=H(n)*rt(ii+1,n);
%hourly clearness index
kt(ii+1,n)=l(ii+1,n)/lo(n);
%diffuse radiation depented kt
ld(ii+1,n)=(0.9511-0.1604*kt(ii+1,n)+4.388*kt(ii+1,n)^2-
16.638*kt(ii+1,n)^3+12.336*kt(ii+1,n)^4)*l(ii+1,n);

if kt(ii+1,n)<=0.22,
ld(ii+1,n)=(1-0.09*kt(ii+1,n))*l(ii+1,n);
end
if kt(ii+1,n)>=0.8,
ld(ii+1,n)=(0.165)*l(ii+1,n);
end

%beam radiation
lb(ii+1,n)=l(ii+1,n)-ld(ii+1,n);
%cosnus angle of icidence,zenith angle
costhitaz(n)=sin(delta(n))*sin(fi)+cos(delta(n))*cos(fi)*cos(omega);
costhita(n,baa,g)=(sin(delta(n))*sin(fi)*cos(bitaa))-
(sin(delta(n))*cos(fi)*sin(bitaa)*cos(gama1)+(cos(delta(n))*cos(fi)*cos(bitaa)*cos(omega))+cos(delta(n))*sin(
fi)*sin(bitaa)*cos(gama1)*cos(omega)+(cos(delta(n))*sin(bitaa)*sin(gama1)*sin(omega));
%ratio
Rb(n)=costhita(n,baa,g)/costhitaz(n);
if (Rb(n)<0),
Rb(n)=0;
end

%angle of icidence
thita(n)=acos(costhita(n,baa,g));
%zenith angle
thitaz(n)=acos(costhitaz(n));
%terms of Perez
aa=max(0.0,costhita(n,baa,g));
ba=max(cos(85*pi/180),costhitaz(n));
%normal incidence beam radiation
lbn=lb(ii+1,n)/costhitaz(n);

%clearness

```

$$e(n) = ((I_d(ii+1, n) + I_{bn}) / I_d(ii+1, n) + (5.535 \cdot 10^{-6})) \cdot (\text{thitaz}(n) \cdot 180 / \pi)^3 / (1 + (5.535 \cdot 10^{-6})) \cdot (\text{thitaz}(n) \cdot 180 / \pi)^3);$$

```

%brightness coefficients for Perez anisotropic sky
if (e(n)>=1) && (e(n)<1.065),
f11=-0.008;f12=0.588;f13=-0.062;f21=-0.060;f22=0.072;f23=-0.022;
elseif (e(n)>=1.065) && (e(n)<1.23),
f11=0.130;f12=0.683;f13=-0.151;f21=-0.019;f22=0.066;f23=-0.029;
elseif (e(n)>=1.23) && (e(n)<1.5),
f11=0.330;f12=0.487;f13=-0.221;f21=0.055;f22=-0.064;f23=-0.026;
elseif (e(n)>=1.5) && (e(n)<1.95),
f11=0.568;f12=0.187;f13=-0.295;f21=0.109;f22=-0.152;f23=0.014;
elseif (e(n)>=1.95) && (e(n)<2.8),
f11=0.873;f12=-0.392;f13=-0.362;f21=0.226;f22=-0.462;f23=0.001;
elseif (e(n)>=2.8) && (e(n)<4.5),
f11=1.132;f12=-1.237;f13=-0.412;f21=0.288;f22=-0.823;f23=0.056;
elseif (e(n)>=4.5) && (e(n)<6.2),
f11=1.060;f12=-1.6;f13=-0.359;f21=0.264;f22=-1.127;f23=0.131;
elseif (e(n)>6.2),
f11=0.678;f12=-0.327;f13=-0.250;f21=0.156;f22=-1.377;f23=0.251;
end

%air mass
m(n)=1/costhitaz(n);
%extraterrestrial normal-incidence radiation
lon=lo(n)/costhitaz(n);
%brightness parameter
d(n)=m(n)*I_d(ii+1,n)/lon;
%brightness coefficients
F1=max(0.0,(f11+f12*d(n)+f13*thitaz(n)));
F2=f21+f22*d(n)+f23*thitaz(n);

%diffuse reflectance for every month
ro=0.2;
if(n==1),
ro=0.7;
end
if(n==2),
ro=0.7;
end
if(n==12),
ro=0.4;
end
if(n==3),
ro=0.4;
end

```

```

%hour radiation on the sloped surface 'Perez model'

```

```

Itp=Ib(ii+1,n)*Rb(n)+Id(ii+1,n)*(1-
F1)*(1+cos(bitaa))/2+Id(ii+1,n)*F1*aa/ba+Id(ii+1,n)*F2*sin(bitaa)+I(ii+1,n)*ro*(1-cos(bitaa))/2;

    %daily radiadion (total of hours radiations)
    Ht1=Ht1+Itp;
end
%put the data in a table
Ht(bi,n)=Ht1;

end
%plot
plot(1:12,Ht(bi,1:12));
legend('0','5','10','15','20','25','30','35','40','45','50','55','60','65','70','75','80','85','90')

axis([0 13 6 26])

xlabel('month')

ylabel('Ht')

title('Plot of radiation Ht/month')

str1(1) = {'0'};str1(2) = {'5'};str1(3) = {'10'};str1(4) = {'15'};str1(5) = {'20'};str1(6) = {'25'};
str1(7) = {'30'};str1(8) = {'35'};str1(9) = {'40'};str1(10) = {'45'};str1(11) = {'50'};str1(12) = {'55'};
str1(13) = {'60'};str1(14) = {'65'};str1(15) = {'70'};str1(16) = {'75'};str1(17) = {'80'};str1(18) = {'85'};
str1(19) = {'90'};
jo=6;
if (baa<7),
    jo=1;
end
text(jo,Ht(bi,jo),str1(baa))
hold all
grid on

end
end
%save data
xlswrite('apotelesmata.xls',Ht)
end

```


Παράδειγμα σκιάς

```
function shade

fi=41*pi/180;

month=[17,47,75,105,135,162,198,228,258,288,318,344];
k=0;
  for ii=1:12 %for the twelve months
    praksh2=360*(284+month(ii))/365;
    praksh2=praksh2*pi/180;
    sin2=sin(praksh2);

    delta2=23.45*sin2*pi/180; %The declination
    omegaS(ii)=acos(-tan(fi)*tan(delta2)); %the sunset hour angle
    bhma=pi*15/180; %hour angle
    %calculate the total hours of sun
    terma(ii)=2*omegaS(ii)/bhma;
    kterma=floor(terma(ii));
    omegaS(ii)=kterma*bhma/2;

    for iii=1:ktearma+1 %for all of the hours
      k=k+1;
      thi=acos(sin(delta2)*sin(fi)+cos(delta2)*cos(fi)*cos(-
omegaS(ii)+iii*15*pi/180-15*pi/180));
      om=-omegaS(ii)*180/pi+iii*15-15;

      thitaz(iii)=thi; % the zenith angle
      omega(iii)=om; % hour angle
      %calculate the length of shade
      amhkos=3/tan(pi/2-thitaz(iii));

      if (amhkos>25),
        amhkos=25;
      end
      %the angle of shade
      sumpl=90+omega(iii);
      klish=sin(sumpl*pi/180)/cos(sumpl*pi/180);
      % data
      tom(k,1)=thitaz(iii)*180/pi;
      tom(k,2)=omega(iii);
      tom(k,3)=amhkos;
      % plot for every month for every hour with the equations
      hold

      if (omega(iii)<0),
        x=-6.3/2:0.1:amhkos*cos(sumpl*pi/180)-6.3/2;
        y=klish*(x+6.3/2)+1;
        x1=6.3/2:0.1:amhkos*cos(sumpl*pi/180)+6.3/2;
        y1=klish*(x+6.3/2)-1;
        xo=amhkos*cos(sumpl*pi/180)-
6.3/2:0.1:amhkos*cos(sumpl*pi/180)+6.3/2;
        yo=klish*(amhkos*cos(sumpl*pi/180)-6.3/2+6.3/2)+1;
        line([amhkos*cos(sumpl*pi/180)+6.3/2
amhkos*cos(sumpl*pi/180)+6.3/2],[klish*(amhkos*cos(sumpl*pi/180)-
6.3/2+6.3/2)+1 klish*(amhkos*cos(sumpl*pi/180)+6.3/2-6.3/2)-1])

      if (omega(iii)<-90),
        x=-6.3/2:0.1:amhkos*cos(sumpl*pi/180)-6.3/2;
        y=klish*(x+6.3/2)-1;
        x1=6.3/2:0.1:amhkos*cos(sumpl*pi/180)+6.3/2;
```

```

        y1=klish*(x+6.3/2)+1;
        xo=amhkos*cos(sumpl*pi/180)-
6.3/2:0.1:amhkos*cos(sumpl*pi/180)+6.3/2;
        yo=klish*(amhkos*cos(sumpl*pi/180)-6.3/2+6.3/2)-1;
        line([amhkos*cos(sumpl*pi/180)+6.3/2
amhkos*cos(sumpl*pi/180)+6.3/2],[klish*(amhkos*cos(sumpl*pi/180)-
6.3/2+6.3/2)+1 klish*(amhkos*cos(sumpl*pi/180)+6.3/2-6.3/2)-1])
        end
    end

    if(omega(iii)>=0),
        x=6.3/2:-0.1:amhkos*cos(sumpl*pi/180)+6.3/2;
        y=klish*(x-6.3/2)+1;
        x1=-6.3/2:-0.1:amhkos*cos(sumpl*pi/180)-6.3/2;
        y1=klish*(x-6.3/2)-1;
        xo=amhkos*cos(sumpl*pi/180)-
6.3/2:0.1:amhkos*cos(sumpl*pi/180)+6.3/2;
        yo=klish*(amhkos*cos(sumpl*pi/180)+6.3/2-6.3/2)+1;
        line([amhkos*cos(sumpl*pi/180)-6.3/2 amhkos*cos(sumpl*pi/180)-
6.3/2],[(klish*(amhkos*cos(sumpl*pi/180)+6.3/2-6.3/2)+1)
(klish*(amhkos*cos(sumpl*pi/180)+6.3/2-6.3/2)-1)])

        if (omega(iii)>90),
            x=6.3/2:-0.1:amhkos*cos(sumpl*pi/180)+6.3/2;
            y=klish*(x-6.3/2)-1;
            x1=-6.3/2:-0.1:amhkos*cos(sumpl*pi/180)-6.3/2;
            y1=klish*(x-6.3/2)+1;
            xo=amhkos*cos(sumpl*pi/180)-
6.3/2:0.1:amhkos*cos(sumpl*pi/180)+6.3/2;
            yo=klish*(amhkos*cos(sumpl*pi/180)+6.3/2-6.3/2)-1;
            line([amhkos*cos(sumpl*pi/180)-6.3/2 amhkos*cos(sumpl*pi/180)-
6.3/2],[(klish*(amhkos*cos(sumpl*pi/180)+6.3/2-6.3/2)+1)
(klish*(amhkos*cos(sumpl*pi/180)+6.3/2-6.3/2)-1)])
        end
    end

    plot(x,y)
    plot(x1,y1)
    plot(xo,yo)
    axis([-30 30 -12 12])
    rectangle('Position',[-6.3/2,-1,6.3,2],'LineWidth',2,'LineStyle','--',
'FaceColor','g')
    grid on
    hold
    hold off
    end

    end
    %save data
    xlswrite('thitaz-omega-distance.xls',tom)
end
f

```

ΕΦΑΡΜΟΓΗ

```

function dokimhhh
fi=37.97*pi/180;% γεμ πλατος
%month=[17,47,75,105,135,162,198,228,258,288,318,344];
Hw=0.3; %υψος τοιχου
oriz_pl=10; %οριζόντια πλευρά τοίχου
kath_pl=10; %κάθετη πλευρά τοίχου
Wc=1; %πλατος συλλέκτη
Hc=1;%υψος συλλέκτη
%dc=2; %απόσταση συλλέκτη απο τον νοτιο τοίχο
%dwc=2; %απόσταση συλλέκτη απο τον δυτικο τοίχο
%dec=2; %απόσταση συλλέκτη απο τον ανατολικο τοίχο

%υπολογισμος H (Mw/m2)
for mera=1:365
H(mera)=(4.348+2.676*sin((360/365*mera-86.410)*pi/180))*3.6;
end

%τερματισμου
ch_or=oriz_pl+1;
ch_ka=kath_pl+1;
%μηδενισμος max
maxy=0;
maxepif=0;
%apostaseis sullektwn
for keno_oriz=Wc:0.01:(oriz_pl/2+0.01)

%arithmos sullektwn oriz
tel_oriz=floor(oriz_pl/keno_oriz);
%check
if (tel_oriz<ch_or),

for keno_kath=Hc:0.01:(kath_pl/2+0.1)

%arithmos sullektwn kath
tel_kath=floor(kath_pl/keno_kath);
%check
if (tel_kath<ch_ka)|| (tel_kath>ch_ka),

%loop for every surface azimuth angle
for gamaa=0:30:90
%loop for every slope of the collectors
for bita=0:90
%loop for every day
year=0;
for mera=1:365
%change the units
gama1=gamaa*pi/180;
bitaa=bita*pi/180;
%calculate the declination
delta=23.45*sin(360*(284+mera)/365*pi/180)*pi/180;
omegas=acos(-tan(fi)*tan(delta));%hour sunrize
bhma=15*pi/180; %hour an angles
terma=omegas/bhma;
kte=floor(terma);

```

