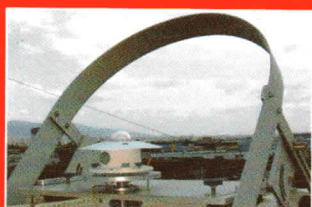
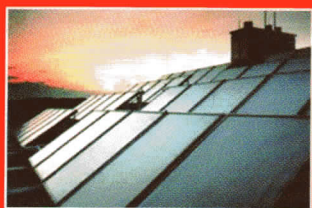


Ιωάννης Κ. Καηδέλλης
Γεώργιος Χ. Σπυρόπουλος
Κοσμάς Α. Καββαδίας

Υπολογιστικές εφαρμογές ήπιων μορφών ενέργειας

Ηλιακή ακτινοβολία - Φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις
Ηλιακά θερμικά συστήματα



ΕΚΔΟΣΕΙΣ
ΑΘ. ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ

Περιεχόμενα

Αντί Προλόγου.....	19
Εισαγωγή.....	21

Κεφάλαιο 1

Ηλιακή Ακτινοβολία

Εισαγωγικό Σημείωμα - Οδηγίες Μελέτης	23
Βασικό Τυπολόγιο	25
Πίνακας Συμβόλων	27
Εφαρμογή 1.1 (*).....	28
<i>Υπολογισμός ηλιακού χρόνου σε διάφορες περιοχές του πλανήτη συναρτήσει της ώρας και της ημερομηνίας</i>	
Εφαρμογή 1.2 (*)	31
<i>Προσδιορισμός ωριαίας γωνίας δύσης και διάρκειας της ημέρας σε επιφάνεια με καθορισμένη κλίση και προσανατολισμό</i>	
Εφαρμογή 1.3 (**)	35
<i>Μεταβολή ζενιθιακής γωνίας για συγκεκριμένες ώρες και ημέρες του έτους</i>	

Εφαρμογή 1.4 (**)	40
<i>Υπολογισμός γωνίας πρόσπτωσης άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας για καθορισμένη κλίση-προσανατολισμό επιφάνειας και για συγκεκριμένη ώρα-ημερομηνία</i>	
Εφαρμογή 1.5 (**)	45
<i>Επίδραση γωνίας κλίσης και αζιμούθιας γωνίας επιφάνειας στην αριθμητική τιμή της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας</i>	
Εφαρμογή 1.6 (***)	50
<i>Προσδιορισμός έντασης άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο και κάθετο επίπεδο χρησιμοποιώντας το μοντέλο "Hottel"</i>	
Εφαρμογή 1.7 (**)	56
<i>Προσδιορισμός άμεσης και διάχυτης ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο χρησιμοποιώντας το μοντέλο των "Stauter and Klein"</i>	
Εφαρμογή 1.8 (**)	59
<i>Προσδιορισμός μέσης μηνιαίας τιμής ημερήσιας ολικής ακτινοβολίας σε επιφάνεια με καθορισμένη κλίση και προσανατολισμό χρησιμοποιώντας την εξίσωση των "Collares-Pereira and Rabl"</i>	
Εφαρμογή 1.9 (*)	63
<i>Προσδιορισμός περιοχής μεταβολής αριθμητικής τιμής άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας, για δεδομένο επίπεδο αξιοπιστίας, βάσει πειραματικών μετρήσεων ολικής και διάχυτης ακτινοβολίας</i>	
Εφαρμογή 1.10 (*)	66
<i>Υπολογισμός μέγιστου επιτρεπόμενου συστηματικού σφάλματος πειραματικού πυρανομέτρου για μέτρηση διάχυτης και ολικής ακτινοβολίας</i>	
Εφαρμογή 1.11 (***)	69
<i>Επίδραση γωνίας κλίσης επιφάνειας ηλιακού συλλέκτη στην προσπίπτουσα μέση ημερήσια ολική ακτινοβολία</i>	
Βιβλιογραφικές Αναφορές	76

