

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ  
ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ Η ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥΣ  
ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:**

**ΜΠΟΥΓΙΟΥΚΛΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ**

**ΧΑΤΖΗΓΙΑΝΝΑΚΙΔΗΣ ΑΡΓΥΡΙΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ ΗΛΙΑΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2010**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και αναφέρεται σε διάφορες τεχνολογικές εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας, μιας ενέργειας οικολογικής και ανεξάντλητης. Παρουσιάζονται μερικές καινοτόμες ιδέες και αναλύονται όσο το δυνατόν εκτενέστερα, με στόχο την καλύτερη κατανόηση από τον αναγνώστη. Επίσης αναφέρονται οι δραστηριότητες της Ελλάδας σε αυτές τις τεχνολογίες καθώς και οι προοπτικές που υπάρχουν για την χρησιμοποίησή τους.

Αρχικά αναφέρονται τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες του Ήλιου και της ηλιακής ενέργειας καθώς και πώς την αξιοποιούμε, αλλά και κατά πόσο την εκμεταλεύονται οι διάφορες χώρες. Συνεχίζοντας, αναλύονται διάφορες τεχνολογίες που μπορούν να αντικαταστήσουν τις αντίστοιχες υπάρχουσες, οι οποίες είναι ρυπογόνες και επιβαρύνουν την ήδη μολυσμένη ατμόσφαιρα. Επίσης αναφέρονται και τεχνολογίες παραγωγής ρεύματος αρκετά αποδοτικές και οικονομικές χωρίς καμία επιβάρυνση στο περιβάλλον.

Ευχαριστούμε θερμά τον καθηγητή μας κ. Ηλία Παναγιωτόπουλο, Εργαστηριακός Συνεργάτης του Τμήματος Μηχανολογίας, για το ενδιαφέρον και την πολύτιμη καθοδήγηση που μας προσέφερε καθ' όλη την διάρκεια που χρειάστηκε για την εκπόνηση του παρόντος.

**Μπουγιουκλής Ιωάννης**

**Χατζηγιαννακίδης Αργύριος**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται σε μερικές εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας που ενδέχεται να αποτελέσουν σημαντικό ρόλο στο άμεσο μέλλον. Σκοπός της είναι να παρουσιάσει στον αναγνώστη, ίσως, τις πιο σημαντικές τεχνολογικές εφαρμογές μέχρι στιγμής, ώστε να αποκτήσει μια πλήρη εικόνα για τις εξελίξεις στον τομέα, καθώς και να διαβάσει καινοτόμες ιδέες που ίσως να αγνοούσε.

Το θέμα της πτυχιακής αναπτύσσεται σε 8 κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί μια εισαγωγή όπου γίνεται μια αναφορά στα χαρακτηριστικά του ήλιου και στις ιδιότητες της ηλιακής ενέργειας. Έπειτα αναφέρεται στο πώς αξιοποιείται η ηλιακή ενέργεια και δίνεται μια εικόνα για την κατάσταση που επικρατεί παγκοσμίως.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται το ηλιακό σπίτι. Αρχικά γίνεται ανάλυση των διαφόρων εφαρμογών που χρησιμοποιούνται στα κτίρια ώστε να εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια και έπειτα αναλύεται μια οικία που οι ανάγκες της καλύπτονται εξ' ολοκλήρου από των συνδυασμό αυτών των εφαρμογών. Επίσης αναφέρονται κάποιο στοιχεία για τις εφαρμογές που γίνονται στην Ελλάδα.

Το τρίτο κεφάλαιο ασχολείται με το ηλιακό αυτοκίνητο. Αναφέρονται οι λόγοι που πρέπει να γίνει ο διάδοχος των συμβατικών αυτοκινήτων καθώς και το πώς εξελίχθηκαν. Μετά αναλύεται το κάθε τμήμα του ξεχωριστά και γίνεται μια αναφορά στο αυτοκίνητο του Πανεπιστημίου Πατρών Ερμής.

Στο τέταρτο κεφάλαιο μελετάται η ηλιακή καμινάδα. Αναλύονται τα χαρακτηριστικά και ο τρόπος λειτουργίας μιας κατασκευής που γίνεται στην Αυστραλία. Έπειτα αναφέρεται στην αιωρούμενη ηλιακή καμινάδα, στα στοιχεία κατασκευής της, στα υλικά κατασκευής της και στις διαφορές της από την ηλιακή καμινάδα και άλλες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής. Τέλος αναφέρονται οι προοπτικές κατασκευής τους στον Ελλαδικό χώρο.

Το πέμπτο κεφάλαιο περιγράφει την τεχνολογία του ηλιακού πύργου. Περιγράφονται τα μέρη από τα οποία αποτελείται, οι διαφορετικοί τρόποι λειτουργίας του καθώς και αναφέρονται οι υφιστάμενες και μελλοντικές κατασκευές.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο ηλιακός δρόμος. Αρχικά αναφέρονται οι επιπτώσεις και τα μειονεκτήματα των υπάρχουσών

οδικών δικτύων. Έπειτα αναλύονται τα μέρη από τα οποία αποτελείται, τα οφέλη από την χρήση του και τέλος, αναφέρονται κάποιες επισημάνσεις ως προς τον τρόπο λειτουργίας κατασκευής και συντήρησής τους.

Το έβδομο κεφάλαιο ασχολείται με το ηλιακό αεροπλάνο. Σημειώνονται οι επιπτώσεις των συμβατικών αεροπλάνων και αναλύεται η δομή του ηλιακού αεροπλάνου Solar impulse. Έπειτα γίνεται μια αναδρομή σε μερικά μοντέλα που είχαν κατασκευαστεί.

Στο όγδοο κεφάλαιο αναφέρεται στο ηλιακό σκάφος. Πιο συγκεκριμένα περιγράφεται το καταμαράν Planetsolar και τα στάδια ενός προγράμματος που έχουν τεθεί ώστε να επιτευχθεί ο γύρος του κόσμου με το συγκεκριμένο σκάφος. Τέλος αναφέρονται μερικές υπάρχουσες και μελλοντικές κατασκευές.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	ii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	iv

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

1.1 ΗΛΙΟΣ – ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	1
1.2 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	5
1.3 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΚΟΣΜΟ.....	8
1.4 ΛΟΓΟΙ ΓΙΑ ΝΑ ΣΤΡΑΦΟΥΜΕ ΣΤΗΝ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ...12	

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΗΛΙΑΚΟ <<ΠΡΑΣΙΝΟ>> ΣΠΙΤΙ**

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	16
2.2 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....	19
2.2.1 Συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους .....	19
2.2.2 Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους .....	20
2.3 ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	24
2.3.1 Εφαρμογές .....	25
2.3.2 Κατηγορίες ηλιακών συλλεκτών.....	27
2.3.3 Τεχνικές απαιτήσεις ηλιακών συστημάτων.....	27
2.4 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ.....	28
2.4.1 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο.....	28
2.4.2 Φωτοβολταϊκό πλαίσιο.....	30
2.4.3 Εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε ένα κτίριο..	31

2.4.4	Φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου (Si).....	32
2.4.5	Κατηγορίες φωτοβολταϊκών στοιχείων .....	33
2.4.6	Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων .....	38
2.4.7	Βασικοί τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων .....	40
2.4.8	Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.....	43
2.5	ΤΟ ΗΛΙΑΚΟ ΣΠΙΤΙ NATURAL FUSION.....	43
2.6	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	48
2.6.1	Παθητικά συστήματα που εφαρμόζονται στα κτίρια στην Ελλάδα.....	50
2.6.2	Ενεργειακή απόδοση βιοκλιματικού σχεδιασμού στην Ελλάδα .....	51
2.7	ΤΟ ΠΡΑΣΙΝΟ ΣΠΙΤΙ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ.....	53

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΗΛΙΑΚΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ**

3.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	59
3.2	ΔΟΜΗ ΗΛΙΑΚΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ.....	63
3.3	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ.....	74
3.4	ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ .....	75
3.5	ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ <<ΕΡΜΗΣ>>.....	77

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΗΛΙΑΚΗ ΚΑΜΙΝΑΔΑ**

4.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	83
4.2	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.....	85
4.3	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ .....	85
4.4	ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ– ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ.....	86
4.5	ΤΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΚΑΜΙΝΑΔΑΣ....	86

4.5.1	Ο Συλλέκτης.....	87
4.5.2	Η Καμινάδα.....	88
4.5.3	Οι Τουρμπίνες.....	89
4.6	Η ΗΛΙΑΚΗ ΚΑΜΙΝΑΔΑ ΤΗΣ ΑΥΣΤΡΑΛΙΑΣ.....	91
4.7	ΠΛΟΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ.....	94
4.8	ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΕΣ ΗΛΙΑΚΕΣ ΚΑΜΙΝΑΔΕΣ (Floating Solar Chimneys).....	97
4.9	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΑΝΕΜΩΝ ΕΠΙ ΤΗΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΚΑΜΙΝΑΔΑΣ .....	101
4.10	Η ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΕΝΟΣ ΑΕΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΜΕ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΗ ΗΛΙΑΚΗ ΚΑΜΙΝΑΔΑ ΥΨΟΥΣ 500-1500 m.....	103
4.11	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΑΕΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΜΕ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΕΣ ΚΑΜΙΝΑΔΕΣ ΜΕ ΑΛΛΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	103
4.12	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΗΛΙΑΚΩΝ ΑΕΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΜΕ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΕΣ ΚΑΜΙΝΑΔΕΣ ΚΑΙ ΚΑΜΙΝΑΔΕΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ.....	105
4.13	ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	106
4.14	ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ..	109

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΗΛΙΑΚΟΣ ΠΥΡΓΟΣ**

5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	111
5.2	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΤΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΠΥΡΓΟΥ.....	114
5.2.1	Ηλιοστατικό πεδίο.....	114
5.2.2	Ηλιακός δέκτης.....	118
5.3	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΤΡΟΠΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΠΥΡΓΟΥ.....	122

5.3.1	Εγκαταστάσεις νερού/ατμού.....	123
5.3.2	Εγκαταστάσεις τηγμένου άλατος.....	127
5.3.3	Ογκομετρικοί δέκτες ατμοσφαιρικού αέρα.....	130
5.3.4	Συστήματα ηλιακής προθέρμανσης του αέρα για αεριοστρόβιλο.....	132
5.4	ΠΟΣΟ ΚΟΣΤΙΖΕΙ ΚΑΙ ΠΟΣΟ ΣΥΜΦΕΡΕΙ.....	133
5.5	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΠΥΡΓΩΝ.....	134

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΗΛΙΑΚΟΣ ΔΡΟΜΟΣ**

6.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	140
6.2	ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΡΗ.....	142
6.3	ΔΙΑΦΟΡΑ ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ.....	145
6.4	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΣ.....	156
6.5	ΕΠΙΣΥΜΑΝΣΕΙΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΤΡΟΠΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ.....	157

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 - ΗΛΙΑΚΟ ΑΕΡΟΠΛΑΝΟ**

7.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	160
7.2	ΤΟ ΗΛΙΑΚΟ ΑΕΡΟΠΛΑΝΟ SOLAR IMPULSE.....	164
7.3	Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΕΡΟΠΟΡΙΑΣ.....	169

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 - ΗΛΙΑΚΟ ΣΚΑΦΟΣ**

8.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	172
8.2	ΤΟ ΣΚΑΦΟΣ PLANET SOLAR.....	175
8.3	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ .....	179

<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>183</b>
---------------------------	------------



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 ΗΛΙΟΣ – ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

«Στρέψου στον ήλιο και θα αφήσεις τις σκιές πίσω σου» (γερμανική παροιμία)

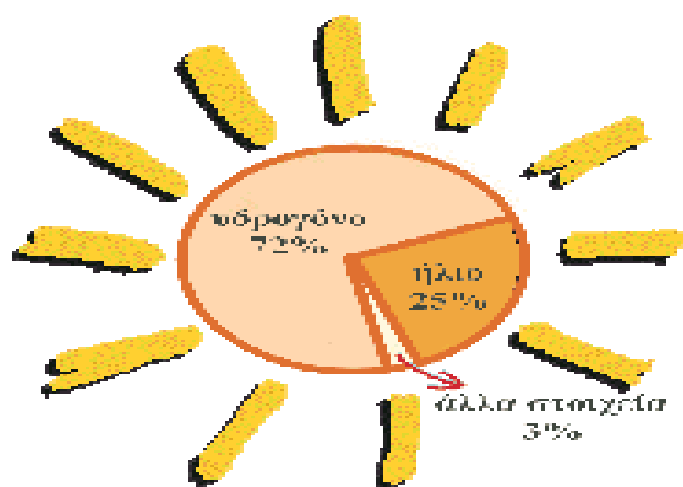


Ο ήλιος είναι το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό στο ηλιακό μας σύστημα. Μπορεί να είναι το κέντρο του δικού μας κόσμου, αλλά δεν είναι ένα τυπικό άστρο. Είναι ο αστέρας που φωτίζει ολόκληρη τη Γή και αποτελεί το κέντρο του πλανητικού συστήματος, όπου και ανήκει. Η φωτεινότητα του είναι τέτοια ώστε όταν βρίσκεται πάνω από τον ορίζοντα να μην επιτρέπει σε

άλλα ουράνια σώματα να εμφανίζονται με εξαίρεση τη Σελήνη και σπανιότερα την Αφροδίτη. Ο Αναξαγόρας πρώτος υποστήριξε ότι ο ήλιος είναι μια πυρωμένη πέτρα και η σελήνη είναι χώμα και πέτρες όπως η γη. Παρόλα αυτά οι έρευνες γύρω από τον ήλιο δεν σταμάτησαν ποτέ. Με την τεράστια ανάπτυξη της επιστήμης και των επιστημονικών οργάνων, είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε αρκετά πράγματα για τον ήλιο. Ο ήλιος λοιπόν είναι ένα τεράστιο πυρωμένο αστέρι που ανήκει στην κατηγορία των <<απλανών>> (=ακίνητων) επειδή παλιότερα πίστευαν ότι δεν κινούνταν. Η σημασία του Ήλιου στην εξέλιξη και την διατήρηση της ζωής στην Γη είναι καίρια, καθώς με τη θεμελιώδη διαδικασία της φωτοσύνθεσης προσφέρει την απαραίτητη ενέργεια για την ανάπτυξη

των ζωντανών οργανισμών, και διατηρεί την επιφανειακή θερμοκρασία της Γης σε ανεκτά για τη ζωή επίπεδα. Είναι μια πηγή απεριόριστης ενέργειας, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας δεν χρησιμοποιείται αλλά εντούτοις μας προσφέρει ισχύ εκατομμυρίων Watts, μας κρατά θερμούς και αναπτύσσει όλα τα τρόφιμά.

Όταν γεννήθηκε ο ήλιος, περίπου 4600 εκατομμύρια χρόνια πριν, η αέρια μάζα του αποτελούνταν από 72% υδρογόνο, 24% ήλιο, ενώ το υπόλοιπο αποτελούνταν από μια ποικιλία στοιχείων που είχαν δημιουργηθεί εξολοκλήρου από εκρήξεις σουπερνόβα και κατόπιν εκτινάχθηκαν στο σύμπαν. Σήμερα έχουμε καταλήξει στο ότι αποτελείται από 72% υδρογόνο, ήλιο 25% και 3% βαρέα στοιχεία ( Σχήμα 1 ) .



**Σχήμα 1:**Σχηματική Αναπαράσταση της δομής του Ήλιου

Για την απόσταση του ηλίου από τη Γή έγιναν αρκετοί υπολογισμοί από παλιά. Ο Αναξαγόρας από το 434 π.χ. είχε πει ότι ο ήλιος είναι μεγάλος σαν την Πελοπόννησο. Για να το υπολογίσει αυτό χρειάστηκε η απόσταση Γης και Ηλίου. Ο Αρίσταρχος ο Σάμιος σύμφωνα με την γεωμετρική μέθοδο τον 3<sup>ο</sup> αιώνα π.χ. μέτρησε την απόσταση του ηλίου από τη Γή και υπολόγισε ότι είναι 1.200 γήινες ακτίνες, το 1/20 δηλαδή της κανονικής απόστασης. Το μέγεθος αυτό αποδέχτηκε και ο Πτολεμαίος. Η ακριβής μέτρηση έγινε με την βοήθεια του μικρού πλανήτη Έρωτα ο οποίος πλησίασε τη γη το 1931 σε απόσταση 26 εκατομμυρίων χιλιομέτρων. Υπολογίσθηκε τελικά μετά από 10 χρόνια ότι η απόσταση της Γής από τον ήλιο είναι 149.675.000 χιλιόμετρα. Ο ήλιος όπως και η Γή περιστρέφεται γύρω από τον άξονα του. Για να κάνει μια περιστροφή χρειάζεται 25 μέρες, ενώ η Γή 24 ώρες. Η ακτίνα του ηλίου (απόσταση από το κέντρο του στην επιφάνεια του) είναι περίπου 432.000μίλια (695.000 χιλιόμετρα) περίπου 109 φορές την ακτίνα της Γής.

Αν έσβηναν τα άστρα, απλώς δεν θα τα βλέπαμε. Εάν έσβηνε ο ήλιος θα σταματούσε κάθε κίνηση και ζωή πάνω στη Γή. Ο ήλιος φαίνεται να έχει ενεργό για 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια. Καθώς ο Ήλιος συνεχίζει να καίει, η θερμοκρασία θα αυξηθεί και ο πυρήνας θα συσταλεί, γεγονός που ανεβάζει τη θερμοκρασία ακόμα περισσότερο και κάνει το περίβλημα να διαστέλλεται. Τελικά ο Ήλιος θα γίνει ένας Κόκκινος Γίγαντας, και τότε το μεγαλύτερο μέρος του υδρογόνου του πυρήνα του θα έχει καεί. Όταν ο Ήλιος μας γίνει ένας Κόκκινος Γίγαντας, η έκτασή του θα καταπιεί πρώτα τον Ερμή, θα απορροφήσει την Αφροδίτη, θα εγκολπώσει τη Γη και τελικά θα πλησιάσει τον Άρη. Ευτυχώς για μας αυτή η μοίρα βρίσκεται σε απόσταση 5.000 εκατομμυρίων ετών από μας. Ο Ήλιος είναι ένας ζωηρός ενήλικας που έχει ένα λαμπρό μέλλον μπροστά του.

Η **ηλιακή ενέργεια** έχει ως πηγή τον ήλιο. Χαρακτηρίζεται ως το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον ήλιο. Όλη η ζωή στη Γη εξαρτάται από την ηλιακή ενέργεια. Στην πραγματικότητα, χωρίς ηλιακή ενέργεια, δεν θα υπήρχε καμία ζωή καθόλου. Η ενέργεια του Ήλιου :

- 1)μας δίνει το φώς
- 2)θερμαίνει τα αντικείμενα στα οποία προσπίπτει
- 3)αλλάζει τις ιδιότητες των ημιαγωγών παράγοντας ηλεκτρικό ρεύμα.

Ακόμη και οι χαμηλότερες μορφές ζωής, όπως το πλαγκτόν και τα μικρόβια, χρειάζονται τη ηλιακή ενέργεια (υπό μορφή φωτός του ήλιου) προκειμένου να επιζήσουν. Είναι καθαρή, ανεξάντλητη, ήπια και ανανεώσιμη. Όταν η χρήση της γίνεται με προσοχή μόνο τότε δεν υπάρχει ο κίνδυνος για υποβάθμιση του περιβάλλοντος.

Οι άνθρωποι μέχρι τα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα χρησιμοποιούσαν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και βασικά την ηλιακή ενέργεια άμεσα και έμμεσα. Μετά άρχισε η χρήση ορυκτών καυσίμων του πετρελαίου, του άνθρακα και μετά, στα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα άρχισε η χρήση πυρηνικής ενέργειας για να καλύψει ανάγκες και ειδικά σε ανεπτυγμένες χώρες. Το πλεονέκτημα της ηλιακής ενέργειας είναι ότι υπάρχει ελεύθερη, άφθονη και ανεξάντλητη. Το συνολικό ποσό ενέργειας που ακτινοβολείται από τον ήλιο πάνω στην γήινη επιφάνεια είναι 10.000 φορές μεγαλύτερη της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας του κόσμου.

Ο ήλιος ακτινοβολεί συνεχώς τεράστια ποσά ενέργειας. Ένα μέρος εκείνης της ενέργειας φτάνει στη Γη. Συνεπώς, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά όλη η ενέργεια που φτάνει στη Γη διότι μέρος του φωτός του Ήλιου απορροφάται στη γήινη ατμόσφαιρα. Η ένταση του φωτός του ηλίου που φτάνει στη γη ποικίλλει ανάλογα με το χρόνο της ημέρας, του έτους, της θέσης και των καιρικών φαινομένων. Η συνολική ηλιακή ενέργεια σε καθημερινή ετήσια βάση ονομάζεται

ακτινοβολία και δείχνει τη δύναμη της ηλιοφάνειας, που εκφράζεται χαρακτηριστικά σε  $\text{KWh/m}^2$  ανά ημέρα. Για να απλοποιήσουμε τους υπολογισμούς με τα στοιχεία ακτινοβολίας, η ηλιακή ενέργεια εκφράζεται στη τιμή του φωτεινού φωτός του ήλιου μιας ώρας. Η ακτινοβολία τού φωτεινού φωτός του ήλιου αντιστοιχεί με μια ισχύ περίπου  $1.000 \text{ W/m}^2$ , έτσι μια ώρα του φωτεινού φωτός του ήλιου αντιστοιχεί με  $1 \text{ KWh}$  της ενέργειας ανά  $\text{m}^2$ . Αυτή είναι περίπου η ηλιακή ενέργεια που αφορά μιας καθέτου επιφανείας ενός τετραγωνικού μέτρου στις ακτίνες του ήλιου μιας ασυννέφιαστης ημέρας το καλοκαίρι. Αυτή η μέγιστη αξία θα μπορούσε μόνο να εμφανιστεί κοντά στον ισημερινό στη μεσημβρία. Η ακτινοβολία ποικίλλει με το χρόνο της ημέρας αλλά μπορεί επίσης να ποικίλει αρκετά από μέρος σε μέρος, ειδικά στις ορεινές περιοχές. Η ακτινοβολία ποικίλλει κατά μέσο όρο  $1.000 \text{ KWh/ m}^2$  ετησίως για τις βόρειες ευρωπαϊκές χώρες όπως η Γερμανία, σε  $2.000$  έως  $2.500 \text{ KWh/ m}^2$  ετησίως για τις περιοχές ερήμων.

Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιτυχώς και επικερδώς ακριβώς περίπου οπουδήποτε στον πλανήτη. Δεν χρειάζεται να ζήσουμε σε ένα τροπικό ή κλίμα ερήμων προκειμένου να ωφεληθούμε από τη χρήση της ηλιακής ενέργειας. Η ηλιακή δύναμη έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σε πολλά κρύα κλίματα και ακόμη και στις πολικές περιοχές.

Αυτήν την περίοδο, ο φτηνότερος και ο περισσότερο αποτελεσματικός τρόπος αξιοποίησης ηλιακής ενέργειας στο σπίτι σας είναι μέσω της χρήσης των ηλιακών συστημάτων θέρμανσης νερού. Στην πραγματικότητα, τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού είναι διαθέσιμα στο εμπόριο για αρκετές δεκαετίες. Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να θερμάνει τα σπίτια αποτελεσματικά στα κρύα κλίματα, καθώς επίσης και στα θερμά κλίματα. Η ηλιακή θέρμανση χρησιμοποιείται σε πολλές βόρειες ευρωπαϊκές χώρες κρύου-κλίματος εδώ και μερικές δεκαετίες τώρα. Η τεχνολογία ηλιακής ενέργειας έχει προχωρήσει στο σημείο όπου μπορεί να είναι τώρα μια βιώσιμη και οικονομικά αποδοτική αντικατάσταση για την κανονική πλέγμα-ηλεκτρική ενέργεια. Αυξάνεται γρήγορα στη δημοτικότητα, τόσο πολύ έτσι ώστε η απαίτηση για τις ηλιακός-τροφοδοτημένες συσκευές είναι αυτήν την περίοδο μεγαλύτερη από τον ανεφοδιασμό. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει την ηλεκτρική ενέργεια, τη θέρμανση και το ζεστό νερό για τα σπίτια. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις πισίνες θερμότητας. Στην πραγματικότητα, πολλές λίμνες σε Σκανδιναβία και την Ευρώπη θερμαίνονται με τη ηλιακή ενέργεια. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα οχήματα δύναμης, όπως τα ηλιακά τροφοδοτημένα αυτοκίνητα, και ακόμα και ηλιακά τροφοδοτημένα αεροπλάνα. Η NASA έχει σχεδιάσει επιτυχώς, έχει

κατασκευάσει, και έχει εξετάσει ένα αεροπλάνο που τροφοδοτείται πλήρως από τη ηλιακή ενέργεια.

Μερικά παραδείγματα διαφόρων συσκευών που βρίσκει χρήση είναι: ηλιακοί φορτιστές μπαταριών, ηλιακοί φακοί, ηλιακοί υπολογιστές, ηλιακά ραδιόφωνα, ηλιακός-τροφοδοτημένοι ανεμιστήρες σοφίτων, backpacks ηλιακής δύναμης (για να επαναφορτίσουν τις μπαταρίες για τις μικρές συσκευές), υβριδικοί ηλιακοί φορτιστές (για τα τηλέφωνα κυττάρων, τα δορυφορικά τηλέφωνα, και περισσότερους), ηλιακός-τροφοδοτημένα φώτα κήπων... και πολύ, πολύ περισσότερο.

Η ηλιακή ενέργεια είναι θεωρητικά ανεξάντλητη όπως και η πηγή από την οποία προέρχεται και περιβαλλοντικά καθαρή αφού για την αξιοποίηση της δε μεσολαβεί καμία ρυπογόνος ουσία. Έτσι λοιπόν, είναι δυνατόν να αποτελέσει στο μέλλον την κυριότερη εναλλακτική λύση στο ενεργειακό και περιβαλλοντικό πρόβλημα.

## 1.2 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Σήμερα αξιοποιούμε με πολλούς τρόπους την ευεργετική δράση της ηλιακής ακτινοβολίας:

1) Με τη χρήση των θερμικών ηλιακών συστημάτων που συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία και τη μετατρέπουν σε θερμότητα σε κάποια θερμομονωμένη δεξαμενή, όπου την αποθηκεύουν και ονομάζονται **ενεργητικά ηλιακά συστήματα**.

2) Με τα **παθητικά ηλιακά συστήματα**, δηλαδή όλα τα κατάλληλα σχεδιασμένα και συνδυασμένα δομικά στοιχεία των οικοδομικών κατασκευών (κτηρίων) που υποβοηθούν την καλύτερη άμεση ή έμμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας είτε για τη θέρμανση των κτηρίων το χειμώνα είτε για το δρόσιμα τους το καλοκαίρι.

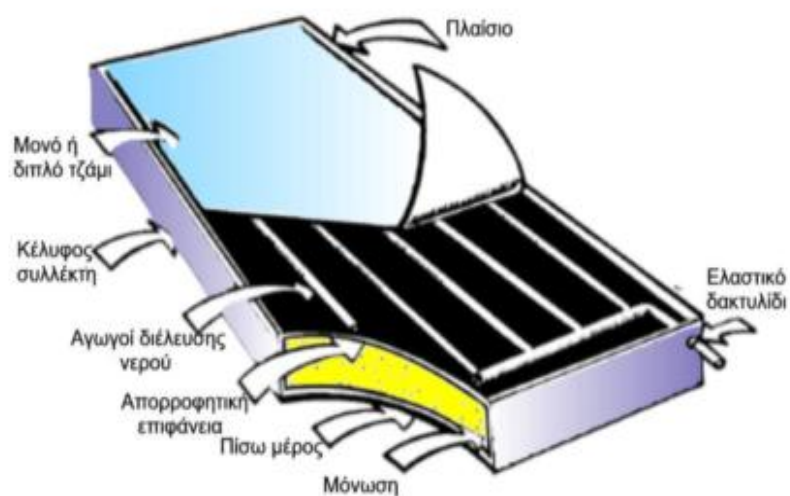
3) Με την κατευθείαν μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική με τη χρήση των **φωτοβολταϊκών συστημάτων**.

### ενεργητικά ηλιακά συστήματα.

Είναι όσα συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία και στη συνέχεια την μεταφέρουν με την μορφή θερμότητας σε νερό, σε αέρα ή σε κάποιο άλλο ρευστό. Το πιο απλό και διαδεδομένο σήμερα ενεργητικό ηλιακό σύστημα είναι ο ηλιακός θερμοσίφωνας και ανεξάρτητα από το είδος του, αποτελείται από δύο βασικά μέρη: τον ηλιακό συλλέκτη και τη δεξαμενή αποθήκευσης. Ο ηλιακός συλλέκτης, που αποτελεί το βασικότερο μέρος του, είναι η επιφάνεια συλλογής της ηλιακής

ακτινοβολίας και συνήθως τον τοποθετούμε στην ταράτσα ή στη στέγη ενός σπιτιού. Διακρίνουμε δυο είδη, τους συγκεντρωτικούς και τους επίπεδους όπου και χρησιμοποιούνται πιο συχνά. Ένας επίπεδος συλλέκτης αποτελείται από τα εξής μέρη (Σχήμα 2):

- Τον αγωγό διέλευσης του νερού, που μπορεί να είναι χαλκοσωλήνας ή ειδικά διαμορφωμένη λαμαρίνα.
- Την απορροφητική επιφάνεια, συνήθως μεταλλική σκούρου ματ χρώματος η οποία απορροφά την ηλιακή θερμότητα και την μεταδίδει στο νερό με αγωγιμότητα.
- Το διαφανές κάλυμμα από γυαλί, που τοποθετείται πάνω από την απορροφητική επιφάνεια για να μειώσει τις απώλειες μεταφοράς και ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα.
- Το μονωτικό τοίχωμα από πολυουραιθάνη, που τοποθετείται πίσω από την απορροφητική επιφάνεια για να μειώσει τις απώλειες από αγωγιμότητα στο περιβάλλον.



**Σχήμα 2 :** Βασικά μέρη ηλιακού συλλέκτη

Μια δεξαμενή αποθήκευσης για οικιακή χρήση έχει συνήθως χωρητικότητα μεταξύ 100 – 200 λίτρων. Είναι ένα κυλινδρικό χαλύβδινο δοχείο, μονωμένο εξωτερικά για την μείωση των θερμικών απωλειών. Αποτελείται από τις εισόδους για το νερό ύδρευσης και για το θερμό νερό του συλλέκτη και από τις δύο εξόδους για το θερμό νερό χρήσεως και για το ψυχρό νερό προς το συλλέκτη.