```

    ora=kte*bhma;
    Ht1=0; %nihilism of meter of radiation of a day
%loop for every hour
telosss=kte*2+1;
if (mera==81),
    ora=ora-15*pi/180;
    telosss=telosss-2;
end
for ii=0:(telosss)
    ooo=-ora+15*ii*pi/180; %hours
    om1=ooo-15*pi/180; %down hour
    om2=ooo; %up hour
    %for the hours that are not totals
    if(ii==0),
        om1=-omegas;
    end
    if(ii==telosss),
        om2=omegas;
    end
    omega=(om1+om2)/2;%hour angle
    %extraterrestrial radiation on a horizontal surface for
    %hour period

Io=(12*3.6*1.367/pi)*(1+0.033*cos(360*mera*pi/365/180))*(cos(fi)*cos(delta)
*(sin(om2)-sin(om1))+(om2-om1)*sin(fi)*sin(delta));
    %coefficients
    a=0.409+0.5016*sin(omegas-60*pi/180);
    b=0.6609-0.4767*sin(omegas-60*pi/180);
    %function of a day length
    rt=pi*(a+b*cos(omega))*(cos(omega)-
cos(omegas))/(sin(omegas)-omegas*cos(omegas))/24;
    %horal solar radiation
    I=H(mera)*rt;
    kt=I/Io;
    %diffuse radiation depented kt
    Id=(0.9511-0.1604*kt+4.388*kt^2-16.638*kt^3+12.336*kt^4)*I;
    if kt<=0.22,
        Id=(1-0.09*kt)*I;
    end
    if kt>=0.8,
        Id=(0.165)*I;
    end
    %beam radiation
    Ib=I-Id;
    %cosnus,zenith angle of incidence
    costhitaz=sin(delta)*sin(fi)+cos(delta)*cos(fi)*cos(omega);
    costhita=(sin(delta)*sin(fi)*cos(bitaa))-
(sin(delta)*cos(fi)*sin(bitaa)*cos(gamal))+(cos(delta)*cos(fi)*cos(bitaa)*c
os(omega))+(cos(delta)*sin(fi)*sin(bitaa)*cos(gamal)*cos(omega))+(cos(delta)
)*sin(bitaa)*sin(gamal)*sin(omega));
    %ratio
    Rb=costhita/costhitaz;
    if (Rb<0),
        Rb=-Rb;
    end

    %angle of incidence
    thita=acos(costhita);

    %zenith angle
    thitaz1=acos(costhitaz);

```

```

        kkkk=1;
        if(omega<0),
            kkkk=-1;
        end

        diai=(cos(thitaz1)*sin(fi)-
sin(delta))/(sin(thitaz1)*cos(fi));
        cosa=acos(diai);
        absa=abs(cosa); % absolute value
        gamas=kkkk*absa*180/pi; % the solar azimuth angle

        %terms of Perez
        aa=max(0.0,costhita);
        ba=max(cos(85*pi/180),costhitaz);
        %normal incidence beam radiation
        Ibn=Ib/costhitaz;
        %clearness
        e=((Id+Ibn)/Id+(5.535*10^(-
6))*(thitaz1*180/pi)^3)/(1+(5.535*10^(-6))*(thitaz1*180/pi)^3);
        %brighthness coefficients for Perez anisotropic sky
        if (e>=1) && (e<1.065),
            f11=-0.008;f12=0.588;f13=-0.062;f21=-0.060;f22=0.072;f23=-
0.022;
            elseif (e>=1.065) && (e<1.23),
            f11=0.130;f12=0.683;f13=-0.151;f21=-0.019;f22=0.066;f23=-
0.029;
            elseif (e>=1.23) && (e<1.5),
            f11=0.330;f12=0.487;f13=-0.221;f21=0.055;f22=-0.064;f23=-
0.026;
            elseif (e>=1.5) && (e<1.95),
            f11=0.568;f12=0.187;f13=-0.295;f21=0.109;f22=-
0.152;f23=0.014;
            elseif (e>=1.95) && (e<2.8),
            f11=0.873;f12=-0.392;f13=-0.362;f21=0.226;f22=-
0.462;f23=0.001;
            elseif (e>=2.8) && (e<4.5),
            f11=1.132;f12=-1.237;f13=-0.412;f21=0.288;f22=-
0.823;f23=0.056;
            elseif (e>=4.5) && (e<6.2),
            f11=1.060;f12=-1.6;f13=-0.359;f21=0.264;f22=-
1.127;f23=0.131;
            elseif (e>6.2),
            f11=0.678;f12=-0.327;f13=-0.250;f21=0.156;f22=-
1.377;f23=0.251;
        end

        %air mass
        m=1/costhitaz;
        %extraterrestrial normal-incidence radiation
        Ion=Io/costhitaz;
        %brighthness parameter
        dddd=m*Id/Ion;
        %brighthness coefficients
        F1=max(0.0,(f11+f12*dddd+f13*thitaz1));
        F2=f21+f22*dddd+f23*thitaz1;
        %diffuse reflectance for every month
        ro=0.2;
        %diaforopoihsh kathe mhna
        if(mera>0)&&(mera<=31),
            ro=0.7;
        end

```

```

    if(mera>31)&&(mera<=59),
    ro=0.7;
    end
    if(mera>55)&&(mera<=65),
    ro=-0.03*(mera-55)+0.7;
    end
    if(mera>59)&&(mera<=90),
    ro=0.4;
    end
    if(mera>85)&&(mera<=95),
    ro=-0.02*(mera-85)+0.4;
    end
    if(mera>334)&&(mera<=365),
    ro=0.4;
    end
    if(mera>330)&&(mera<=339),
    ro=0.02*(mera-330)+0.2;
    end
        %metatroph gia eisodo se elegxous
        gama=gamal;
        vita=bitaa;
        thitaz=thitaz1;
        gas=gamas;

    if (tel_kath>1),
        diafor=(kath_pl-tel_kath+tel_kath*(1-
(Hc*cos(vita)*cos(gama)+Wc*sin(gama)/2)))/tel_kath;
        posdiaf=1+(Hw-Hc*sin(vita))/Hw;

        toix=posdiaf*diafor;

        teldiaf=((kath_pl-tel_kath+tel_kath*(1-
(Hc*cos(vita)*cos(gama)+Wc*sin(gama)/2)))-toix)/(tel_kath-1);
        else
            teldiaf=1;
        end
        do=Wc;
        dk=teldiaf+(Hc*cos(vita)*cos(gama)+Wc*sin(gama)/2);
        telikopososto=0;
        for orizontio=1:tel_oriz,
            for katheto=1:tel_kath,

                dc=-(katheto-1)*(teldiaf+(Hc*cos(vita)*cos(gama)+Wc*sin(gama)/2))-
(Hc*cos(vita)*cos(gama)+Wc*sin(gama)/2)+kath_pl;
                dwc=orizontio-0.5+(oriz_pl-tel_oriz)/2;
                dec=oriz_pl-dwc;

                gs=gas*pi/180;

                if (-90<=gas)&&(gas<0),

% ΓΙΑ ΤΟΝ ΝΟΤΙΟ ΤΟΙΧΟ

Ds=Hw/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(90*pi/180-gs); %μήκος σκιάς απο τον τοίχο
Dts=(Hw-Hc*sin(vita))/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(90*pi/180-gs); %μήκος
σκιάς απο τον τοίχο στο επίπεδο συλλέκτη
dts= dc+Hc*cos(vita)*cos(gama); %απόσταση του άνω μέρους του συλλέκτη απο
τον νοτιο τοίχο

```

```

%αποστασεις της κάθε ακμής του συλλέκτη απο τον νότιο τοίχο
Ast= dc-Wc*sin(gama)/2;
Bst= dtc-Wc*sin(gama)/2;
Cst= dc+Wc*sin(gama)/2;
Dst= dtc+Wc*sin(gama)/2;

% ΓΙΑ ΤΟΝ ΔΥΤΙΚΟ ΤΟΙΧΟ

Dw=Hw/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(-gs); %μήκος σκιάς απο τον τοίχο
Dtw=(Hw-Hc*sin(vita))/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(-gs); %μήκος σκιάς απο τον
τοίχο στο επίπεδο συλλέκτη
dtwc= dwc+Hc*cos(vita)*sin(gama); %απόσταση του άνω μέρους του συλλέκτη απο
τον δυτικο τοίχο

%αποστασεις της κάθε ακμής του συλλέκτη απο τον δυτικο τοίχο
Awt=dwc+Wc*cos(gama)/2;
Bwt=dtwc+Wc*cos(gama)/2;
Cwt=dwc-Wc*cos(gama)/2;
Dwt=dtwc-Wc*cos(gama)/2;

%1

if (Ds<=Ast), %1
    As=0;
    if(Dw<=Cwt), %1,a
        Atot=As;
        elegxos=11 ;
    end
    if (Dw>Cwt) && (Dtw<Dwt) && (Dw<Awt), %1,b
        cat=(Dw-dwc)/cos(gama)+Wc/2;
        if (vita>0)
            th=atan(Hc*sin(vita)/(dtwc-dwc));
            Dsc=Dw-(dwc-Wc/2*cos(gama));
            Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
            Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
            cct=Hc*Dsc/Dtsc;
        else
            cct=(Dw-(dwc-Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
        end
        Aw=cat*cct/2;
        Atot=Aw;
        elegxos=12;
    end
    if (Dw<Awt)&&(Dtw>Dwt), %1,c
        cct=(Dw-dwc)/cos(gama)+Wc/2;
        ddt=(Dtw-dtwc)/cos(gama)+Wc/2;
        Aw=(cct+ddt)*Hc/2;
        Atot=Aw;
        elegxos=13;
    end
    if (Dw>Awt)&&(Dtw<Dwt), %1,d
        if (vita>0)
            th=atan(Hc*sin(vita)/(dtwc-dwc));
            Dsc=Dw-(dwc-Wc/2*cos(gama));
            Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
            Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
            cct=Hc*Dsc/Dtsc;
            Dsc=Dw-(dwc+Wc/2*cos(gama));
            Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
            Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
        end
    end
end

```

```

        aat=Hc*Dsc/Dtsc;
    else
        cct=(Dw-(dwc-Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
        aat=(Dw-(dwc+Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
    end
    Aw=(aat+cct)*Wc/2;
    Atot=Aw;
    elegxos=14;
end
if (Dw>Awt)&&(Dtw<Bwt)&&(Dtw>Dwt), %1,e
    ddt=(Dtw-dtwc)/cos(gama)+Wc/2;
    bdt=Wc-ddt;
    if (vita>0),
        th=atan(Hc*sin(vita)/(dwc-dwc));
        Dsc=Dw-(dwc+Wc/2*cos(gama));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
        abt=Hc*Dsc/Dtsc;
    else
        abt=(Dw-(dwc+Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
    end
    bbt=Hc-abt;
    Aw=Hc*Wc-bdt*bbt/2;
    Atot=Aw;
    elegxos=15;
end
if (Dtw>Bwt), %1,f
    Aw=Hc*Wc;
    Atot=Aw;
    elegxos=16;
end
end
% 2

if (Ds<Cst)&&(Dts<Bst)&&(Ds>Ast), %2
    az=(Ds-dc)/sin(gama)+Wc/2;
    if (vita>0),
        th=atan(Hc*sin(vita)/(dwc-dwc));
        Dsc=Ds-(dc-Wc/2*sin(gama));
        %%% to - me + meta to dc
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
        ae=Hc*Dsc/Dtsc;
    else
        ae=az*tan(gama);
    end
    As=ae*az/2;
    if(Dw<=Cwt), %2,a
        Atot=As;
        elegxos=21;
    end
    if (Dw>Cwt) && (Dtw<Dwt) && (Dw<Awt), %2,b
        %I
        aat=az;
        abt=ae;
        %II
        cct=(Dw-dwc)/cos(gama)+Wc/2;
        if (vita>0)
            th=atan(Hc*sin(vita)/(dwc-dwc));
            Dsc=Dw-(dwc-Wc/2*cos(gama));

```



```

        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
        cdt=Hc*Dsc/Dtsc;
    else
        cdt=(Dw-(dwc-Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
    end
    Aw=cct*cdt/2;
    %III
    if (cct+aat<Wc),
        Atot=Aw+As;
    else
        thw=atan(cdt/cct);
        ths=atan(abt/aat);
        diaf=cct+aat-Wc;
        area=((diaf*cos(thw)+diaf*sin(thw)/tan(pi-thw-
ths))*diaf*sin(thw))/2;
        Atot=Aw+As-area;
    end
    elegxos=22;
end
if (Dw<Awt)&&(Dtw>Dwt), %2,c
    %I
    aat=az;
    abt=ae;
    %II
    cct=(Dw-dwc)/cos(gama)+Wc/2;
    ddt=(Dtw-dtwc)/cos(gama)+Wc/2;
    Aw=(cct+ddt)*Hc/2;
    %III
    if (cct+aat<Wc),
        Atot=Aw+As;
    else
        thw=atan(Hc/(cct-ddt));
        ths=atan(abt/aat);
        diaf=cct+aat-Wc;
        area=(diaf*cos(thw)+diaf*sin(thw)/tan(pi-thw-
ths))*diaf*sin(thw)/2;
        Atot=Aw+As-area;
    end
    elegxos=23;
end
if (Dw>Awt)&&(Dtw<Dwt), %2,d
    %I
    aat=ae;
    act=az;
    %II
    if (vita>0)
        th=atan(Hc*sin(vita)/(dtwc-dwc));
        Dsc=Dw-(dwc-Wc/2*cos(gama));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
        cdt=Hc*Dsc/Dtsc;
        Dsc=Dw-(dwc+Wc/2*cos(gama));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
        abt=Hc*Dsc/Dtsc;
    else
        cdt=(Dw-(dwc-Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
        abt=(Dw-(dwc+Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
    end
end

```