Κεφάλαιο 2

Επίπεδοι Ηλιακοί Συλλέκτες

Εισαγωγικό Σημείωμα - Οδηγίες Μελέτης	77
Βασικό Τυπολόγιο	79
Πίνακας Συμβόλων	81
Εφαρμογή 2.1 (**)	83
<i>Ημερήσιο ενεργειακό ισοζύγιο τυπικού ηλιακού συλλέκτη για διάφορες περιοχές της Ελλάδας</i>	
Εφαρμογή 2.2 (**)	95
<i>Προσδιορισμός απωλειών τυπικού πλαστικού ηλιακού συλλέκτη μέσω ακτινοβολίας, συναγωγής και αγωγής</i>	
Εφαρμογή 2.3 (***)	102
<i>Υπολογισμός ηλιακής ακτινοβολίας στο επίπεδο ηλιακού συλλέκτη και εύρεση θεωρητικά βέλτιστης γωνίας τοποθέτησης του συλλέκτη κατά τους χειμερινούς και τους θερινούς μήνες</i>	
Εφαρμογή 2.4 (*)	110
<i>Υπολογισμός συντελεστή χρησιμοποίησης ηλιακού συλλέκτη συναρτήσει γωνίας τοποθέτησης συλλεκτικής επιφάνειας</i>	
Εφαρμογή 2.5 (*)	117
<i>Ενεργειακή ανάλυση επίπεδου ηλιακού συλλέκτη με προσδιορισμό των αντίστοιχων απωλειών και εύρεση μέγιστου πιθανού σφάλματος στο βαθμό απόδοσης του ηλιακού συλλέκτη</i>	
Εφαρμογή 2.6 (*)	120
<i>Υπολογισμός βαθμού απόδοσης ηλιακού συλλέκτη σε μεταβλητό εξωτερικό περιβάλλον</i>	
Εφαρμογή 2.7 (*)	123
<i>Προσδιορισμός ενεργειακής συμπεριφοράς ηλιακού συλλέκτη κάνοντας χρήση του στιγμιαίου βαθμού απόδοσής του</i>	
Εφαρμογή 2.8 (*)	126
<i>Σύγκριση βαθμού απόδοσης αντιπροσωπευτικών κατηγοριών ηλιακών συλλεκτών</i>	

Εφαρμογή 2.9 (*)	131
<i>Εύρεση παροχής ζεστού νερού από τυπικό ηλιακό συλλέκτη και καθορισμός θερμοκρασίας θερμοστάτη βοηθητικής εξωτερικής πηγής</i>	
Εφαρμογή 2.10 (**)	137
<i>Χρήση μεθόδου καμπυλών "f" για προσδιορισμό του ποσοστού κάλυψης των αναγκών τυπικού οικιακού καταναλωτή</i>	
Εφαρμογή 2.11 (**)	144
<i>Υπολογισμός θεωρητικού-πραγματικού βαθμού απόδοσης ηλιακού συλλέκτη και χρήση μεθόδου καμπυλών "f" για τον προσδιορισμό ποσοστού κάλυψης αναγκών τυπικού ξενοδοχείου</i>	
Βιβλιογραφικές Αναφορές	150

Κεφάλαιο 3

Φωτοβολταϊκή Παραγωγή Ενέργειας

Εισαγωγικό Σημείωμα - Οδηγίες Μελέτης	151
Βασικό Τυπολόγιο	153
Πίνακας Συμβόλων	153
Εφαρμογή 3.1 (**)	155
<i>Προσδιορισμός τυπικής καμπύλης λειτουργίας και χαρακτηριστικών μεγεθών μικτής συνδεσμολογίας φωτοβολταϊκών πλαισίων</i>	
Εφαρμογή 3.2 (*)	161
<i>Διαστασιολόγηση φωτοβολταϊκής εγκατάστασης με συνυπολογισμό της αύξησης θερμοκρασίας</i>	
Εφαρμογή 3.3 (**)	165
<i>Διαστασιολόγηση-ενεργειακός ισολογισμός φωτοβολταϊκής μονάδας κάλυψης ενεργειακών αναγκών αυτόνομης θαλάσσιας σήμανσης με παράλληλη χρήση συσσωρευτών</i>	