### παθητικά ηλιακά συστήματα

Είναι τα δομικά στοιχεία ενός κτιρίου που υποβοηθούν την καλύτερη άμεση ή έμμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση ή το δροσισμό του κτιρίου.

Προϋπόθεση για την εφαρμογή σ' ένα κτήριο παθητικών ηλιακών συστημάτων είναι η θερμομόνωσή του, ώστε να περιοριστούν οι θερμικές απώλειες (χρήση κατάλληλων υλικών και διπλών τζαμιών, στεγανοποίηση, κ.ά.). Η αρχή λειτουργίας των παθητικών συστημάτων θέρμανσης βασίζεται στο "φαινόμενο του θερμοκηπίου" ενώ τα παθητικά συστήματα δροσισμού βασίζονται στην ηλιοπροστασία του κτηρίου, δηλαδή στην παρεμπόδιση της εισόδου των ανεπιθύμητων κατά τη θερινή περίοδο ακτίνων του ήλιου στο κτήριο. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση μόνιμων ή κινητών σκίαστρων (πρόβολοι, τέντες, περσίδες, κληματαριές κ.ά.) που τοποθετούνται κατάλληλα, καθώς και με τη διευκόλυνση της φυσικής κυκλοφορίας του αέρα στο εσωτερικό των κτηρίων.

Ένα κτήριο που περιλαμβάνει παθητικά συστήματα θέρμανσης, δροσισμού ή ακόμη και φυσικού φωτισμού, κατασκευασμένο εξαρχής ή τροποποιημένο, ονομάζεται "**βιοκλιματικό κτήριο**" και είναι δυνατό να καλύψει μεγάλο μέρος των ενεργειακών του αναγκών από την άμεση ή έμμεση αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας.

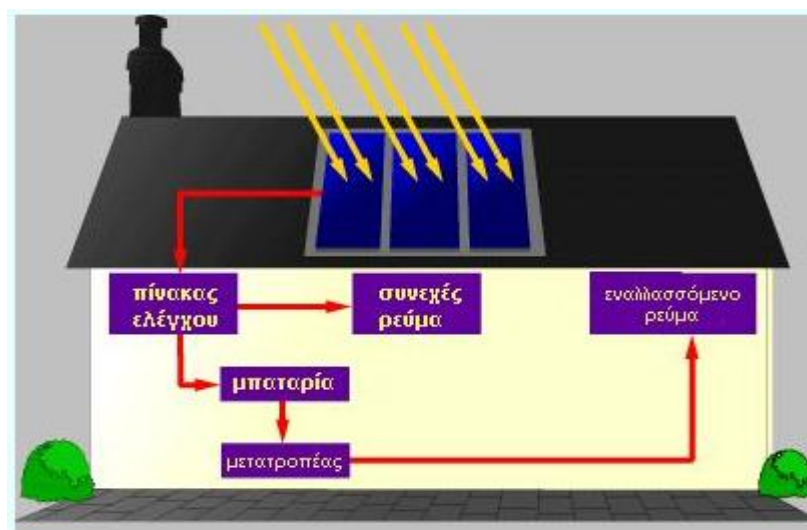
### φωτοβολταϊκά συστήματα

Αυτό οφείλεται στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο, δηλαδή την άμεση μετατροπή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα. Υπάρχουν ορισμένα υλικά, όπως το πυρίτιο, που αν αναμιχθούν με άλλα στοιχεία μπορούν και δημιουργούν διαφορά δυναμικού όταν φωτίζονται, οπότε και να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Βέβαια επειδή παίρνουμε συνεχές ρεύμα και θέλουμε εναλλασσόμενο χρησιμοποιούμε έναν αντιστροφέα. Η ηλιακή ενέργεια στα φ/β στοιχεία δε μετατρέπεται εξολοκλήρου σε ηλεκτρική. Πιο συγκεκριμένα ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιούμε μόνο ένα ποσοστό που κυμαίνεται από 4% (ηλιακά στοιχεία άμορφου πυριτίου) έως 18-23% (ηλιακά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου). Ένα ποσοστό καθόλου ευκαταφρόνητο μιας και πρόκειται για μια << καθαρή >> και πράσινη ενέργεια.

Σε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα, οι αρχές λειτουργίας και διασύνδεσης με άλλα ηλεκτρικά συστήματα είναι ίδιες με ένα οποιοδήποτε σύστημα παραγωγής ενέργειας. Στο μόνο που διαφέρει είναι ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται. Απαιτείται μια σειρά από διάφορα στοιχεία ώστε να γίνει σωστά ο έλεγχος, η μετατροπή, η διανομή και αποθήκευση της ενέργειας που παράγεται από την φωτοβολταϊκή

μονάδα. Έτσι λοιπόν ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από (Σχήμα 3):

- Τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια (φωτοβολταϊκό πλαίσιο) με τη βάση στήριξης και ίσως σύστημα παρακολούθησης της ηλιακής τροχιάς.
- Μπαταρίες - συσσωρευτές φωτοβολταϊκών
- Ρυθμιστή φόρτισης για τον έλεγχο και προστασία των μπαταριών.
- Μετατροπέα τάσεως DC (12V/24V/48V) inverter για μετασχηματισμό στα 220V AC.

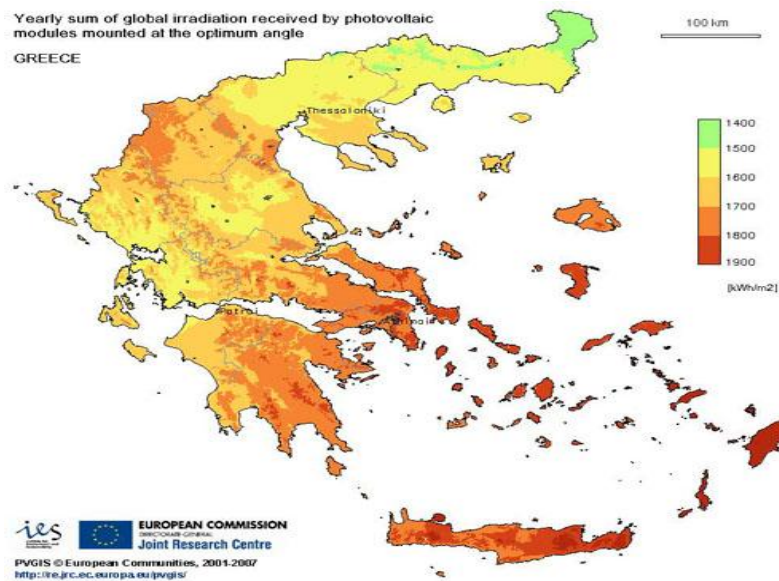


Σχήμα 3 : Μέρη ενός τυπικού φωτοβολταϊκού συστήματος

### 1.3 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΚΟΣΜΟ

Η Ελλάδα είναι μια χώρα με μεγάλη ηλιοφάνεια και ως εκ τούτου προσφέρεται για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Η μέση ημερήσια ενέργεια που δίνεται από τον ήλιο στην Ελλάδα είναι 4,6 KWh/m<sup>2</sup> (Σχήμα 4). Είμαστε από τις πρώτες χώρες στην Ευρώπη και στον κόσμο στην παραγωγή, εγκατάσταση και εξαγωγή ηλιακών θερμικών συστημάτων. Υπολογίζεται ότι υπάρχουν εγκατεστημένα πάνω από τρία εκατομμύρια τετραγωνικά μέτρα συλλεκτών, με εγκατεστημένη θερμική ισχύ που ξεπερνά τα 2.100 MW. Συγκριτικά, αξίζει να αναφερθεί ότι το συνολικό διασυνδεδεμένο δίκτυο είναι της τάξης των 9.000 MW, ενώ ο σταθμός της Μεγαλόπολης είναι 850 MW. Αντίστοιχα στην Ευρώπη υπολογίζεται ότι είναι σήμερα σε λειτουργία πάνω από 16 εκατ. m<sup>2</sup> θερμικοί ηλιακοί συλλέκτες, οι οποίοι αντιστοιχούν σε 11,2 GW εγκατεστημένη ισχύ.



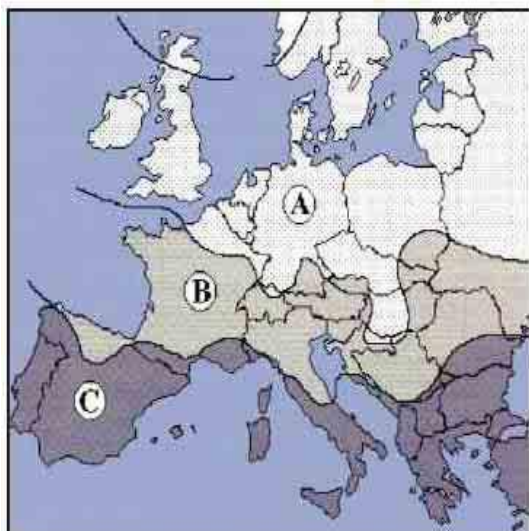


**Σχήμα 4 :** Ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας

Παγκοσμίως βρίσκονται σε λειτουργία πάνω από 210 εκατ. τ.μ. θερμικοί ηλιακοί συλλέκτες, ενώ η αγορά εκτιμάται ότι ανέρχεται σε 20 εκατ. m<sup>2</sup> τον χρόνο, με ετήσιο ρυθμό αύξησης περίπου 20%. Η Ευρώπη (9,6%) δεν αποτελεί ιδιαίτερα σημαντική αγορά, σε σύγκριση με χώρες όπως η Κίνα (45%), η Τουρκία (5,1%) ή το Ισραήλ (3,5%).

Πρώτη στον κόσμο στη χρήση της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση κατά κεφαλήν βρίσκεται η Κύπρος με 67 KWh. Ακολουθούν το Ισραήλ με 0,52 KWh, η Αυστρία με 0,25 KWh και η Ελλάδα με 0,23 KWh. Η Γερμανία βρίσκεται στην 8<sup>η</sup> θέση με 71 Wh και η Κίνα 9<sup>η</sup> με 61Wh.

Σαφώς και είναι αρκετά ικανοποιητικό να αξιοποιούμε την ηλιακή ενέργεια για την θέρμανση του νερού, όμως τώρα μένει να γίνει το ίδιο και ως προς την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Μάλιστα, επειδή τα φωτοβολταϊκά συστήματα παρουσιάζουν την μέγιστη αποδοσή τους ακριβώς εκείνες τις ώρες που η κατανάλωση φτάνει στο μέγιστο, οι προϋποθέσεις είναι πολύ καλές και ελπιδοφόρες. Αξίζει να σημειωθεί ότι η Ελλάδα, η χώρα με τη μεγαλύτερη ηλιοφάνεια στην Ευρώπη, είναι δεύτερη από το τέλος στον κατάλογο των χωρών της E.E. που εγκαθιστούν τα φωτοβολταϊκά. Στην πρώτη θέση βρίσκεται η Γερμανία και έπονται Ολλανδία, Ιταλία, Ισπανία, Γαλλία, Αυστρία, Σουηδία κ.ά. Στη Γερμανία ο ηλιακός ηλεκτρισμός επιδοτείται από 0,434 - 0,64 € KWh, στην Αυστρία η επιδότηση είναι από 0,47 - 0,60 € KWh, στο Λουξεμβούργο 0,55 € KWh, στην Κύπρο 0,26€ KWh, στην Ισπανία 0,21 - 0,40€ KWh. Στο σχήμα 5 βλέπουμε τις ζώνες που χωρίζονται οι χώρες της Ευρώπης ανάλογα με τις KWh ανά έτος.



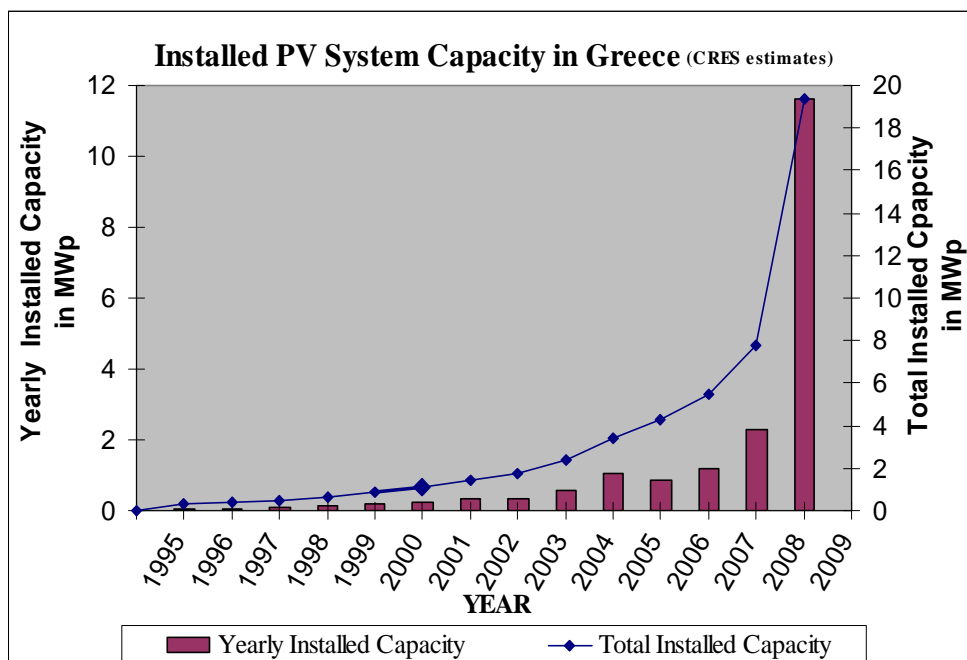
**A** 300-450  
**B** 400-550  
**C** 500-650 KWh/sq.m. /y]

**Σχήμα 5:** Δυναμικό Ηλιακής Ενέργειας στην Ευρώπη

Αυτή η θέση της Ελλάδας είναι αποτέλεσμα του ότι μέχρι πριν λίγο καιρό δεν υπήρχαν πραγματικά κίνητρα. Κίνητρα που θα ωθούσαν τον καταναλωτή να στραφεί προς την φωτοβολταϊκή τεχνολογία. Όμως τα τελευταία χρόνια έχει αλλάξει η κατάσταση (Σχήμα 6). Τα φωτοβολταϊκά συστήματα επιδοτούνται από το Ελληνικό κράτος μέσω του νέου επενδυτικού νόμου Ν. 3522/06 και του αναπτυξιακού νόμου Ν. 3299/04 για επενδυτές μεσαίας και μεγάλης κλίμακας (επιδότηση αγοράς εξοπλισμού έως και 40% ανάλογα με την περιοχή της εγκατάστασης και τα επιχειρηματικά κριτήρια που ικανοποιούνται). Στη συνέχεια, με βάση το νόμο Ν. 3468/06 για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ο επενδυτής συνάπτει δεκαετές συμβόλαιο – με μονομερή δυνατότητα ανανέωσης της σύμβασης από την πλευρά του επενδυτή για ακόμη δέκα χρόνια – για την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγει στον ΔΕΣΜΗΕ (Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας) για τις διασυνδεδεμένες περιοχές, ή απευθείας στη ΔΕΗ για τις μη-διασυνδεδεμένες περιοχές. Η τιμή πώλησης κυμαίνεται από 0,40 έως 0,50 Ευρώ ανά κιλοβατώρα (KWh) ανάλογα με το μέγεθος και την περιοχή της εγκατάστασης. Όμως, και ο ιδιώτης μπορεί να επωφεληθεί του νόμου 3468, πουλώντας την πλεονάζουσα ενέργεια της εγκατάστασης ιδιόχρησης που διαθέτει στις ίδιες ανταγωνιστικές τιμές, με επιπλέον όφελος φοροελάφρυνση έως και 700 Ευρώ.

Τα κίνητρα αυτά έχουν ήδη δείξει τα πρώτα αποτελέσματα, και πλέον βλέπουμε τη δημιουργία φωτοβολταϊκών πάρκων σε πολλές περιοχές της χώρας, και την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε καινούργια ή και παλιότερα σπίτια. Η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί αισθητά αν και ακόμα βρισκόμαστε αρκετά πίσω σε σχέση με άλλες χώρες. Πάντως αξίζει να

σημειωθεί ότι το 2009 η εγκαταστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών συστημάτων επταπλασιάστηκε φτάνοντας τα 70 MW (σχήμα 6) σύμφωνα με τα στοιχεία του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ). Με την τρέχουσα νομοθεσία η Ελληνική πολιτεία στοχεύει στην δημιουργία μεγάλων ως πολύ μεγάλων φωτοβολταϊκών πάρκων, σε αντίθεση με άλλες χώρες, που όπως η Γερμανία στοχεύουν στην ανάπτυξη πολλών μικρών συστημάτων.



Σχήμα 6: Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύς Φ/Β συστημάτων στην Ελλάδα

Οι κυριότερες εφαρμογές Φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα έχουν γίνει σε νησιά, όπου είτε υπήρχε έντονη ανάγκη για αυτόνομη τροφοδότηση ηλεκτρικού ρεύματος είτε συνδέθηκαν στα ήδη υπάρχοντα ηλεκτρικά δίκτυά τους. Σημαντική εξάπλωση γνώρισαν επίσης στην Ελλάδα τα Φ/Β στην ηλεκτροδότηση φάρων και σημαντήρων στα λιμάνια όλης της χώρας. Η Υπηρεσία Φάρων του Πολεμικού Ναυτικού έχει εγκαταστήσει πάνω από 1.000 μικρά Φ/Β συστήματα σε όλη την Ελλάδα συνολικής ισχύος πάνω από 70 KW έχοντας ηλεκτροδοτήσει με Φ/Β σχεδόν όλους τους φάρους.

Η αγορά των φωτοβολταϊκών στον κόσμο σημειώνει χαρακτηριστική αύξηση τα τελευταία χρόνια, κυρίως λόγω της σταδιακής μείωσης του αρχικά υψηλού κόστους, καθώς και λόγω των κινήτρων που προσφέρονται σε εθνικό επίπεδο στις διάφορες χώρες. Ενδεικτικά, το 1988 είχαν εγκατασταθεί Φ/Β συνολικής ισχύος 33 MW και σήμερα η συνολική εγκατεστημένη ισχύς έχει φτάσει περίπου τα 12.900 MW. Η

τιμή αυτή έχει επιτευχθεί κυρίως λόγω της υψηλής ανάπτυξης των Φ/Β σε τρεις χώρες, Γερμανία, Ιαπωνία και ΗΠΑ, στις οποίες αντιστοιχεί το 89% της παγκόσμιας παραγωγής. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι καμία από τις τρεις αυτές χώρες δεν έχει καλύτερο ηλιακό δυναμικό (ηλιακή ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο) από την Ελλάδα. Επίσης δεν μπορεί να περάσει απαρατήρητη η αλματώδης ανάπτυξη της Κινεζικής βιομηχανίας, η οποία εκτιμάται ότι σε λίγα χρόνια θα κατακτήσει την μισή αγορά διεθνώς.

Στην Ευρώπη η Γερμανία έχει τη μεγαλύτερη μερίδα εγκατεστημένων συστημάτων έχοντας εγκαταστήσει συνολικά 3.063 MW, εκ των οποίων τα 1.153 MW μόνο το 2006, όμως πρέπει να σημειωθεί η σημαντική πρόοδος της Ισπανίας, που μέσα σε 2 χρόνια δεκαπλασίασε τις εγκαταστάσεις (σε 593 MW το 2007). Αυτή η πρόοδος οφείλεται στο ότι η Ισπανική κυβέρνηση το 2007, στα πλαίσια του καινούριου οικοδομικού κώδικα, όρισε ως υποχρεωτική την χρήση συστημάτων ηλιακής ενέργειας στα νεόδμητα κτήρια. Μάλιστα τα νέα κτήρια που δεν προορίζονται για κατοικία, όπως τα εμπορικά κέντρα και τα νοσοκομεία, πρέπει υποχρεωτικά να εξοπλιστούν με φωτοβολταϊκά συστήματα για να καλύπτουν μέρος των ενεργειακών τους απαιτήσεων. Όσον αφορά στα νέα σπίτια, η ηλιακή ενέργεια θα πρέπει να καλύπτει το 30% με 70% της κατανάλωσης ρεύματος για ζεστό νερό, ανάλογα με την τοποθεσία και την αναμενόμενη κατανάλωση νερού.

#### **1.4 ΒΑΣΙΚΟΙ ΛΟΓΟΙ ΓΙΑ ΝΑ ΣΤΡΑΦΟΥΜΕ ΣΤΗΝ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ**

Η Ελλάδα έχει το προνόμιο να είναι μία χώρα με τεράστιο ανανεώσιμο δυναμικό. Ιδιαίτερα ο ήλιος αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές πηγές ενέργειας με ασύγκριτα περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά οφέλη. Θα μπορούσαμε λοιπόν να στραφούμε εξολοκλήρου στην ηλιακή ενέργεια στο μέλλον για τους εξής λόγους:

**Προστασία του περιβάλλοντος.** Η χρήση της ηλιακής ενέργειας συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος με διάφορους τρόπους. Είναι πλέον γνωστό ότι ο τομέας της ενέργειας συνεισφέρει περισσότερο από κάθε άλλο στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Μειώνοντας την ενέργεια που καταναλώνουμε, μπορούμε να μειώσουμε τις εκπομπές των αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η Ελλάδα αντιμετωπίζει σοβαρό πρόβλημα ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Οι εκπομπές σοβαρών μικροσωματιδίων ευθύνονται για καρδιακές και αναπνευστικές

παθήσεις. Όμως, η ηλιακή ενέργεια δεν εκπέμπει επιβλαβή προϊόντα, δεν συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και δεν αυξάνει την εντροπία του πλανήτη. Αποτρέπεται έτσι η έκλυση μεγάλων ποσοτήτων ρύπων που επιβαρύνουν το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία. Είναι λοιπόν στο χέρι μας να βοηθήσουμε, όσο αυτό είναι εφικτό, στην αντιμετώπιση του παγκόσμιου αυτού προβλήματος. Εάν προσέξουμε περισσότερο στο πως χρησιμοποιούμε την ενέργεια μπορούμε να συνεισφέρουμε καταλυτικά προς την κατεύθυνση αυτή. Η εξοικονόμηση ενέργειας σε ορισμένους τομείς της καθημερινότητάς μας θα συμβάλλει σημαντικά στη προστασία του κλίματος και του περιβάλλοντος.

**Αποκέντρωση.** Η θερμική ενέργεια παράγεται στα σημεία ζήτησής της. Αποφεύγονται έτσι οι τεράστιες απώλειες μεταφοράς ενέργειας μέσω του ηλεκτρικού δικτύου (που στην Ελλάδα φτάνουν κατά μέσο όρο το 12%).

**Εξοικονόμηση ενέργειας.** Στους τομείς αυτούς περιλαμβάνεται η εξοικονόμηση ενέργειας: στα κτίρια, στις οικιακές συσκευές, στα κλιματιστικά, στα καύσιμα, στα μέσα μαζικής μεταφοράς και στον φωτισμό. Το όλο σκεπτικό της εξοικονόμησης ενέργειας βασίζεται στη προσπάθεια για εξεύρεση τρόπων ορθολογικής χρήσης της ενέργειας προκειμένου να οδηγηθούμε σε μείωση της ζήτησης ενέργειας χωρίς να επηρεασθούν αρνητικά οι παραγωγικές διαδικασίες αλλά και η άνετη διαβίωσή μας. Στις ανεπτυγμένες χώρες, όπως και στην πατρίδα μας, παρατηρείται μια απίστευτη σπατάλη ενέργειας, καθώς ο «πολιτισμένος» άνθρωπος καταναλώνει όλο και πιο πολλά αγαθά. Έτσι δεν συνειδητοποιεί ότι και τα ορυκτά καύσιμα (που χρησιμοποιεί περισσότερο) σύντομα θα τελειώσουν και ότι η χρήση τους επιβαρύνει όλο και πιο πολύ τον πλανήτη (κυρίως με διοξείδιο του άνθρακα) με καταστρεπτικά αποτελέσματα για το περιβάλλον και τελικά την ίδια μας τη ζωή. Για την Ελλάδα, η εξοικονόμηση ενέργειας που ήδη συντελείται είναι πολύ σημαντική. Οι εγκατεστημένοι ηλιακοί θερμοσίφωνες εξοικονομούν ήδη 1,1 δισεκατομμύρια KWh το χρόνο, όση ενέργεια παράγει δηλαδή ένας συμβατικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής, ισχύος 200MW. Χωρίς τους ηλιακούς θερμοσίφωνες θα υπήρχε ένα σημαντικό έλλειμμα ισχύος, ιδιαίτερα στα απομονωμένα ηλεκτρικά δίκτυα των νησιών που θα αντιμετώπιζαν έτσι συχνές διακοπές ρεύματος, ιδίως κατά την καλοκαιρινή τουριστική περίοδο.

**Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.** Επίσης ένα επιπλέον όφελος της ηλιακής ενέργειας είναι η δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Πάρα πολλά άτομα απασχολούνται στη βιομηχανία ηλιοθερμικών συστημάτων στην Ελλάδα. Η περαιτέρω ανάπτυξη συνεπάγεται και νέες θέσεις

εργασίας. Υπολογίζεται ότι εάν η Ελλάδα πετύχει τους στόχους της για την ανάπτυξη των ΑΠΕ όπως αυτοί απορρέουν από την ευρωπαϊκή νομοθεσία θα δημιουργηθούν 20.000 νέες μόνιμες θέσεις εργασίας.

**Αυτονομία.** Αποτρέπονται οι τεράστιες δαπάνες για εισαγωγή ενέργειας και η ανασφάλεια λόγω εξάρτησης από εισαγόμενους ενεργειακούς πόρους. το 70% των ενεργειακών πόρων που καταναλώνει, τη στιγμή που ο ήλιος είναι δωρεάν και υπάρχει παντού.

#### **Εξοικονόμηση χρημάτων.**

Ø Η ανάκτηση / περίοδος απόσβεσης για την επένδυση αυτή μπορεί να είναι πολύ σύντομη ανάλογα με το πόση ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιεί το κάθε νοικοκυριό.

Ø Αν το σύστημά παράγει περισσότερη ενέργεια από ότι χρησιμοποιείτε, μια εταιρεία κοινής ωφέλειας μπορεί να το αγοράζει, δημιουργώντας μια πίστωση στο λογαριασμό του ιδιοκτήτη.

Ø Εξοικονόμηση χρημάτων στο λογαριασμό του ηλεκτρικού.

Ø Η ηλιακή ενέργεια δεν απαιτεί καύσιμα.

Ø Δεν επηρεάζονται από την προσφορά και τη ζήτηση των καυσίμων και ως εκ τούτου δεν υπόκεινται στην ολοένα αυξανόμενη τιμή της βενζίνης.

Ø Η εξοικονόμηση είναι άμεση και για πολλά ακόμη χρόνια.

Ø Η χρήση της ηλιακής ενέργειας συνεπάγεται εμμέσως τη μείωση του κόστους για την υγεία.

**Κλιματικές αλλαγές.** Το κλίμα αλλάζει. Οι πάγοι στους πόλους λιώνουν, η στάθμη των θαλασσών ανεβαίνει, ακραία καιρικά φαινόμενα μαστίζουν ολόκληρες περιοχές του πλανήτη αφήνοντας πίσω τους ανθρώπινα θύματα και υλικές καταστροφές. Οι επιστήμονες και οι κυβερνήσεις παγκοσμίως συμφωνούν: οι κλιματικές αλλαγές έχουν προκληθεί από ανθρώπινες δραστηριότητες και οι επιπτώσεις τους θα είναι καταστροφικές. Για το πρόβλημα ευθύνεται κυρίως η παραγωγή ενέργειας από ορυκτά καύσιμα(πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο). Σήμερα ξέρουμε τι μας περιμένει αν δεν περιορίσουμε τις εκπομπές ρύπων (αερίων του θερμοκηπίου) και αν δεν αλλάξουμε άμεσα το ενεργειακό μας μοντέλο. Επιστημονικές μελέτες προειδοποιούν ότι αν συνεχιστεί η συσσώρευση αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, θα έχουμε να αντιμετωπίσουμε συνεχιζόμενη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας και άνοδο της στάθμης της θάλασσας, συχνότερα και εντονότερα ακραία καιρικά φαινόμενα, ξηρασίες, πλημμύρες, επανεμφάνιση ασθενειών, καταστροφές καλλιεργειών και οικοσυστημάτων, καθώς και απώλειες ανθρώπινων ζώων .Οι εναλλακτικές λύσεις υπάρχουν ήδη. Ο συνδυασμός ανανεώσιμων πηγών

ενέργειας (όπως αιολική, ηλιακή, γεωθερμία) με την εξοικονόμηση ενέργειας προσφέρουν τη μόνη ασφαλή διέξοδο. Ταυτόχρονα άλλες τεχνολογικές λύσεις ,όπως η υποκατάσταση των ψυκτικών που χρησιμοποιούνται σε ψυγεία και κλιματιστικά δείχνουν το δρόμο που πρέπει να ακολουθήσει η έρευνα και η βιομηχανία για να αποτραπούν οι κλιματικές αλλαγές.

### **Ευκολία**

Ø Στα συστήματα ηλιακής ενέργειας η συντήρηση είναι σχεδόν ελεύθερη και διαρκεί για δεκαετίες.

Ø Μόλις εγκατασταθεί, υπάρχουν μη επαναλαμβανόμενα έξοδα.

Ø Λειτουργούν αθόρυβα, δεν έχουν κινητά μέρη, δεν απελευθερώνουν μυρωδιές και δεν απαιτούν από τον καταναλωτή να προσθέσει καύσιμα.