```

Aw=(abt+cdt)*Wc/2;

ddt=Hc-cdt;
bbt=Hc-abt;
%III
if (aat<abt),
    Atot=Aw;
else
    thw=atan(Wc/(bbt-ddt));
    ths=atan(act/aat);
    diaf=aat-abt;
    area=(diaf*cos(ths)+diaf*sin(ths)/tan(pi-thw-
ths))*diaf*sin(ths)/2;
    Atot=Aw+area;
end
elegxos=24;
end
if (Dw>Awt)&&(Dtw<Bwt)&&(Dtw>Dwt), %2,e
    %I
    aat=ae;
    act=az;
    %II
    ddt=(Dtw-dtwc)/cos(gama)+Wc/2;
    bdt=Wc-ddt;
    if (vita>0),
        th=atan(Hc*sin(vita)/(dtwc-dwc));
        Dsc=Dw-(dwc+Wc/2*cos(gama));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
        abt=Hc*Dsc/Dtsc;
    else
        abt=(Dw-(dwc+Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
    end
    bbt=Hc-abt;
    Aw=Hc*Wc-bdt*bbt/2;
    %III
    if (aat<abt),
        Atot=Aw;
    else
        thw=atan(bdt/bbt);
        ths=atan(act/aat);
        diaf=aat-abt;
        area=(diaf*cos(ths)+diaf*sin(ths)/tan(pi-thw-
ths))*diaf*sin(ths)/2;
        Atot=Aw+area;
    end
    elegxos=25;
end
if (Dtw>Bwt), %2,f
    Aw=Hc*Wc;
    Atot=Aw;
    elegxos=26;
end
end

% 3

if (Ds<Cst)&&(Dts>Bst), %3
    aat=(Ds-dc)/sin(gama)+Wc/2;
    bbt=(Dts-dtc)/sin(gama)+Wc/2;
    As=(aat+bbt)*Hc/2;

```

```

if(Dw<=Cwt), %3,a
    Atot=As;
    elegxos=31;
end
if (Dw>Cwt) && (Dtw<Dwt) && (Dw<Awt), %3,b
    %II
    cct=(Dw-dwc)/cos(gama)+Wc/2;
    if (vita>0)
        th=atan(Hc*sin(vita)/(dtwc-dwc));
        Dsc=Dw-(dwc-Wc/2*cos(gama));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
        cdt=Hc*Dsc/Dtsc;
    else
        cdt=(Dw-(dwc-Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
    end
    Aw=cct*cdt/2;
    %III
    if (cct+aat<Wc),
        Atot=Aw+As;
    else
        thw=atan(cdt/cct);
        ths=atan(Hc/(aat-bbt));
        diaf=cct+aat-Wc;
        area=(diaf*cos(thw)+diaf*sin(thw)/tan(pi-thw-
ths))*diaf*sin(thw)/2;
        Atot=Aw+As-area;
    end
    elegxos=32;
end
if (Dw<Awt)&&(Dtw>Dwt), %3,c
    %II
    cct=(Dw-dwc)/cos(gama)+Wc/2;
    ddt=(Dtw-dtwc)/cos(gama)+Wc/2;
    Aw=(cct+ddt)*Hc/2;
    %III
    if (cct+aat<Wc),
        Atot=Aw+As;
    elseif(ddt+bbt>Wc),
        Atot=Hc*Wc;
    else
        thw=atan(Hc/(cct-ddt));
        ths=atan(Hc/(aat-bbt));
        diaf=cct+aat-Wc;
        area=(diaf*cos(thw)+diaf*sin(thw)/tan(pi-thw-
ths))*diaf*sin(thw)/2;
        Atot=Aw+As-area;
    end
    elegxos=33;
end
if (Dw>Awt)&&(Dtw<Dwt), %3,d
    %I
    act=aat;
    %II
    if (vita>0)
        th=atan(Hc*sin(vita)/(dtwc-dwc));
        Dsc=Dw-(dwc-Wc/2*cos(gama));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
        cdt=Hc*Dsc/Dtsc;
        Dsc=Dw-(dwc+Wc/2*cos(gama));

```

```

    Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
    Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
    aat=Hc*Dsc/Dtsc;
else
    cdt=(Dw-(dwc-Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
    aat=(Dw-(dwc+Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
end
Aw=(aat+cdt)*Wc/2;
ddt=Hc-cdt;
bat=Hc-aat;
%III
THITw=pi-atan(Wc/(bat-ddt));
THITs=atan(Hc/(act-bbt));
thw=THITw-atan(act/aat);
ths=THITs-atan(aat/act);
diaf=sqrt(act^2+aat^2);
area=(diaf*cos(thw)+diaf*sin(thw)/tan(pi-thw-
ths))*diaf*sin(thw)/2+act*aat/2;
Atot=Aw+As-area;
elegxos=34;
end
if (Dw>Aw) && (Dtw<Bwt) && (Dtw>Dwt), %3,e
    %I
    act=aat;
    %II
    ddt=(Dtw-dtwc)/cos(gama)+Wc/2;
    bdt=Wc-ddt;
    if (vita>0),
        th=atan(Hc*sin(vita)/(dtwc-dwc));
        Dsc=Dw-(dwc+Wc/2*cos(gama));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
        aat=Hc*Dsc/Dtsc;
    else
        aat=(Dw-(dwc+Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
    end
    bat=Hc-aat;
    Aw=Hc*Wc-bdt*bat/2;
    %III
    if (ddt+bbt>Wc),
        Atot=Hc*Wc;
    else
        THITw=pi-atan(bdt/bat);
        THITs=atan(Hc/(act-bbt));
        thw=THITw-atan(act/aat);
        ths=THITs-atan(aat/act);
        diaf=sqrt(act^2+aat^2);
        area=(diaf*cos(thw)+diaf*sin(thw)/tan(pi-thw-
ths))*diaf*sin(thw)/2+act*aat/2;
        Atot=Aw+As-area;
    end
    elegxos=35;
end
if (Dtw>Bwt), %3,f
    Aw=Hc*Wc;
    Atot=Aw;
    elegxos=36;
end
end
% 4

```

```

if (Ds>Cst)&&(Dts<Bst), %4
    if (vita>0)
        th=atan(Hc*sin(vita)/(dte-dc));
        Dsc=Ds-(dc-Wc/2*sin(gama));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
        aat=Hc*Dsc/Dtsc;
        Dsc=Ds-(dc+Wc/2*sin(gama));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
        cct=Hc*Dsc/Dtsc;
    else
        cct=(Ds-(dc+Wc/2*sin(gama)))/cos(gama);
        aat=(Ds-(dc-Wc/2*sin(gama)))/cos(gama);
    end
    As=(aat+cct)*Wc/2;

if(Dw<=Cwt), %4,a
    Atot=As;
    elegxos=41;
end
if (Dw>Cwt) && (Dtw<Dwt) && (Dw<Awt), %4,b
    %I
    abt=aat;
    %II
    cat=(Dw-dwc)/cos(gama)+Wc/2;
    if (vita>0)
        th=atan(Hc*sin(vita)/(dtwc-dwc));
        Dsc=Dw-(dwc-Wc/2*cos(gama));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
        cdt=Hc*Dsc/Dtsc;
    else
        cdt=(Dw-(dwc-Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
    end
    Aw=cat*cdt/2;
    %III
    dct=Hc-cct;
    bbt=Hc-abt;
    if (cdt<cct),
        Atot=As;
    else
        THITs=pi-atan(Wc/(dct-bbt));
        THITw=atan(cdt/(cat));
        ths=THITs-atan(cat/cct);
        thw=THITw-atan(cct/cat);
        diaf=sqrt(cat^2+cct^2);
        area=(diaf*cos(thw)+diaf*sin(thw)/tan(pi-thw-
ths))*diaf*sin(thw)/2+cct*cat/2;
        Atot=Aw+As-area;
    end
    elegxos=42;
end
if (Dw<Awt)&&(Dtw>Dwt), %4,c
    %I
    abt=aat;
    %II
    cat=(Dw-dwc)/cos(gama)+Wc/2;
    ddt=(Dtw-dtwc)/cos(gama)+Wc/2;
    Aw=(cat+ddt)*Hc/2;

```

```

%III
dct=Hc-cct;
bbt=Hc-abt;
  THITs=pi-atan(Wc/(dct-bbt));
  THITw=atan(Hc/(cat-ddt));
  ths=THITs-atan(cat/cct);
  thw=THITw-atan(cct/cat);
  diaf=sqrt(cat^2+cct^2);
  area=(diaf*cos(thw)+diaf*sin(thw)/tan(pi-thw-
ths))*diaf*sin(thw)/2+cct*cat/2;
  Atot=Aw+As-area;
  elegxos=43;
end
if (Dw>Awt)&&(Dtw<Dwt), %4,d
  %I
  abt=aat;
  %II
  if (vita>0)
    th=atan(Hc*sin(vita)/(dtwc-dwc));
    Dsc=Dw-(dwc-Wc/2*cos(gama));
    Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
    Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
    cdt=Hc*Dsc/Dtsc;
    Dsc=Dw-(dwc+Wc/2*cos(gama));
    Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
    Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
    aat=Hc*Dsc/Dtsc;
  else
    cdt=(Dw-(dwc-Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
    aat=(Dw-(dwc+Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
  end
  Aw=(aat+cdt)*Wc/2;
  %III
  bat=Hc-aat;
  ddt=Hc-cdt;
  if (aat<abt),
    Atot=Aw;
  elseif(cct<cdt),
    Atot=As;
  else
    ths=atan(Wc/(abt-cct));
    thw=atan(Wc/(bat-ddt));
    diaf=abt-aat;
    area=(diaf*cos(ths)+diaf*sin(ths)/tan(pi-thw-
ths))*diaf*sin(ths)/2;
    Atot=Aw+area;
  end
  elegxos=44;
end
if (Dw>Awt)&&(Dtw<Bwt)&&(Dtw>Dwt), %4,e
  %II
  ddt=(Dtw-dtwc)/cos(gama)+Wc/2;
  bdt=Wc-ddt;
  if (vita>0),
    th=atan(Hc*sin(vita)/(dtwc-dwc));
    Dsc=Dw-(dwc+Wc/2*cos(gama));
    Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
    Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
    abt=Hc*Dsc/Dtsc;
  else
    abt=(Dw-(dwc+Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);

```

```

end
bbt=Hc-abt;
Aw=Hc*Wc-bdt*bbt/2;
%III
if(aat<abt),
    Atot=Aw;
else
    thw=atan(bdt/bbt);
    ths=atan(Wc/(aat-cct));
    diaf=aat-abt;
    area=(diaf*cos(ths)+diaf*sin(ths)/tan(pi-thw-
ths))*diaf*sin(ths)/2;
    Atot=Aw+area;
end
elegxos=45;
end
if (Dtw>Bwt), %4,f
    Aw=Hc*Wc;
    Atot=Aw;
    elegxos=46;
end
end

% 5

if (Ds>Cst)&&(Dts>Bst)&&(Dts<Dst), %5
    bbt=(Dts-dtc)/sin(gama)+Wc/2;
    dbt=Wc-bbt;
    if (vita>0)
        th=atan(Hc*sin(vita)/(dte-dc));
        Dsc=Ds-(dc+Wc/2*sin(gama));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
        cct=Hc*Dsc/Dtsc;
    else
        cct=(Ds-(dc+Wc/2*sin(gama)))/cos(gama);
    end
    dct=Hc-cct;
    As=Hc*Wc/2-dct*dbt/2;
    if(Dw<=Cwt), %5,a
        Atot=As;
        elegxos=51;
    end
    if (Dw>Cwt) && (Dtw<Dwt) && (Dw<Awt), %5,b
        %II
        cat=(Dw-dwc)/cos(gama)+Wc/2;
        if (vita>0)
            th=atan(Hc*sin(vita)/(dtwc-dwc));
            Dsc=Dw-(dwc-Wc/2*cos(gama));
            Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
            Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
            cdt=Hc*Dsc/Dtsc;
        else
            cdt=(Dw-(dwc-Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
        end
        Aw=cat*cdt/2;
        %III
        dct=Hc-cct;
        if (cdt<cct),
            Atot=As;
        else

```