Εφαρμογή 3.4 (*)	172
<i>Υπολογισμός διαστάσεων φωτοβολταϊκών στοιχείων που συγκροτούν αντίστοιχο φωτοβολταϊκό πλαίσιο</i>	
Εφαρμογή 3.5 (***)	176
<i>Υπολογισμός διαστάσεων φωτοβολταϊκού πλαισίου με παράλληλο προσδιορισμό της χαρακτηριστικής λειτουργίας. Διαστασιολόγηση αυτόνομης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης και υπολογισμός απαιτούμενης έκτασης τοποθέτησης</i>	
Εφαρμογή 3.6 (**)	185
<i>Ανάλυση λειτουργίας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης με συνυπολογισμό μεταβολής θερμοκρασίας και επικάλυψης σκόνης</i>	
Εφαρμογή 3.7 (**)	189
<i>Καθορισμός τρόπου συγκρότησης φωτοβολταϊκού πλαισίου με χρήση φωτοβολταϊκών στοιχείων και προσδιορισμός χαρακτηριστικών λειτουργίας του προκύπτοντος φωτοβολταϊκού πλαισίου</i>	
Εφαρμογή 3.8 (**)	196
<i>Μελέτη συνεργασίας διαφορετικών φωτοβολταϊκών πλαισίων και διαστασιολόγηση φωτοβολταϊκής γεννήτριας. Εκτίμηση ποσότητας πετρελαίου που εξοικονομείται από τη λειτουργία της φωτοβολταϊκής γεννήτριας</i>	
Εφαρμογή 3.9 (***)	202
<i>Διαστασιολόγηση φωτοβολταϊκού κινητήρα ηλιακού αυτοκινήτου και εκτίμηση χρόνου αυτονομίας του οχήματος</i>	
Εφαρμογή 3.10 (***)	210
<i>Ανάλυση επιλογών ιδιώτη απομονωμένου καταναλωτή για τον οικονομικά βέλτιστο τρόπο κάλυψης των ενεργειακών του αναγκών, ανάμεσα στην επιλογή σύνδεσης με το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο, την αγορά μικρού ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους και την εγκατάσταση μικρής φωτοβολταϊκής γεννήτριας</i>	
Βιβλιογραφικές Αναφορές	218

Κεφάλαιο 4**Ανάλυση Αγοράς Ηλιακών Εφαρμογών - Περιβαλλοντικά Οφέλη**

Εισαγωγικό Σημείωμα - Οδηγίες Μελέτης	219
Βασικό Τυπολόγιο	222
Πίνακας Συμβόλων	223
Εφαρμογή 4.1 (*)	225
Μελέτη διαχρονικής μεταβολής συνολικής και ανά κάτοικο εγκατεστημένης επιφάνειας ηλιακών συλλεκτών στη χώρα μας και σε άλλες σημαντικές ευρωπαϊκές αγορές	229
Εφαρμογή 4.2 (**)	229
Μελέτη διαχρονικής εξέλιξης ηλιακών-θερμικών εφαρμογών στην Ευρώπη, σύγκριση με στόχους Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αριθμητικός προσδιορισμός ετήσιου ρυθμού μεταβολής εγκατεστημένων ηλια- κών συστημάτων στις κυριότερες ευρωπαϊκές αγορές ηλιακών συλλεκτών	238
Εφαρμογή 4.3 (**)	238
Ανάλυση διαχρονικής εξέλιξης των πραγματικά «εν λειτουργία» ηλιακών θερμικών συστημάτων στη χώρα μας, με χρήση κατάλ- ηλου στατιστικού μοντέλου	243
Εφαρμογή 4.4 (**)	243
Ανάλυση κόστους αγοράς αντιπροσωπευτικού ηλιακού-θερμικού συστήματος με χρήση πραγματικών οικονομικών στοιχείων	247
Εφαρμογή 4.5 (**)	247
Προσδιορισμός οικονομικών-περιβαλλοντικών ωφελειών λόγω λειτουργίας τυπικού ηλιακού θερμοσίφωνα	251
Εφαρμογή 4.6 (**)	251
Προσδιορισμός διαχρονικών μακροοικονομικών-περιβαλλοντι- κών ωφελειών από τη λειτουργία ηλιακών συλλεκτών στη χώρα μας την περίοδο 1980-2005	

Εφαρμογή 4.7 (***)	257
<i>Ενεργειακός ισολογισμός αγροτικού θερμοκηπίου λόγω αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας και εκτίμηση της εξοικονομούμενης ποσότητας πετρελαίου θέρμανσης</i>	
Εφαρμογή 4.8 (*)	261
<i>Ανάλυση διαχρονικής πορείας φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων στις κυριότερες αγορές του πλανήτη και εκτίμηση ετήσιου ρυθμού αύξησης εγκατεστημένης φωτοβολταϊκής ισχύος</i>	
Εφαρμογή 4.9 (*)	267
<i>Υπολογισμός εσόδων φωτοβολταϊκής εγκατάστασης βάσει νέου θεσμικού πλαισίου. Προκαταρκτική οικονομοτεχνική σύγκριση φωτοβολταϊκής και αιολικής επένδυσης σε νησιωτική περιοχή της χώρας μας</i>	
Εφαρμογή 4.10 (*)	272
<i>Ανάλυση ενεργειακής συμπεριφοράς «εν λειτουργία» πραγματικής φωτοβολταϊκής εγκατάστασης στη νησιωτική Ελλάδα</i>	
Εφαρμογή 4.11 (**)	279
<i>Προσδιορισμός κόστους χρηματοδότησης σύγχρονης ενεργειακής επένδυσης στον τομέα των φωτοβολταϊκών</i>	
Εφαρμογή 4.12 (*)	287
<i>Υπολογισμός χρόνου ενεργειακής απόσβεσης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης αποτελούμενης από διαφορετικού τύπου πλαίσια</i>	
Βιβλιογραφικές Αναφορές	292