**Ανάπτυξη.** Η ενίσχυση της εγχώριας αγοράς θα αυξήσει την ποιότητα των ελληνικών προϊόντων προκειμένου να αντιμετωπίσουν το ανταγωνιστικότερο περιβάλλον των εξαγωγών. Σε ένα σύγχρονο ενεργειακό μοντέλο που έχει σα σκοπό την εξασφάλιση της ενεργειακής επάρκειας, την απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, η ηλιακή ενέργεια κατέχει περίοπτη θέση. Σε μία χώρα που είναι τόσο προικισμένη σε ήλιο, το μόνο που λείπει είναι η ισχυρή πολιτική βούληση για την ουσιαστική προώθηση της ηλιακής ενέργειας. Ας αφήσουμε λοιπόν τον ήλιο να λάμψει στη χώρα μας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΗΛΙΑΚΟ << ΠΡΑΣΙΝΟ>> ΣΠΙΤΙ

#### 2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σχεδόν το 90% του χρόνου μας το περνάμε μέσα σε κτίρια στα οποία μένουμε, σπουδάζουμε, διασκεδάζουμε ή εργαζόμαστε. Όμως η λειτουργία αυτών των κτιρίων καταναλώνει σχεδόν τη μισή ενέργεια που παράγεται καθημερινά. Η ιδέα ενός σπιτιού που θα μπορούμε να έχουμε φωτισμό, ζεστό νερό, θέρμανση, να λειτουργεί η τηλεόραση, το στερεοφωνικό, η κουζίνα και οποιαδήποτε άλλη συσκευή μας μέχρι και να φορτίζουμε το ηλεκτρικό αυτοκίνητο μόνο από την χρήση της ηλιακής ενέργειας, είναι κάτι που φαντάζει ιδανικό αλλά σαν μακρινό όνειρο. Κι όμως, δεν είναι όνειρο. Τα λεγόμενα «ηλιακά» ή «πράσινα σπίτια» είναι πια πραγματικότητα σε πολλά μέρη του κόσμου, στην Ευρώπη αλλά και την Ελλάδα τα τελευταία χρόνια.

Η ιδέα αυτή των ηλιακών σπιτιών δεν είναι κάτι καινούριο. Χιλιάδες χρόνια πριν οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν την ηλιακή ενέργεια για να θερμαίνουν τα σπίτια τους. Οι αρχαίοι Έλληνες σχεδίαζαν ολόκληρες πόλεις στην Ελλάδα και τη Μικρά Ασία, έτσι ώστε κάθε σπίτι να είχε τη δυνατότητα να δέχεται το ηλιακό φως. Σχεδιάζοντας ένα πλέγμα καθέτων δρόμων με κατεύθυνση Ανατολή-Δύση και Βορράς-Νότος επέτρεπαν σε κάθε κατοικία να έχει ένα νότια προσανατολισμένο τοίχο από τα ανοίγματα του οποίου ο ήλιος κατέκλυζε το σπίτι κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ο Αριστοτέλης συμβούλευε τους κατασκευαστές να προστατεύουν τους βόρειους τοίχους των κτισμάτων ώστε να προφυλάσσονται από τους κρύους ανέμους του χειμώνα. Ο Σωκράτης παρατηρούσε ότι σε κατοικίες που βλέπουν τον νοτιά ο ήλιος εισχωρεί από τα ανοίγματα και κρατά το σπίτι ζεστό το χειμώνα.

Οι Ρωμαίοι βελτίωσαν τις κατασκευές των Ελλήνων, κατασκευάζοντας την «ηλιοκάμινο» που δεν ήταν τίποτα άλλο από τα νότια προσανατολισμένα δωμάτια των ελλήνων με τη διαφορά ότι τα ανοίγματά τους προστατεύονταν από τον εξωτερικό περιβάλλοντα χώρο με γυαλί. Το διαφανές αυτό υλικό δρα σαν μια παγίδα θερμότητας επιτρέποντας στην ηλιακή θερμότητα να διεισδύει στο εσωτερικό χωρίς

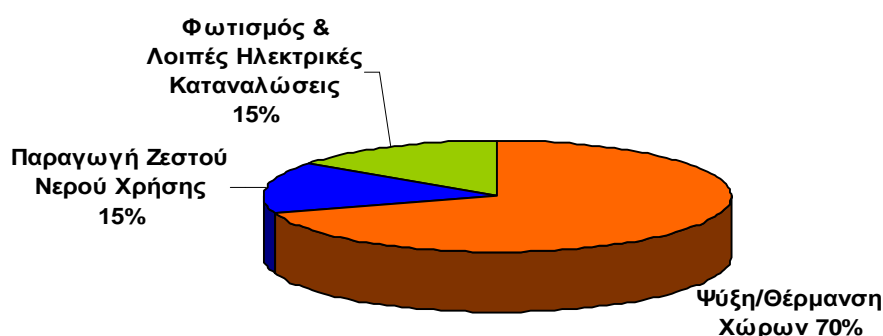


να επιτρέπουν την ταχεία διαφυγή της προς τα έξω κρατώντας έτσι τον χώρο θερμό. Ο Βιτρούβιος, ρωμαίος αρχιτέκτονας του 1ου π.χ. αιώνα, συμβούλευε τους κατασκευαστές, « Τα κτίρια πρέπει να είναι τελείως κλειστά στους βόρειους τοίχους ενώ η κυρία είσοδος και το αίθριο να βλέπουν στο ζεστό νοτιά ». Οι Ρωμαίοι είχαν ψηφίσει νόμο που απαγόρευε στους κατασκευαστές να κτίζουν κτίρια που εμποδίζουν τον ήλιο να πέφτει στα αίθρια των γειτονικών κτισμάτων.

Όπως οι αρχαίοι Ρωμαίοι, οι Ολλανδοί του 18 μ.Χ αιώνα. κατασκεύαζαν τους νότιους χώρους με μεγάλα παράθυρα σκεπασμένα με γυαλί με την προσθήκη παραπετασμάτων που έκλειναν το βράδυ ώστε να μονώσουν ακόμα περισσότερο τους χώρους και να διατηρηθούν ζεστοί.

Υπάρχουν στοιχεία που δείχνουν ότι οι Ινδιάνοι της Αμερικής έκτιζαν τις κατοικίες τους με ευαισθησία προς το περιβάλλον και την ηλιακή τους θέρμανση. Οι αρχιτέκτονες του 19ου αιώνα έφεραν στη Β. Ευρώπη και κυρίως στην Αγγλία την μόδα του θερμοκηπίου, του προσκολλημένου στο νότιο τοίχο της κατοικίας όπου βρισκόταν το καθημερινό ή η βιβλιοθήκη. Έτσι, στις ηλιόλουστες μέρες του χειμώνα, άνοιγαν τις πόρτες που χώριζαν το εσωτερικό από το θερμοκήπιο και επέτρεπαν στον υγρό και ζεστό από το ήλιο αέρα να κυκλοφορήσει στους κρύους χώρους.

Στην Ελλάδα η παραγωγή ενέργειας βασίζεται κυρίως σε ρυπογόνα καύσιμα όπως ο λιγνίτης και το πετρέλαιο. Περίπου 40 εκατομμύρια τόνοι διοξειδίου του άνθρακα απελευθερώνονται κάθε χρόνο στην ατμόσφαιρα από την ενέργεια που καταναλώνουμε κυρίως για φωτισμό, ψύξη, θέρμανση, παραγωγή ζεστού νερού κλπ, στα ιδιωτικά, εμπορικά και δημόσια κτίρια. Έχει καταγραφεί ότι η θέρμανση των κτιρίων κατέχει σημαντικό μέρος των συνολικών ενεργειακών καταναλώσεων τους (70%) ακολουθούμενη από την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (15%), τις ηλεκτρικές συσκευές και τον φωτισμό (15%) ( Σχήμα 1).



**Σχήμα 1 :** Ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων

Ο αριθμός των ενεργοβόρων κτιρίων στην Ελλάδα είναι εξαιρετικά μεγάλος και φτάνουν να καταναλώνουν το 40% της ενέργειας.

Το μέσο κτίριο στην Ελλάδα καλύπτει τις ανάγκες σε θέρμανση με κάποιο λέβητα πετρελαίου και τις υπόλοιπες ενεργειακές ανάγκες (συμπεριλαμβανομένης της ψύξης) με ηλεκτρισμό από το δίκτυο της ΔΕΗ. Αν αναλογιστεί κανείς ότι ο ένας στους δύο λέβητες δε συντηρείται καν σωστά και ότι το 90% περίπου του ηλεκτρισμού στην Ελλάδα παράγεται από ρυπογόνα ορυκτά καύσιμα όπως ο λιγνίτης και το πετρέλαιο, θα καταλάβει γιατί ο κτιριακός τομέας συμβάλλει τόσο πολύ στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα για να συνειδητοποιήσουμε την ενεργειακή δίψα των κτιρίων των σύγχρονων μεγαλουπόλεων είναι, όσο και ασήμαντο κι αν ακούγεται, τα κουδούνια. Τα κουδούνια των σπιτιών λειτουργούν με ένα μετασχηματιστή των 12 V που καταναλώνει περίπου 4 W ρεύματος ανά ώρα. Και αυτό συμβαίνει συνεχώς, ακόμα και αν κανείς δεν χτυπήσει την πόρτα. Φαινομενικά είναι ελάχιστο, αλλά αν το πολλαπλασιάσουμε, για παράδειγμα, με 50 εκατομμύρια σπίτια, έχουμε 200 εκατομμύρια W, όσες δηλαδή παράγει ο σταθμός της ΔΕΗ στην Ρόδο.

Πολλές από τις παραπάνω εκπομπές μπορούν να μειωθούν δραστικά αν σταματήσουμε να είμαστε σπάταλοι ενεργειακά. Η πιο καθαρή ενέργεια είναι αυτή που δεν καταναλώνουμε. Οι πολίτες που κάνουν συνετή χρήση ενέργειας κερδίζουν οικονομικά και συμβάλλουν στην προστασία του περιβάλλοντος. Τα οφέλη από την εξοικονόμηση ενέργειας μπορούν να μετρηθούν σε ευρώ που κερδίζουμε και σε κιλά διοξειδίου του άνθρακα που δεν εκλύονται στην ατμόσφαιρα. Καταλαβαίνουμε ότι η ενέργεια που θα μπορούσε να παραχθεί από τον ήλιο θα έλυne πρώτα απ' όλα ένα πολύ σημαντικό πρόβλημα που αφορά όχι μόνο το σήμερα, αλλά και το μέλλον μας: το πρόβλημα της μείωσης των φυσικών πόρων, που οδηγεί στην καταστροφή του φυσικού μας περιβάλλοντος.

Σημαντικό είναι και το θέμα που τίθεται τελευταία σε Ευρωπαϊκό επίπεδο σχετικά με τον περιορισμό της ενεργειακής κατανάλωσης στα κτίρια, με την καθιέρωση του πιστοποιητικού ενεργειακής ταυτότητας, κάτι που η Ελλάδα δεν έχει ανταποκριθεί ακόμα. Η εκτεταμένη χρήση της ηλιακής ενέργειας αν και είναι αναγκαία για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων των κτιρίων για την θέρμανση νερού, θέρμανση / ψύξη χώρων και ηλεκτρική ενέργεια, πρέπει να συνδυάζεται και με την χρήση θερμομονωτικών υλικών, καθώς και ειδικών υαλοπινάκων, που μειώνουν δραστικά τις θερμικές απώλειες των κτιρίων τον χειμώνα και την κατανάλωση ενέργειας για κλιματισμό το καλοκαίρι. Σε μια τέτοια προοπτική η αναμενόμενη εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα, μπορεί να ξεπεράσει το 50% της συνήθους κατανάλωσης ενέργειας. Έτσι λοιπόν μελλοντικά, τα ηλιακά σπίτια θα συνδυάζουν διάφορες τεχνολογίες με σκοπό την καλύτερη απόδοση.

Προτού γίνει η περιγραφή ενός ηλιακού σπιτιού με συνδυασμό διαφόρων τεχνολογιών ηλιακής ενέργειας, θα πρέπει να γίνει μια περιγραφή των διαφόρων τρόπων αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας ώστε να γίνει πιο κατανοητή η τεχνολογία και λειτουργία τους.

## 2.2 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

### 2.2.1 Συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν :

1. Κατάλληλη θερμική μάζα (χρήση υλικών υψηλής θερμοχωρητικότητας), σε συνδυασμό με συστήματα θερμικής προστασίας (θερμομόνωση κελύφους, διπλοί υαλοπίνακες) και την απαιτούμενη ηλιοπροστασία για τους καλοκαιρινούς μήνες.

2. Κατάλληλα προσανατολισμένα ανοίγματα.

#### Θερμική μάζα

Το σύνολο των δομικών στοιχείων και υλικών ενός κτηρίου που έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν θερμότητα, αποτελεί τη θερμική μάζα του κτηρίου. Με την σωστή αξιοποίηση της μπορούμε να έχουμε μείωση των απαιτήσεων σε θέρμανση και κλιματισμό. Υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας όπως η πέτρα και οι φυσικοί λίθοι γενικότερα, το τούβλο, το μπετόν, κεραμικές πλάκες κ.α., είναι ιδανικά για την συγκρότηση θερμικής μάζας ενός κτηρίου.

Τον χειμώνα, η περίσσεια ηλιακή ενέργεια αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία του κτηρίου τις ώρες της ημέρας. Τη νύχτα που η θερμοκρασία πέφτει, η αποθηκευμένη αυτή θερμότητα απελευθερώνεται σταδιακά προς τον εσωτερικό χώρο, μειώνοντας τις ανάγκες σε βοηθητική θέρμανση. Χαλιά και άλλες επικαλύψεις του δαπέδου, έπιπλα ή άλλα υλικά ελαφριάς κατασκευής εξουδετερώνουν τη θερμική μάζα του κτηρίου, για αυτό συνιστάται τα σημεία άμεσης πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας να μην καλύπτονται το χειμώνα.

Το καλοκαίρι λειτουργεί στο να καθυστερεί τη ροή θερμότητας από το εξωτερικό στο εσωτερικό του κτηρίου κατά τη διάρκεια της ημέρας και τη νύχτα με εφαρμογή κατάλληλου εξαερισμού (άνοιγμα παραθύρων) αποβάλλεται προς τον εξωτερικό χώρο. Για καλύτερη απόδοση και αποφυγή της υπερθέρμανσης βεβαίως, είναι απαραίτητος ο

κατάλληλος σκιασμός των ανοιγμάτων, ώστε να μειώνεται όσο είναι δυνατόν η ηλιακή ενέργεια που εισρέει στο κτήριο.

Βέβαια, η θερμική μάζα πρέπει να συνδυάζεται με επαρκή μόνωση του εξωτερικού κελύφους του κτηρίου αλλιώς μειώνει κατά πολύ τα πιθανά θερμικά κέρδη κατά το χειμώνα. Πέρα από τη χρήση δομικών υλικών υψηλής θερμοχωρητικότητας, για την αύξηση της θερμικής μάζας ενός κτηρίου χρησιμοποιούνται διάφορα συστήματα όπως οι ηλιακοί τοίχοι, οι ηλιακές λίμνες, καθώς και υλικά αλλαγής φάσης που θα μελετηθούν παρακάτω.

### Ανοίγματα

Καταλληλότερος προσανατολισμός είναι ο νότιος καθώς το χειμώνα δέχεται το 90% της ηλιακής ακτινοβολίας ενώ το καλοκαίρι, με χρήση κατάλληλου οριζόντιου σκίαστρου την λιγότερη. Τα βορινά ανοίγματα προσφέρουν καλό φωτισμό στον εσωτερικό χώρο διότι δέχονται διάχυτο και όχι άμεσο φως, ωστόσο, παρουσιάζουν μεγάλες θερμικές απώλειες κατά το χειμώνα. Τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα δεν παρουσιάζουν καλή συμπεριφορά, για το λόγο αυτό δεν συνιστώνται. Όταν δεν μπορούν να αποφευχθούν εξαιτίας αναγκών σε θέα και σκίαση θα πρέπει να συνοδεύονται από κατάλληλη σκίαση.

## **2.2.2 Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους**

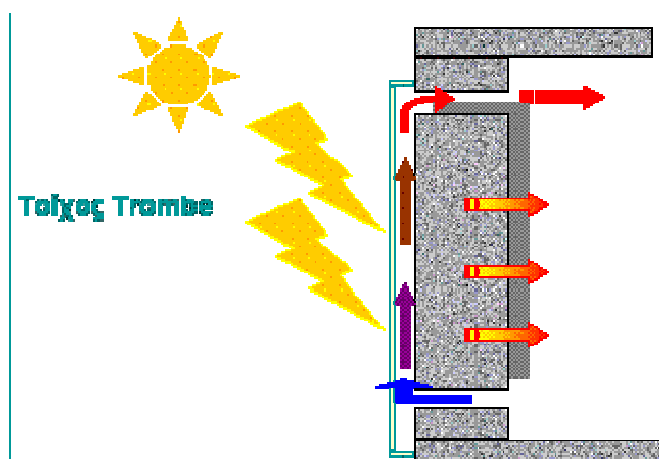
Διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες :

- Ηλιακοί τοίχοι
  - a. Τοίχοι θερμικής αποθήκευσης (έμμεσου κέρδους)
    - απλοί τοίχοι μάζας ( μη θερμοσιφωνικής ροής, χωρίς θυρίδες) είτε συμπαγείς, είτε αποτελούμενοι από δοχεία που περιέχουν νερό ή υλικά αλλαγής φάσης.
    - τοίχοι μάζας Trombe-Michel ( θερμοσιφωνικής ροής, με θυρίδες στο πάνω και κάτω μέρος τους).
  - b. Θερμοσιφωνικό πάνελο (απομονωμένου κέρδους)
- Ηλιακός χώρος (θερμοκήπιο)
- Ηλιακό αίθριο
- Συστήματα απομονωμένου κέρδους – Θερμοσιφωνικό πάνελο (εκτός του κτιριακού περιβλήματος)

## Ηλιακοί τοίχοι

**Τοίχος μάζας θερμοσιφωνικής ροής (Trombe - Michel):** Είναι ένας τοίχος θερμικής αποθήκευσης που σε όλο το επάνω και κάτω μέρος του μήκους του υπάρχουν θυρίδες για να διευκολύνουν την κίνηση του αέρα. Ο τοίχος είναι συνήθως πάχους 30-40cm, βαμμένος σε σκούρο χρώμα από την εξωτερική του πλευρά για αύξηση της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας. Συνδυάζεται με μια γυάλινη επιφάνεια (υαλοστάσιο) σε απόσταση 3 cm περίπου.

Κατά τη διάρκεια της ημέρας ο θερμός αέρας κινείται προς τα πάνω και εισέρχεται στο χώρο απ' τη πάνω θυρίδα, ενώ ο ψυχρότερος αέρας από τον εσωτερικό χώρο περνάει από τη κάτω θυρίδα και αντικαθιστά το κενό που δημιουργήθηκε μεταξύ τοίχου και υαλοπίνακα (Σχήμα 2).



Σχήμα 2 : Λειτουργία τοίχου Trombe

Το καλοκαίρι βασική προϋπόθεση καλής λειτουργίας είναι ο τοίχος να σκιάζεται με σταθερό ή κινούμενο σκίαστρο και ο φεγγίτης στο πάνω μέρος του υαλοστασίου να ανοίγει για να εξασφαλιστεί η απομάκρυνση του θερμού αέρα.

**Τοίχος νερού:** είναι κατασκευασμένοι από πλαστικά ή μεταλλικά στεγανά δοχεία, σκούρου χρώματος που περιέχουν νερό, πίσω από μια γυάλινη επιφάνεια νοτίου προσανατολισμού. Η επιλογή του νερού βασίζεται στη μεγάλη θερμοχωρητική του ικανότητα, δηλαδή στη ικανότητα του να αποθηκεύει θερμότητα κατά τη θέρμανσή του και να θερμαίνεται ή να ψύχεται εύκολα σε σχέση με άλλα υλικά. Έτσι απαιτούνται μικρότερες επιφάνειες τοίχου, σε σχέση με άλλους τοίχους θερμικής αποθήκευσης που είναι κατασκευασμένοι από μπετόν, πέτρα, τούβλο, κ.λπ. Η εσωτερική επιφάνεια του τοίχου μπορεί να έρχεται κατευθείαν σε επαφή με ένα από τους χώρους του κτηρίου, ή να διαχωρίζεται από αυτούς, με ένα λεπτό τοίχο, ή με ένα στρώμα μόνωσης.

**Θερμοσιφωνικό πανέλο / Τοίχος Barra Constantini :** Αποτελεί σύστημα παρόμοιας κατασκευής και λειτουργίας με τον τοίχο Trombe - Michel, χωρίς την ύπαρξη και λειτουργία της θερμικής μάζας. Η βασική διαφορά από τον τοίχο μάζας θερμοσιφωνικής ροής είναι ότι ο τοίχος του πανέλου απομονώνεται θερμικά από το διάκενο με χρήση θερμομόνωσης και η μεταφορά θερμότητας γίνεται μόνο με συναγωγή (μεταφορά) από τον αέρα του διακένου, ο οποίος μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο μέσω των θυρίδων ή αγωγών.

Επί πλέον, το θερμοσιφωνικό πανέλο συνήθως φέρει στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου προς το διάκενο μεταλλική απορροφητική πλάκα για μεγαλύτερη απόδοση.

Έτσι, κατά τη χειμερινή περίοδο, η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στο συλλέκτη (γυάλινη επιφάνεια) μετατρέπεται σε θερμική και μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο μέσω θυρίδων στο άνω τμήμα του πανέλου. Θυρίδες στο κατώτερο τμήμα επιτρέπουν την εισροή αέρα από το εσωτερικό του κτιρίου στο διάκενο του θερμοσιφωνικού πανέλου.

Κατά τη θερινή περίοδο, η λειτουργία του αντιστρέφεται. Ανοίγματα στο άνω τμήμα του υαλοστασίου επιτρέπουν την κίνηση του θερμού αέρα προς τον εξωτερικό χώρο με αποτέλεσμα το δροσισμό του κτιρίου.

**Οροφή νερού-Ηλιακή λίμνη:** Πρόκειται για πλαστικούς σκουρόχρωμους σάκους, που δεν διαπερνούνται από την υπερϊώδη ακτινοβολία, οι οποίοι περιέχουν νερό και τοποθετούνται στην οροφή του κτιρίου. Η «ηλιακή λίμνη», έχει βάθος περίπου 5 εκατοστά και για καλύτερη απόδοση επιλέγεται εξαιρετικά αγωγίμο υλικό για το δώμα πάνω στο οποίο θα κατασκευασθεί.

Το χειμώνα, κατά τη διάρκεια της ημέρας, το νερό απορροφάει και αποθηκεύει θερμότητα. Κατά τις νυχτερινές ώρες, η οροφή νερού καλύπτεται-προστατεύεται με εξωτερική μόνωση και η αποθηκευμένη θερμότητα ακτινοβολείται προς τον εσωτερικό χώρο.

Το καλοκαίρι, την ημέρα, η οροφή νερού καλύπτεται με το μονωτικό κάλυμμα για να αποφευχθεί το ανεπιθύμητο ηλιακό κέρδος, ενώ κατά τις νυχτερινές ώρες, απορροφάει τη θερμότητα του εσωτερικού χώρου και την αποβάλλει είτε με ακτινοβολία προς τον ουρανό, είτε μέσω φυσικής συναγωγής με τον εξωτερικό αέρα, με την προϋπόθεση να έχει αφαιρεθεί η εξωτερική μόνωση. Το σύστημα αυτό είναι περισσότερο αποδοτικό σε περιοχές χαμηλής υγρασίας, με καλοκαιρινές νύχτες δίχως σύννεφα.

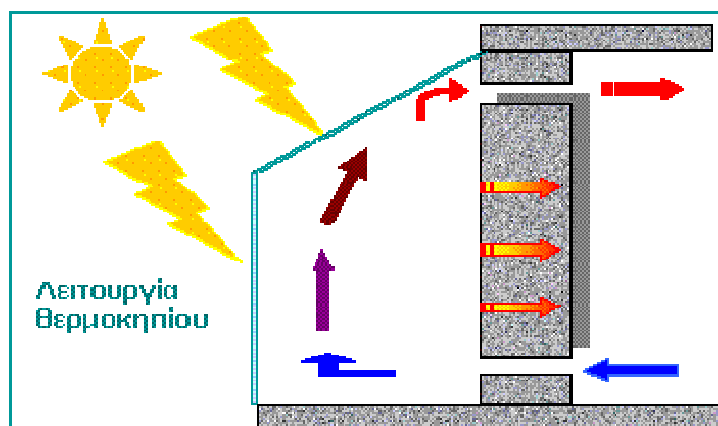
### **Θερμοκήπιο**

Είναι κλειστός χώρος, με μεγάλο ποσοστό γυάλινης επιφάνειας, ο οποίος προσαρτάται ή ενσωματώνεται σε τμήμα του κτιριακού κελύφους.

Για την αποτελεσματική του λειτουργία απαιτούνται νότιος προσανατολισμός, θυρίδες ή και άλλα ανοίγματα (παράθυρα ή πόρτες) προς το εσωτερικό του κτιρίου και σύστημα σκιασμού και αερισμού.

Η ηλιακή ακτινοβολία, διερχόμενη από τα νότια υαλοστάσια του θερμοκηπίου, μετατρέπεται σε θερμική και μέρος αυτής αποδίδεται άμεσα στο χώρο, αυξάνοντας τη θερμοκρασία του, ενώ μέρος της αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία του χώρου (θερμική μάζα) και αποδίδεται με χρονική υστέρηση.

Η μεταφορά της θερμικής ενέργειας, που συσσωρεύεται στον ηλιακό χώρο, προς το εσωτερικό του κτιρίου επιτυγχάνεται μέσω των θυρίδων ή ανοιγμάτων του κοινού δομικού στοιχείου ( Σχήμα 3).



Σχήμα 3 : Λειτουργία θερμοκηπίου

Για τη μείωση των θερμικών απωλειών κατά τη χειμερινή περίοδο, συνιστάται η νυχτερινή προστασία του υαλοστασίου με θερμομονωτικά εσωτερικά πετάσματα , εκτός αν το τμήμα του κτιριακού κελύφους, με το οποίο ο ηλιακός χώρος βρίσκεται σε επαφή, είναι θερμομονωμένο.

### Αίθριο

Πρόκειται για αιθριακούς χώρους του κτηρίου οι οποίοι επικαλύπτονται με υαλοστάσια και η θερμική τους λειτουργία είναι παρόμοια με αυτή των θερμοκηπίων. Η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται από το γυάλινο στοιχείο της οροφής και συσσωρεύεται στον εσωτερικό χώρο του αίθριου. Ένα μέρος της μεταφέρεται στους περιβάλλοντες εσωτερικούς χώρους του κτηρίου μέσω ανοιγμάτων, ενώ η υπόλοιπη θερμική ενέργεια αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία.

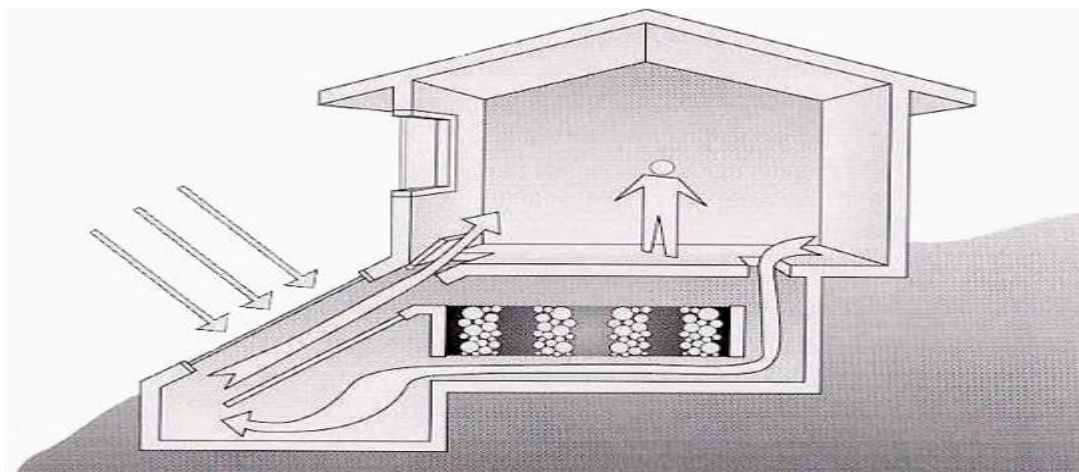
Κατά τη χειμερινή περίοδο το ηλιακό αίθριο λειτουργεί και ως χώρος θερμικής ανάσχεσης.

Κατά τη θερινή περίοδο όμως, για την αποφυγή υπερθέρμανσης, απαιτείται αερισμός του αίθριου μέσω ανοιγμάτων στη γυάλινη οροφή καθώς και πλήρης σκιασμός.

### Θερμοσιφωνικό πάνελο εκτός κτιριακού περιβλήματος

Η αρχή λειτουργίας του είναι ίδια με αυτή του θερμοσιφωνικού πανέλου που είναι στην όψη του κτιρίου, αλλά βρίσκεται εκτός του κτιριακού περιβλήματος. Τοποθετείται χαμηλότερα από του κυρίου σωρούς του κτιρίου με κλίση  $40^{\circ}$  περίπου και αποτελείται από υαλοπίνακα, διάκενο αέρα και μεταλλική σκουρόχρωμη επιφάνεια, που φέρει μόνωση εξωτερικά.

Η θερμότητα που συλλέγεται στο διάκενο αέρα, μεταφέρεται μέσω αγωγών με θερμοσιφωνική ροή είτε απ' ευθείας στους χώρους του κτιρίου, είτε σε αποθήκη θερμότητας (rock bed) απ' όπου αποδίδεται σταδιακά στους χώρους (Σχήμα 4).



**Σχήμα 4 :** Λειτουργία θερμοσιφωνικού πανέλου εκτός κτιριακού περιβλήματος

## **2.3 ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

Ανάλογα με το μέγεθος, την εφαρμογή για την οποία προορίζονται, την τεχνολογία, τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να ταξινομηθούν σε διάφορες κατηγορίες. Η ποικιλία που παρουσιάζουν οι διατάξεις αυτών των συστημάτων οφείλεται κυρίως στους διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους τα συστήματα προστατεύονται από τον παγετό.

Οι τύποι των ενεργειακών συστημάτων είναι:

- Τα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας τα οποία χωρίζονται στις εξής δύο κατηγορίες :

- 1) Στους συμπαιγείς θερμαντήρες, ή όπως αλλιώς λέγονται, τα ολοκληρωμένα συστήματα συλλέκτη αποθήκευσης που αποτελούνται



από μία ή περισσότερες δεξαμενές αποθήκευσης και τοποθετούνται σε ένα μεμονωμένο περίβλημα με την διαφανή πλευρά να βλέπει προς τον ήλιο.