```

        THITs=pi-atan(dbt/dct);
        THITw=atan(cdt/(cat));
        ths=THITs-atan(cat/cct);
        thw=THITw-atan(cct/cat);
        diaf=sqrt(cat^2+cct^2);
        area=(diaf*cos(thw)+diaf*sin(thw)/tan(pi-thw-
ths))*diaf*sin(thw)/2+cct*cat/2;
        Atot=Aw+As-area;
    end
    elegxos=52;
end
if (Dw<Awt)&&(Dtw>Dwt), %5,c
    %II
    cat=(Dw-dwc)/cos(gama)+Wc/2;
    ddt=(Dtw-dtwc)/cos(gama)+Wc/2;
    Aw=(cat+ddt)*Hc/2;
    %III
    if (ddt+bbt>Wc),
        Atot=Hc*Wc;
    else
        THITs=pi-atan(dbt/dct);
        THITw=atan(Hc/(cat-ddt));
        ths=THITs-atan(cat/cct);
        thw=THITw-atan(cct/cat);
        diaf=sqrt(cat^2+cct^2);
        area=(diaf*cos(thw)+diaf*sin(thw)/tan(pi-thw-
ths))*diaf*sin(thw)/2+cct*cat/2;
        Atot=Aw+As-area;
    end
    elegxos=53;
end
if (Dw>Awt)&&(Dtw<Dwt), %5,d
    %II
    if (vita>0)
        th=atan(Hc*sin(vita)/(dtwc-dwc));
        Dsc=Dw-(dwc-Wc/2*cos(gama));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
        cdt=Hc*Dsc/Dtsc;
        Dsc=Dw-(dwc+Wc/2*cos(gama));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
        aat=Hc*Dsc/Dtsc;
    else
        cdt=(Dw-(dwc-Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
        aat=(Dw-(dwc+Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
    end
    Aw=(aat+cdt)*Wc/2;
    %III
    if (cdt<cct),
        Atot=As;
    else
        ths=atan(dbt/dct);
        thw=atan(Wc/(cdt-aat));
        diaf=cdt-cct;
        area=(diaf*cos(ths)+diaf*sin(ths)/tan(pi-thw-
ths))*diaf*sin(ths)/2;
        Atot=Aw+area;
    end
    elegxos=54;
end
end

```



```

if (Dw>Awt)&&(Dtw<Bwt)&&(Dtw>Dwt), %5,e
    %II
    ddt=(Dtw-dtwc)/cos(gama)+Wc/2;
    bdt=Wc-ddt;
    if (vita>0),
        th=atan(Hc*sin(vita)/(dtwc-dwc));
        Dsc=Dw-(dwc+Wc/2*cos(gama));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
        aat=Hc*Dsc/Dtsc;
    else
        aat=(Dw-(dwc+Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
    end
    bat=Hc-aat;
    %III
    dbt=Wc-bbt;
    if(bbt+ddt>Wc),
        Atot=Hc*Wc;
    else
        thw=atan(bat/bdt);
        ths=atan(dct/dbt);
        diaf=Wc-bbt-ddt;
        area=(diaf*cos(thw)+diaf*sin(thw)/tan(pi-thw-
ths))*diaf*sin(thw)/2;
        Atot=Hc*Wc-area;
    end
    elegxos=55;
end
if (Dtw>Bwt), %5,f
    Aw=Hc*Wc;
    Atot=Aw;
    elegxos=56;
end
end
%6
if (Dts>=Dst), %6
    As=Hc*Wc;
    Atot=As;
    elegxos=60;
end
%
                                anatolikos

                                elseif (0<=gas)&&(gas<=+90),

    Ds=Hw/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(90*pi/180-gs); %μήκος σκιάς απο τον
τοίχο
    Dts=(Hw-Hc*sin(vita))/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(90*pi/180-gs); %μήκος
σκιάς απο τον τοίχο στο επίπεδο συλλέκτη
    dtc= dc+Hc*cos(vita)*cos(gama); %απόσταση του άνω μέρους του συλλέκτη απο
τον νοτιο τοίχο
    %αποστασεις της κάθε ακμής του συλλέκτη απο τον νότιο τοίχο
    Ast= dc-Wc*sin(gama)/2;
    Bst= dtc-Wc*sin(gama)/2;
    Cst= dc+Wc*sin(gama)/2;
    Dst= dtc+Wc*sin(gama)/2;

% ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΤΟΙΧΟ

De=Hw/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(gs); %μήκος σκιάς απο τον τοίχο

```

```

Dte=(Hw-Hc*sin(vita))/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(gs); %μήκος σκιάς απο τον
τοίχο στο επίπεδο συλλέκτη
dtec= dec-Hc*cos(vita)*sin(gama); %απόσταση του άνω μέρους του συλλέκτη απο
τον ανατολικο τοίχο

%αποστασεις της κάθε ακμής του συλλέκτη απο τον ανατολικο τοίχο
Aet=dec-Wc*cos(gama)/2;
Bet=dtec-Wc*cos(gama)/2;
Cet=dec+Wc*cos(gama)/2;
Det=dtec+Wc*cos(gama)/2;

    %1

if (Ds<=Ast), %1
    As=0;
    if (De<=Aet)&&(Dte<=Bet), %1,a
        Atot=As;
        elegxos=71;
    end
    if (Dte<Bet) && (De>Aet) && (De<Cet), %1,b
        aat=(De-dec)/cos(gama)+Wc/2;

        th=atan(Hc*sin(vita)/(dec-dtec));
        Dsc=De-(dec-Wc/2*cos(gama));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)-Hct*cos(th);
        abt=Hc*Dsc/Dtsc;
        Ae=aat*abt/2;
        Atot=Ae;
        elegxos=72;
    end
    if (Dte>Bet)&&(De<Aet)&&(Dte<Det), %1,c
        bbt=(Dte-dtec)/cos(gama)+Wc/2;
        if (vita>0)
            th=atan(Hc*sin(vita)/(dec-dtec));
            Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
            Dsc=De-(dtec-Wc/2*cos(gama))-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)*
sin(gs);
            Dtsc=Hct*cos(th)-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(gs);
            bat=Hc*Dsc/Dtsc;
        else
            bat=(De-(dtec-Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
        end
        Ae=(bbt*bat)/2;
        Atot=Ae;
        elegxos=73;
    end
    if (Dte>Bet)&&(Dte<Det)&&(De<Cet)&&(De>Aet), %1,d
        aat=(De-dec)/cos(gama)+Wc/2;
        bbt=(Dte-dtec)/cos(gama)+Wc/2;
        Ae=(aat+bbt)*Hc/2;
        Atot=Ae;
        elegxos=74;
    end
    if (Dte>Det)&&(De<Aet), %1,e
        if (vita>0),
            th=atan(Hc*sin(vita)/(dec-dtec));
            Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
            Dsc=De-(dtec-Wc/2*cos(gama))-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)*
sin(gs);

```

```

        Dtsc=Hct*cos(th)-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(gs);
        bat=Hc*Dsc/Dtsc;
        Dsc=De-(dtec+Wc/2*cos(gama))-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)*
sin(gs);
        Dtsc=Hct*cos(th)-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(gs);
        dct=Hc*Dsc/Dtsc;
    else
        bat=(De-(dtec-Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
        dct=(De-(dtec+Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
    end
    Ae=(dct+bat)*Wc/2;
    Atot=Ae;
    elegxos=75;
end
if (Dte>Bet) && (De>Cet) && (Dte<Det), %1,f
    bbt=(Dte-dtec)/cos(gama)+Wc/2;
    dbt=Wc-bbt;
    th=atan(Hc*sin(vita)/(dec-dtec));
    Dsc=De-(dec+Wc/2*cos(gama));
    Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
    Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)-Hct*cos(th);
    cdt=Hc*Dsc/Dtsc;
    ddt=Hc-cdt;
    Ae=Wc*Hc-dbt*ddt/2;
    Atot=Ae;
    elegxos=76;
end
if (Dte>Det) && (De>Aet) && (De<Cet), %1,g
    aat=(De-dec)/cos(gama)+Wc/2;
    cat=Wc-aat;
    if (vita>0),
        th=atan(Hc*sin(vita)/(dec-dtec));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dsc=De-(dtec+Wc/2*cos(gama))-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)*
sin(gs);
        Dtsc=Hct*cos(th)-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(gs);
        dct=Hc*Dsc/Dtsc;
    else
        dct=(De-(dtec+Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
    end
    cct=Hc-dct;
    Ae=Wc*Hc-cct*cat/2;
    Atot=Ae;
    elegxos=77;
end
if (De>Cet)&&(Dte>Det), %1,h
    Ae=Hc*Wc;
    Atot=Ae;
    elegxos=78;
end
end

% 2

if (Ds<Cst)&&(Dts<Bst)&&(Ds>Ast), %2
    az=(Ds-dc)/sin(gama)+Wc/2;
    if (vita>0),
        th=atan(Hc*sin(vita)/(dte-dc));
        Dsc=Ds-(dc-Wc/2*sin(gama));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
    end
end

```

```

        ae=Hc*Dsc/Dtsc;
    else
        ae=az*tan(gama);
    end
    As=ae*az/2;
    if (De<=Aet)&&(Dte<=Bet), %2,a
        Atot=As;
        elegxos=81;
    end
    if (Dte<Bet) && (De>Aet) && (De<Cet), %2,b
        %I
        act=az;
        aatt=ae;
        %II
        aat=(De-dec)/cos(gama)+Wc/2;

        th=atan(Hc*sin(vita)/(dec-dtec));
        Dsc=De-(dec-Wc/2*cos(gama));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)-Hct*cos(th);
        abt=Hc*Dsc/Dtsc;
        Ae=aat*abt/2;
        %III
        if (aat>act)&&(abt>aatt),
            Atot=Ae;
        elseif (act>aat)&&(aatt>abt),
            Atot=As;
        elseif (act>aat)&&(abt>aatt),
            THITea=atan(abt/aat);
            THITs=atan(act/(aatt));
            ths=THITs-atan(aat/aatt);
            thea=THITea-atan(aatt/aat);
            diaf=sqrt(aat^2+aatt^2);
            area=(diaf*cos(th)+diaf*sin(th)/tan(pi-ths-
thea))*diaf*sin(th)/2+aatt*aat/2;
            Atot=Ae+As-area;
        else
            THITea=atan(aatt/act);
            THITs=atan(aat/(abt));
            ths=THITs-atan(abt/act);
            thea=THITea-atan(act/abt);
            diaf=sqrt(abt^2+act^2);
            area=(diaf*cos(th)+diaf*sin(th)/tan(pi-ths-
thea))*diaf*sin(th)/2+abt*act/2;
            Atot=Ae+As-area;
        end
        elegxos=82;
    end
    if (Dte>Bet)&&(De<Aet)&&(Dte<Det), %2,c
        %I
        act=az;
        aat=ae;
        %II
        bdt=(Dte-dtec)/cos(gama)+Wc/2;
        if (vita>0)
            th=atan(Hc*sin(vita)/(dec-dtec));
            Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
            Dsc=De-(dtec-Wc/2*cos(gama))-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)*
sin(gs);
            Dtsc=Hct*cos(th)-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(gs);
            bbt=Hc*Dsc/Dtsc;

```

```

else
    bbt=(De-(dtec-Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
end
Ae=(bdt*bbt)/2;
%III
if (bbt+aat<Wc),
    Atot=Ae+As;
else
    thea=atan(bdt/bbt);
    ths=atan(act/aat);
    diaf=bbt+aat-Wc;
    area=(diaf*cos(ths)+diaf*sin(ths)/tan(pi-ths-
thea))*diaf*sin(ths)/2;
    Atot=Ae+As-area;
end
elegxos=83;
end
if (Dte>Bet)&&(Dte<Det)&&(De<Cet)&&(De>Aet), %2,d
    %I
    abt=ae;
    aat=az;
    %II
    act=(De-dec)/cos(gama)+Wc/2;
    bdt=(Dte-dtec)/cos(gama)+Wc/2;
    Ae=(act+bdt)*Hc/2;
    cct=Wc-act;
    ddt=Wc-bdt;
    %III
    if (aat<act),
        Atot=Ae;
    else
        THITea=pi-atan(Hc/(cct-ddt));
        THITs=atan(aat/(abt));
        ths=THITs-atan(act/abt);
        thea=THITea-atan(abt/act);
        diaf=sqrt(act^2+abt^2);
        area=(diaf*cos(ths)+diaf*sin(ths)/tan(pi-ths-
thea))*diaf*sin(ths)/2+abt*act/2;
        Atot=Ae+As-area;
    end
    elegxos=84;
end
if (De<Aet)&&(Dte>Det), %2,e
    %I
    aat=ae;
    act=az;
    %II
    if (vita>0),
        th=atan(Hc*sin(vita)/(dec-dtec));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dsc=De-(dtec-Wc/2*cos(gama))-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)*
sin(gs);
        Dtsc=Hct*cos(th)-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(gs);
        bbt=Hc*Dsc/Dtsc;
        Dsc=De-(dtec+Wc/2*cos(gama))-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)*
sin(gs);
        Dtsc=Hct*cos(th)-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(gs);
        ddt=Hc*Dsc/Dtsc;
    else
        bbt=(De-(dtec-Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
        ddt=(De-(dtec+Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);

```