Κεφάλαιο 5

Οικονομοτεχνική Αξιολόγηση Επενδύσεων στον Τομέα της Ηλιακής Ενέργειας

Εισαγωγικό Σημείωμα - Οδηγίες Μελέτης	295
Βασικό Τυπολόγιο	297
Πίνακας Συμβόλων	298

Εφαρμογή 5.1 (*)	300
<i>Προσδιορισμός χρόνου απόσβεσης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, συναρτήσει του τρόπου κεφαλαιουχικής κάλυψης του αρχικού κόστους εγκατάστασης</i>	
Εφαρμογή 5.2 (**)	308
<i>Υπολογισμός χρόνου απόσβεσης και οικονομικών αποτελεσμάτων φωτοβολταϊκής εγκατάστασης απομονωμένου ιδιοπαραγωγού με παράλληλη χρήση ηλεκτρικών συσσωρευτών</i>	
Εφαρμογή 5.3 (*)	317
<i>Υπολογισμός οικονομικού βαθμού απόδοσης εγκατάστασης φωτοβολταϊκών, στα πλαίσια του ισχύοντος αναπτυξιακού νόμου, συναρτήσει του χρόνου ζωής της επένδυσης</i>	
Εφαρμογή 5.4 (**)	323
<i>Διερεύνηση οικονομικής βιωσιμότητας ανεξάρτητου φωτοβολταϊκού σταθμού σε νησιωτική περιοχή</i>	
Εφαρμογή 5.5 (**)	329
<i>Προσδιορισμός καθαρής παρούσας αξίας και εσωτερικού συντελεστή απόδοσης συναρτήσει του χρόνου λειτουργίας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης</i>	
Εφαρμογή 5.6 (***)	336
<i>Υπολογισμός οικονομικής βιωσιμότητας ανεξάρτητου φωτοβολταϊκού σταθμού λαμβάνοντας υπόψιν τη διαχρονική μεταβολή των οικονομικών παραμέτρων και συνυπολογίζοντας την επίδραση της φορολογίας επί των κερδών της επένδυσης</i>	
Εφαρμογή 5.7 (***)	346
<i>Μελέτη οικονομικής βιωσιμότητας οικιακού ηλιακού θερμοσίφωνα, του οποίου η ενεργειακή παραγωγή υποκαθιστά θερμότητα προερχόμενη από συμβατικές πηγές ενέργειας</i>	
Εφαρμογή 5.8 (**)	354
<i>Ανάλυση οικονομικής βιωσιμότητας-ελκυστικότητας κεντρικού συστήματος ηλιακών συλλεκτών, βάσει υποκατάστασης παραγόμενης θερμότητας με χρήση ηλεκτρικής ενέργειας ή/και πετρελαίου, για μεταβλητό χρόνο ζωής της εγκατάστασης</i>	

Εφαρμογή 5.9 (**)	362
<i>Μελέτη κόστους ίδρυσης και υπολογισμός ελάχιστης απαιτού- μενης στρεμματικής απόδοσης μικρής θερμοκηπιακής μονάδας</i>	
Εφαρμογή 5.10 (**)	372
<i>Προσδιορισμός βέλτιστης επιλογής υλικού κάλυψης θερμοκηπιακής εγκατάστασης λαμβάνοντας υπόψιν την οικονομική συμπεριφορά των υπό μελέτη εγκαταστάσεων</i>	
Βιβλιογραφικές Αναφορές	382

Παράρτημα

Πίνακες Μετατροπής Μονάδων

Εισαγωγικό Σημείωμα	383
Πολλαπλάσια-Υποπολλαπλάσια Μονάδων	385
Πίνακας Συμβόλων	386
Μήκος	388
Επιφάνεια	388
Όγκος	389
Μάζα	389
Παροχή	389
Πυκνότητα	390
Ταχύτητα	390
Δύναμη	390
Πίεση	390
Ενέργεια	391
Ισχύς	393 •
Χρόνος	393
Θερμοκρασία	394
Γωνία	394
Βιβλιογραφικές Αναφορές	395