2) Στα θερμοσιφωνικά συστήματα, τα οποία στηρίζονται στην φυσική μεταφορά για την κυκλοφορία του νερού στους συλλέκτες και τη δεξαμενή η οποία βρίσκεται πιο πάνω από τον συλλέκτη. Καθώς το νερό θερμαίνεται στον ηλιακό συλλέκτη γίνεται ελαφρύτερο και ανέρχεται με φυσικό τρόπο προς τη δεξαμενή υποθήκευσης, ενώ το ψυχρότερο νερό της δεξαμενής ρέει μέσω των σωληνώσεων προς το κατώτερο σημείο του συλλέκτη δημιουργώντας κυκλοφορία σε όλα το σύστημα.

- **Τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας**, όπου για να κυκλοφορήσουν το νερό ή τα άλλα ρευστά μεταφοράς της θερμότητας μέσα στους συλλέκτες χρησιμοποιούν συστήματα ελέγχου, βαλβίδες και ηλεκτρικές αντλίες. Υπάρχουν δύο τύποι τέτοιων συστημάτων:

1) Τα συστήματα ανοιχτού βρόγχου τα οποία χρησιμοποιούν αντλίες (κυκλοφορητές), για να κυκλοφορήσουν το νερό χρήσης στους σωλήνες.

2) Τα συστήματα κλειστού βρόγχου, που αντλούν το ρευστό μεταφοράς θερμότητας όπως είναι π.χ. ένα αντιπηκτικό μίγμα νερού και γλυκόλης, μέσα στους συλλέκτες. Η θερμότητα μεταφέρεται μέσω εναλλακτών θερμότητας από το ρευστό στο νερό που αποθηκεύεται στις δεξαμενές.

### 2.3.1 Εφαρμογές

#### 1) Παραγωγή ζεστού νερού για οικιακή χρήση

Οι ηλιακοί θερμοαντήρες ζεστού νερού μπορούν να καλύψουν ένα πολύ μεγάλο μέρος των αναγκών ενός νοικοκυριού σε ζεστό νερό. Η ποσότητα του ζεστού νερού που αποδίδει η ηλιακή ενέργεια εξαρτάται από τον τύπο και το μέγεθος του συστήματος, την ποιότητα και το κλίμα της περιοχής όσο αφορά την ηλιοφάνεια.

Η τεχνολογία των **κεντρικών ηλιακών συστημάτων** θεωρείται ως η αποδοτικότερη λύση για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Η τεχνολογία αυτή εφαρμόζεται κυρίως σε σύνολα κατοικιών, ξενοδοχεία, εστιατόρια, βιομηχανίες κτλ.

Τα κεντρικά ηλιακά συστήματα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης αποτελούνται από ένα κεντρικό σύστημα ηλιακών συλλεκτών καθώς επίσης από ένα κεντρικό κύλινδρο αποθήκευσης του ζεστού νερού. Το

ζεστό νερό παρέχεται στους χώρους χρήσης (πχ διαμερίσματα) μέσω δικτύου αγωγών.

Ένα τέτοιο σύστημα εξυπηρετεί καλύτερα την ομαλότερη κατανομή ζεστού νερού στην διάρκεια του εικοσιτετράωρου με αποτέλεσμα την μείωση των θερμικών απωλειών του αποθηκευμένου νερού για την κάλυψη των απαιτήσεων.

Η μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμότητα επιτυγχάνεται μέσω των θερμικών ηλιακών συστημάτων τα οποία χρησιμοποιούν ηλιακούς συλλέκτες και δεξαμενές αποθήκευσης ως χωριστά υποσυστήματα, ενώ η μεταφορά της ενέργειας μέσω ενός θερμαινόμενου ρευστού πραγματοποιείται μέσω κυκλοφορητή.

## **2) Θέρμανση και δροσισμός χώρων**

Στα συστήματα ηλιακού κλιματισμού, η διαδικασία ψύξης τροφοδοτείται από την ηλιακή ακτινοβολία. Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από ψύκτες, οι οποίοι χρησιμοποιούν ζεστό νερό θερμοκρασίας από 70 ως 110 °C για την παραγωγή κρύου νερού (7 ως 10 °C) που χρησιμοποιείται για τον κλιματισμό κτιρίων. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, το ζεστό νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον κλιματισμό του κτιρίου αλλά και για την εξασφάλιση του ζεστού νερού χρήσης. Τους χειμερινούς μήνες το ζεστό νερό μπορεί να εξασφαλίσει τη θέρμανση των χώρων καθώς επίσης και τις ανάγκες ζεστού νερού χρήσης.

Ταξινομούνται στα :

**Κλειστά συστήματα:** αποτελούνται από θερμοκινούμενους ψύκτες, που παρέχουν ψυχρό νερό, το οποίο είτε χρησιμοποιείται στις κεντρικές κλιματιστικές μονάδες προκειμένου να παρέχει πλήρως κλιματισμένο αέρα, είτε διανέμεται μέσω δικτύου ψυχρού νερού σε προκαθορισμένους χώρους προκειμένου να θέσει σε λειτουργία αποκεντρωμένες (ανεξάρτητες) μονάδες των χώρων αυτών.

**Ανοικτά συστήματα:** τα πιο διαδεδομένα ανοικτά συστήματα είναι αυτά που χρησιμοποιούν το νερό το οποίο έρχεται σε άμεση επαφή με τον αέρα ως ψυκτικό μέσο. Ο θερμοκινούμενος ψυκτικός κύκλος συνδυάζει δροσισμό μέσω εξάτμισης και αφύγρανσης αέρα με τη βοήθεια αφυγραντικού υλικού (είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν υγρά ή στερεά αφυγραντικά υλικά). Ο όρος ανοικτός χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει ότι το ψυκτικό μέσο απορρίπτεται από το σύστημα αφού έχει εξασφαλίσει την απαραίτητη ψύξη στο χώρο, ενώ νέο ψυκτικό το αντικαθιστά έχοντας σαν αποτέλεσμα μια επαναληπτική κυκλική διαδικασία.

### **3) Θέρμανση πισινών**

Σε μια πισίνα απαιτείται θερμότητα χαμηλής θερμοκρασίας για να διατηρηθεί το νερό στους 27<sup>0</sup>C. Η μικρή διαφορά μεταξύ της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας μιας μη θερμαινόμενης πισίνας και της θερμοκρασίας που είναι επιθυμητή κατά την κολύμβηση επιτρέπει την χρήση πολύ απλών αλλά ταυτόχρονα αποδοτικών συλλεκτών. Στα συστήματα αυτού του είδους δεν απαιτείται η ύπαρξη διαφορετικής δεξαμενής αποθήκευσης, δεδομένου ότι η ίδια η πισίνα χρησιμεύει ως αποθήκη θερμότητας.

#### **2.3.2 Κατηγορίες ηλιακών συλλεκτών**

Οι ηλιακοί συλλέκτες χωρίζονται σε 4 κατηγορίες:

1. Συλλέκτες χωρίς κάλυμμα-πλαστικοί (ο συγκεκριμένος τύπος συλλεκτών χρησιμοποιείται κυρίως για εγκαταστάσεις θέρμανσης νερού πισινών).

2. Επίπεδοι συλλέκτες

3. Συλλέκτες κενού

4. Συγκεντρωτικοί συλλέκτες (χρησιμοποιούνται κυρίως για εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής)

Οι περισσότερο συνηθισμένοι τύποι συλλεκτών οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης από κεντρικά ηλιακά συστήματα και για εγκαταστάσεις θέρμανσης/ψύξης χώρων είναι οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες και οι συλλέκτες κενού.

#### **2.3.3 Τεχνικές απαιτήσεις ηλιακών συστημάτων**

- Οι ηλιακοί συλλέκτες πρέπει να έχουν νότιο προσανατολισμό.

- Η οροφή του κτηρίου όπου θα γίνει η εγκατάσταση πρέπει να έχει ωφέλιμο χώρο για την εγκατάσταση της απαιτούμενης επιφάνειας ηλιακών συλλεκτών. Ο ωφέλιμος χώρος πρέπει να βρίσκεται σε περιοχή όπου δεν υπάρχει σκίαση κατά την διάρκεια της ημέρας.

- Το κτήριο πρέπει να έχει διαθέσιμο ωφέλιμο χώρο για τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό (αντλίες, εναλλάκτες θερμότητας, δεξαμενές αποθήκευσης κτλ). Ο χώρος αυτός πρέπει να είναι προστατευμένος από τις καιρικές συνθήκες.

- Οι σωληνώσεις του συστήματος πρέπει να είναι επισκέψιμες για τυχόν βλάβες.

## 2.4 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ

Η πρώτη γνωριμία του ανθρώπου με το φωτοβολταϊκό φαινόμενο έγινε το 1839 όταν ο Γάλλος φυσικός Edmond Becquerel (1820 - 1891) ανακάλυψε το φωτοβολταϊκό φαινόμενο κατά την διάρκεια πειραμάτων του με μια ηλεκτρολυτική επαφή φτιαγμένη από δύο μεταλλικά ηλεκτρόδια.

Το επόμενο σημαντικό βήμα έγινε το 1876 όταν οι Adams (1836 - 1915) και ο φοιτητής του Day παρατήρησαν ότι μια ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος παραγόταν από το σελήνιο (Se) όταν αυτό ήταν εκτεθειμένο στο φως.

Το 1918 ο Πολωνός Czochralski (1885 - 1953) πρόσθεσε την μέθοδο παραγωγής ημιαγωγού μονοκρυσταλλικού πυριτίου (Si) με την σχετική έρευνα του και η οποία μάλιστα χρησιμοποιείται βελτιστοποιημένη ακόμα και σήμερα.

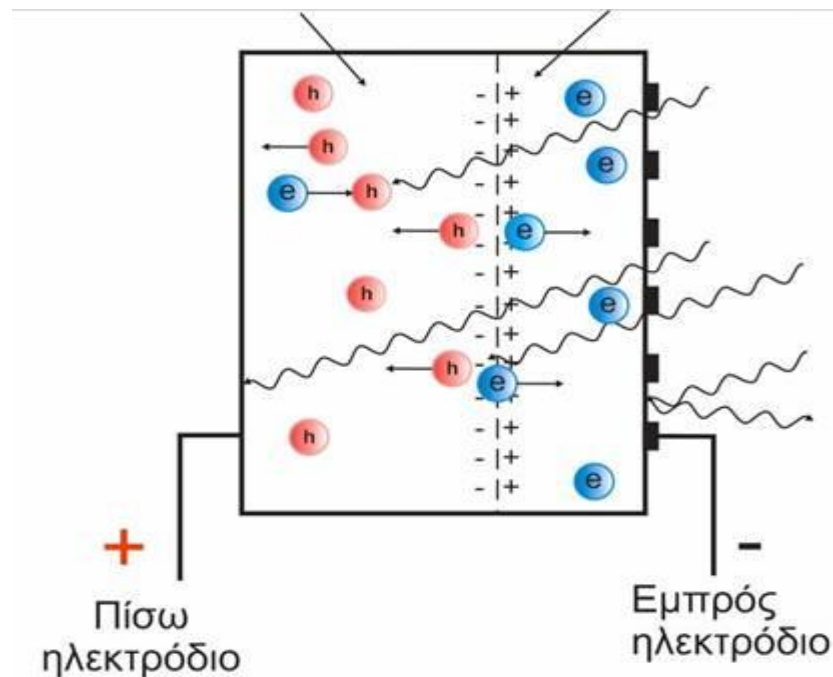
Μια σημαντική ανακάλυψη έγινε επίσης το 1949 όταν οι Mott και Schottky ανέπτυξαν την θεωρία της διόδου σταθερής κατάστασης. Στο μεταξύ η κβαντική θεωρία είχε ξεδιπλωθεί. Ο δρόμος πλέον για τις πρώτες πρακτικές εφαρμογές είχε ανοίξει.

Το πρώτο ηλιακό κελί ήταν γεγονός στα εργαστήρια της Bell το 1954 από τους Chapin, Fuller και Pearson. Η απόδοση του ήταν 6% εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

### 2.4.1 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Είναι γνωστό ότι τα ηλιακά στοιχεία είναι δίοδοι ημιαγωγού με τη μορφή ενός δίσκου, (δηλαδή η ένωση p-n εκτείνεται σε όλο το πλάτος του δίσκου), που δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία. Κάθε φωτόνιο της ακτινοβολίας με ενέργεια ίση ή μεγαλύτερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού, έχει τη δυνατότητα να απορροφηθεί σε ένα χημικό δεσμό

και να ελευθερώσει ένα ηλεκτρόνιο. Δημιουργείται έτσι, όσο διαρκεί η ακτινοβολία, μία περίσσεια από ζεύγη φορέων (ελεύθερα ηλεκτρόνια και οπές), πέρα από τις συγκεντρώσεις που αντιστοιχούν στις συνθήκες ισορροπίας. Οι φορείς αυτοί, καθώς κυκλοφορούν στο στερεό (και εφόσον δεν επανασυνδεθούν με φορείς αντιθέτου πρόσημου), μπορεί να βρεθούν στην περιοχή της ένωσης p-n οπότε θα δεχθούν την επίδραση του ενσωματωμένου ηλεκτροστατικού πεδίου (Σχήμα 5).



**Σχήμα 5 :** Το φωτοβολταϊκό Φαινόμενο

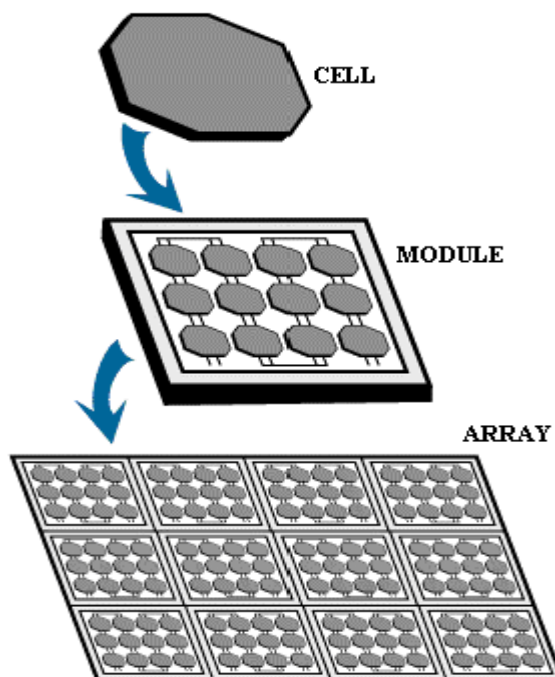
Ο μηχανισμός της εκδήλωσης του Φ/Β φαινομένου σε ένα ηλιακό στοιχείο. Τα φωτόνια της ακτινοβολίας, που δέχεται το στοιχείο στην εμπρός του όψη, τύπου n στο παράδειγμα του σχήματος, παράγουν ζεύγη φορέων (ελεύθερα ηλεκτρόνια και οπές). Ένα μέρος από τους φορείς αυτούς διαχωρίζεται με την επίδραση του ενσωματωμένου πεδίου της διόδου και εκτρέπεται προς τα εμπρός (τα ελεύθερα ηλεκτρόνια,  $e^-$ ) ή προς τα πίσω (οι οπές,  $h^+$ ), δημιουργώντας μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στις δυο όψεις του στοιχείου. Οι υπόλοιποι φορείς επανασυνδέονται και εξαφανίζονται. Επίσης ένα μέρος της ακτινοβολίας ανακλάται στην επιφάνεια του στοιχείου, ενώ ένα άλλος μέρος της διέρχεται από το στοιχείο χωρίς να απορροφηθεί, μέχρι να συναντήσει το πίσω ηλεκτρόδιο.

Έτσι, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου n και οι οπές εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου p, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους ακροδέκτες των δύο τμημάτων της διόδου. Δηλαδή, η διάταξη αποτελεί μία πηγή ηλεκτρικού ρεύματος που διατηρείται όσο διαρκεί η πρόσπτωση του

ηλιακού φωτός πάνω στην επιφάνεια του στοιχείου. Η εκδήλωση της διαφοράς δυναμικού ανάμεσα στις δύο όψεις του φωτιζόμενου δίσκου, η οποία αντιστοιχεί σε ορθή πόλωση της διόδου, ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Η αποδοτική λειτουργία των ηλιακών φωτοβολταϊκών στοιχείων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στηρίζεται στην πρακτική εκμετάλλευση του παραπάνω φαινομένου. Εκτός από τις προσμίξεις των τμημάτων p και n μιας ομοένωσης, δηλαδή υλικού από τον ίδιο βασικά ημιαγωγό, το ενσωματωμένο ηλεκτροστατικό πεδίο, που είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την πραγματοποίηση ενός ηλιακού στοιχείου, αλλά και κάθε φωτοβολταϊκής διάταξης, μπορεί να προέρχεται επίσης και από διόδους άλλων π.χ. από διόδους Σότκν που σχηματίζονται όταν έρθουν σε επαφή ένας ημιαγωγός με ένα μέταλλο.

#### 2.4.2 Φωτοβολταϊκό πλαίσιο

Ένας αριθμός από στοιχεία τα οποία ενώνονται (ηλεκτρικά) μεταξύ τους και τοποθετούνται σε ένα πλαίσιο, καλείται φωτοβολταϊκό πλαίσιο (ή πάνελ ή module). Τα πλαίσια σχεδιάζονται για να παρέχουν ηλεκτρισμό σε συγκεκριμένη τάση (π.χ. τα συστήματα των 12 Volts). Το ρεύμα που παράγεται εξαρτάται άμεσα από το πόσο φως προσπίπτει στο πλαίσιο. Πολλά πλαίσια μπορούν να ενωθούν και να σχηματίσουν παράταξη πλαισίων. Στο σχήμα 6 που ακολουθεί βλέπουμε τις διατάξεις που σχηματίζουν στα στοιχεία.



Σχήμα 6 : Ιεραρχία φωτοβολταϊκών

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ένα φ/β πλαίσιο εξαρτάται από τα εξής:

- από την ονομαστική ή μέγιστη ισχύ  $\max R$  .
- από την γεωγραφική θέση που θα εγκατασταθεί η φ/β γεννήτρια.
- από την χρονική περίοδο λειτουργίας ή την εποχή.
- από την θερμοκρασία φ/β πλαισίου.
- από την καθαρότητα της επιφάνειας του φ/β πλαισίου.
- από την κλίση της επιφάνειας του.

### 2.4.3 Εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε ένα κτίριο

Η χρήση των Φ/Β πλαισίων ως λειτουργικών δομικών στοιχείων ενός κτιρίου διαμορφώνει νέες, οικονομικά ελκυστικότερες λύσεις. Σε αυτό συμβάλλει και η ανάπτυξη νέων ημιδιαφανών Φ/Β πλαισίων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη θέση των υαλοπινάκων, παρέχοντας ταυτόχρονα ηλιακή ενέργεια και ηλιοπροστασία κατά τους θερινούς μήνες.

Η ενσωμάτωση των Φ/Β πλαισίων στην οροφή ή στην πρόσοψη ενός κτιρίου γίνεται με πολλούς τρόπους. Στις καινοτόμες λύσεις που έχουν υιοθετηθεί κατά καιρούς περιλαμβάνεται και η χρήση Φ/Β στοιχείων στη θέση άλλων δομικών στοιχείων στο κέλυφος του κτιρίου ή στα σκίαστρα. Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τρόποι για την τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων σε ένα κτίριο:

- **Τοποθέτηση σε κεκλιμένα στηρίγματα.** Υπάρχει μεγάλη ποικιλία από ξύλινα ή μεταλλικά είδη στηριγμάτων και οι περισσότεροι κατασκευαστές Φ/Β συστημάτων προσφέρουν στηρίγματα που ταιριάζουν ακριβώς στα Φ/Β πλαίσια. Σε μερικές περιπτώσεις, η κλίση είναι ρυθμιζόμενη. Η τοποθέτηση αυτή προσφέρει εύκολη πρόσβαση τόσο στο εμπρός όσο και στο πίσω μέρος των Φ/Β πλαισίων, όταν χρειάζεται να γίνει συντήρηση. Βοηθά, επίσης, στον καλό αερισμό και στο δροσισμό των στοιχείων, αυξάνοντας έτσι την απόδοσή τους. Εντούτοις, το κόστος είναι σχετικά υψηλό, γιατί απαιτείται η χρήση πρόσθετων υλικών και επιπλέον εργασία.

- **Τοποθέτηση σε ειδική βάση προσαρμοζόμενη στο εξωτερικό του κελύφους**, η οποία εξέχει από την οροφή ή την πρόσοψη του κτιρίου. Η κατασκευή αυτή στηρίζεται στο εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου. Χρειάζεται, όμως, προσοχή για την καλή μόνωση των σημείων στα οποία στηρίζεται η βάση. Η τοποθέτηση αυτή επιτρέπει επίσης τον καλό αερισμό και την ψύξη των Φ/Β στοιχείων. Το κόστος είναι συνήθως μικρότερο σε σύγκριση με το κόστος που απαιτεί η τοποθέτηση σε κεκλιμένα στηρίγματα, αλλά μεγαλύτερο από το κόστος των μεθόδων που περιγράφονται στη συνέχεια. Αποτελεί μια καλή λύση, ειδικά σε ανακαινιζόμενα κτίρια, στα οποία δεν είναι δυνατόν να γίνουν μεγάλες αλλαγές στο εξωτερικό του κελύφους.

- **Απευθείας τοποθέτηση.** Στην περίπτωση αυτή, η εξωτερική επίστρωση του κτιρίου αντικαθίσταται από Φ/Β πλαίσια. Παραδείγματος χάριν, τα Φ/Β στοιχεία τοποθετούνται με τρόπο που το ένα να επικαλύπτει εν μέρει το άλλο, όπως ακριβώς τα κεραμίδια. Το φωτοβολταϊκό κάλυμμα προστατεύει το κτίριο, αλλά δεν είναι πλήρως στεγανό και απαιτούνται μέτρα για τη στεγανοποίησή του. Το κόστος όμως αυτής της μεθόδου είναι σχετικά χαμηλό, γιατί απαιτεί ελάχιστα πρόσθετα υλικά. Επίσης, η υποκατάσταση ορισμένων δομικών υλικών που χρησιμοποιούνται για την εξωτερική κάλυψη του κελύφους του από τα Φ/Β πλαίσια μειώνει το συνολικό κόστος.

- **Ενσωμάτωση των Φ/Β πλαισίων στο κέλυφος του κτιρίου.** Η μέθοδος αυτή συνίσταται στην υποκατάσταση ολόκληρων τμημάτων του κτιριακού κελύφους από Φ/Β πλαίσια. Η καλή εφαρμογή αυτής της τεχνικής απαιτεί τη στεγανή σύνδεση των Φ/Β πλαισίων μεταξύ τους. Παραδείγματος χάριν, Φ/Β στοιχεία χωρίς μεταλλικό σκελετό τοποθετούνται σε στηρίγματα παρόμοια με αυτά που χρησιμοποιούνται για τη στήριξη συμβατικών διαφανών οροφών ή προσόψεων. Τα νέα τύπου ημιδιαφανή στοιχεία είναι δυνατόν να τοποθετηθούν στη θέση υαλοπινάκων ή αδιαφανών στοιχείων, παρέχοντας στο σχεδιαστή τη δυνατότητα εφαρμογής τεχνικών φωτισμού και ηλιοπροστασίας παράλληλα με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενσωμάτωση των Φ/Β παρέχει δυνατότητες για σημαντική μείωση του κόστους, καθώς εξοικονομείται το κόστος των δομικών στοιχείων του κελύφους τα οποία αντικαθίστανται από τα Φ/Β στοιχεία.

#### 2.4.4 Φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου (Si)

Το υλικό που χρησιμοποιείται περισσότερο για να κατασκευαστούν φωτοβολταϊκά στοιχεία στην βιομηχανία είναι το πυρίτιο. Είναι ίσως και το μοναδικό υλικό που παράγεται με τόσο μαζικό



τρόπο. Το πυρίτιο σήμερα αποτελεί την πρώτη ύλη για το 90% της αγοράς των φωτοβολταϊκών.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του πυριτίου είναι:

- Μπορεί να βρεθεί πάρα πολύ εύκολα στην φύση. Είναι το δεύτερο σε αφθονία υλικό που υπάρχει στον πλανήτη μετά το οξυγόνο. Το διοξείδιο του πυριτίου ( $\text{SiO}_2$ ) (ή κοινώς η άμμος) και ο χαλαζίτης αποτελούν το 28% του φλοιού της γης. Είναι ιδιαίτερα φιλικό προς το περιβάλλον.

- Μπορεί εύκολα να λιώσει και να μορφοποιηθεί. Επίσης είναι σχετικά εύκολο να μετατραπεί στην μονοκρυσταλλική του μορφή.

- Οι ηλεκτρικές του ιδιότητες μπορούν να διατηρηθούν μέχρι και στους  $125^\circ\text{C}$  κάτι που επιτρέπει την χρήση του πυριτίου σε ιδιαίτερα δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες. Αυτός είναι και ο λόγος που τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου ανταπεξέρχονται σε ένα ιδιαίτερα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών.

- Πολύ σημαντικό στοιχείο, που συνέβαλε στην γρήγορη ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών στοιχείων τα τελευταία χρόνια, ήταν η ήδη αναπτυγμένη τεχνολογία, στην βιομηχανία της επεξεργασίας του πυριτίου, στον τομέα της ηλεκτρονικής (υπολογιστές, τηλεοράσεις κλπ). Το 2007 μάλιστα ήταν η πρώτη χρονιά που υπήρχε μεγαλύτερη ζήτηση (σε τόνους κρυσταλλικού πυριτίου) στην αγορά των φωτοβολταϊκών στοιχείων σε σχέση με αυτήν των ημιαγωγών της ηλεκτρονικής.

#### 2.4.5 Κατηγορίες φωτοβολταϊκών στοιχείων

Μια κατηγοριοποίηση για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία θα μπορούσε να γίνει με βάση το πάχος του υλικού που χρησιμοποιείται. Έτσι λοιπόν διακρίνουμε τις εξής κατηγορίες :

##### A) Τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων πυριτίου «μεγάλου πάχους» , στίς οποίες ανήκουν :

##### 1) Φωτοβολταϊκά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου (SingleCrystalline Silicon, sc-Si )

Το πάχος τους είναι γύρω στα 0,3 χιλιοστά. Η απόδοση τους στην βιομηχανία κυμαίνεται από 15 - 18% για το πλαίσιο. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί ακόμα μεγαλύτερες αποδόσεις έως και 24,7%. Τα μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία χαρακτηρίζονται από το πλεονέκτημα της καλύτερης σχέσης απόδοσης/επιφάνειας ή "ενεργειακής

πυκνότητας". Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι το υψηλό κόστος κατασκευής σε σχέση με τα πολυκρυσταλλικά. Βασικές τεχνολογίες παραγωγής μονοκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών είναι η μέθοδος CZ (Czochralski) και η μέθοδος FZ (float zone). Αμφότερες βασίζονται στην ανάπτυξη ράβδου πυριτίου. Το μονοκρυσταλλικό φωτοβολταϊκό με την υψηλότερη απόδοση στο εμπόριο σήμερα, είναι με απόδοση πλαισίου 18,5%. Είναι μάλιστα το μοναδικό που έχει τις μεταλλικές επαφές στο πίσω μέρος του πάνελ αποκομίζοντας έτσι μεγαλύτερη επιφάνεια αλληλεπίδρασης με την ηλιακή ακτινοβολία.

## **2) Φωτοβολταϊκά κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου (MultiCrystalline Silicon, mc-Si)**

Το πάχος τους είναι επίσης περίπου 0,3 χιλιοστά. Η μέθοδος παραγωγής τους είναι φθηνότερη από αυτήν των μονοκρυσταλλικών γι' αυτό και η τιμή τους είναι συνήθως λίγο χαμηλότερη. Οπτικά μπορεί κανείς να παρατηρήσει τις επιμέρους μονοκρυσταλλικές περιοχές. Όσο μεγαλύτερες είναι σε έκταση οι μονοκρυσταλλικές περιοχές τόσο μεγαλύτερη είναι και η απόδοση για τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά κελιά.

Σε εργαστηριακές εφαρμογές έχουν επιτευχθεί αποδόσεις έως και 20% ενώ στο εμπόριο τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία διατίθενται με αποδόσεις από 13 έως και 15% για τα φωτοβολταϊκά πλαίσια (πάνελ). Βασικότερες τεχνολογίες παραγωγής είναι: η μέθοδος απ' ευθείας στερεοποίησης DS (directional solidification), η ανάπτυξη λιωμένου πυριτίου ("χύτευση") και η ηλεκτρομαγνητική χύτευση EMC.

## **3) Φωτοβολταϊκά στοιχεία ταινίας πυριτίου (Ribbon Silicon)**

Πρόκειται για μια σχετικά νέα τεχνολογία φωτοβολταϊκών στοιχείων. Προσφέρει έως και 50% μείωση στην χρήση του πυριτίου σε σχέση με τις "παραδοσιακές τεχνικές" κατασκευής μονοκρυσταλλικών και πολυκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών κυψελών πυριτίου.

Η απόδοση για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία του έχει φτάσει πλέον γύρω στο 12-13% ενώ το πάχος του είναι περίπου 0,3 χιλιοστά. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις της τάξης του 18%.

**B) Φωτοβολταϊκά υλικά λεπτών επιστρώσεων, thin film**, όπου ανήκουν τα εξής :

**1) Δισεληνοϊνδιούχος χαλκός (CuInSe<sub>2</sub> ή CIS, με προσθήκη γάλλιου CIGS)**

Ο Δισεληνοϊνδιούχος χαλκός έχει εξαιρετική απορροφητικότητα στο προσπίπτον φως αλλά παρόλα αυτά η απόδοση του με τις σύγχρονες τεχνικές κυμαίνεται στο 11% (πλαίσιο).

Εργαστηριακά έγινε εφικτή απόδοση στο επίπεδο του 18,8% η οποία είναι και η μεγαλύτερη που έχει επιτευχθεί μεταξύ των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών λεπτής επιστρώσεως. Με την πρόσμιξη γάλλιου η απόδοση του μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο CIGS. Το πρόβλημα που υπάρχει είναι ότι το ίνδιο υπάρχει σε περιορισμένες ποσότητες στην φύση. Στα επόμενα χρόνια πάντως αναμένεται το κόστος του να είναι αρκετά χαμηλότερο.