```

end
Ae=(ddt+bbt)*Wc/2;
%III
abt=Hc-bbt;
if (aat<abt),
    Atot=Ae+As;
else
    THITea=atan(aat/act);
    THITs=pi-atan(Wc/(bbt-ddt));
    ths=THITs-atan(act/abt);
    thea=THITea-atan(abt/act);
    diaf=sqrt(act^2+abt^2);
    area=(diaf*cos(th)+diaf*sin(th)/tan(pi-ths-
thea))*diaf*sin(th)/2+abt*act/2;
    Atot=Ae+As-area;
end
elegxos=85;
end
if (Dte>Bet)&&(Dte<Det)&&(De>Cet), %2,f
    bbt=(Dte-dtec)/cos(gama)+Wc/2;
    dbt=Wc-bbt;
    th=atan(Hc*sin(vita)/(dec-dtec));
    Dsc=De-(dec+Wc/2*cos(gama));
    Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
    Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)-Hct*cos(th);
    cdt=Hc*Dsc/Dtsc;
    ddt=Hc-cdt;
    Ae=Wc*Hc-dbt*ddt/2;
    Atot=Ae;
    elegxos=86;
end
if (Dte>Det) && (De>Aet) && (De<Cet), %2,g
    %I
    aat=az;
    abt=ae;
    %II
    act=(De-dec)/cos(gama)+Wc/2;
    cct=Wc-act;
    if (vita>0),
        th=atan(Hc*sin(vita)/(dec-dtec));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dsc=De-(dtec+Wc/2*cos(gama))-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)*
sin(gs);
        Dtsc=Hct*cos(th)-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(gs);
        ddt=Hc*Dsc/Dtsc;
    else
        ddt=(De-(dtec+Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
    end
    cdt=Hc-ddt;
    Ae=Wc*Hc-cdt*cct/2;
    %III
    if (aat<act),
        Atot=Ae;
    else
        thea=atan(cdt/cct);
        ths=atan(abt/aat);
        diaf=cct+aat-Wc;
        area=(diaf*cos(th)+diaf*sin(th)/tan(pi-ths-
thea))*diaf*sin(th)/2;
        Atot=Ae+As-area;
    end
end

```

```

        elegxos=87;
    end
    if (De>Cet)&&(Dte>Det),    %2,h
        Ae=Hc*Wc;
        Atot=Ae;
        elegxos=88;
    end
end
end

% 3

if (Ds<Cst)&&(Dts>Bst),    %3
    aat=(Ds-dc)/sin(gama)+Wc/2;
    bbt=(Dts-dtc)/sin(gama)+Wc/2;
    As=(aat+bbt)*Hc/2;
    if (De<=Aet)&&(Dte<=Bet),    %3,a
        Atot=As;
        elegxos=91;
    end
    if (Dte<Bet) && (De>Aet) && (De<Cet),    %3,b
        act=aat;
        %II
        aat=(De-dec)/cos(gama)+Wc/2;
        th=atan(Hc*sin(vita)/(dec-dtec));
        Dsc=De-(dec-Wc/2*cos(gama));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)-Hct*cos(th);
        aatt=Hc*Dsc/Dtsc;
        Ae=aat*aatt/2;
        %III
        if (aat<act),
            Atot=Ae;
        else
            thea=pi-atan(Hc/(act-bbt));
            ths=atan(aatt/aat);
            cct=Wc-act;
            diaf=cct+aat-Wc;
            area=(diaf*cos(ths)+diaf*sin(ths)/tan(pi-ths-
thea))*diaf*sin(ths)/2;
            Atot=Ae+As-area;
        end
        elegxos=92;
    end
    if (Dte>Bet)&&(De<Aet)&&(Dte<Det),    %3,c
        bdt=bbt;
        act=aat;
        %II
        bbt=(Dte-dtec)/cos(gama)+Wc/2;
        if (vita>0)
            th=atan(Hc*sin(vita)/(dec-dtec));
            Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
            Dsc=De-(dtec-Wc/2*cos(gama))-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)*
sin(gs);
            Dtsc=Hct*cos(th)-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(gs);
            bat=Hc*Dsc/Dtsc;
        else
            bat=(De-(dtec-Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
        end
        Ae=(bbt*bat)/2;
        %III
        ddt=Wc-bdt;

```

```

cct=Wc-act;
if (bdt>bbt),
    Atot=As;
else
    THITea=atan(bbt/bat);
    THITs=pi-atan(Hc/(ddt-cct));
    ths=THITs-atan(bat/bdt);
    thea=THITea-atan(bdt/bat);
    diaf=sqrt(bat^2+bdt^2);
    area=(diaf*cos(ths)+diaf*sin(ths)/tan(pi-ths-
thea))*diaf*sin(ths)/2+bat*bdt/2;
    Atot=Ae+As-area;
end
elegxos=93;
end
if (Dte>Bet)&&(Dte<Det)&&(De<Cet)&&(De>Aet), %3,d
    %I
    bdt=bbt;
    act=aat;
    %II
    aat=(De-dec)/cos(gama)+Wc/2;
    bbt=(Dte-dtec)/cos(gama)+Wc/2;
    Ae=(aat+bbt)*Hc/2;
    %III
    if (aat>act)&&(bbt>bdt),
        Atot=Ae;
    elseif (act>aat)&&(bdt>bbt),
        Atot=As;
    elseif (act>aat)&&(bbt>bdt),
        thea=pi-atan(Hc/(aat-bbt));
        ths=atan(Hc/(act-bdt));
        diaf=act-aat;
        area=(diaf*cos(ths)+diaf*sin(ths)/tan(pi-ths-
thea))*diaf*sin(ths)/2;
        Atot=Ae+As-area;
    else
        thea=atan(Hc/(aat-bbt));
        ths=pi-atan(Hc/(act-bdt));
        diaf=act-aat;
        area=(diaf*cos(ths)+diaf*sin(ths)/tan(pi-ths-
thea))*diaf*sin(ths)/2;
        Atot=Ae+As-area;
    end
    elegxos=94;
end
if (Dte>Det)&&(De<Aet), %3,e
    %I
    bdt=bbt;
    aatt=aat;
    %II
    if (vita>0),
        th=atan(Hc*sin(vita)/(dec-dtec));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dsc=De-(dtec-Wc/2*cos(gama))-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)*
sin(gs);
        Dtsc=Hct*cos(th)-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(gs);
        bat=Hc*Dsc/Dtsc;
        Dsc=De-(dtec+Wc/2*cos(gama))-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)*
sin(gs);
        Dtsc=Hct*cos(th)-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(gs);
        dct=Hc*Dsc/Dtsc;

```



```

else
    bat=(De-(dtec-Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
    dct=(De-(dtec+Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
end
Ae=(dct+bat)*Wc/2;
%III
ddt=Wc-bdt;
catt=Wc-aatt;
THITs=pi-atan(Hc/(ddt-catt));
THITea=atan(Wc/(bat-dct));
thea=THITea-atan(bdt/bat);
ths=THITs-atan(bat/bdt);
diaf=sqrt(bat^2+bdt^2);
area=(diaf*cos(ths)+diaf*sin(ths)/tan(pi-ths-
thea))*diaf*sin(ths)/2+bat*bdt/2;
Atot=Ae+As-area;
elegxos=95;

end
if (Dte>Bet) && (De>Cet) && (Dte<Det), %3,f
    %II
    bdt=(Dte-dtec)/cos(gama)+Wc/2;
    ddt=Wc-bdt;
    th=atan(Hc*sin(vita)/(dec-dtec));
    Dsc=De-(dec+Wc/2*cos(gama));
    Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
    Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)-Hct*cos(th);
    cct=Hc*Dsc/Dtsc;
    dct=Hc-cct;
    Ae=Wc*Hc-dct*ddt/2;
    %III
    dbt=Wc-bbt;
    cat=Wc-aat;
    if (bbt<bdt),
        Atot=Ae;
    else
        thea=atan(dct/ddt);
        ths=pi-atan(Hc/(dbt-cat));
        diaf=ddt+bbt-Wc;
        area=(diaf*cos(ths)+diaf*sin(ths)/tan(pi-ths-
thea))*diaf*sin(ths)/2;
        Atot=Ae+As-area;
    end
    elegxos=96;
end
if (Dte>Det) && (De>Aet) && (De<Cet), %3,g
    %I
    act=aat;
    %II
    aat=(De-dec)/cos(gama)+Wc/2;
    cat=Wc-aat;
    if (vita>0),
        th=atan(Hc*sin(vita)/(dec-dtec));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dsc=De-(dtec+Wc/2*cos(gama))-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)*
sin(gs);
        Dtsc=Hct*cos(th)-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(gs);
        ddt=Hc*Dsc/Dtsc;
    else
        ddt=(De-(dtec+Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
    end
    cdt=Hc-ddt;

```

```

Ae=Wc*Hc-cdt*cat/2;
%III
aat=Wc-cat;
if (aat>act),
    Atot=Ae;
else
    thea=atan(cdt/cat);
    ths=atan(Hc/(act-bbt));
    diaf=act-aat;
    area=(diaf*cos(ths)+diaf*sin(ths)/tan(pi-ths-
thea))*diaf*sin(ths)/2;
    Atot=Ae+area;
end
elegxos=97;
end
if (De>Cet)&&(Dte>Det), %3,h
    Ae=Hc*Wc;
    Atot=Ae;
    elegxos=98;
end
end

% 4

if (Ds>Cst)&&(Dts<Bst), %4
    if (vita>0)
        th=atan(Hc*sin(vita)/(dte-dc));
        Dsc=Ds-(dc-Wc/2*sin(gama));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
        aat=Hc*Dsc/Dtsc;
        Dsc=Ds-(dc+Wc/2*sin(gama));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
        cct=Hc*Dsc/Dtsc;
    else
        cct=(Ds-(dc+Wc/2*sin(gama)))/cos(gama);
        aat=(Ds-(dc-Wc/2*sin(gama)))/cos(gama);
    end
    As=(aat+cct)*Wc/2;
    if(De<=Aet)&&(Dte<=Bet), %4,a
        Atot=As;
        elegxos=101;
    end
    if (Dte<Bet) && (De>Aet) && (De<Cet), %4,b
        %I
        cdt=cct;
        abt=aat;
        %II
        act=(De-dec)/cos(gama)+Wc/2;

        th=atan(Hc*sin(vita)/(dec-dtec));
        Dsc=De-(dec-Wc/2*cos(gama));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)-Hct*cos(th);
        aat=Hc*Dsc/Dtsc;
        Ae=aat*act/2;
        %III
        if (abt>aat),
            Atot=As;
        else

```

```

        THITea=atan(aat/act);
        THITs=atan(Wc/(abt-cdt));
        ths=THITs-atan(act/abt);
        thea=THITea-atan(abt/act);
        diaf=sqrt(act^2+abt^2);
        area=(diaf*cos(th)+diaf*sin(th)/tan(pi-ths-
thea))*diaf*sin(th)/2+abt*act/2;
        Atot=Ae+As-area;
    end
    elegxos=102;
end
if (Dte>Bet)&&(De<Aet)&&(Dte<Det), %4,c
    %II
    bdt=(Dte-dtec)/cos(gama)+Wc/2;
    if (vita>0)
        th=atan(Hc*sin(vita)/(dec-dtec));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dsc=De-(dtec-Wc/2*cos(gama))-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)*
sin(gs);
        Dtsc=Hct*cos(th)-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(gs);
        bbt=Hc*Dsc/Dtsc;
    else
        bbt=(De-(dtec-Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
    end
    Ae=(bbt+bdt)/2;
    %III

    if (bbt+aat<Hc),
        Atot=As+Ae;
    else
        thea=atan(bdt/bbt);
        ths=atan(Wc/(aat-cct));
        diaf=Hc-(aat+bbt);
        area=(diaf*cos(th)+diaf*sin(th)/tan(pi-ths-
thea))*diaf*sin(th)/2;
        Atot=Ae+As-area;
    end
    elegxos=103;
end
if (Dte>Bet)&&(Dte<Det)&&(De<Cet)&&(De>Aet), %4,d
    %I
    abt=aat;
    cdt=cct;
    %II
    act=(De-dec)/cos(gama)+Wc/2;
    bbtt=(Dte-dtec)/cos(gama)+Wc/2;
    Ae=(act+bbtt)*Hc/2;
    %III
    THITea=atan(Hc/(act-bbtt));
    THITs=atan(Wc/(abt-cdt));
    ths=THITs-atan(act/abt);
    thea=THITea-atan(abt/act);
    diaf=sqrt(act^2+abt^2);
    area=(diaf*cos(th)+diaf*sin(th)/tan(pi-ths-
thea))*diaf*sin(th)/2+abt*act/2;
    Atot=Ae+As-area;
    elegxos=104;
end
if (Dte>Det)&&(De<Aet), %4,e
    %II
    if (vita>0),

```

```

        th=atan(Hc*sin(vita)/(dec-dtec));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dsc=De-(dtec-Wc/2*cos(gama))-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)*
sin(gs);
        Dtsc=Hct*cos(th)-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(gs);
        bbt=Hc*Dsc/Dtsc;
        Dsc=De-(dtec+Wc/2*cos(gama))-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)*
sin(gs);
        Dtsc=Hct*cos(th)-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(gs);
        ddt=Hc*Dsc/Dtsc;
    else
        bbt=(De-(dtec-Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
        ddt=(De-(dtec+Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
    end
    Ae=(ddt+bbt)*Wc/2;
    %III
    if(aat+bbt<Hc),
        Atot=Ae+As;
    elseif(cct+ddt>Hc),
        Atot=Hc*Wc;
    else
        thea=atan(Wc/(bbt-ddt));
        ths=atan(Wc/(aat-cct));
        diaf=aat+bbt-Hc;
        area=(diaf*cos(ths)+diaf*sin(ths)/tan(pi-ths-
thea))*diaf*sin(ths)/2;
        Atot=Ae+As-area;
    end
    elegxos=105;
end
if (Dte>Bet) && (De>Cet) && (Dte<Det),    %4,f
    %I
    cdt=cct;
    %II
    bbt=(Dte-dtec)/cos(gama)+Wc/2;
    dbt=Wc-bbt;
    th=atan(Hc*sin(vita)/(dec-dtec));
    Dsc=De-(dec+Wc/2*cos(gama));
    Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
    Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)-Hct*cos(th);
    cct=Hc*Dsc/Dtsc;
    dct=Hc-cct;
    Ae=Wc*Hc-dbt*dct/2;
    %III
    bat=Hc-aat;
    ddt=Hc-cdt;
    if (cct<cdt),
        Atot=Ae;
    else
        thea=atan(dbt/dct);
        ths=pi-atan(Wc/(ddt-bat));
        diaf=cdt-cct;
        area=(diaf*cos(ths)+diaf*sin(ths)/tan(pi-ths-
thea))*diaf*sin(ths)/2;
        Atot=Ae+As-area;
    end
    elegxos=106;
end
if (Dte>Det) && (De>Aet) && (De<Cet),    %4,g
    %I
    cctt=cct;

```

```

    abt=aat;
    %II
    act=(De-dec)/cos(gama)+Wc/2;
    cct=Wc-act;
    if (vita>0),
        th=atan(Hc*sin(vita)/(dec-dtec));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dsc=De-(dtec+Wc/2*cos(gama))-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)*
sin(gs);
        Dtsc=Hct*cos(th)-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(gs);
        ddt=Hc*Dsc/Dtsc;
    else
        ddt=(De-(dtec+Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
    end
    cdt=Hc-ddt;
    Ae=Wc*Hc-cdt*cct/2;
    %III
    if (cctt>cdt),
        Atot=Hc*Wc;
    else
        THITea=pi-atan(cdt/cct);
        THITs=atan(Wc/(abt-cctt));
        ths=THITs-atan(act/abt);
        thea=THITea-atan(abt/act);
        diaf=sqrt(act^2+abt^2);
        area=(diaf*cos(th)+diaf*sin(th)/tan(pi-ths-
thea))*diaf*sin(th)/2+act*abt/2;
        Atot=Ae+As-area;
    end
    elegxos=107;
end
if (De>Cet)&&(Dte>Det), %4,h
    Ae=Hc*Wc;
    Atot=Ae;
    elegxos=108;
end
end

% 5

if (Ds>Cst)&&(Dts>Bst)&&(Dts<Dst), %5
    bbt=(Dts-dtc)/sin(gama)+Wc/2;
    dbt=Wc-bbt ;
    if (vita>0)
        th=atan(Hc*sin(vita)/(dtc-dc));
        Dsc=Ds-(dc+Wc/2*sin(gama));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)+Hct*cos(th);
        cct=Hc*Dsc/Dtsc;
    else
        cct=(Ds-(dc+Wc/2*sin(gama)))/cos(gama);
    end
    dct=Hc-cct;
    As=Hc*Wc/2-dct*dbt/2;
    if(De<=Aet)&&(Dte<=Bet), %5,a
        Atot=As;
        elegxos=111;
    end
    if (Dte<Bet) && (De>Aet) && (De<Cet), %5,b
        Atot=As;
        elegxos=112;
    end
end

```

```

end
if (Dte>Bet)&&(De<Aet)&&(Dte<Det), %5,c
    %I
    bdt=bbt;
    %II
    bbt=(Dte-dtec)/cos(gama)+Wc/2;
    if (vita>0)
        th=atan(Hc*sin(vita)/(dec-dtec));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dsc=De-(dtec-Wc/2*cos(gama))-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)*
sin(gs);
        Dtsc=Hct*cos(th)-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(gs);
        bat=Hc*Dsc/Dtsc;
    else
        bat=(De-(dtec-Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
    end
    Ae=(bbt+bat)/2;
    %III
    dct=Hc-cct;
    ddt=Wc-bdt;
    if (bbt<bdt),
        Atot=As;
    else
        thea=atan(bat/bbt);
        ths=atan(dct/ddt);
        diaf=ddt+bbt-Wc;
        area=(diaf*cos(thea)+diaf*sin(thea)/tan(pi-ths-
thea))*diaf*sin(thea)/2;
        Atot=Ae+As-area;
    end
    elegxos=113;
end
if (Dte>Bet)&&(Dte<Det)&&(De<Cet)&&(De>Aet), %5,d
    %I
    bdt=bbt;
    %II
    aat=(De-dec)/cos(gama)+Wc/2;
    bbt=(Dte-dtec)/cos(gama)+Wc/2;
    %III
    dct=Hc-cct;
    ddt=Wc-bdt;
    if (bbt<bdt),
        Atot=As;
    else
        thea=atan(Hc/(bbt-aat));
        ths=atan(dct/ddt);
        diaf=ddt+bbt-Wc;
        area=(diaf*cos(thea)+diaf*sin(thea)/tan(pi-ths-
thea))*diaf*sin(thea)/2;
        Atot=As+area;
    end
    elegxos=114;
end
if (Dte>Det)&&(De<Aet), %5,e
    %II
    if (vita>0),
        th=atan(Hc*sin(vita)/(dec-dtec));
        Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
        Dsc=De-(dtec-Wc/2*cos(gama))-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)*
sin(gs);
        Dtsc=Hct*cos(th)-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(gs);

```

```

        bat=Hc*Dsc/Dtsc;
        Dsc=De-(dtec+Wc/2*cos(gama))-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)*
sin(gs);
        Dtc=Hct*cos(th)-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(gs);
        ddt=Hc*Dsc/Dtsc;
    else
        bat=(De-(dtec-Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
        ddt=(De-(dtec+Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
    end
    Ae=(ddt+bat)*Wc/2;
    %III
    cdt=Hc-ddt;
    dbt=Wc-bbt;
    aat=Hc-bat;
    if (cct>cdt),
        Atot=Hc*Wc;
    else
        thea=atan(Wc/(cdt-aat));
        ths=atan(dbt/dct);
        diaf=cct+ddt-Hc;
        area=(diaf*cos(ths)+diaf*sin(ths)/tan(pi-ths-
thea))*diaf*sin(ths)/2;
        Atot=Ae+As-area;
    end
    elegxos=115;
end
if (Dte>Bet) && (De>Cet) && (Dte<Det), %5,f
    bdt=bbt;
    cdt=cct;
    %II
    bbt=(Dte-dtec)/cos(gama)+Wc/2;
    dbt=Wc-bbt;
    th=atan(Hc*sin(vita)/(dec-dtec));
    Dsc=De-(dec+Wc/2*cos(gama));
    Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
    Dtsc=(Hct/sin(th))/tan(90*pi/180-thitaz)-Hct*cos(th);
    cct=Hc*Dsc/Dtsc;
    dct=Hc-cct;
    Ae=Wc*Hc-dbt*dct/2;
    %III
    ddt=bdt;
    ddt=Hc-cdt;
    if (cct>cdt)&&(bbt>bdt),
        Atot=Ae;
    elseif (cct<cdt)&&(bbt<bdt),
        Atot=As;
    elseif (cct<cdt)&&(bbt>bdt),
        thea=atan(dbt/dct);
        ths=pi-atan(ddt/ddt);
        diaf=cct-cct;
        area=(diaf*cos(thea)+diaf*sin(thea)/tan(pi-ths-
thea))*diaf*sin(thea)/2;
        Atot=Ae+area;
    else
        ths=atan(ddt/ddt);
        thea=pi-atan(dbt/dct);
        diaf=cct-cdt;
        area=(diaf*cos(thea)+diaf*sin(thea)/tan(pi-ths-
thea))*diaf*sin(thea)/2;
        Atot=As+area;
    end
end

```

```

    elegxos=116;
end
if (Dte>Det) && (De>Aet) && (De<Cet), %5,g
%II
aat=(De-dec)/cos(gama)+Wc/2;
cat=Wc-aat;
if (vita>0),
    th=atan(Hc*sin(vita)/(dec-dtec));
    Hct=Hc*sin(vita)/sin(th);
    Dsc=De-(dtec+Wc/2*cos(gama))-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)*
sin(gs);
    Dtsc=Hct*cos(th)-Hc*sin(vita)/tan(90*pi/180-thitaz)* sin(gs);
    ddt=Hc*Dsc/Dtsc;
else
    ddt=(De-(dtec+Wc/2*cos(gama)))/sin(gama);
end
cdt=Hc-ddt;
%III
dbt=Wc-bbt;
dct=Hc-cct;
if (cct>cdt),
    Atot=Hc*Wc;
else
    ths=atan(dbt/dct);
    thea=atan(cat/cdt);
    diaf=cdt-cct;
    area=(diaf*cos(ths)+diaf*sin(ths)/tan(pi-ths-
thea))*diaf*sin(ths)/2;
    Atot=Hc*Wc-area;
end
    elegxos=117;
end
if (De>Cet)&&(Dte>Det), %5,h
    Ae=Hc*Wc;
    Atot=Ae;
    elegxos=118;
end
end
%6
if (Dts>=Dst), %6
    As=Hc*Wc;
    Atot=As;

    elegxos=120;
end
end

arithmos_orizontia=tel_oriz; %%%%%%%%%
arithmos_katheta=tel_kath;%%%%%%%%

ari_ori=orizontio;%%%%%%%%
ari_kath=katheto;%%%%%%%%
% tsekarisma gia kathe skia apo sulekth
if (ari_ori==1)&&(ari_ori<=arithmos_orizontia-2),
    if (ari_kath==arithmos_katheta-1),
code1=0;code2=0;code3=0;code4=0;code5=1;code6=0;code7=1;code8=1;
    elseif(ari_kath==arithmos_katheta)
code1=0;code2=0;code3=0;code4=0;code5=0;code6=0;code7=0;code8=0;
    else
code1=0;code2=0;code3=0;code4=0;code5=1;code6=1;code7=1;code8=1;
    end
end

```



```
elseif (ari_ori==1)&&(ari_ori==arithmos_orizontia-1),
    if (ari_kath==arithmos_katheta-1),
code1=0;code2=0;code3=0;code4=0;code5=1;code6=0;code7=1;code8=0;
        elseif(ari_kath==arithmos_katheta)
code1=0;code2=0;code3=0;code4=0;code5=0;code6=0;code7=0;code8=0;
        else
code1=0;code2=0;code3=0;code4=0;code5=1;code6=1;code7=1;code8=0;
        end
elseif (ari_ori==1)&&(ari_ori==arithmos_orizontia),
    if (ari_kath==arithmos_katheta-1),
code1=0;code2=0;code3=0;code4=0;code5=1;code6=0;code7=0;code8=0;
        elseif(ari_kath==arithmos_katheta)
code1=0;code2=0;code3=0;code4=0;code5=0;code6=0;code7=0;code8=0;
        end
elseif (ari_ori==2)&&(ari_ori<=arithmos_orizontia-2),
    if (ari_kath==arithmos_katheta-1),
code1=1;code2=0;code3=1;code4=0;code5=1;code6=0;code7=1;code8=1;
        elseif(ari_kath==arithmos_katheta)
code1=1;code2=0;code3=0;code4=0;code5=0;code6=0;code7=0;code8=0;
        else
code1=1;code2=0;code3=1;code4=1;code5=1;code6=1;code7=1;code8=1;
        end
elseif (ari_ori==2)&&(ari_ori==arithmos_orizontia-1),
    if (ari_kath==arithmos_katheta-1),
code1=1;code2=0;code3=1;code4=0;code5=1;code6=0;code7=1;code8=0;
        elseif(ari_kath==arithmos_katheta)
code1=1;code2=0;code3=0;code4=0;code5=0;code6=0;code7=0;code8=0;
        else
code1=1;code2=0;code3=1;code4=0;code5=1;code6=1;code7=1;code8=0;
        end
elseif (ari_ori==2)&&(ari_ori==arithmos_orizontia),
    if (ari_kath==arithmos_katheta-1),
code1=1;code2=0;code3=1;code4=0;code5=1;code6=0;code7=0;code8=0;
        elseif(ari_kath==arithmos_katheta)
code1=1;code2=0;code3=0;code4=0;code5=0;code6=0;code7=0;code8=0;
        else
code1=1;code2=0;code3=1;code4=0;code5=1;code6=0;code7=0;code8=0;
        end
elseif (ari_ori==arithmos_orizontia-1)
    if (ari_kath==arithmos_katheta-1),
code1=1;code2=1;code3=1;code4=0;code5=1;code6=0;code7=1;code8=0;
        elseif(ari_kath==arithmos_katheta)
code1=1;code2=0;code3=0;code4=0;code5=0;code6=0;code7=0;code8=0;
        else
code1=1;code2=1;code3=1;code4=1;code5=1;code6=1;code7=1;code8=0;
        end
elseif (ari_ori==arithmos_orizontia)
    if (ari_kath==arithmos_katheta-1),
code1=1;code2=1;code3=1;code4=0;code5=1;code6=0;code7=0;code8=0;
        elseif(ari_kath==arithmos_katheta)
code1=1;code2=0;code3=0;code4=0;code5=0;code6=0;code7=0;code8=0;
        else
code1=1;code2=1;code3=1;code4=1;code5=1;code6=0;code7=0;code8=0;
        end
else
    if (ari_kath==arithmos_katheta-1),
code1=1;code2=1;code3=1;code4=0;code5=1;code6=0;code7=1;code8=1;
        elseif(ari_kath==arithmos_katheta)
code1=1;code2=0;code3=0;code4=0;code5=0;code6=0;code7=0;code8=0;
        else
code1=1;code2=1;code3=1;code4=1;code5=1;code6=1;code7=1;code8=1;
```