**2) Φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου πυριτίου (Amorphous ή Thin film Silicon, a-Si)**

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αυτά, έχουν αισθητά χαμηλότερες αποδόσεις σε σχέση με τις δύο προηγούμενες κατηγορίες. Πρόκειται για ταινίες λεπτών επιστρώσεων οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση ημιαγωγού υλικού (πυρίτιο στην περίπτωση μας) πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης, χαμηλού κόστους όπως γυαλί ή αλουμίνιο. Έτσι και λόγω της μικρότερης ποσότητας πυριτίου που χρησιμοποιείται η τιμή τους είναι γενικότερα αρκετά χαμηλότερη.

Ο χαρακτηρισμός **άμορφο πυρίτιο** προέρχεται από τον τυχαίο τρόπο με τον οποίο είναι διατεταγμένα τα άτομα του πυριτίου. Οι επιδόσεις που επιτυγχάνονται χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκά thin film πυριτίου κυμαίνονται για το πλαίσιο από 6 έως 8% ενώ στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις ακόμα και 14%.

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα για το φωτοβολταϊκό στοιχείο a-Si είναι το γεγονός ότι δεν επηρεάζεται πολύ από τις υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης, πλεονεκτεί στην αξιοποίηση της απόδοσης του σε σχέση με τα κρυσταλλικά Φ/Β, όταν υπάρχει διάχυτη ακτινοβολία (συννεφιά).

Το μειονέκτημα των άμορφων πλαισίων είναι η χαμηλή τους ενεργειακή πυκνότητα κάτι που σημαίνει ότι για να παράγουμε την ίδια ενέργεια χρειαζόμαστε σχεδόν διπλάσια επιφάνεια σε σχέση με τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκα στοιχεία. Επίσης υπάρχουν αμφιβολίες όσων αφορά την διάρκεια ζωής των άμορφων πλαισίων μιας και δεν υπάρχουν στοιχεία από παλιές εγκαταστάσεις αφού η τεχνολογία είναι σχετικά καινούρια. Παρόλα αυτά οι κατασκευαστές πλέον δίνουν εγγυήσεις

απόδοσης 20 ετών. Το πάχος του πυριτίου είναι περίπου 0,0001 χιλιοστά ενώ το υπόστρωμα μπορεί να είναι από 1 έως 3 χιλιοστά.

### **3) Τελουριούχο Κάδμιο (CdTe)**

Το Τελουριούχο Κάδμιο έχει ενεργειακό διάκενο γύρω στο 1eV το οποίο είναι πολύ κοντά στο ηλιακό φάσμα κάτι που του δίνει σοβαρά πλεονεκτήματα όπως την δυνατότητα να απορροφά το 99% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Οι σύγχρονες τεχνικές όμως μας προσφέρουν αποδόσεις πλαισίου γύρω στο 6-8%. Στο εργαστήριο η απόδοση στα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχει φθάσει το 16%.

Μελλοντικά αναμένεται το κόστος του να πέσει αρκετά. Τροχοπέδη για την χρήση του αποτελεί το γεγονός ότι το κάδμιο σύμφωνα με κάποιες έρευνες είναι καρκινογόνο με αποτέλεσμα να προβληματίζει το ενδεχόμενο της εκτεταμένης χρήσης του. Ήδη η Greenpeace έχει εναντιωθεί στην χρήση του. Επίσης προβληματίζει ή έλλειψη του Τελλουρίου. Σημαντικότερη χρήση του είναι ή ενθυλάκωση του στο γυαλί ως δομικό υλικό (BIPV Building Integrated Photovoltaic).

### **4) Αρσενικούχο Γάλλιο (GaAs)**

Το Γάλλιο είναι ένα παραπροϊόν της ρευστοποίησης άλλων μετάλλων όπως το αλουμίνιο και ο ψευδάργυρος. Είναι πιο σπάνιο ακόμα και από τον χρυσό. Το Αρσένιο δεν είναι σπάνιο άλλα έχει το μειονέκτημα ότι είναι δηλητηριώδες.

Το αρσενικούχο γάλλιο έχει ενεργειακό διάκενο 1,43eV που είναι ιδανικό για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Η απόδοση του στην μορφή πολλαπλών συνενώσεων (multijunction) είναι η υψηλότερη που έχει επιτευχθεί και αγγίζει το 29%. Επίσης τα φωτοβολταϊκα στοιχεία GaAs είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες γεγονός που επιβάλλει σχεδόν την χρήση τους σε εφαρμογές ηλιακών συγκεντρωτικών συστημάτων (solar concentrators). Τα φωτοβολταϊκα στοιχεία GaAs έχουν το πλεονέκτημα ότι αντέχουν σε πολύ υψηλές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, για αυτό αλλά και λόγω της πολύ υψηλής απόδοσης του ενδείκνυται για διαστημικές εφαρμογές. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι το υπερβολικό κόστος του μονοκρυσταλλικού GaAs υποστρώματος.

### **Γ) Υβριδικά Φωτοβολταϊκά Στοιχεία**

Ένα υβριδικό φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελείται από στρώσεις υλικών διαφόρων τεχνολογιών.

Τα πιο γνωστά εμπορικά υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούνται από δύο στρώσεις άμορφου πυριτίου (πάνω και κάτω) ενώ ενδιάμεσα υπάρχει μια στρώση μονοκρυσταλλικού πυριτίου.

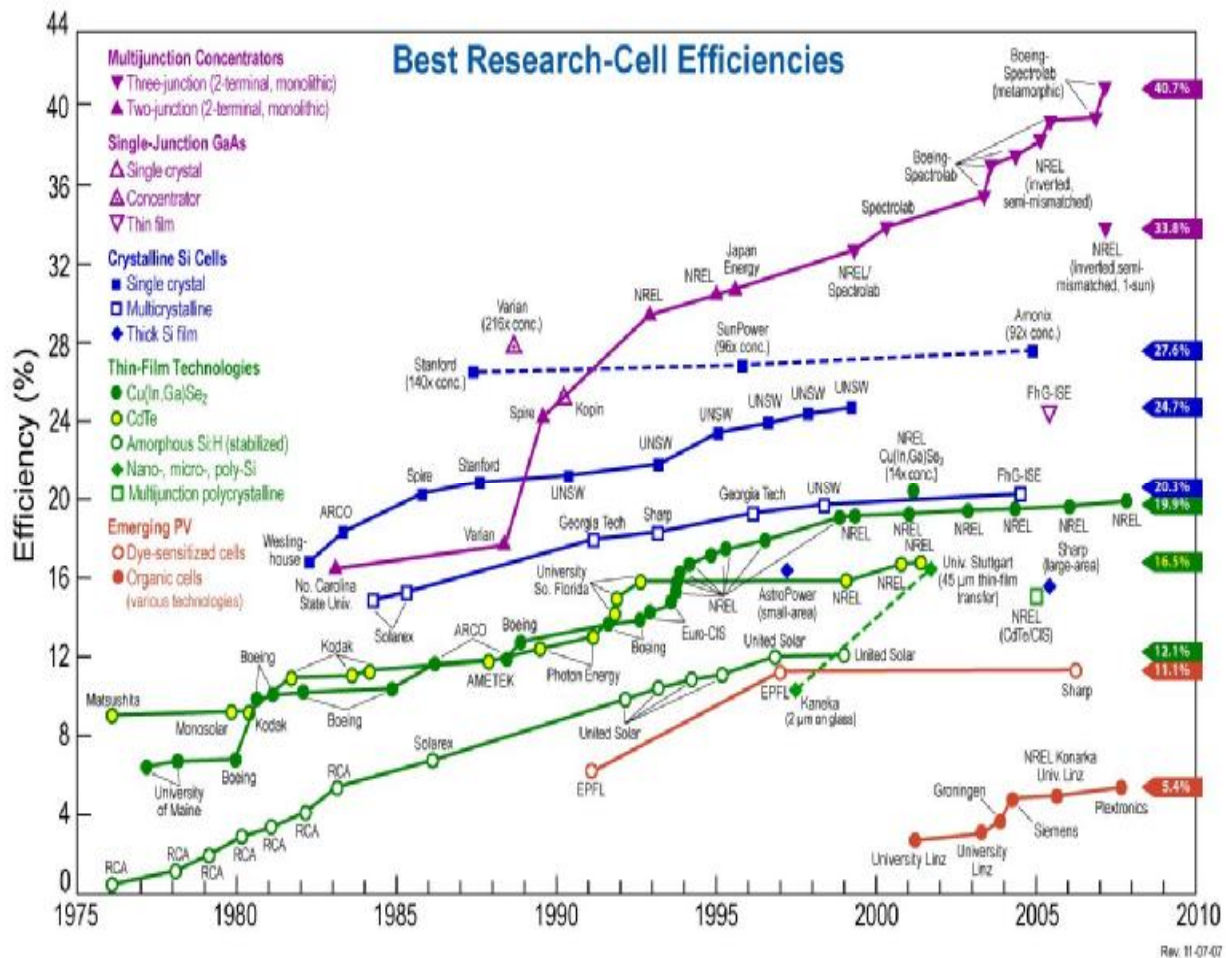
Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ο υψηλός βαθμός απόδοσης του πλαισίου που φτάνει σε εμπορικές εφαρμογές στο 17,2% και το οποίο σημαίνει ότι χρειαζόμαστε μικρότερη επιφάνεια για να έχουμε την ίδια εγκατεστημένη ισχύ. Τα αντίστοιχα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν απόδοση 19,7%. Άλλα πλεονεκτήματα για τα υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι η υψηλή τους απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες αλλά και η μεγάλη τους απόδοση στην διαχεόμενη ακτινοβολία. Φυσικά, αφού προσφέρει τόσα πολλά, το υβριδικό φωτοβολταϊκό είναι και κάπως ακριβότερο σε σχέση με τα συμβατικά φωτοβολταϊκά πλαίσια.

### **Δ) Άλλες τεχνολογίες**

Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς και διάφορα εργαστήρια στον κόσμο παρουσιάζουν νέες πατέντες. Κάποιες από τις τεχνολογίες στα φωτοβολταϊκά στοιχεία που φαίνεται να ξεχωρίζουν και μελλοντικά πιθανώς να γίνει ευρεία η χρήση τους είναι:

- Νανοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου (nc-Si)
- Οργανικά/Πολυμερή στοιχεία

Στο σχήμα 7 παρακάτω βλέπουμε την εξέλιξη της απόδοσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων.



Σχήμα 7: Εξέλιξη της απόδοσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων

#### 2.4.6 Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων

##### - Αύξηση της θερμοκρασίας

Η αύξηση της θερμοκρασίας των Φ/Β πλαισίων αποτελεί τον βασικότερο παράγοντα μείωσης της απόδοσης του συστήματος. Η μείωση αυτή καθορίζεται από τον συντελεστή θερμοκρασίας των Φ/Β πλαισίων που αναφέρεται στις τεχνικές προδιαγραφές του κάθε κατασκευαστή. Σύμφωνα με τον οποίο στα περισσότερα πλαίσια η απόδοση τους μειώνεται γύρω στα 0,4-0,45%, από την κανονική τιμή, για κάθε 1°C αύξηση της θερμοκρασίας πάνω από τους 25 °C (Σχήμα8).

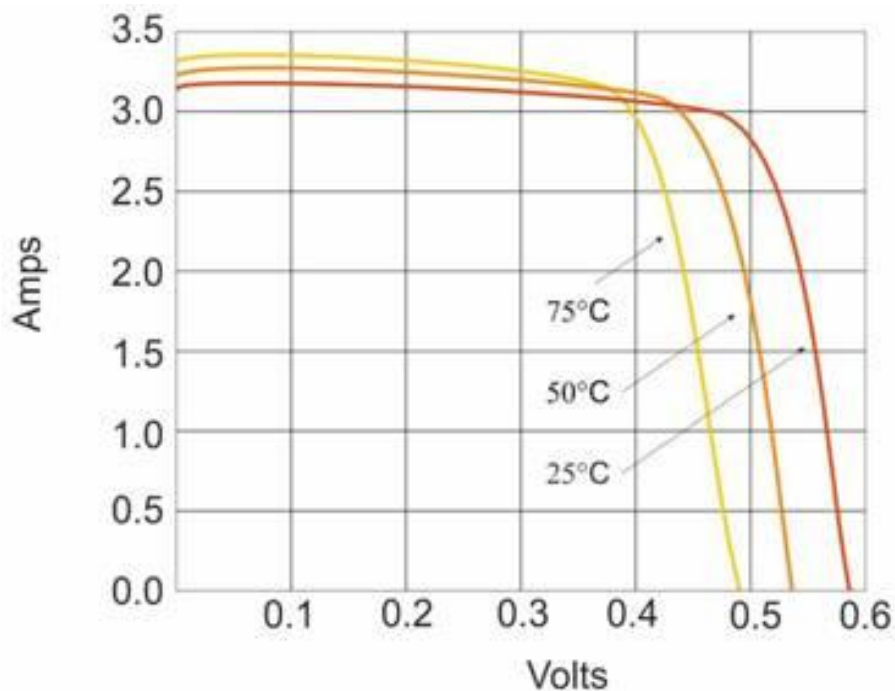
- Η τιμή του συντελεστή απορρόφησης μεταβάλλεται σε συνάρτηση με το μήκος κύματος της ακτινοβολίας. Ο συντελεστής απορρόφησης μας δείχνει την ευκολία με την οποία πραγματοποιείτε η

απορρόφηση των φωτονίων από ημιαγώγιμο υλικό κατασκευής ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου.

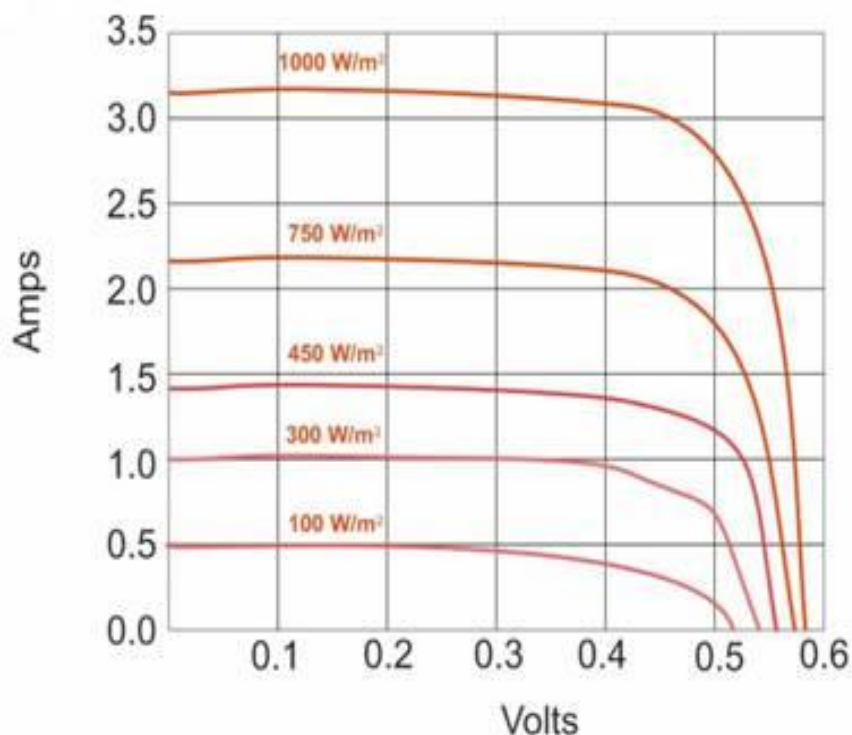
- Η απόσταση μεταξύ της όψης του στοιχείου και της ένωσης **p – n**.

- Η μέση διάρκεια των φορέων μειονότητας στον ημιαγωγό, από τον οποίο είναι κατασκευασμένο το στοιχείο θα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη.

- Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας επιδρά σημαντικά στην απόδοση της ηλιακής κυψέλης (Σχήμα 9) .



**Σχήμα 8** :Επίδραση της θερμοκρασίας στις καμπύλες I–V μιας τυπικής κυψέλης κρυσταλλικού πυριτίου

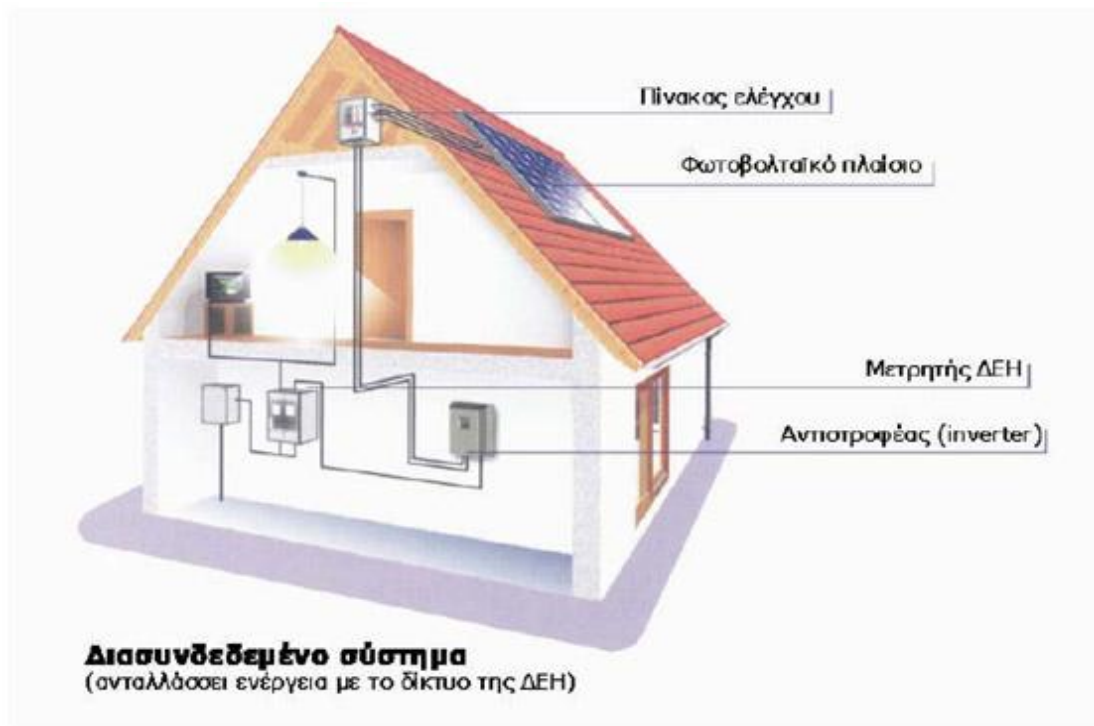


**Σχήμα 9** : Παραγωγή ρεύματος και τάσης μιας ηλιακής κυψέλης υπό διαφορετικές εντάσεις φωτός.

#### 2.4.7 Βασικοί τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων

**Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα.** Στα διασυνδεδεμένα με το δίκτυο φωτοβολταϊκά συστήματα, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά, τροφοδοτεί τα ηλεκτρικά φορτία και η περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας εφ' όσον υπάρχει διαβιβάζεται και πωλείται στο δίκτυο. Στις περιπτώσεις όμως που η ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά δεν επαρκεί για να καλύψει τα φορτία τότε το δίκτυο παρέχει τη συμπληρωματική ενέργεια. Έτσι στα διασυνδεδεμένα συστήματα υπάρχουν δύο μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας. Ο ένας μετράει την ενέργεια που δίνεται στο δίκτυο και ο άλλος την ενέργεια που παρέχει το δίκτυο. Επίσης στη περίπτωση των διασυνδεδεμένων συστημάτων δεν απαιτείται χρήση συσσωρευτών, γεγονός που ελαττώνει το αρχικό κόστος της εγκατάστασης καθώς και το κόστος συντήρησης και υπάρχει ένας αντιστροφέας στο σύστημα ο οποίος μετατρέπει την συνεχή σε εναλλασσόμενη τάση. Στο σχήμα 10 βλέπουμε τα βασικά στοιχεία ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος.





**Σχήμα 10 :** Βασικά μέρη ενός φωτοβολταϊκού συστήματος διασυνδεδεμένου συστήματος

**Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα.** Σήμερα υπάρχει πληθώρα μικρών φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κεραίες τηλεπικοινωνιακών σταθμών, εξοχικά σπίτια, αντλίες άντλησης νερού, χιονοδρομικά κέντρα, τροχόσπιτα, φάρους, μετεωρολογικούς σταθμούς, υπαίθρια φωτιστικά σώματα, σκάφη και άλλα τα οποία καθίστανται ενεργειακά αυτόνομα. Βέβαια υπάρχουν συστοιχίες συσσωρευτών οι οποίες αποθηκεύουν την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, ενώ σε περίπτωση που έχουμε φορτία εναλλασσομένου ρεύματος θα πρέπει να υπάρχει ένας αντιστροφέας στο σύστημα ο οποίος θα μετατρέπει την συνεχή σε εναλλασσόμενη τάση. Όταν τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα συνδυασθούν και με άλλη ανανεώσιμη ή συμβατική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας (ανεμογεννήτρια, ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος, κ.λ.π.) τότε χαρακτηρίζονται σαν υβριδικά. Στο σχήμα 11 βλέπουμε τα βασικά στοιχεία ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος.



**Σχήμα 11 :** Βασικά μέρη ενός αυτόνομου συστήματος διασυνδεδεμένου συστήματος

**Υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα.** Εάν προσθέσουμε μια ή περισσότερες εναλλακτικές πηγές ισχύος, (όπως μηχανή Diesel ή ανεμογεννήτρια) στο σύστημα ώστε να καλύπτει ορισμένα φορτία τότε ονομάζεται υβριδικό. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε συνδεδεμένα με το δίκτυο συστήματα δεδομένου ότι έχουν επιλεγεί σαν συμπληρωματική πηγή παροχής ισχύος. Βέβαια τα συναντάμε και σε αυτόνομες συνδεδεμένες με το δίκτυο εφαρμογές. Τα υβριδικά συστήματα επιτρέπουν μείωση αποθηκευμένης ενέργειας και κατά συνέπεια του μεγέθους (Ah) των συσσωρευτών.

**Σύστημα μικρής ισχύος.** Το σύστημα αυτό εγκαθίσταται συνήθως σε κτίρια που διαθέτουν ενεργητικά ή παθητικά ηλιακά συστήματα. Χρησιμοποιείται συχνά για τη λειτουργία αντλιών ή ανεμιστήρων συνεχούς ρεύματος που χρησιμοποιούνται για την κυκλοφορία του αέρα ή του νερού στους ηλιακούς συλλέκτες. Έχει ενσωματωμένο ρυθμιστή ισχύος ο οποίος διακόπτει τη λειτουργία του Φ/Β συστήματος, όταν η ηλιακή ενέργεια δεν επαρκεί, και δεν απαιτεί τη χρήση συσσωρευτών για την αποθήκευση της ενέργειας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αποτελείται από μόνο ένα Φ/Β πλαίσιο, το οποίο τροφοδοτεί έναν μικρό ανεμιστήρα που το χειμώνα χρησιμεύει για την κυκλοφορία του θερμού αέρα από ένα θερμοκήπιο στο υπόλοιπο κτίριο ή τον αερισμό των υπερθερμαινόμενων χώρων το καλοκαίρι.

## 2.4.8 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα

### Πλεονεκτήματα

- Παράγουν «δωρεάν» ηλεκτρική ενέργεια από τον ήλιο.
- Δεν έχουν κινούμενα μέρη και λειτουργούν αθόρυβα.
- Όχι μόνο δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον με αέρια ή άλλα κατάλοιπα, αλλά αποτρέπουν κατά μέσο όρο την έκλυση 1,5 τόνους CO<sub>2</sub> κατ' έτος, όσο δηλ. θα απορροφούσαν περίπου δύο στρέμματα δάσους.
  - Μπορούν να λειτουργήσουν αυτόνομα και αξιόπιστα, χωρίς την παρουσία χειριστή.
  - Μπορούν να εγκατασταθούν και να λειτουργήσουν σε απομονωμένες περιοχές.
  - Δεν καταναλώνουν κάποιο είδος καυσίμου.
  - Συμβάλουν στην Περιφερειακή Ανάπτυξη και την τοπική απασχόληση, λόγω του αποκεντρωμένου χαρακτήρα της.

### Μειονεκτήματα

- Έχουν ακόμα υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης.
- Απαιτούν σχετικά μεγάλες επιφάνειες εγκατάστασης.
- Έχουν ακόμη σχετικά μικρό βαθμό απόδοσης.

## 2.5 ΤΟ ΗΛΙΑΚΟ ΣΠΙΤΙ NATURAL FUSION



Κάθε χρόνο στο National Mall, το πάρκο που εκτίνεται νότια του Καπιτωλίου, στο κέντρο της Ουάσιγκτον γίνεται ενός διαγωνισμός ηλιακής κατοικίας. Ονομάζεται δέκαθλο ηλιακής κατοικίας (solar

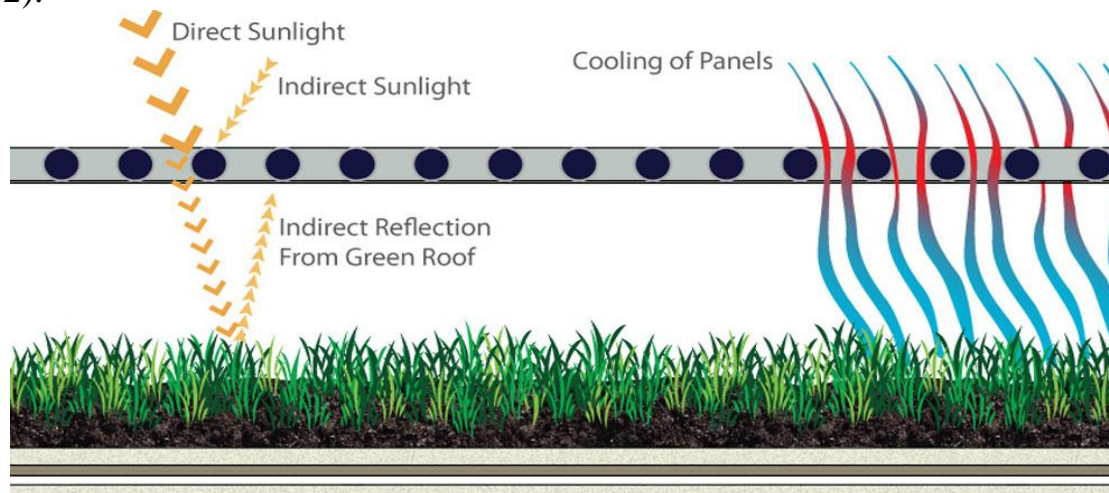
decathlon) και συμμετέχουν αρκετά πανεπιστήμια από όλο τον κόσμο. Στόχος του διαγωνισμού είναι να αναδείξει την νέα γενιά κατασκευαστών στον τομέα της καθαρής ενέργειας και να προωθήσει τις ιδέες τους.

Ο διαγωνισμός αποτελείται από μια σειρά 10 προκλήσεων, συμπεριλαμβανομένων μιας δοκιμασίας για τη θέρμανση ενός κάδου με νερό έως τους 110°C, αρχιτεκτονικό σχέδιο και μηχανική λειτουργικότητα, μέχρι άνεση και εμπορευσιμότητα. Κάποια άλλη δοκιμασία είναι η προετοιμασία ενός δείπνου για τους γείτονες κάθε ομάδας χρησιμοποιώντας την αποθηκευμένη ενέργεια έτσι ώστε να τροφοδοτήσουν τις ηλεκτρικές συσκευές. Κάθε ομάδα θα πρέπει επίσης να βάλει πλυντήριο.

Καθένα από αυτά τα σπίτια έχει σχεδιαστεί και χρηματοδοτηθεί από ένα πανεπιστήμιο με σκοπό τη συμμετοχή σε έναν διαγωνισμό στον οποίο θα εξεταστεί η ενεργειακή αυτονομία κάθε κατοικίας, ο σχεδιασμός και η απήχηση του στο ευρύ κοινό.

Το κάθε σπίτι θα πρέπει να πληροί ορισμένες αναγκαίες προϋποθέσεις. Θα πρέπει να συγκρατεί τη θερμοκρασία σε ορισμένα επίπεδα, να παρέχει αρκετό φωτισμό, ζεστό νερό, να διαθέτει ευκολίες για άτομα με ειδικές ανάγκες, να μπορεί να αποθηκεύει αρκετή ενέργεια ώστε να τροφοδοτεί ένα πλυντήριο και ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο και όλα αυτά χρησιμοποιώντας μόνο εμπορικά διαθέσιμα δομικά υλικά και τεχνολογίες.

Για το Natural Fusion έγινε η εφαρμογή της ενσωμάτωσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων στο κέλυφος του κτιρίου (Building Integrated Photovoltaic - BIPV). Το σύστημα κύριας δύναμής είναι στη στέγη. Το σύστημα ονομάζεται "Green Roof Integrated Photovoltaics" (GRIP V) όπου οι ιδιότητες της πράσινης στέγης κάτω από τους συλλέκτες μεγιστοποιούν την ενεργειακή αποτελεσματικότητα του σπιτιού (Σχήμα 12).



Σχήμα 12 :Λειτουργία στέγης

Το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας που χρησιμοποιείται προέρχεται από φωτοβολταϊκά κύτταρα τα οποία καλύπτουν το βόρειο μέρος της οροφής του. Ο ηλεκτρισμός που παράγεται αποθηκεύεται σε 24 μπαταρίες οι οποίες όλες μαζί είναι 70 KW και μπορούν να παρέχουν ενέργεια στο σπίτι για περίπου 48 ώρες.

Το "Natural Fusion" είναι η πρώτη κατοικία, που χρησιμοποιεί την τεχνολογία των κυλινδρικών φωτοβολταϊκών "Solyndra", που απορροφούν περισσότερο ηλιακό φως κατά τη διάρκεια μιας ημέρας σε σχέση με τους συμβατικούς επίπεδους συλλέκτες. Πρόκειται για επιμήκεις κύλινδροι τυλιγμένοι σε μια λεπτή σκούρα μπλε μεμβράνη που επιτρέπουν την περιστροφή 360 μοιρών της ηλιακής συλλογής. Με αυτό τον τρόπο υπάρχει αρκετό φως και οξυγόνο που αποτελούν την αναγκαία βάση για τη διατήρηση της ζωής των φυτών στη συνέχεια.

Χρησιμοποιώντας ένα φυτεμένο δώμα κάτω από τους συλλέκτες αντί για την συμβατική λευκή στέγη, η ανακλαστικότητα ήταν ελαφρώς λιγότερο αποτελεσματική. Αλλά η επουσιώδης διαφορά ισοφαρίζεται και με το παραπάνω από την δροσιστική επίδραση των φυτών που βρίσκονται από κάτω.

Στο σπίτι υπάρχουν επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες που αποτελούν μέρος ενός συστήματος χωρίς αντλίες, το οποίο θερμαίνει το νερό για την εγχώρια παροχή ζεστού νερού για το σπίτι και μπορεί να προσφέρει συμπληρωματική θέρμανση για το ζωτικό χώρο, αν η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή. Επειδή το σύστημα είναι χωρίς ηλεκτρικές αντλίες δεν χρησιμοποιείται καθόλου ηλεκτρική ενέργεια για την παραγωγή ζεστού νερού από την ηλιακή ενέργεια. Επίσης, το ίδιο το σύστημα είναι αυτοελεγχόμενο και λειτουργεί μόνο όταν υπάρχει ήλιος.

Η βασική ροή του συστήματος είναι ότι οι συλλέκτες απορροφούν ενέργεια από τον ήλιο. Αυτό θερμαίνει το νερό στους συλλέκτες. Το ζεστό νερό υψώνεται στην κορυφή του συστήματος και περνά μέσω της παθητικής μονάδας αντλιών. Το νερό ρέει έπειτα στη δεξαμενή θερμού νερού και θερμαίνει το νερό στη δεξαμενή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή θερμού νερού. Το ψυχρό νερό μετακινείται στη συνέχεια πίσω στους συλλέκτες και η διαδικασία ξεκινά και πάλι.

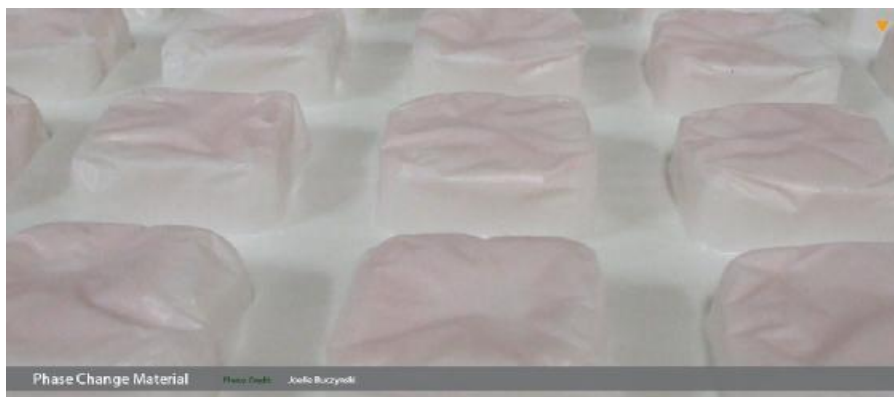
Οι ειδικές σακούλες που έχουν εγκατασταθεί στα τοιχώματα που μπορούν να γεμίσουν με νερό, μία φορά, όταν γίνει η τελική τοποθέτησή του σπιτιού παρέχουν στο σπίτι την θερμική μάζα (Σχήμα 13). Αυτές οι <<σακούλες νερού>> θα απορροφούν την θερμότητα από τον ήλιο την ημέρα και θα την απελευθερώνουν κατά τη νύχτα σταδιακά προς τον εσωτερικό χώρο του σπιτιού, μειώνοντας τις ανάγκες σε βοηθητική θέρμανση.





**Σχήμα 13** :Σακούλες νερού

Για την περαιτέρω αύξηση της θερμικής μάζας του σπιτιού έχει εγκατασταθεί υλικό αλλαγής φάσης υψηλής θερμοχωρητικότητας στους τοίχους (Σχήμα 14). Το υλικό αυτό απορροφά την ενέργεια με την αλλαγή από ένα στερεό σε ένα υγρό και την απελευθερώνει με την αλλαγή από υγρό σε στερεό.



**Σχήμα 14** : Υλικό αλλαγής φάσης

Για την παροχή φρέσκου αέρα έχει τοποθετηθεί ένας εξαεριστήρας ενεργειακής ανάκτησης (ERV). Αυτός ο εξαεριστήρας ανταλλάσσει τη θερμότητα και την υγρασία μεταξύ του εισερχόμενου φρέσκου αέρα και του εξερχόμενου αέρα για να παρέχει φρέσκο αέρα στους κατοίκους.

Ο υπαίθριος και εσωτερικός φωτισμός έχει σχεδιαστεί ώστε να παρέχει τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα. Τα φώτα διάβασης πεζών έχουν επιλεχτεί και έχουν κατευθυνθεί ώστε να δημιουργούν φωτεινές διαβάσεις ως προς το σπίτι κατά τη διάρκεια της νύχτας. Με τον περιορισμό του αριθμού συσκευών φωτισμού, προσπάθησαν να παρουσιάσουν μεμονωμένα αποτελέσματα κάθε συσκευής φωτισμού με στόχο την μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση.

Το σχέδιο φωτισμού υποστηρίζει τη σύνδεση μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος. Η υψηλότερη φωτεινότητα

στις εσωτερικές επιφάνειες θα βοηθήσει να ενισχύσουν τη μορφή εσωτερικών χώρων και να δημιουργήσουν ένα επίπεδο διαφάνειας με το εξωτερικό.

Η έννοια του Natural Fusion υποστηρίζεται μέσω της ένταξης του φωτισμού στις αρχιτεκτονικές μορφές του σπιτιού, που ποικίλλει ανάλογα με τη αισθητική συσκευή φωτισμού (από το εξωτερικό προς τα μέσα), την αφθονία φωτός της ημέρας, και τον έλεγχο των κατόχων. Το σχέδιο φωτισμού του ηλιακού σπιτιού παρέχει επίσης τον ποιοτικό φωτισμό που δημιουργεί ένα ευχάριστα οπτικά περιβάλλον και έναν άνετο χώρο διαβίωσης.

Ένα άλλο στοιχείο του ενεργειακού σχεδιασμού του σπιτιού είναι η ηλιακή τέντα. Η τέντα παρέχει σκιά από τον καλοκαιρινό ήλιο και επιτρέπει στο χειμωνιάτικο ήλιο να εισέλθει στο σπίτι υποβοηθώντας έτσι τη θερμική μάζα και την παροχή του φυσικού φωτισμού

Για την διατήρηση της θερμοκρασίας στα επιθυμητά επίπεδα, τα παράθυρα του σπιτιού αποτελούνται από ειδικά μονωτικά υλικά που λειτουργούν ως θερμομονωτικά.

Όλα τα ηλεκτρικά συστήματα λειτουργούν πιο αποτελεσματικά σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατόν να συνδυαστούν πολλαπλά συστήματα και να αυξηθεί η συνολική αποτελεσματικότητα. Ο συνδυασμός των συστημάτων δεν επιτρέπει μόνο στο σπίτι να λειτουργεί με αυξημένη αποτελεσματικότητα, αλλά αποτελεί και παράδειγμα της φιλοσοφίας του "Natural Fusion" για τον συνδυασμό της φύσης με τις ανθρώπινες κατασκευές, της αισθητικής με τη λειτουργικότητα, κι όλα αυτά χρησιμοποιώντας μια νεωτεριστική βιώσιμη τεχνολογία.

Κύριος στόχος από την κατασκευή του μέχρι και την καθημερινή λειτουργία του, το "Natural Fusion" είναι να παράγει μηδενικές εκπομπές.

Μαζί με μεγάλους τεχνολογικούς νεωτερισμούς, το σπίτι ενσωματώνει και διάφορα αρχιτεκτονικά ευρήματα που το κάνουν ιδιαίτερο. Οι ξύλινοι εξωτερικοί τοίχοι είναι ενός παλιού αχυρώνα της περιοχής που ανακυκλώθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν στην επίστρωση του δαπέδου προσδίδοντας ιδιαίτερο χαρακτήρα στο σπίτι καθώς έχει και παρελθόν πίσω του.

Εντωμεταξύ, ο μεσότοιχος ανάμεσα στην κουζίνα και το μπάνιο, που ονομάζεται από την ομάδα "Το Πηγάδι της Ζωής", είναι ένας εσωτερικός κήπος με βότανα και άλλα φυτά που μπορούν να κοπούν κατευθείαν από τον τοίχο και να μπουν στο φαγητό.



**Σχήμα 15 :** μεσότοιχος ανάμεσα στην κουζίνα και το μπάνιο

Αφιερώθηκε πολύ σκέψη στο πώς μπορεί να γίνει το σπίτι ελκυστικό για να ζουν οι άνθρωποι με οικολογικά βιώσιμο τρόπο. Σχεδιάστηκε έχοντας στο νου τον τελικό αποδέκτη, την υψηλή τεχνολογία και την απλότητα. Το αποτέλεσμα είναι ένα σπίτι υπέροχα απλό, υπό την έννοια ότι η τεχνολογία δεν χρειάζεται να είναι περίπλοκη για να δουλεύει σωστά. Έγινε μια κατασκευή για την πραγματική ζωή με την εισαγωγή εφαρμογών και δυνατοτήτων που μπορούν να ενταχθούν στην παραγωγή και να κάνουν αμέσως τη διαφορά.

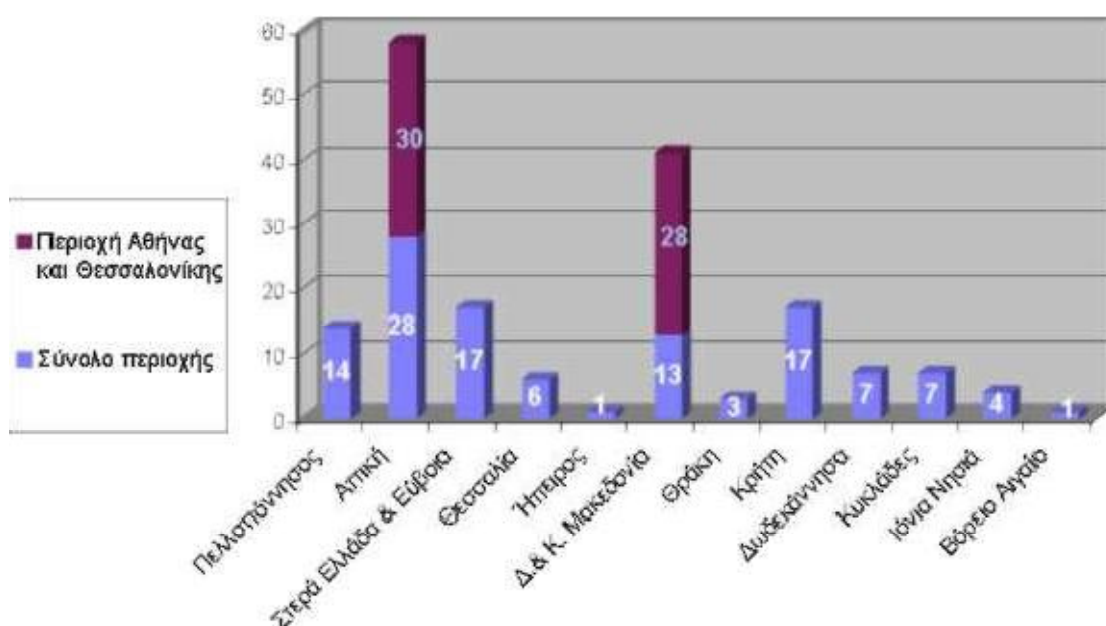
## **2.6 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Σύμφωνα με έρευνες, στην Ελλάδα σήμερα υπάρχουν περίπου 180 εφαρμογές βιοκλιματικών κτιρίων, εκ των οποίων οι 2 αποτελούν οικιστικά σύνολα (Καλαμάτας, Πεύκης). Από αυτά, ο μεγαλύτερος αριθμός των κτιρίων βρίσκεται στην περιοχή της Αττικής (58 περιπτώσεις συμπεριλαμβανομένου του Ηλιακού Χωριού) και στη Μακεδονία (41 περιπτώσεις κτιρίων). Με ένα μέσο αριθμό εφαρμογών έχουν καταγραφεί βιοκλιματικά κτίρια στην υπόλοιπη Στερεά Ελλάδα και Εύβοια (17), στην Κρήτη (17) και στην Πελοπόννησο (14) και μικρότερο στις υπόλοιπες περιοχές (Σχήμα 16).

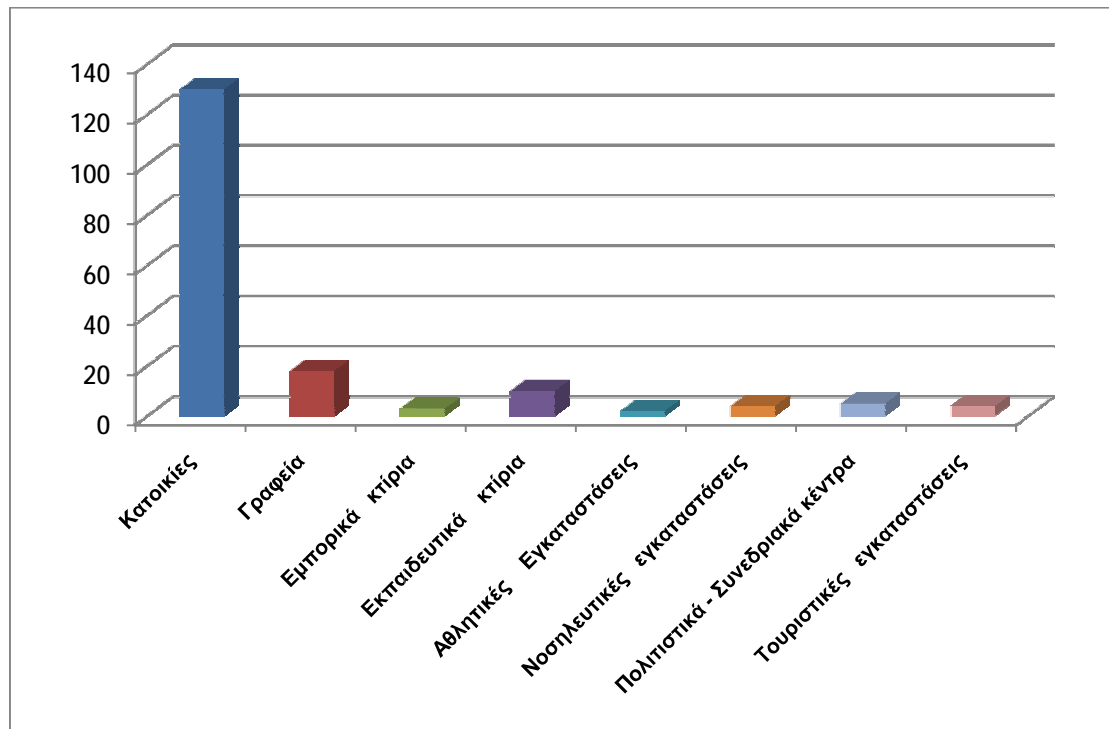
Η εφαρμογή παθητικών συστημάτων στο κέλυφος των κτιρίων για αυξημένα κέρδη από την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας, κυρίως αφορά στον τομέα κατοικίας χαμηλού ύψους (έναν-δύο ορόφους). Η χρήση παθητικών συστημάτων για θέρμανση και ψύξη, σε άλλες χρήσεις



κτιρίων δεν έχει εφαρμοστεί ιδιαίτερα. Στην Ελλάδα, μόνο την τελευταία δεκαετία έχει ξεκινήσει να εφαρμόζεται ο βιοκλιματικός σχεδιασμός σε κτίρια του τριτογενή τομέα, στα πλαίσια της συνολικότερης νέας αντιμετώπισης του σχεδιασμού. Έτσι, από τα ήδη καταγεγραμμένα κτίρια, το 74% των περιπτώσεων αφορά σε κτίρια κατοικίας, ενώ, μία πιο λεπτομερής κατανομή σε χρήσεις του τριτογενή τομέα δίνει τα μεγαλύτερα ποσοστά σε κτίρια γραφείων και εκπαίδευσης (Σχήμα 17). Όσον αφορά τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, στην κάθε κατοικία έχει εγκατασταθεί ηλιακός συλλέκτης για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Για τη βοηθητική θέρμανση των χώρων υπάρχουν ηλεκτρικά θερμαντικά σώματα.



**Σχήμα 16:** Αριθμός βιοκλιματικών κτηρίων ανά γεωγραφική περιοχή



**Σχήμα 17:** Αριθμός βιοκλιματικών κτιρίων ανά χρήση

### 2.6.1 Παθητικά συστήματα που εφαρμόζονται στα κτίρια στην Ελλάδα

Η χρήση παθητικών συστημάτων στα βιοκλιματικά κτίρια στην Ελλάδα αξιοποιείται κατά τη χειμερινή περίοδο κυρίως για εξοικονόμηση ενέργειας και βελτίωση των συνθηκών άνεσης, ενώ για τη θερινή περίοδο κυρίως για εξασφάλιση θερμικής άνεσης (αφού αφορά κατά πλειοψηφία σε μη-κλιματιζόμενα κτίρια) μέσω απλών μεθόδων και τεχνικών φυσικού δροσισμού.

Από τα συστήματα και τις τεχνικές που έχουν ευρύτερα εφαρμοστεί σε βιοκλιματικά κτίρια, την κύρια θέση κατέχουν απλές τεχνικές για μεγιστοποίηση των νότιων ανοιγμάτων (παθητικά συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους για θέρμανση), που εμφανίζονται στο 81% των κτιρίων (αποκλειστικά στο 11%) και χρήση ηλιακών χώρων έμμεσου κέρδους (κυρίως θερμοκήπια, που εμφανίζονται στο 42% των κτιρίων). Ηλιακοί τοίχοι (Trombe, μάζας και θερμοσιφωνικά πανέλα), εμφανίζονται στο 27% των κτιρίων που έχουν καταγραφεί. Από τους ηλιακούς τοίχους, το 68% αποτελούν οι τοίχοι Trombe, 11% οι τοίχοι μάζας, 4% τοίχοι νερού και 17% τα θερμοσιφωνικά πανέλα. Σε μια περίπτωση μόνο υπάρχει rock bed, το οποίο λειτουργεί σε συνδυασμό με θερμοσιφωνικό πανέλο. Επί πλέον, η αυξημένη θερμομόνωση, η διαφοροποιημένη μη συμβατική κατασκευή των εξωτερικών τοιχοποιιών,

τα φυτεμένα δώματα και η ελαχιστοποίηση των βορινών ανοιγμάτων προσφέρουν επιπρόσθετη προστασία τον χειμώνα.

Αντίστοιχα για τη θερινή περίοδο, ο σκιασμός, η ελαχιστοποίηση των δυτικών ανοιγμάτων και ο διαμπερής αερισμός αποτελούν κύριες τεχνικές φυσικού δροσισμού που εμφανίζονται σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις που έχουν καταγραφεί. Η ηλιοπροστασία επιτυγχάνεται με εξωτερικά ή εσωτερικά συστήματα σκιασμού και συγκεκριμένα, ειδικά συστήματα ηλιοπροστασίας αναφέρονται στο 29% των περιπτώσεων και φύτευση του περιβάλλοντος χώρου στο 9% των περιπτώσεων.

Άλλα παθητικά συστήματα που έχουν εφαρμοστεί στην Ελλάδα είναι τα ηλιακά αίθρια, φεγγίτες οροφής για βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού, καμινάδες δροσισμού και σωλήνες εδάφους. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο φυσικός αερισμός, αν και δεν επισημαίνεται ιδιαίτερα από τους μελετητές, εφαρμόζεται στο σύνολο των κτιρίων.

## **2.6.2 Ενεργειακή απόδοση βιοκλιματικού σχεδιασμού στην Ελλάδα**

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα ερευνών και διάφορων προσομοιώσεων ειδικότερα που εκπονήθηκαν βάσει των καταγεγραμμένων πραγματικών συνθηκών χρήσης των κτιρίων, οι ενεργειακές καταναλώσεις που προκύπτουν για τη θέρμανση των βιοκλιματικών κατοικιών (κτιρίων συνεχούς χρήσης) στην Α' κλιματική ζώνη κυμαίνονται από 25 έως 42 KWh/m<sup>2</sup>, στη Β' κλιματική ζώνη από 28 έως 55 KWh/m<sup>2</sup>, ενώ στη Γ' κλιματική ζώνη από 44 έως 90 KWh/m<sup>2</sup> ετησίως. Εκτιμάται δε ότι σε σχέση με τα συνήθη συμβατικά κτίρια κατασκευής μετά το 1979 (έτος εφαρμογής του Κανονισμού Θερμομόνωσης) τα βιοκλιματικά κτίρια παρουσιάζουν εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 30%, ενώ σε σχέση με παλαιότερα αμόνωτα κτίρια η αντίστοιχη εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε ποσοστό της τάξης του 80% .

Επίσης προκύπτει ότι η εξοικονόμηση ενέργειας που επιφέρει η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων είναι ιδιαίτερα σημαντική – ανεξαρτήτως της χρήσης των βιοκλιματικών κτιρίων. Αποτελεί όμως παράμετρο σχεδιασμού, η οποία πρέπει να συνδυάζεται παράλληλα με τη λήψη μέτρων ηλιοπροστασίας και σκιασμού, για μείωση των ηλιακών κερδών κατά τη θερινή περίοδο (και άρα, των αναγκών δροσισμού). Εκτός από τα σημαντικά θερμικά οφέλη των συστημάτων άμεσου κέρδους, η συμβολή άλλων συστημάτων

έμμεσου κέρδους στη συνολική ενεργειακή συμπεριφορά των βιοκλιματικών κτιρίων είναι εξ ίσου σημαντική.

Ειδικότερα, από μια προσομοιωτική ανάλυση προκύπτει ότι στην υφιστάμενη κατάσταση των κτιρίων:

- οι θερμοκηπιακοί χώροι αποδίδουν έως 30%.
- οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης (ηλιακοί) μπορούν να επιφέρουν εξοικονόμηση ενέργειας που ξεπερνά το 40% σε κτίρια κατοικιών στην Α και Β κλιματική ζώνη, ενώ στη Γ' κλιματική ζώνη φθάνει το 12%.

Η εξοικονόμηση ενέργειας λόγω των **αυξημένων νότιων ανοιγμάτων** εξαρτάται από την επιφάνεια των ανοιγμάτων, αλλά και τη συνολική λειτουργία του κτιρίου (μόνωση, εσωτερικά κέρδη, κλίμα της περιοχής, κλπ.). Σε ορισμένες περιπτώσεις, η αυξημένη γυάλινη επιφάνεια, λόγω των μεγάλων νυχτερινών απωλειών θερμότητας σε περιοχές με ψυχρές νύχτες, συντελεί στην αύξηση του φορτίου θέρμανσης του κτιρίου. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να περιοριστεί με τη χρήση νυχτερινής μόνωσης στα ανοίγματα.

Τα **θερμοκήπια (ηλιακοί χώροι)** είναι το πιο διαδεδομένο παθητικό ηλιακό σύστημα στα κτίρια στην Ελλάδα. Η απόδοσή τους εξαρτάται από το μέγεθός τους και τον τρόπο χρήσης τους και είναι παρόμοια και στις 3 κλιματικές ζώνες της χώρας.

Όλα τα θερμοκήπια έχουν σύστημα σκίασης, είτε εξωτερικά είτε εσωτερικά και έχουν ανοιγόμενα τμήματα για το θερινό αερισμό τους. Η θερινή αυτή προστασία των θερμοκηπίων έχει ως αποτέλεσμα να μην υπάρχει ιδιαίτερη θερμική επιβάρυνση του κτιρίου από τα θερμοκήπια. Στις περισσότερες περιπτώσεις τα θερμοκήπια έχουν αδιαφανή οροφή, ή η οροφή τους είναι απόλυτα σκιαζόμενη κατά τους θερινούς μήνες. Η θερμική επιβάρυνση από την οροφή είναι σημαντική το καλοκαίρι, και για τολόγο αυτό, συνιστώνται τα θερμοκήπια με αδιαφανή στέγη.

Η απόδοση των **ηλιακών τοίχων** εξαρτάται από το μέγεθός τους σε σχέση με το κτίριο, αλλά και από τη χρήση του κτιρίου. Τοίχοι θερμικής αποθήκευσης και θερμοσιφωνικά πανέλα μικρά σε μέγεθος έχουν μικρή συνεισφορά στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Οι ηλιακοί τοίχοι, όταν δεν σκιάζονται και δεν αερίζονται, επιβαρύνουν εν γένει το κτίριο το καλοκαίρι. Μπορούν όμως να συνεισφέρουν και θετικά εφόσον σκιάζονται και, ιδιαίτερα, όταν αξιοποιούνται για το φυσικό αερισμό του κτιρίου.

## 2.7 ΤΟ ΠΡΑΣΙΝΟ ΣΠΙΤΙ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ

Γενικά όλοι έχουμε την απορία για το πώς μπορεί να είναι ένα <<πράσινο>> σπίτι του μέλλοντος. Έτσι λοιπόν παρουσιάζονται κάποιες ιδέες για το πώς μπορεί να είναι χωρίς να έχουν ληφθεί υπόψη δεσμεύσεις τους συμβατικής αρχιτεκτονικής, το κόστος, η τεχνολογία ή τον τρόπο που χρησιμοποιούμε στη διαβίωση μας.

### 1. ΤΟ ΣΠΙΤΙ – ΔΕΝΤΡΟ



Στο συγκεκριμένο σπίτι η ελαφριά καμπύλη στέγη είναι ένα ηλιακό πάνελ ενσωματωμένο στο κέλυφος ώστε να αποφθεχθεί το αισθητικό πρόβλημα των υπαρχουσών τεχνολογιών. Αποτελείται από λεπτά μονωτικά φιλμ τα οποία :

- Καθαρίζονται από μόνα τους, χρησιμοποιώντας μια επίστρωση που χρησιμοποιεί την υπεριώδη ακτινοβολία για τη διάσπαση των οργανικών ρύπων τους οποίους παρασύρει στη συνέχεια το νερό της βροχής (αντίστοιχη τεχνολογία έχουν και τα αυτοκαθαριζόμενα τζάμια).
- Επουλώνονται από μόνα τους, όπως για παράδειγμα κάποιοι χρωματισμοί αυτοκινήτων με μικροσκοπικές κάψουλες που ελευθερώνουν μπογιά για να καλύψουν κάποια γρατσουνιά.

Η αρχή λειτουργίας της στέγης είναι σαν αυτή του φύλλου καθώς διαθέτει μια στρώση που φωτοσυνθέτει. Με αυτό τον τρόπο καθώς δεσμεύει την ηλιακή ενέργεια για την παραγωγή ρεύματος για τις ανάγκες του σπιτιού παράγει οξυγόνο ώστε να αντισταθμιστεί η παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα που εκλύεται από τις λειτουργίες της κατοικίας. Η στέγη προβάλλει έξω από το περίγραμμα των τοίχων ώστε να σκιάζει το εσωτερικό για να περιορίζονται τα θερμικά κέρδη το καλοκαίρι και αντίστοιχα η ζήτηση για μηχανικό κλιματισμό. Η στέγη μονώνει το σπίτι καθώς φυτεύεται και μετατρέπεται σε έναν εξωτερικό κήπο.

Ο κορμός του κτιρίου δε χρησιμοποιεί μεταλλικά ή ξύλινα δοκάρια και υποστυλώματα αλλά αντίθετα ελαφριά, μικρής κατανάλωσης πόρων και ενέργειας, σωληνωτά στοιχεία. Έτσι και τα θεμέλια (ρίζες) αποτελούν ένα σύστημα γεωθερμίας κάτω από την αυλή, που μέσω της σταθερής θερμοκρασίας στο χώμα ρυθμίζει την εσωτερική θερμοκρασία του σπιτιού, προσφέροντας ζέστη το χειμώνα όταν η θερμοκρασία του χώματος είναι μεγαλύτερη από αυτή του περιβάλλοντος και δροσιά το καλοκαίρι όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι υψηλότερη.

Τέλος στο σχεδιασμό γίνεται πρόβλεψη για την ολοκλήρωση του κύκλου ζωής του σπιτιού. Σαν ένα δέντρο που επιστρέφει στη γη, έτσι τα μέρη του κτιρίου θα πρέπει να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε άλλες κατασκευές ή να απομακρυνθούν με φυσικό τρόπο χωρίς να βλάπτουν το περιβάλλον. Κάτι τέτοιο δε συμβαίνει σήμερα, καθώς πολλά από τα υλικά που χρησιμοποιούνται, τα χημικά μονωτικά, επιστρώσεις στα παράθυρα και χρωματισμοί, περιέχουν ουσίες που μολύνουν το περιβάλλον όταν απορρίπτονται στο έδαφος (υδράργυρος και άλλα βαριά μέταλλα).



## 2. ΤΟ ΣΠΙΤΙ – ΕΡΠΕΤΟ



Η φιλοσοφία του σπιτιού - ερπετό είναι να μιμηθεί τον τρόπο που η φύση αντιμετωπίζει τα προβλήματα προσαρμογής και επιβίωσης και παράλληλα να χρησιμοποιεί την τεχνολογία με τον καλύτερο τρόπο. Πρόκειται για μια διττή αντιμετώπιση που βλέπει το σπίτι ως χώρο ζωής και όχι απλά ως τεχνική κατασκευή που καταναλώνει ενέργεια.

Γνωρίζουμε πως μερικά είδα σαύρας μπορούν, ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος, να αλλάζουν το χρώμα του δέρματος τους αλλά και να μαζεύουν σταγονίδια νερού από το δέρμα τους. Έτσι λοιπόν το σπίτι εμπνευσμένο από αυτό διαθέτει ένα διμορφικό κέλυφος που προσαρμόζεται στις εξωτερικές συνθήκες. Παίρνει σκούρο χρώμα κατά τη διάρκεια των ζεστών ημερών για να μονώσει το εσωτερικό και να το προστατέψει από την υπερθέρμανση, ενώ τις ψυχρότερες μέρες γίνεται διαφανές για να απορροφήσει όσο το δυνατόν περισσότερο φως και θερμότητα από τον ήλιο.

Υπάρχει ένας συνδυασμός τεχνολογιών όπως τα ηλιακά πάνελα στους τοίχους και τη στέγη που παράγουν ηλεκτρισμό και ζεστό νερό, με παραδοσιακές τεχνικές, όπως καμινάδες που προκαλούν την κατακόρυφη κίνηση του αέρα και ενισχύουν τον φυσικό αερισμό. Η όψη του είναι μοντέρνα, εντάσσεται όμως εύκολα και σε μια παραδοσιακή γειτονιά υιοθετώντας και κάποιες συμβατικές μορφές. Το χαρακτηριστικό του σημείο είναι μια προεξοχή στην πρόσοψη από όπου οι ιδιοκτήτες του

μπορούν να παρατηρούν το δρόμο, τους γείτονες και τον ορίζοντα - κάτι που προσφέρει αίσθημα ασφάλειας.