```

end
end
%arxikopoihsh
Wsc1=0;Wsc2=0;Wsc3=0;Wsc4=0;Wsc5=0;Wsc6=0;Wsc7=0;Wsc8=0;
Hsc1=0;Hsc2=0;Hsc3=0;Hsc4=0;Hsc5=0;Hsc6=0;Hsc7=0;Hsc8=0;
Ac1=0;Ac2=0;Ac3=0;Ac4=0;Ac5=0;Ac6=0;Ac7=0;Ac8=0;Ac=0;
apotel=0;
thG1=1110;thG2=1110;thG3=1110;thG4=1110;thG5=1110;thG6=1110;thG7=1110;thG8=
1110;

thB1=1110;thB2=1110;thB3=1110;thB4=1110;thB5=1110;thB6=1110;thB7=1110;thB8=
1110;

thA1=1110;thA2=1110;thA3=1110;thA4=1110;thA5=1110;thA6=1110;thA7=1110;thA8=
1110;

if(codel==1),

%----- 1 -----%

%a
kath=-Wc*sin(gama);
or=do+Wc*cos(gama);
thA1=atan(kath/or);

%b
kath=Wc*sin(gama);
or=do-Wc*cos(gama);
thB1=atan(kath/or);

%g
kath=0;
or=do;
thG1=0;

dsc=Hc*sin(vita)*sin(90*pi/180+gama+gs)/tan(90*pi/180-thitaz)+Hc*cos(vita)-
do*sin(gama+thG1);
dtsc=Hc*sin(vita)*sin(90*pi/180+gama+gs)/tan(90*pi/180-
thitaz)+Hc*cos(vita);
Hsc1=Hc*dsc/dtsc;

if (dsc>0),
%aristera
if (thG1>=90*pi/180+gs) && (thA1<=90*pi/180+gs),

if (thG1+gama<=90*pi/180),

apost=do;
ortho=apost*sin(thG1+gama);
orio=ortho/tan(thG1+gama);
neo=ortho/tan(90*pi/180+gs+gama);
wo=neo-orio;
Wsc1=Wc-wo;

elseif (thG1+gama>90*pi/180),

if(gs+gama<=0),

apost=do;

```

```

ortho=apost*sin(pi-thG1-gama);
orio=ortho/tan(pi-thG1-gama);
neo=ortho/tan(90*pi/180+gs+gama);
wo=neo+orio;
Wsc1=Wc-wo;

elseif (gs+gama>0),

    apost=do;
    ortho=apost*sin(pi-thG1-gama);
    orio=ortho/tan(pi-thG1-gama);
    neo=ortho/tan(90*pi/180-gs-gama);
    wo=-neo+orio;
    Wsc1=Wc-wo;

end

end

end

%deksia
if (thB1>=90*pi/180+gs) && (thG1<=90*pi/180+gs),

    if (thG1+gama>=90*pi/180),

        apost=do;
        ortho=apost*sin(pi-thG1-gama);
        orio=ortho/tan(pi-thG1-gama);
        neo=ortho/tan(90*pi/180-gs-gama);
        wo=neo-orio;
        Wsc1=Wc-wo;

    elseif (thG1+gama<90*pi/180),

        if(gs+gama<=0),

            apost=do;
            ortho=apost*sin(thG1+gama);
            orio=ortho/tan(thG1+gama);
            neo=ortho/tan(90*pi/180+gs+gama);
            wo=-neo+orio;
            Wsc1=Wc-wo;

        elseif (gs+gama>0),

            apost=do;
            ortho=apost*sin(thG1+gama);
            orio=ortho/tan(thG1+gama);
            neo=ortho/tan(90*pi/180-gs-gama);
            wo=neo+orio;
            Wsc1=Wc-wo;

        end

    end

    apotel=1;

```

```

    Ac1=Hsc1*Wsc1;
end

end
end
if (code2==1),
%----- 2 -----%

    %a
    kath=dk-Wc*sin(gama);
    or=2*do+Wc*cos(gama);
    thA2=atan(kath/or);

    %b
    kath=dk+Wc*sin(gama);
    or=2*do-Wc*cos(gama);
    thB2=atan(kath/or);

    %g
    kath=dk;
    or=2*do;
    thG2=atan(kath/or);

    dsc=Hc*sin(vita)*sin(90*pi/180+gama+gs)/tan(90*pi/180-thitaz)+Hc*cos(vita)-
    sqrt((2*do)^2+dk^2)*sin(gama+thG2);
    dtsc=Hc*sin(vita)*sin(90*pi/180+gama+gs)/tan(90*pi/180-
    thitaz)+Hc*cos(vita);
    Hsc2=Hc*dsc/dtsc;

    if (dsc>0),
%aristera
    if (thG2>=90*pi/180+gs) && (thA2<=90*pi/180+gs),

        if (thG2+gama<=90*pi/180),

            apost=sqrt((2*do)^2+dk^2);
            ortho=apost*sin(thG2+gama);
            orio=ortho/tan(thG2+gama);
            neo=ortho/tan(90*pi/180+gs+gama);
            wo=neo-orio;
            Wsc2=Wc-wo;

        elseif (thG3+gama>90*pi/180),

            if (gs+gama<=0),

                apost=sqrt((2*do)^2+dk^2);
                ortho=apost*sin(pi-thG2-gama);
                orio=ortho/tan(pi-thG2-gama);
                neo=ortho/tan(90*pi/180+gs+gama);
                wo=neo+orio;
                Wsc2=Wc-wo;

            elseif (gs+gama>0),

                apost=sqrt((2*do)^2+dk^2);
                ortho=apost*sin(pi-thG2-gama);
                orio=ortho/tan(pi-thG2-gama);
                neo=ortho/tan(90*pi/180-gs-gama);

```

```

        wo=-neo+orio;
        Wsc2=Wc-wo;
    end
end
end

%deksia
if (thB2>=90*pi/180+gs) && (thG2<=90*pi/180+gs),

    if (thG2+gama>=90*pi/180),

        apost=sqrt((2*do)^2+dk^2);
        ortho=apost*sin(pi-thG2-gama);
        orio=ortho/tan(pi-thG2-gama);
        neo=ortho/tan(90*pi/180-gs-gama);
        wo=neo-orio;
        Wsc2=Wc-wo;

    elseif (thG2+gama<90*pi/180),

        if(gs+gama<=0),

            apost=sqrt((2*do)^2+dk^2);
            ortho=apost*sin(thG2+gama);
            orio=ortho/tan(thG2+gama);
            neo=ortho/tan(90*pi/180+gs+gama);
            wo=-neo+orio;
            Wsc2=Wc-wo;

        elseif (gs+gama>0),

            apost=sqrt((2*do)^2+dk^2);
            ortho=apost*sin(thG2+gama);
            orio=ortho/tan(thG2+gama);
            neo=ortho/tan(90*pi/180-gs-gama);
            wo=neo+orio;
            Wsc2=Wc-wo;

        end
    end
end
    apotel=2;
    Ac2=Hsc2*Wsc2;
end
end

if(code3==1),
%----- 3 -----%

    %a
    kath=dk-Wc*sin(gama);
    or=do+Wc*cos(gama);
    thA3=atan(kath/or);

    %b
    kath=dk+Wc*sin(gama);
    or=do-Wc*cos(gama);
    thB3=atan(kath/or);

    %g

```

```

kath=dk;
or=do;
thG3=atan(kath/or);

dsc=Hc*sin(vita)*sin(90*pi/180+gama+gs)/tan(90*pi/180-thitaz)+Hc*cos(vita)-
sqrt((do)^2+dk^2)*sin(gama+thG3);
dtsc=Hc*sin(vita)*sin(90*pi/180+gama+gs)/tan(90*pi/180-
thitaz)+Hc*cos(vita);
Hsc3=Hc*dsc/dtsc;
if (dsc>0),
%aristera
if (thG3>=90*pi/180+gs) && (thA3<=90*pi/180+gs),

    if (thG3+gama<=90*pi/180),

        apost=sqrt((do)^2+dk^2);
        ortho=apost*sin(thG3+gama);
        orio=ortho/tan(thG3+gama);
        neo=ortho/tan(90*pi/180+gs+gama);
        wo=neo-orio;
        Wsc3=Wc-wo;

    elseif (thG3+gama>90*pi/180),

        if(gs+gama<=0),

            apost=sqrt((do)^2+dk^2);
            ortho=apost*sin(pi-thG3-gama);
            orio=ortho/tan(pi-thG3-gama);
            neo=ortho/tan(90*pi/180+gs+gama);
            wo=neo+orio;
            Wsc3=Wc-wo;

        elseif (gs+gama>0),

            apost=sqrt((do)^2+dk^2);
            ortho=apost*sin(pi-thG3-gama);
            orio=ortho/tan(pi-thG3-gama);
            neo=ortho/tan(90*pi/180-gs-gama);
            wo=-neo+orio;
            Wsc3=Wc-wo;
        end
    end
end

%deksia
if (thB3>=90*pi/180+gs) && (thG3<=90*pi/180+gs),

    if (thG3+gama>=90*pi/180),

        apost=sqrt((do)^2+dk^2);
        ortho=apost*sin(pi-thG3-gama);
        orio=ortho/tan(pi-thG3-gama);
        neo=ortho/tan(90*pi/180-gs-gama);
        wo=neo-orio;
        Wsc3=Wc-wo;

    elseif (thG3+gama<90*pi/180),

```

```

    if (gs+gama<=0),

        apost=sqrt((do)^2+dk^2);
        ortho=apost*sin(thG3+gama);
        orio=ortho/tan(thG3+gama);
        neo=ortho/tan(90*pi/180+gs+gama);
        wo=-neo+orio;
        Wsc3=Wc-wo;

    elseif (gs+gama>0),

        apost=sqrt((do)^2+dk^2);
        ortho=apost*sin(thG3+gama);
        orio=ortho/tan(thG3+gama);
        neo=ortho/tan(90*pi/180-gs-gama);
        wo=neo+orio;
        Wsc3=Wc-wo;
    end
end
    apotel=3;
    Ac3=Hsc3*Wsc3;
end
end

if (code4==1),
%----- 4 -----%

    %a
    kath=2*dk-Wc*sin(gama);
    or=do+Wc*cos(gama);
    thA4=atan(kath/or);

    %b
    kath=2*dk+Wc*sin(gama);
    or=do-Wc*cos(gama);
    thB4=atan(kath/or);

    %g
    kath=2*dk;
    or=do;
    thG4=atan(kath/or);

    dsc=Hc*sin(vita)*sin(90*pi/180+gama+gs)/tan(90*pi/180-thitaz)+Hc*cos(vita)-
    sqrt((dk)^2+do^2)*sin(gama+thG4);
    dtsc=Hc*sin(vita)*sin(90*pi/180+gama+gs)/tan(90*pi/180-
    thitaz)+Hc*cos(vita);
    Hsc4=Hc*dsc/dtsc;

    if (dsc>0),
%aristera
    if (thG4>=90*pi/180+gs) && (thA4<=90*pi/180+gs),

        if (thG4+gama<=90*pi/180),

            apost=sqrt((dk)^2+do^2);
            ortho=apost*sin(thG4+gama);
            orio=ortho/tan(thG4+gama);
            neo=ortho/tan(90*pi/180+gs+gama);

```

```

wo=neo-orio;
Wsc4=Wc-wo;

elseif (thG4+gama>90*pi/180),

    if(gs+gama<=0),

        apost=sqrt((dk)^2+do^2);
        ortho=apost*sin(pi-thG4-gama);
        orio=ortho/tan(pi-thG4-gama);
        neo=ortho/tan(90*pi/180+gs+gama);
        wo=neo+orio;
        Wsc4=Wc-wo;

    elseif (gs+gama>0),

        apost=sqrt((dk)^2+do^2);
        ortho=apost*sin(pi-thG4-gama);
        orio=ortho/tan(pi-thG4-gama);
        neo=ortho/tan(90*pi/180-gs-gama);
        wo=-neo+orio;
        Wsc4=Wc-wo;
    end
end
end

%deksia
if (thB4>=90*pi/180+gs) && (thG4<=90*pi/180+gs),

    if (thG4+gama>=90*pi/180),

        apost=sqrt((dk)^2+do^2);
        ortho=apost*sin(pi-thG4-gama);
        orio=ortho/tan(pi-thG4-gama);
        neo=ortho/tan(90*pi/180-gs-gama);
        wo=neo-orio;
        Wsc4=Wc-wo;

    elseif (thG4+gama<90*pi/180),

        if(gs+gama<=0),

            apost=sqrt((dk)^2+do^2);
            ortho=apost*sin(thG4+gama);
            orio=ortho/tan(thG4+gama);
            neo=ortho/tan(90*pi/180+gs+gama);
            wo=-neo+orio;
            Wsc4=Wc-wo;

        elseif (gs+gama>0),

            apost=sqrt((dk)^2+do^2);
            ortho=apost*sin(thG4+gama);
            orio=ortho/tan(thG4+gama);
            neo=ortho/tan(90*pi/180-gs-gama);
            wo=neo+orio;
            Wsc4=Wc-wo;
        end
    end
end
end

```



```

end
    apotel=4;
    Ac4=Hsc4*Wsc4;
end
end

if (code5==1),
%----- 5 -----%

    %a
    kath=dk-Wc*sin(gama);
    or=Wc*cos(gama);
    thA5=atan(kath/or);

    %b
    kath=dk+Wc*sin(gama);
    or=Wc*cos(gama);
    thB5=atan(or/kath)+90*pi/180;