### 3. ΤΟ ΣΠΙΤΙ – ΜΠΟΣΤΑΝΙ



Το αντικείμενο αυτής της ιδέας δεν αφορά μόνο την αρχιτεκτονική αλλά και το μέλλον της παραγωγής φαγητού. Οι σχεδιαστές του το αποκαλούν «βρώσιμο σπίτι». Η πρόσοψή του αποτελείται από έναν κατακόρυφο κήπο όπου καλλιεργείται αρακάς, ντομάτες, ρόκα και πράσινο τσάι, τα οποία οι ιδιοκτήτες του σπιτιού μπορούν να κόβουν και να τα χρησιμοποιούν για τα καθημερινά τους γεύματα. Ο κήπος αυτός προσφέρει επίσης σκιά και δροσίζει το σπίτι καθώς απορροφά τη θερμότητα καλύτερα από ότι ένας τοίχος από ξύλο, σοβά ή γυαλί.

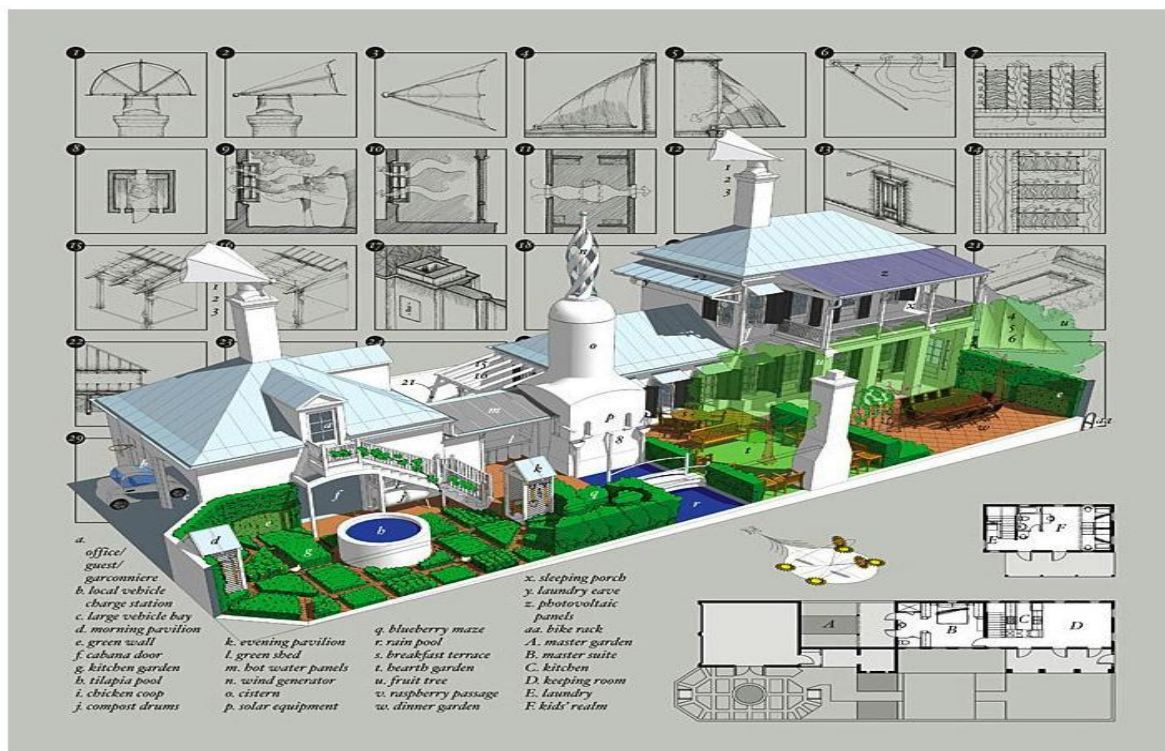
Εκτός από τον κάθετο κήπο, το σπίτι διαθέτει στην οροφή του δεξαμενή συλλογής και αποθήκευσης βρόχινου νερού για την εξυπηρέτηση των αναγκών του. Η δεξαμενή λειτουργεί και ως μονωτική



ζώνη προσφέροντας δροσιά. Στη στέγη φιλοξενούνται και μικρές ανεμογεννήτριες καθώς και φωτοβολταϊκές συστοιχίες για την παραγωγή οικιακής ηλεκτρικής ενέργειας.

Το σπίτι διατάσσεται σε τρεις ορόφους σαν μια μικρή αστική πολυκατοικία ώστε να περιοριστεί η κατανάλωση ενέργειας και να εξοικονομηθεί δομημένος χώρος. Οι τρεις όροφοι είναι ο καθένας ένα προκατασκευασμένο κοντέινερ που μπορεί να μετακινηθεί, ανεξάρτητα ή όλα μαζί, σε άλλο σημείο. Η προκατασκευή συνδυάζεται στη σημερινή πραγματικότητα με χαμηλής ποιότητας κτήρια και η ιδέα αυτή επιδιώκει να αναιρέσει αυτή την προκατάληψη. Η τυποποιημένη κατασκευή των προκατασκευασμένων σπιτιών περιορίζει τις κακοτεχνίες λόγω των οποίων σπαταλιέται ενέργεια. Τα τμήματα μιας τυποποιημένης κατασκευής μεταφέρονται τέλος ευκολότερα στο σημείο εγκατάστασης και περιορίζεται έτσι η ενέργεια που απαιτείται γι' αυτό το σκοπό.

#### 4. ΤΟ ΣΠΙΤΙ ΑΠΟ ΤΟ ΠΑΡΕΛΘΟΝ



Το να κοιτά στο μέλλον δεν είναι ο μοναδικός τρόπος για να είναι κανείς καινοτόμος. Ο αρχιτέκτονας σε αυτή την περίπτωση ανακαλύπτει ξανά αρχαίες βιοκλιματικές τεχνικές και τις ενισχύει με άλλες σύγχρονες. Τα σύγχρονα ηλιακά πανέλα στους τοίχους και την οροφή παράγουν ηλεκτρισμό και ζεστό νερό, ενώ η παραδοσιακή καμινάδα φυσικού εξαερισμού που ενσωματώνει στο σχεδιασμό αποτελεί μια αρχαία μορφή

air-conditioning. Η λειτουργία της καμινάδας βασίζεται στη διαφορά πίεσης στο εσωτερικό της με το περιβάλλον που ωθεί το ζεστό αέρα να ανεβαίνει προς τα πάνω και να απομακρύνεται. Παράλληλα ψυχρότερος αέρας κινείται απ' έξω προς το εσωτερικό του σπιτιού για να καλύψει το κενό δημιουργώντας ένα ευχάριστο «αεράκι» που δροσίζει τους κατοίκους του σπιτιού.

Το σπίτι αυτό λειτουργεί επίσης ως πηγή τροφής καθώς στα σχέδια του αρχιτέκτονα είναι η επικάλυψη των τοίχων με πεπονιές. Παράλληλα σε μια τεχνητή λίμνη στον κήπο θα εκτρέφονται ψάρια προς κατανάλωση, ένας χαμηλού ενεργειακού φορτίου τρόπος πρόσληψης πρωτεϊνών για τους ενοίκους.

Προτεραιότητα πάντως για τον αρχιτέκτονα αποτελεί, εκτός από τη διαμόρφωση των ανεξάρτητων κατοικιών, η δημιουργία μιας γειτονιάς φιλικής προς τους πεζούς. Το σπίτι δεν πρέπει να είναι παράξενο, αλλά αντίθετα απλό και κατανοητό από τους πολλούς και, τελικά, «αγαπητό» από αυτούς.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΗΛΙΑΚΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ



#### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το αυτοκίνητο, με κινητήρα του Νικολάου Όττο εσωτερικής καύσης και καύσιμο τη βενζίνη εφευρέθηκε στη Γερμανία το 1885, από τον Κάρλ Μπέντς. Αυτοκίνητα με μηχανές εσωτερικής καύσης παράχθηκαν για πρώτη φορά στη Γερμανία από τον Κάρλ Μπέντς το 1885-1886 και Γκότλιμπ Ντάιμλερ ανάμεσα στο 1885 και 1889. Ένας ακόμη σταθμός στην ιστορία σημειώνεται το 1892. Είναι το έτος που ο Ρούντολφ Ντίζελ κατασκευάζει τον πρώτο κινητήρα εσωτερικής καύσης με καύσιμο το πετρέλαιο. Αρχικά ο κινητήρας του δεν χρησιμοποιήθηκε στα αυτοκίνητα, καθώς ήταν αρκετά βαρύς, αλλά το 1898 κινητήρες ντίζελ χρησιμοποιούνταν σε εργοστάσια, για να κινούν αντλίες σε

υδρευτικά και αρδευτικά δίκτυα, σε θαλάσσια οχήματα κτλ. Με τη συνεχή βελτίωση του, ο κινητήρας ντίζελ άρχισε να χρησιμοποιείται σε φορτηγά αυτοκίνητα και αργότερα σε λεωφορεία. Η παραγωγή επιβατικών αυτοκινήτων συνεχίστηκε και διαδόθηκε και σε άλλες χώρες.

Η κατασκευή αυτοκινήτων αυξανόταν με ταχείς ρυθμούς, ωστόσο το υψηλό κόστος και οι δυσκολίες ένταξης του στην πραγματικότητα της εποχής, δεν επέτρεψαν την διάδοση του προϊόντος στις ευρείες λαϊκές μάζες. Με την αύξηση της παραγωγής, την εύρεση φτηνών πρώτων υλών και εργατικών το κόστος τους μειώθηκε με αποτέλεσμα να απογειωθούν οι πωλήσεις τους. Ιδιαίτερα μετά τον β΄ παγκόσμιο πόλεμο ζούμε κάτω από το άστρο του αυτοκινήτου. Ενός άστρου που υποσχόταν, μέσω της ταχύτητας, να εκμηδενίσει τις αποστάσεις, να μειώνει τις μετακινήσεις, και να βελτιώσει την ποιότητα ζωής. Δεν είναι τυχαίο, άλλωστε, ότι ο αριθμός των αυτοκινήτων ανά κάτοικο μιας χώρας αποτελεί ακόμα και σήμερα έναν από τους δείκτες ανάπτυξης των κλασικών οικονομιών. Με το πέρασμα του χρόνου οι μεγάλες πληθυσμιακές συγκεντρώσεις, σε πόλεις-τέρατα(μια από αυτές είναι και η Αθήνα) μετέτρεψαν το αυτοκίνητο σε παράγοντα δημιουργίας κι όχι επίλυσης προβλημάτων. Πολλοί άνθρωποι σήμερα είναι απόλυτα εξαρτημένοι από τη χρήση του, ακόμα και για τις μικρότερες αποστάσεις και μάλιστα μέσα στις δύσκολες κυκλοφοριακές συνθήκες των πόλεων, όπου η χρησιμοποίηση του ποδηλάτου η λειτουργικών μαζικών μέσων μεταφοράς θα ήταν σωτηρία και από την πρακτική άποψη της εξοικονόμησης χρόνου.

Η αλόγιστη μαζική χρήση του αυτοκινήτου <<ταχύτητα για το πουθενά>> έχει φτάσει σε σημείο να θεωρείτε σε παγκόσμιο επίπεδο ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα, τουλάχιστον από τη πλευρά της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Τα περισσότερα αυτοκίνητα σήμερα χρησιμοποιούν σαν καύσιμο τη βενζίνη ή πετρέλαιο, τα οποία προκαλούν μόλυνση της ατμόσφαιρας και κατηγορούνται ότι συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή και το φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς στα καυσαέρια περιέχονται, διοξείδιο του άνθρακα, μονοξείδιο του άνθρακα, οξείδια του αζώτου, του θείου και στερεά μικροσωματίδια. Πιο συγκεκριμένα το αυτοκίνητο συμβάλλει στην ατμοσφαιρική ρύπανση ως εξής :

- **Πάνω από 50% της έκλυσης ρυπογόνων ουσιών όπως οξείδια του αζώτου και μονοξείδιο του άνθρακος προέρχονται από τα οχήματα οδικών μεταφορών.**

- **60% για το μονοξείδιο του άνθρακα (CO)**

Επιδρά αρνητικά στην υγεία καθώς μειώνει την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο στους ιστούς, δημιουργώντας έτσι προβλήματα στο καρδιαγγειακό και το νευρικό σύστημα.

- **30% για τα οξείδια του αζώτου (Nox)**

Αποτελεί τον κύριο ρύπο του νέφους και της όξινης βροχής. Προκαλεί αναπνευστικά προβλήματα στους ασθματικούς και στα παιδιά, ενώ επηρεάζει και τη βλάστηση.

- **50% για τους υδρογονάνθρακες (HC)**

- **20% για το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>)**

Είναι το σημαντικότερο αέριο που συμβάλλει στην αποσταθεροποίηση του κλίματος του πλανήτη. Έχει άμεση σχέση με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και κατά συνέπεια με ακραία καιρικά φαινόμενα όπως πλημμύρες, ξηρασία, αλλά και επιπτώσεις στα οικοσυστήματα και την οικονομία είναι μερικά από τα δυσάρεστα που συνοδεύουν την εξάρτηση μας από τα ορυκτά καύσιμα.

Έτσι λοιπόν καταλαβαίνουμε πως η εξέλιξη του αυτοκινήτου θα πρέπει να στραφεί σε ένα πιο <<πράσινο>> δρόμο.

Η ιδέα της οδήγησης ενός αυτοκινήτου που παράγει μηδενικές επιβλαβείς εκπομπές, που δεν απαιτεί ακριβά καύσιμα είναι αθόρυβο και έχει πολύ χαμηλή συντήρηση, απασχολούσε και απασχολεί την επιστημονική κοινότητα. Τα ηλιακά αυτοκίνητα δεν παράγουν καμία επιβλαβή εκπομπή στον αέρα όταν κινούνται. Δεδομένου ότι ο ήλιος είναι διαθέσιμος στον καθένα πάντα κατά τη διάρκεια της ημέρας και χωρίς κανένα κόστος, το ηλιακό αυτοκίνητο δεν απαιτεί οποιαδήποτε ανεφοδιασμό σε καύσιμα και αλλαγές του πετρελαίου. Αυτό σημαίνει ότι μια ηλιόλουστη ημέρα, μπορεί οδηγηθεί απευθείας όλη την ημέρα. Βρίσκονται ακόμα σε πειραματικό στάδιο αλλά, η εξέλιξη τους παρουσιάζει ενδιαφέρον.

Για περισσότερο από δύο δεκαετίες πανεπιστήμια σε όλο τον κόσμο έχουν εξετάσει και έχουν πειραματιστεί σε αυτό το θέμα. Η εργασία και μελέτη τους σε αυτό τον τομέα έχει συμβάλει σε πολύ μεγάλο βαθμό στην εξέλιξη των ηλιακών αυτοκινήτων. Επίσης ένα μεγάλο κίνητρο ώστε να κατασκευάσουν ένα ηλιακό αυτοκίνητο όσο το δυνατόν αποδοτικότερο αποτέλεσε και η συμμετοχή σε διάφορους αγώνες που υπάρχουν για ηλιακά αυτοκίνητα. Με στόχο λοιπόν την νίκη και τον μεγάλο ανταγωνισμό που υπάρχει, η κάθε ομάδα προσπαθεί να κατασκευάσει το καλύτερο δυνατό όχημα χρησιμοποιώντας κάθε φορά όλο και πιο καινοτόμες ιδέες. Υπάρχουν αρκετές διοργανώσεις αγώνων, με πιο σημαντικό τον Παγκόσμιο Αγώνα Ηλιακής Ενέργειας (World Solar Challenge ) που είναι ο κορυφαίος και σκληρότερος αγώνας αυτοκινήτων που κινούνται με ηλιακή ενέργεια στον κόσμο. Διοργανώνεται κάθε δύο χρόνια με την υποστήριξη του υπουργείου Τουρισμού της Νότιας Αυστραλίας. Περιλαμβάνει απόσταση 3.000 χλμ.

από το Ντάργουιν, στις βόρειες ακτές της χώρας, έως την Αδελαΐδα, στο νότο. Τα οχήματα που κινούνται αποκλειστικά με ηλιακή ενέργεια ταξιδεύουν από τις 8 το πρωί έως τις 5 το απόγευμα καθημερινά, με σκοπό να διανύσουν τη δεδομένη απόσταση στο μικρότερο δυνατό χρόνο. Το WSC είναι μια από τις παλαιότερες και διασημότερες αγωνιστικές εκδηλώσεις για ηλιακά αυτοκίνητα, έχοντας κατά καιρούς φιλοξενήσει όχι μόνο οχήματα που προέρχονται από ερασιτεχνικές ομάδες πανεπιστημίων, αλλά ακόμη και προϊόντα ερευνητικών κέντρων μεγάλων αυτοκινητοβιομηχανιών, όπως της Honda, η οποία κέρδισε τη διοργάνωση του 1996. Παρακάτω υπάρχει ένας πίνακας με τους νικητές της διοργάνωσης κάθε χρονιά ώστε ο ενδιαφερόμενος να βρει και να εξετάσει όποιο όχημα τον ενδιαφέρει.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1: νικητές WSC**

ΕΤΟΣ	ΣΥΜΜΕΤΟΧΕΣ	ΝΙΚΗΤΗΣ	ΟΜΑΔΑ	ΧΩΡΑ	ΧΡΟΝΟΣ	ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ
1987	23	Sunracer	General Motors	Η.Π.Α	44:54	66,9
1990	38	Spirit of Biel/Bienne II	Engineering College of Biel	Ελβετία	46:08	65,2
1993	55	Dream	Honda	Ιαπωνία	35:28	85,0
1996	46	Dream	Honda	Ιαπωνία	33:53	89,8
1999	43	Aurora 101	RMIT University	Αυστραλία	41:06	73,0
2001	37	Nuna 1	TU Delft	Ολλανδία	32:39	91,8
2003	33	Nuna 2	TU Delft	Ολλανδία	31:05	97,02
2005	30	Nuna 3	TU Delft	Ολλανδία	29:11	102,8
2007	23	Nuna 4	TU Delft	Ολλανδία	33:00	90,87
2009	32	Tokai Challenger	Tokai University	Ιαπωνία	29:49	100,54

Τα ηλιακά αυτοκίνητα έχουν διάφορες ομοιότητες σε σχέση με τα καθημερινά αυτοκίνητα. Έχουν μια μηχανή, ρόδες καθίσματα, τιμόνι, φρένα και άλλα. Επίσης απαιτούν κάποια καύσιμα που σε αυτήν την περίπτωση είναι ο ήλιος. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο καλείται ηλιακό αυτοκίνητο. Ο ήλιος δεν μπορεί να τροφοδοτήσει το αυτοκίνητο άμεσα, κάποια μετατροπή πρέπει να συμβεί μεταξύ ηλίου και των τροχών. Σε ένα καθημερινό αυτοκίνητο η έκρηξη του καυσίμου στη

μηχανή δίνει τη δύναμη στους τροχούς. Για το ηλιακό αυτοκίνητο η ενέργεια του ηλίου μετατρέπεται στην ηλεκτρική ενέργεια με την βοήθεια των ηλιακών κυττάρων.

Το 1977 ο Ed Passerini κατασκεύασε το Bluebird, το πρώτο ολοκληρωμένο ηλιακό όχημα και στη συνέχεια και άλλα μικρά, ελαφρά και σχετικά φτηνά οχήματα ( κάτω των 10.000 δολαρίων ). Οι μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες δεν θα μπορούσαν να μείνουν έξω από το παιχνίδι, με την General Motors, την Ford και τη Honda να πρωτοπορούν στη χρηματοδότηση για την κατασκευή ακόμα πιο εξελιγμένων ηλιακών οχημάτων. Η General Motors ξόδεψε 8 εκατ. Δολάρια για την κατασκευή του Sunracer, που είχε μήκος 6 μέτρα, πλάτος 2 μέτρα, ύψος 1 μέτρο και βάρος σασί 6,4 κιλά. Όλος ο σκελετός ζύγιζε λιγότερο από 43 κιλά, ενώ το συνολικό βάρος του οχήματος χωρίς τον οδηγό έφτανε τα 177 κιλά. Η δε ταχύτητα του άγγιζε τα 48 χλμ/ώρα.

### **3.2 ΔΟΜΗ ΗΛΙΑΚΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ**

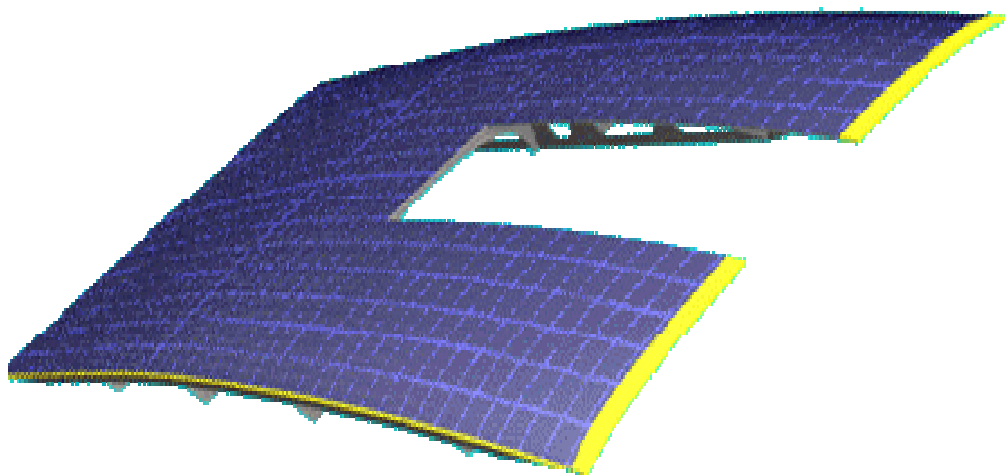
Τα βασικά μέρη ενός ηλιακού αυτοκινήτου είναι :

- Φωτοβολταϊκό κάτοπτρο
- Ηλεκτρικό σύστημα ( μπαταρίες και ηλεκτρονικά)
- Ηλεκτροκινητήρας - Μετάδοση
- Καμπίνα
- Φρένα
- Αναρτήσεις
- Τροχοί
- Αμάξωμα - Πλαίσιο

#### **ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΚΑΤΟΠΤΡΟ**

Το φωτοβολταϊκό κάτοπτρο είναι η πηγή της δύναμης του οχήματος (Σχήμα 1). Η σειρά αποτελείται από πολλά φωτοβολταϊκά στοιχεία που μετατρέπουν την ενέργεια του ηλίου σε ηλεκτρική ενέργεια.





**Σχήμα 1 :** Φωτοβολταϊκό κάτοπτρο

Η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται για να τροφοδοτήσει την ηλεκτρική μηχανή που γυρίζει τους τροχούς. Χρησιμοποιούνται ποικίλες τεχνολογίες φωτοβολταϊκών στοιχείων για να φτιάξουν το φωτοβολταϊκό κάτοπτρο. Ο τύπος των στοιχείων και οι διαστάσεις του κατόπτρου καθορίζονται ανάλογα με το μέγεθος του σχήματος. Τα στοιχεία συνδέονται με το καλώδιο μαζί για να διαμορφώσουν τις σειρές. Διάφορες σειρές συνδέονται με το καλώδιο συχνά μαζί για να διαμορφώσουν ένα φωτοβολταϊκό κάτοπτρο που έχει μια τάση κοντά στην ονομαστική τάση των μπαταριών. Υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για να ενώσουν τα στοιχεία μαζί αλλά ο στόχος είναι να τοποθετηθούν όσο πιο πολλά φωτοβολταϊκά στοιχεία στο διαθέσιμο χώρο του κατόπτρου. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι πολύ εύθραυστα και μπορούν να καταστραφούν εύκολα. Τα στοιχεία προστατεύονται από τον καιρό και από τη θραύση με την τοποθέτηση σε κάψα τους. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για να τοποθετήσουν τα στοιχεία σε κάψα και ο στόχος είναι να προστατευθούν τα στοιχεία προσθέτοντας το λιγότερο ποσό βάρους.

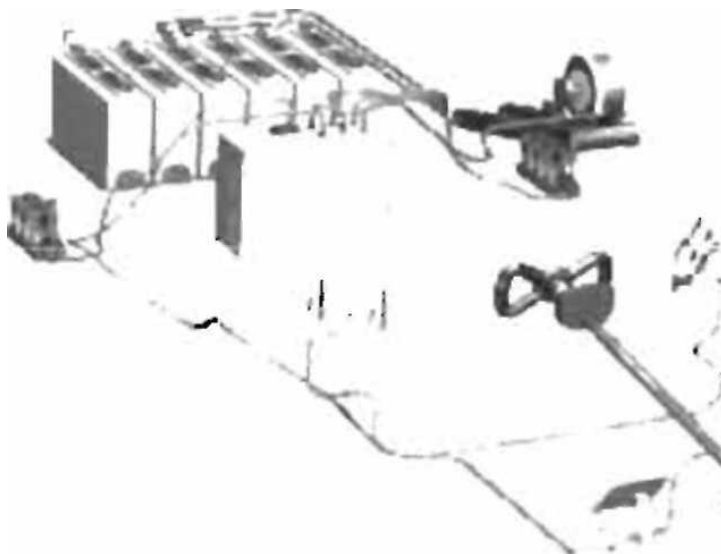
Η δύναμη που παράγεται από τον φωτοβολταϊκό πίνακα ποικίλλει ανάλογα με τον καιρό, τη θέση του ηλίου στον ουρανό, και το ίδιο το φωτοβολταϊκό κάτοπτρο. Μια φωτεινή ηλιόλουστη ημέρα το μεσημέρι, σε ένα ηλιακό αυτοκίνητο ένα καλό φωτοβολταϊκό κάτοπτρο θα παράγει πάνω από 1000Watt (1,3HP) ισχύ. Η ισχύ αυτή από το κάτοπτρο χρησιμοποιείται είτε για να τροφοδοτήσει την ηλεκτρική μηχανή είτε αποθηκεύεται στο πακέτο μπαταριών για να χρησιμοποιηθεί αργότερα.

### **ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ**

Η καρδιά ενός ηλιακού αυτοκινήτου είναι το ηλεκτρικό σύστημα που αποτελείται από τις μπαταρίες και ηλεκτρονικά ( Σχήμα 2). Το ηλεκτρικό σύστημα ελέγχει και διαχειρίζεται όλη τη δύναμη που



μπαίνει και βγαίνει από το σύστημα. Οι μπαταρίες αντιστοιχούν στην δεξαμενή της βενζίνης που έχει ένα συμβατικό αυτοκίνητο. Ένα ηλιακό αυτοκίνητο χρησιμοποιεί τις μπαταρίες για να αποθηκεύσει ενέργεια (όταν η παρεχόμενη από τον ήλιο ενέργεια είναι υπερβολική) και να την αποδώσει για τις νεφελώδης ημέρες, την νύχτα ή στις επιταχύνσεις και στις ανηφορικές διαδρομές. Με αυτό τον τρόπο αυξάνεται σε μεγάλο βαθμό η αυτονομία του αυτοκινήτου.



**Σχήμα 2 :** Ηλεκτρικό σύστημα ηλιακού αυτοκινήτου αυτοκινήτου

Οι κυριότερες παράμετροι που χαρακτηρίζουν την ποιότητα ενός συσσωρευτή είναι:

- η ενεργειακή του χωρητικότητα ανά μονάδα βάρους
- οι απώλειες κατά τη διαδικασία φόρτισης – αποφόρτισης
- το επιτρεπόμενο βάθος αποφόρτισης.

Οι τύποι συσσωρευτών που χρησιμοποιούνται είναι :

- **Μολύβδου – Οξέος**

Είναι από τους πρώτους επαναφορτιζόμενους συσσωρευτές που ανακαλύφθηκαν. Το φθινό τους κόστος και η δυνατότητά τους να παράγουν απότομα μεγάλα ρεύματα είναι και ο λόγος που χρησιμοποιούνται ευρέως κυρίως στα συμβατικά αυτοκίνητα, παρόλο που τα ενεργειακά τους χαρακτηριστικά δεν είναι καλά. Επίσης ανάλογα με την κατασκευή τους μπορούν να υποστούν μεγάλες εκφορτίσεις, με μια ταυτόχρονη μεταβολή στο μέγιστο ρεύμα που μπορούν να παράγουν.

- **Νικελίου – Καδμίου**

Χαρακτηρίζονται για την μεγάλη ανθεκτικότητά τους ως προς την αποφόρτιση, τη θερμοκρασία λειτουργίας και τους κύκλους ζωής. Όμως η τοξικότητα του καδμίου και το αυξημένο κόστος κατασκευής τους αποτελούν τα βασικά μειονεκτήματά τους.

- **Νικελίου –Μετάλλου Υδριδίου (NiMH)**

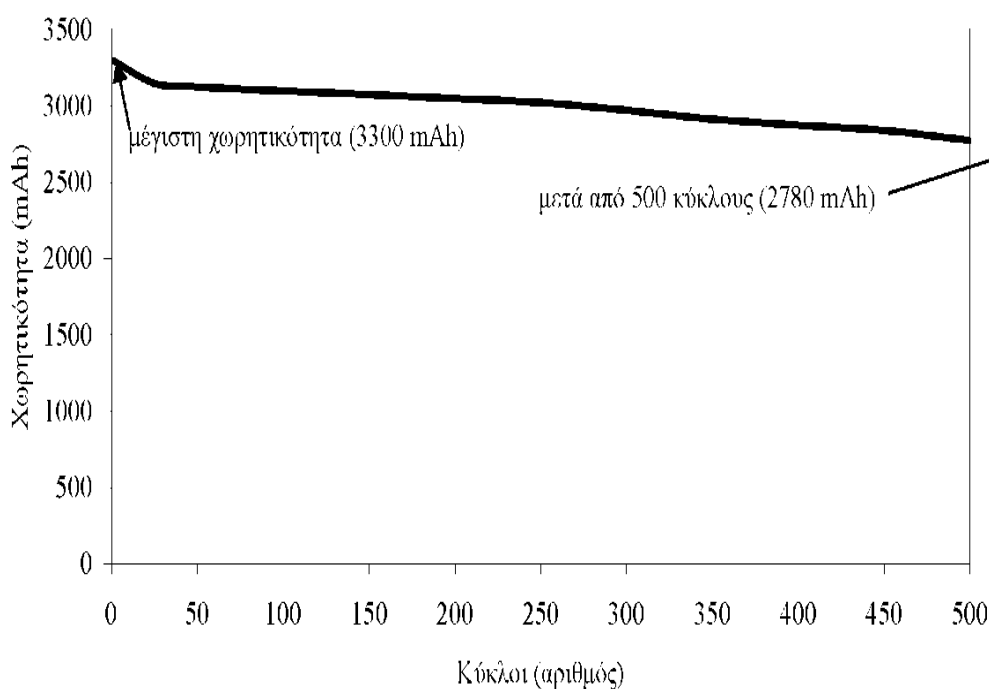
Αποτελούν την εξέλιξη του προηγούμενου είδους. Έχουν μεγάλη πυκνότητα ισχύος, είναι φθηνοί και δεν είναι τοξικοί, όμως εκφορτίζονται εύκολα σε σχέση με άλλα είδη.