    %g
    kath=dk;
    or=0;
    thG5=90*pi/180;

    dsc=Hc*sin(vita)*sin(90*pi/180+gama+gs)/tan(90*pi/180-thitaz)+Hc*cos(vita)-
    dk*sin(gama+thG5);
    dtsc=Hc*sin(vita)*sin(90*pi/180+gama+gs)/tan(90*pi/180-
    thitaz)+Hc*cos(vita);
    Hsc5=Hc*dsc/dtsc;
    if (dsc>0),
    %aristera
    if (thG5>=90*pi/180+gs) && (thA5<=90*pi/180+gs),

        if (gs+gama<=0),

            apost=dk;
            ortho=apost*sin(pi-thG5-gama);
            orio=ortho/tan(pi-thG5-gama);
            neo=ortho/tan(90*pi/180+gs+gama);
            wo=neo+orio;
            Wsc5=Wc-wo;

        elseif (gs+gama>0),

            apost=dk;
            ortho=apost*sin(pi-thG5-gama);
            orio=ortho/tan(pi-thG5-gama);
            neo=ortho/tan(90*pi/180-gs-gama);
            wo=-neo+orio;
            Wsc5=Wc-wo;
        end
    end

    %deksia
    if (thB5>=90*pi/180+gs) && (thG5<=90*pi/180+gs),

        apost=dk;
        ortho=apost*sin(pi-thG5-gama);
        orio=ortho/tan(pi-thG5-gama);
    end
end

```

```

        neo=ortho/tan(90*pi/180-gs-gama);
        wo=neo-orio;
        Wsc5=Wc-wo;

end
    apotel=5;
    Ac5=Hsc5*Wsc5;
end
end

if(code6==1),
%----- 6 -----%

    %a
    kath=2*dk-Wc*sin(gama);
    or=do-Wc*cos(gama);
    thA6=atan(or/kath)+90*pi/180;

    %b
    kath=2*dk+Wc*sin(gama);
    or=do+Wc*cos(gama);
    thB6=atan(or/kath)+90*pi/180;

    %g
    kath=2*dk;
    or=do;
    thG6=atan(or/kath)+90*pi/180;

dsc=Hc*sin(vita)*sin(90*pi/180+gama+gs)/tan(90*pi/180-thitaz)+Hc*cos(vita)-
sqrt((2*dk)^2+do^2)*sin(gama+thG6);
dtsc=Hc*sin(vita)*sin(90*pi/180+gama+gs)/tan(90*pi/180-
thitaz)+Hc*cos(vita);
Hsc6=Hc*dsc/dtsc;

if (dsc>0),
    %aristera
    if (thG6>=90*pi/180+gs) && (thA6<=90*pi/180+gs),

        apost=sqrt((2*dk)^2+do^2);
        ortho=apost*sin(pi-thG6-gama);
        orio=ortho/tan(pi-thG6-gama);
        neo=ortho/tan(90*pi/180-gs-gama);
        wo=-neo+orio;
        Wsc6=Wc-wo;

    end

    %deksia
    if (thB6>=90*pi/180+gs) && (thG6<=90*pi/180+gs),

        apost=sqrt((2*dk)^2+do^2);
        ortho=apost*sin(pi-thG6-gama);
        orio=ortho/tan(pi-thG6-gama);
        neo=ortho/tan(90*pi/180-gs-gama);
        wo=neo-orio;
        Wsc6=Wc-wo;

    end

    apotel=6;
    Ac6=Hsc6*Wsc6;
end
end

```

```

end

if(code7==1),
    %----- 7 -----%

    %a
    kath=dk-Wc*sin(gama);
    or=do-Wc*cos(gama);
    thA7=atan(or/kath)+90*pi/180;

    %b
    kath=dk+Wc*sin(gama);
    or=do+Wc*cos(gama);
    thB7=atan(or/kath)+90*pi/180;

    %g
    kath=dk;
    or=do;
    thG7=atan(or/kath)+90*pi/180;

    dsc=Hc*sin(vita)*sin(90*pi/180+gama+gs)/tan(90*pi/180-thitaz)+Hc*cos(vita)-
    sqrt((dk)^2+do^2)*sin(gama+thG7);
    dtsc=Hc*sin(vita)*sin(90*pi/180+gama+gs)/tan(90*pi/180-
    thitaz)+Hc*cos(vita);
    Hsc7=Hc*dsc/dtsc;

    if (dsc>0),
        %aristera
        if (thG7>=90*pi/180+gs) && (thA7<=90*pi/180+gs),

            apost=sqrt((dk)^2+do^2);
            ortho=apost*sin(pi-thG7-gama);
            orio=ortho/tan(pi-thG7-gama);
            neo=ortho/tan(90*pi/180-gs-gama);
            wo=-neo+orio;
            Wsc7=Wc-wo;

        end

        %deksia
        if (thB7>=90*pi/180+gs) && (thG7<=90*pi/180+gs),

            apost=sqrt((dk)^2+do^2);
            ortho=apost*sin(pi-thG7-gama);
            orio=ortho/tan(pi-thG7-gama);
            neo=ortho/tan(90*pi/180-gs-gama);
            wo=neo-orio;
            Wsc7=Wc-wo;

        end

        apotel=7;
        Ac7=Hsc7*Wsc7;
    end
end

if(code8==1),
    %----- 8 -----%

    %a
    kath=dk-Wc*sin(gama);
    or=2*do-Wc*cos(gama);

```

```

thA8=atan(or/kath)+90*pi/180;

    %b
kath=dk+Wc*sin(gama);
or=2*do+Wc*cos(gama);
thB8=atan(or/kath)+90*pi/180;

    %g
kath=dk;
or=2*do;
thG8=atan(or/kath)+90*pi/180;

dsc=Hc*sin(vita)*sin(90*pi/180+gama+gs)/tan(90*pi/180-thitaz)+Hc*cos(vita)-
sqrt((2*do)^2+dk^2)*sin(gama+thG8);
dtsc=Hc*sin(vita)*sin(90*pi/180+gama+gs)/tan(90*pi/180-
thitaz)+Hc*cos(vita);
Hsc8=Hc*dsc/dtsc;

if (dsc>0),
    %aristera
if (thG8>=90*pi/180+gs) && (thA8<=90*pi/180+gs),

        apost=sqrt((2*do)^2+dk^2);
        ortho=apost*sin(pi-thG8-gama);
        orio=ortho/tan(pi-thG8-gama);
        neo=ortho/tan(90*pi/180-gs-gama);
        wo=-neo+orio;
        Wsc8=Wc-wo;

end

    %deksia
if (thB8>=90*pi/180+gs) && (thG8<=90*pi/180+gs),

        apost=sqrt((2*do)^2+dk^2);
        ortho=apost*sin(pi-thG8-gama);
        orio=ortho/tan(pi-thG8-gama);
        neo=ortho/tan(90*pi/180-gs-gama);
        wo=neo-orio;
        Wsc8=Wc-wo;

end
    apotel=8;
    Ac8=Hsc8*Wsc8;
end

end

Atos=Ac1+Ac2+Ac3+Ac4+Ac5+Ac6+Ac7+Ac8;
%1
if (thG1>=90*pi/180+gs) && (thA1<=90*pi/180+gs)&&(thG2>=90*pi/180+gs) &&
(thA2<=90*pi/180+gs),
    Ac=Atos-Hsc2*Wsc1;

elseif (thB1>=90*pi/180+gs) && (thG1<=90*pi/180+gs)&&(thB2>=90*pi/180+gs)
&& (thG2<=90*pi/180+gs),
    Ac=Atos-Hsc2*Wsc1 ;

elseif (thG2>=90*pi/180+gs) && (thA2<=90*pi/180+gs)&&(thB1>=90*pi/180+gs)
&& (thG1<=90*pi/180+gs),
    Ac=Atos;

```

```

end
%2
if (thG2>=90*pi/180+gs) && (thA2<=90*pi/180+gs)&&(thG3>=90*pi/180+gs) &&
(thA3<=90*pi/180+gs),
    Ac=Atos-Hsc2*Wsc3;

elseif (thB2>=90*pi/180+gs) && (thG2<=90*pi/180+gs)&&(thB3>=90*pi/180+gs)
&& (thG3<=90*pi/180+gs),
    Ac=Atos-Hsc2*Wsc3;

elseif (thG3>=90*pi/180+gs) && (thA3<=90*pi/180+gs)&&(thB2>=90*pi/180+gs)
&& (thG2<=90*pi/180+gs),
    Ac=Atos;
end
%3
if (thG3>=90*pi/180+gs) && (thA3<=90*pi/180+gs)&&(thG4>=90*pi/180+gs) &&
(thA4<=90*pi/180+gs),
    Ac=Atos-Hsc4*Wsc3;

elseif (thB3>=90*pi/180+gs) && (thG3<=90*pi/180+gs)&&(thB4>=90*pi/180+gs)
&& (thG4<=90*pi/180+gs),
    Ac=Atos-Hsc4*Wsc3;

elseif (thG4>=90*pi/180+gs) && (thA4<=90*pi/180+gs)&&(thB3>=90*pi/180+gs)
&& (thG3<=90*pi/180+gs),
    Ac=Atos;
end
%4
if (thG4>=90*pi/180+gs) && (thA4<=90*pi/180+gs)&&(thG5>=90*pi/180+gs) &&
(thA5<=90*pi/180+gs),
    Ac=Atos-Hsc4*Wsc5;

elseif (thB4>=90*pi/180+gs) && (thG4<=90*pi/180+gs)&&(thB5>=90*pi/180+gs)
&& (thG5<=90*pi/180+gs),
    Ac=Atos-Hsc4*Wsc5;

elseif (thG5>=90*pi/180+gs) && (thA5<=90*pi/180+gs)&&(thB4>=90*pi/180+gs)
&& (thG4<=90*pi/180+gs),
    Ac=Atos;
end
%5
if (thG5>=90*pi/180+gs) && (thA5<=90*pi/180+gs)&&(thG6>=90*pi/180+gs) &&
(thA6<=90*pi/180+gs),
    Ac=Atos-Hsc6*Wsc5;

elseif (thB5>=90*pi/180+gs) && (thG5<=90*pi/180+gs)&&(thB6>=90*pi/180+gs)
&& (thG6<=90*pi/180+gs),
    Ac=Atos-Hsc6*Wsc5;

elseif (thG6>=90*pi/180+gs) && (thA6<=90*pi/180+gs)&&(thB5>=90*pi/180+gs)
&& (thG5<=90*pi/180+gs),
    Ac=Atos;
end
%6
if (thG6>=90*pi/180+gs) && (thA6<=90*pi/180+gs)&&(thG7>=90*pi/180+gs) &&
(thA7<=90*pi/180+gs),
    Ac=Atos-Hsc6*Wsc7;

```

```

elseif (thB6>=90*pi/180+gs) && (thG6<=90*pi/180+gs)&&(thB7>=90*pi/180+gs)
&& (thG7<=90*pi/180+gs),
    Ac=Atos-Hsc6*Wsc7;

elseif (thG7>=90*pi/180+gs) && (thA7<=90*pi/180+gs)&&(thB6>=90*pi/180+gs)
&& (thG6<=90*pi/180+gs),
    Ac=Atos;
end
%7
if (thG7>=90*pi/180+gs) && (thA7<=90*pi/180+gs)&&(thG8>=90*pi/180+gs) &&
(thA8<=90*pi/180+gs),
    Ac=Atos-Hsc6*Wsc5;

elseif (thB7>=90*pi/180+gs) && (thG7<=90*pi/180+gs)&&(thB8>=90*pi/180+gs)
&& (thG8<=90*pi/180+gs),
    Ac=Atos-Hsc6*Wsc5;

elseif (thG8>=90*pi/180+gs) && (thA8<=90*pi/180+gs)&&(thB7>=90*pi/180+gs)
&& (thG7<=90*pi/180+gs),
    Ac=Atos;
end
%gia kathe syllekth poio uperisxuei
if(Atot>Ac),
    Ac=0;
else
    Atot=0;
end

posos=(Hc*Wc-Atot-Ac)/(Hc*Wc);
if (posos<0),
    posos=0;

end
    %hour radiation on the sloped surface 'Perez model'

        Itp=Ib*Rb+Id*(1-
F1)*(1+cos(bitaa))/2+Id*F1*aa/ba+Id*F2*sin(bitaa)+I*ro*(1-cos(bitaa))/2;

        %    Itp=Ib*Rb+Id*(1+cos(bitaa))/2+I*ro*(1-cos(bitaa))/2;

        %daily radiadion (total of hours radiations)
        Ht1=Ht1+Itp*posos;
    end
end

genelegxos=elegxos;

    end

        %put the data in a table
        Ht(bi,mera)=Ht1;
        %plot

        %    if (mera<60)|| (mera>330),
        year=year+Ht1/(tel_oriz*tel_kath);
        %    end

```

```
end

if (year>=6311.5),    %%6375.3
    pppppp='-----'
    if (tel_oriz*tel_kath>=maxepif),

        maxb=bita
        maxg=gamaa
        maxy=year
        or=tel_oriz
        kath=tel_kath
        maxepif=tel_oriz*tel_kath
        aaaaa=keno_oriz;
        nnnnn=keno_kath;
        dddccc=dc
        dwcccc=dwc
        decccc=dec
        dkkk=dk
    end
end
end %bita
end %gama
end %check
ch_ka=tel_kath;
end
end %check
ch_or=tel_oriz;
end
end
```