- **Αργύρου – Ψευδαργύρου**

Είναι ένα νέο είδος και εκτιμάται πως θα αντικαταστήσει τους συσσωρευτές μολύβδου.

- **Λιθίου – Ιόντων και Λιθίου – Πολυμερών**

Οι τελευταίος τύπος είναι αυτός που χρησιμοποιείται συχνότερα στα ηλιακά αυτοκίνητα. Αυτό οφείλεται στο ότι το λίθιο είναι το ελαφρότερο μέταλλο με αποτέλεσμα οι μπαταρίες που χρησιμοποιούν ως βάση αυτό το υλικό να έχουν αρκετά μεγάλη χωρητικότητα ανά μονάδα βάρους. Το θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας τους είναι αρκετά μεγάλο ( $-30^{\circ}\text{C}$  -  $60^{\circ}\text{C}$ ) και δίνουν εκατοντάδες κύκλους φόρτισης – αποφόρτισης με ελάχιστη αλλαγή στην χωρητικότητά τους ( Σχήμα 3).



**Σχήμα 3:** Χωρητικότητας έναντι κύκλων φόρτισης – εκφόρτισης (συσσωρευτές λιθίου -πολυμερών).

Η τάση του συστήματος είναι μεταξύ 84 και 108 volt, ανάλογα με το ηλεκτρικό σύστημα τους. Τα ηλεκτρονικά συστήματα περιλαμβάνουν τους ιχνηλάτες της ισχύς αιχμής ή MPPTs (Maximum Power Point Trackers), τον ελεγκτή μηχανής, που λειτουργούν σαν εξαιρετικά αποδοτικοί DC-DC μετασχηματιστές. Η αρχική λειτουργία του ηλεκτρονικού συστήματος είναι να επιτηρεί και να ελέγχει την ηλεκτρική ενέργεια μέσα στο σύστημα.

Οι ιχνηλάτες της ισχύς αιχμής ρυθμίζουν την ηλεκτρική ενέργεια που λαμβάνεται από το φωτοβολταϊκό συλλέκτη για να της δώσουν κατάλληλη τιμή και να την παραδώσουν είτε στις μπαταρίες για αποθήκευση είτε στον ελεγκτή μηχανών για την κίνηση. Όταν ο φωτοβολταϊκός συλλέκτης φορτίζει τις μπαταρίες, οι ιχνηλάτες βοηθούν ώστε να προστατεύσουν τις μπαταρίες από την καταστροφή που θα προέλθει από την υπερφόρτωση. Βασικές λειτουργίες που πρέπει να έχει ένας MPPT's είναι η υψηλή του απόδοση και η εξασφάλιση της λειτουργίας του συστήματος στο σημείο μέγιστης ισχύος όταν αυτό αλλάζει λόγω των εξωτερικών συνθηκών. Οι ιχνηλάτες δύναμης έχουν χαμηλό βάρος και φθάνουν συνήθως αποδοτικότητες πάνω από 95%.

Ο αριθμός τους σε κάθε περίπτωση μπορεί να είναι διαφορετικός. Έχουν κατασκευαστεί οχήματα όπου έχουν τοποθετηθεί από ένα έως δέκα MPPT's. Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την επιλογή του βέλτιστου αριθμού των MPPT's είναι η γεωμετρία του άνω τμήματος του οχήματος, που φέρει την φωτοβολταϊκή γεννήτρια. Αυτό που είναι επιθυμητό είναι οι ηλιακές κυψελίδες που έχουν όμοιο προσανατολισμό (άρα και όμοια ενεργειακή απόδοση) να συνδέονται στο ίδιο MPPT.

Ο ελεγκτής μηχανής χειρίζεται την ηλεκτρική ενέργεια που στέλνεται στη μηχανή βασισμένη στα σήματα που προέρχεται από τον επιταχυντή του οδηγού. Υπάρχουν διάφοροι τύποι ελεγκτή μηχανής και οι καλύτεροι έχουν απόδοση μεγαλύτερη από 90%. Επίσης πολλά αυτοκίνητα χρησιμοποιούν περίπλοκα συστήματα που ελέγχουν ολόκληρο το ηλεκτρικό σύστημα συμπεριλαμβανομένης του φωτοβολταϊκού συλλέκτη των μπαταριών, του ελεγκτή μηχανής και της μηχανής.

### **ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΑΣ - ΜΕΤΑΛΟΣΗ**

Ο πιο κοινός τύπος μηχανής που χρησιμοποιείται στα ηλιακά αυτοκίνητα είναι οι ηλεκτροκινητήρες συνεχούς ρεύματος διπλού τυλίγματος χωρίς ψήκτρες. Για την κατασκευή του δρομέα των κινητήρων αυτών χρησιμοποιούνται μόνιμοι μαγνήτες που παράγουν ιδιαίτερα υψηλό μαγνητικό πεδίο και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να παρουσιάζουν μεγάλο λόγο ονομαστικής ισχύος ως προς το βάρος τους.

Επίσης μπορεί να φθάσει αποδοτικότητες του 98% και παρουσιάζει καλά δυναμικά χαρακτηριστικά. Εντούτοις είναι αρκετά ακριβότερες από μια μηχανή απλή συνεχούς ρεύματος με ψήκτρες.

Η ηλεκτρική μηχανή είναι αποδοτικότερη και πιο αθόρυβη από έναν βενζινοκινητήρα. Δεν υπάρχει συνήθως καθόλου δόνηση από την λειτουργία του κινητήρα και γενικά έχουν μικρότερες και λιγότερες απαιτήσεις συντήρησης. Είναι πολύ σημαντικό για ένα ηλιακό αυτοκίνητο να είναι πολύ αποδοτικό και αξιόπιστο δεδομένου ότι η πηγή ενέργειας είναι ο ήλιος και μπορεί να μην είναι παρών όλη την ημέρα. Για να αυξήσει την αποδοτικότητα ακόμη περισσότερο, η μηχανή μπορεί να λειτουργήσει ως γεννήτρια. Κατά τη διάρκεια της επιβράδυνσης ή στο φρενάρισμα, η ροή ενέργειας μέσω του ηλεκτρικού κινητήρα, αντιστρέφεται για να λειτουργήσει ως γεννήτρια και να μετατρέπει την κινητική ενέργεια του οχήματος σε ηλεκτρική που αποθηκεύεται στη συστοιχία των μπαταριών.

Η μετάδοση της κίνησης σε ένα ηλιακό αυτοκίνητο είναι πολύ διαφορετική από αυτή ενός συμβατικού αυτοκινήτου. Ο μηχανισμός μετάδοσης κίνησης αποτελείται από την ηλεκτρική μηχανή και τα μέσα με τα οποία η δύναμη της μηχανής διαβιβάζεται στη ρόδα αναγκάζοντας το όχημα να κινηθεί. Λόγω του χαμηλού ποσού δύναμης που παράγεται συνήθως μόνο μια ρόδα στο οπίσθιο τμήμα του αυτοκινήτου παίρνει κίνηση από την ηλεκτρική μηχανή (Σχήμα 4). Δεδομένου ότι οι μεταδόσεις με πολλές ταχύτητες χρησιμοποιούνται σπάνια στα ηλιακά αυτοκίνητα, οι διπλού-τυλίγματος μηχανές χρησιμοποιούνται μερικές φορές ως ηλεκτρονική μετάδοση. Αργόστροφα τυλίγματα παρέχουν την υψηλή ροπή για την έναρξη και το προσπέρασμα, ενώ τα υψηλής ταχύτητας τυλίγματα έχουν τις υψηλότερες αποδοτικότητες και είναι καλύτερα να διανύσει μια απόσταση το όχημα.



**Σχήμα 4 :**Κινητήρας που δίνει κίνηση στην ρόδα

Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι μεταδόσεων που χρησιμοποιούνται στα ηλιακά αυτοκίνητα:

- Ενιαία άμεση κίνηση μείωσης

Στο παρελθόν, ο πιο κοινός τύπος ήταν η άμεση μετάδοση κίνησης όπου η μηχανή συνδέεται με τη ρόδα μέσω μιας αλυσίδας ή μέσω ιμάντα με μια μοναδική ταχύτητα. Αυτός ο τύπος είναι μια αξιόπιστη και εύκολα διατηρημένη μετάδοση εάν έχει ληφθεί ειδική προσοχή κατά την ευθυγράμμιση. Αποδοτικότητες πάνω από 75% μπορούν να επιτευχθούν όταν γίνεται κατάλληλος σχεδιασμός.

- Μεταβλητή σχέση μετάδοσης

Με τη μεταβλητή η σχέση μετάδοσης αλλάζει όσο ο ρυθμός περιστροφής του κινητήρα αυξάνεται. Αυτό δίνει στη μηχανή περισσότερη ροπή στις χαμηλές ταχύτητες, αλλά παράλληλα καθιστά το αυτοκίνητο ικανό να τρέξει με υψηλότερες ταχύτητες. Ο τρόπος αυτός απαιτεί την ακριβή ευθυγράμμιση και την προσεκτική οργάνωση για να λειτουργήσει αποτελεσματικά.

- Μηχανισμό πλημνών

Ο μηχανισμός πλημνών εξαλείφει την ανάγκη για οποιαδήποτε εξωτερική μετάδοση επειδή ο άξονας της μηχανής συνδέεται άμεσα με την πλήμνη του τροχού. Αυτός ο τρόπος αυξάνει πολύ την αποδοτικότητα του μηχανισμού της μετάδοσης κίνησης και μειώνει τον αριθμό κινούμενων μερών των απαραίτητων για να κινήσουν τον τροχό. Ο μηχανισμός πλημνών χρησιμοποιεί χαμηλό ρυθμό περιστροφής για να ισορροπήσει την έλλειψη μηχανισμού μετατροπής, η οποία τείνει να ρίξει ελαφρώς την αποδοτικότητα, αλλά μπορεί ακόμα να επιτύχει αποδοτικότητες πάνω από 95%.

### **KAMΠΙΝΑ**

Σε ένα ηλιακό αυτοκίνητο μπορεί να καθίσει ένα ή δύο άτομα, ανάλογα με το σχέδιο και γενικά έχουν περιορισμένο χώρο. Τα ηλιακά αυτοκίνητα έχουν όργανα ελέγχου παρόμοια με αυτά που έχει ένα συμβατικό αυτοκίνητο και επιδεικνύουν τις πληροφορίες που παραλαμβάνονται από τα συστήματα του οχήματος. Είναι πολύ χαμηλά και μπορεί να αναπτύξουν ταχύτητες παρόμοιες με αυτές ενός μικρού αυτοκινήτου. Διαθέτουν μερικά μέρη του εξοπλισμού ενός συμβατικού αυτοκινήτου όπως οι δείκτες (φλας), πεντάλ φρένου και γκαζιού, φώτα, τα κάτοπτρα οδήγησης, σύστημα εξαερισμού για φρέσκο αέρα, και μερικές φορές ακόμη και σύστημα πλοήγησης .

## ΦΡΕΝΑ

Τα φρένα δίσκων είναι επιθυμητά δεδομένου ότι είναι κυρίως υδραυλικά. Τα υδραυλικά φρένα είναι πιο αξιόπιστα και εύκολα στην ρύθμιση τους από ότι τα μηχανικά. Το σημαντικότερο πρόβλημα με τα φρένα δίσκων είναι ότι τα τακάκια δεν απομακρύνονται από τους στροφείς φρένων όταν απελευθερώνεται η πίεση, ανακουφίζουν απλά την πίεση φρεναρίσματος. Επειδή τα τακάκια δεν είναι κανονικά πίσω μακριά από τους στροφείς, συνεχίζουν να έχουν μια έλξη μικρής ποσότητας. Ενώ αυτή η έλξη μπορεί να μην είναι αξιοπρόσεχτη στο οικογενειακό αυτοκίνητο, είναι πολύ αναποτελεσματική στα ηλιακά αυτοκίνητα. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με τους παχυμετρικούς διαβήτες φρένων που είναι συμπιεζόμενοι διά ελατηρίου για να κινήσουν τα τακάκια μακριά από τους στροφείς. Στην εικόνα 5 βλέπουμε διάφορα μέρη ενός δισκόφρενου.



**Σχήμα 5 :** Μέρη δισκόφρενου

Η ασφάλεια πρέπει να είναι προτεραιότητα για οποιοδήποτε σχεδιαστή. Για αυτόν τον λόγο, τα ηλιακά αυτοκίνητα πρέπει να ανταποκριθούν στα αυστηρά πρότυπα απόδοσης φρεναρίσματος και κάθε ηλιακό αυτοκίνητο απαιτείται για να έχει δύο ανεξάρτητα συστήματα φρένων, σαν τα διπλά συστήματα στα αυτοκίνητα παραγωγής. Τα φρένα δίσκων συνήθως χρησιμοποιούνται στα ηλιακά αυτοκίνητα λόγω της προσαρμοστικότητας τους και της καλής δύναμης φρεναρίσματος τους. Κάποιες ομάδες χρησιμοποιούν μηχανικά ενεργοποιημένα φρένα ενώ άλλες χρησιμοποιούν υδραυλικά. Τα μηχανικά φρένα τείνουν να είναι μικρότερα και ελαφρύτερα από τα υδραυλικά, αλλά δεν προσφέρουν ικανοποιητική δύναμη πέδησης και απαιτούν συνεχή συντονισμό. Για να μεγιστοποιήσουν την αποδοτικότητα, τα φρένα σχεδιάζονται για να κινούνται ελεύθερα με την εξάλειψη της έλξης φρένων, η οποία



προκαλείται από την τριβή από τα τακάκια ενάντια στην επιφάνεια φρένων.

### ΑΝΑΡΤΗΣΕΙΣ

Μια ευρεία ποικιλία αναρτήσεων εφαρμόζεται στα ηλιακά αυτοκίνητα. Αυτό οφείλεται εν μέρει στο γεγονός ότι τα σχέδια σωμάτων και πλαισίων είναι τόσο διαφορετικά μεταξύ των αυτοκινήτων. Ο πιο κοινός τύπος μπροστινής ανάρτησης που χρησιμοποιείται στα ηλιακά αυτοκίνητα είναι οι ανάρτησεις με διπλά ψαλίδια A-arm, παρόμοιες με εκείνες που χρησιμοποιούνται στα συμβατικά οχήματα Σχήμα 6.



**Σχήμα 6 :** Διπλά ψαλίδια ανάρτησης

Χαρακτηριστικά, οι συρόμενες αναρτήσεις βραχιόνων είναι παρόμοιες με εκείνες που βρίσκονται στις μοτοσυκλέτες και χρησιμοποιούνται στο οπίσθιο τμήμα. Σκοπός ενός μηχανικού είναι να κατασκευάζει τα τμήματα των αναρτήσεων να κινούνται ελεύθερα και ομαλά για τη μέγιστη αποδοτικότητα. Το σχέδιο πρέπει επίσης να είναι προσαρμοστικό στη θέση έτσι ώστε να διατηρηθούν η κατάλληλη ευθυγράμμιση και η λειτουργία.

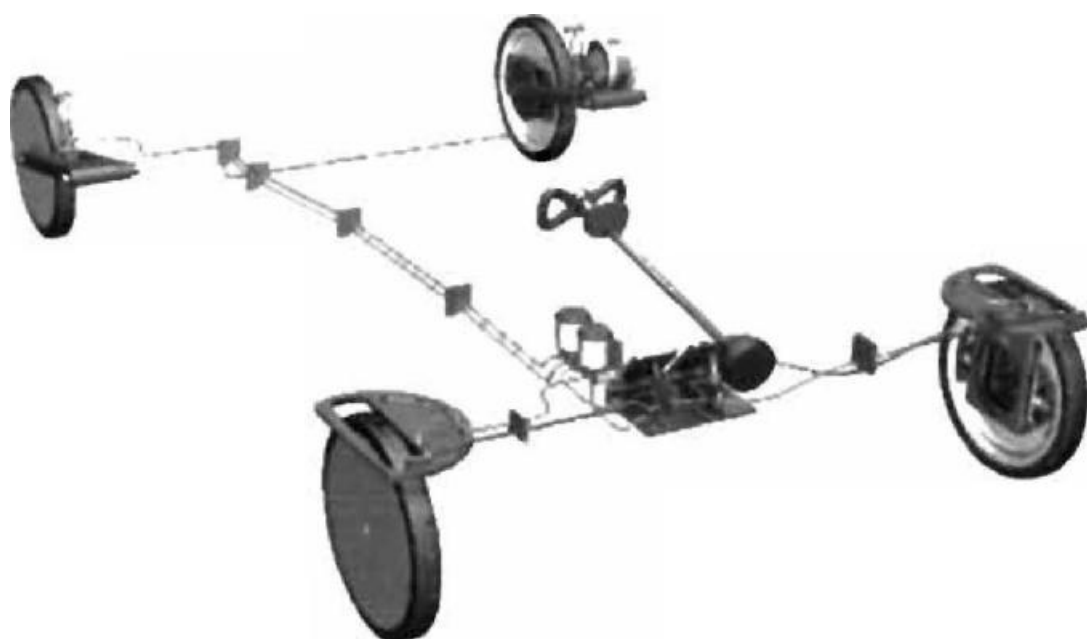
Τα συστήματα οδήγησης μέσα σε ένα ηλιακό αυτοκίνητο ποικίλλουν πολύ. Οι κατασκευαστές πρέπει να καλύψουν την μικρή ακτίνα περιστροφής και τις απαιτήσεις διαχείρισης, αλλά είναι ελεύθεροι να χρησιμοποιήσουν οποιοδήποτε σχέδιο. Οι σημαντικότεροι παράγοντες σχεδίου για την οδήγηση είναι η αξιοπιστία και οι αποτελεσματικές αποδόσεις. Το σύστημα οδήγησης σχεδιάζεται με την ακριβή



ευθυγράμμιση οδήγησης επειδή ακόμη και οι μικρές αποκλίσεις μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές απώλειες και να αυξηθεί η φθορά των ελαστικών. Πολλές ομάδες χρησιμοποιούν τώρα τους μακροχρόνιους ορθοστάτες επάνω σε υψηλά τοποθετημένα ψαλίδια. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται το πάχος των λάστιχων των τροχών και να αυξάνεται η αεροδυναμική, ως εκ τούτου μειώνεται η τριβή. Το αντικείμενο της χρησιμοποίησης της ανάρτησης είναι προφανώς να προστατεύσουν τα οχήματα. Πρέπει να είναι αρκετά μαλακή για να προστατεύσει το αυτοκίνητο και την ηλιακή συστοιχία από κραδασμούς και αρκετά σταθερή για να παρέχει σταθερή οδήγηση. Μια καλή ανάρτηση θα εξασφαλίσει επίσης ότι οι τροχοί θα μείνουν σε επαφή με το οδόστρωμα.

### ΤΡΟΧΟΙ

Τα ηλιακά αυτοκίνητα έχουν χαρακτηριστικά τρεις ή τέσσερις ρόδες. Η κοινή διαμόρφωση τριών τροχών είναι δύο μπροστινές ρόδες και μια οπίσθια ρόδα (συνήθως είναι αυτή που συνδέεται με το τιμόνι). Οχήματα τεσσάρων τροχών διαμορφώνονται μερικές φορές όπως σε ένα συμβατικό όχημα (με ένα από τους οπίσθιους τροχούς να είναι ο κατευθυντήριος). Άλλα οχήματα τεσσάρων τροχών έχουν τις δύο οπίσθιες ρόδες να κλείνουν κοντά στο κέντρο (παρόμοιο με την κοινή διαμόρφωση τριών ροδών). Θεωρητικά, με τρεις πρέπει να είναι αποδοτικότερα, δεδομένου ότι υπάρχουν λιγότερα κινούμενα μέρη και η αντίσταση κυλίσματος μπορεί να είναι χαμηλότερη.

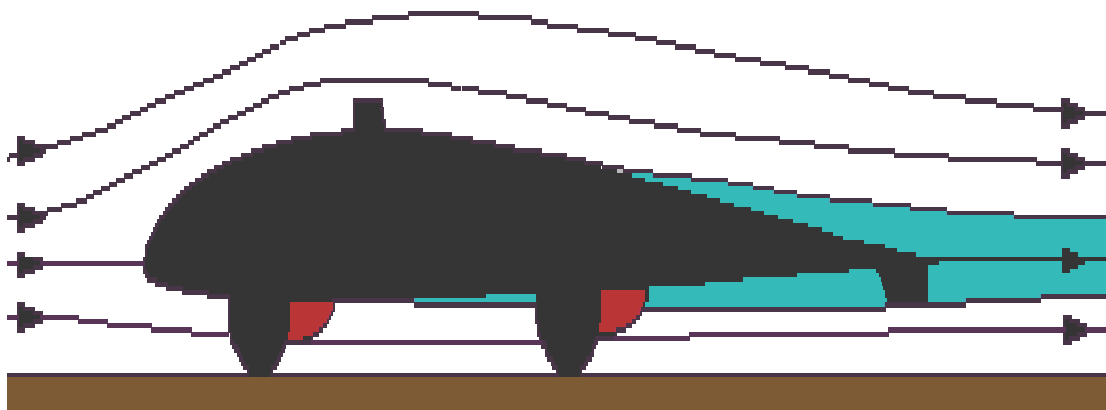


Σχήμα 7 : Αυτοκίνητο τεσσάρων τροχών

Στο παρελθόν χρησιμοποιήθηκαν ρόδες ποδηλάτων συνήθως λόγω της ελαφριάς και χαμηλής αντίστασης κύλισης τους(ελάχιστες τριβές). Αυτές οι ρόδες ήταν γενικά υπερφορτωμένες λόγω του βάρους ενός ηλιακού αυτοκινήτου, γεγονός το οποίο επηρέαζε την απόδοση και την ασφάλεια του οχήματος. Τα τελευταία χρόνια η δημοτικότητα των ηλιακών αυτοκινήτων έχει προτρέψει μερικούς κατασκευαστές ελαστικών για να κατασκευάσουν τροχούς που σχεδιάζονται ειδικά για τα ηλιακά αυτοκίνητα.

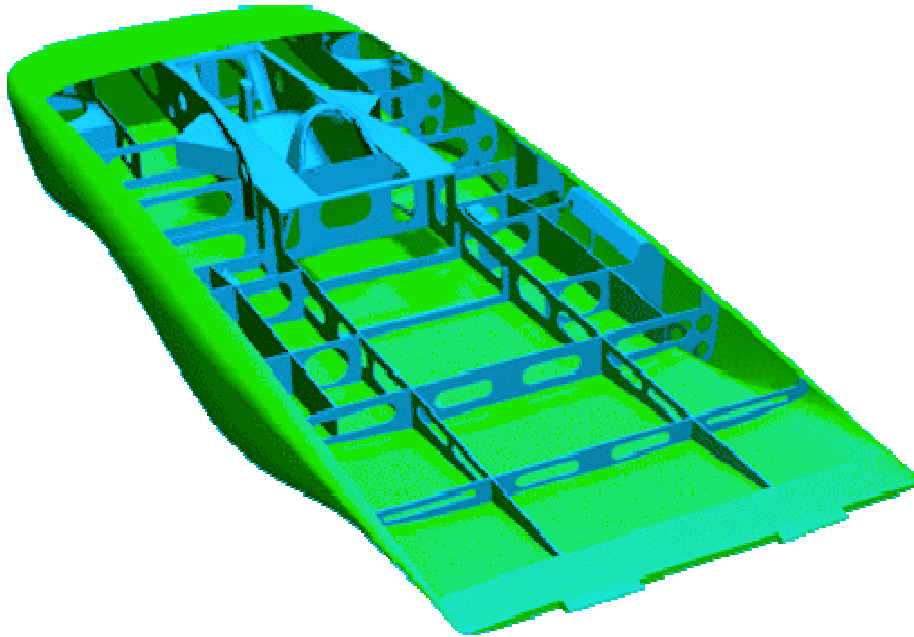
### ΑΜΑΞΩΜΑ-ΠΛΑΙΣΙΟ

Τα ηλιακά αυτοκίνητα κατασκευάζονται με πολύ καλό συντελεστή οπισθέλκουσας, με πολύ μικρή μετωπική επιφάνεια καθώς και με μειωμένη αεροδυναμική αντίσταση για να μειώσουν την αντίσταση του αέρα. Μια αεροδυναμική μορφή είναι αυτή που έχει μια σταγόνα σε φάση πτώσης (Σχήμα 8), ο αέρας που περνάει πάνω από την κορυφή έχει περισσότερη απόσταση για να διανύσει από τον αέρα που περνάει κατά μήκος του κατωτάτου σημείου ,προκαλώντας κατά συνέπεια στο αυτοκίνητο μια ανοδική κίνηση. Ένα καλό σχήμα οχήματος μπορεί να σώσει εκατοντάδες watt της ισχύς και είναι ουσιαστικής σημασίας στην κατασκευή ενός ηλιακού αυτοκινήτου.



**Σχήμα 8:** Αεροδυναμική μορφή (σταγόνα σε φάση πτώσης)

Στόχος ενός αποτελεσματικού πλαισίου (Σχήμα 9) για ηλιακό αυτοκίνητο είναι να μεγιστοποιηθεί η δύναμη και η ασφάλεια , αλλά παράλληλα να ελαχιστοποιηθεί το βάρος. Κάθε πρόσθετη λίβρα απαιτεί πρόσθετη ενέργεια για να κινηθεί στο δρόμο. Εντούτοις, τα πλαίσια πρέπει να καλύψουν τις αυστηρές απαιτήσεις δύναμης και ασφαλείας.



**Σχήμα 9:** Πλαίσιο ηλιακού αυτοκινήτου

### 3.3 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

Το ηλιακό αυτοκίνητο έχει μειονεκτήματα. Ένα σημαντικό μειονέκτημα είναι ότι δεν μπορεί να λειτουργήσει για μια μακρά χρονική περίοδο τη νύχτα. Επίσης, κατά τη διάρκεια μιας νεφελώδους ημέρας, η ταχύτητα πρέπει να μειωθεί αρκετά για μια μεγάλη απόσταση. Παραδείγματος χάριν, σε πλήρη ήλιο, ένα ηλιακό αυτοκίνητο μπορεί να κινηθεί κατά μέσο όρο με περίπου 80Km/h για μια πλήρη ημέρα, αλλά με τα σύννεφα η μέση ταχύτητα του μπορεί να μειωθεί σε 50Km/h για μια πλήρη ημέρα.

Σημαντικό πρόβλημα είναι το μέγεθος τους (μήκος γύρω στα 5 μέτρα και πλάτος γύρω στα 2 μέτρα) κι αυτό για να μπορέσουν να τοποθετηθούν οι φωτοηλεκτρικές κυψέλες. Ένα άλλο σημαντικό μειονέκτημα είναι το κόστος. Ένα καλό ηλιακό αυτοκίνητο μπορεί εύκολα να κοστίσει περισσότερο από \$200.000. Τα ηλιακά κύτταρα και οι μπαταρίες είναι πολύ ακριβές κυρίως επειδή το αυτοκίνητο απαιτεί την υψηλή απόδοση και τα ελαφριά υλικά. Τα περισσότερα υλικά στο αυτοκίνητο δεν παράγονται σε μεγάλες ποσότητες έτσι είναι πολύ ακριβά. Επιπλέον τα ηλιακά κύτταρα δεν είναι πολύ αποδοτικά. Τα τυποποιημένα κύτταρα έχουν απόδοση μόνο 14%. Τα αποδοτικά ηλιακά κύτταρα φτάνουν το 30% είναι διαθέσιμα αλλά είναι εξαιρετικά ακριβά. Δηλαδή τα ηλιακά αυτοκίνητα δεν είναι πολύ πρακτικά για την μέση

οικογένεια. Όχι μόνο λόγω του κόστους τους (βέβαια σε περίπτωση μαζικής παραγωγής το κόστος θα είναι χαμηλότερο), αλλά επειδή είναι αρκετά εύθραυστα (και η ηλιακή σειρά είναι ογκώδης) προσφέρετε μόνο για ένα ή δυο άτομα (πολύ λίγο για μια οικογένεια). Ακόμα δεν προσφέρει τις ευκολίες ενός ραδιόφωνου ενός κλιματισμού ή της οδήγησης τη νύχτα και η ικανότητα μεταφοράς φορτίου είναι μικρή.

Επίσης τα ηλιακά κύτταρα και οι μπαταρίες δεν παράγουν επικίνδυνες εκπομπές αλλά τα υλικά που απαιτούνται για να κατασκευαστούν τα κομμάτια από τα οποία αποτελούνται είναι εξαιρετικά τοξικά. Τέλος ένα σημαντικό μειονέκτημα είναι και η εμφάνιση διότι οι καταναλωτές προσελκύονται από την εξωτερική εμφάνιση, και τις επιδώσεις βέβαια, για την αγορά ενός αυτοκινήτου.

### 3.4 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Με την πάροδο του χρόνου παράλληλα με την συνεχή εξέλιξη της τεχνολογίας σε συνδυασμό με την μελέτη αυτής της τεχνολογίας βλέπουμε πως όλο και πιο ενθαρρυντικά μηνύματα υπάρχουν. Μια απόδειξη ότι η ηλιακή ενέργεια είναι μια βιώσιμη εναλλακτική λύση αντί του πετρελαίου αποτελεί το κατόρθωμα ενός Ελβετού δάσκαλου, του Louis Palmer που έκανε 52.000 χιλιόμετρα στο 17μηνο ταξίδι του περνώντας από 38 κράτη. Οδήγησε ένα μικρό αυτοκίνητο με ρυμουλκούμενη πλατφόρμα γεμάτη με ηλιακά πάνελ και μπαταρίες που του δίνουν την δυνατότητα να ταξιδεύει για 300 χιλιόμετρα με ταχύτητες των 90 χιλιομέτρων / ώρα. Στο σχήμα 10 βλέπουμε πως είναι εξωτερικά το ηλιακό αυτοκίνητο.

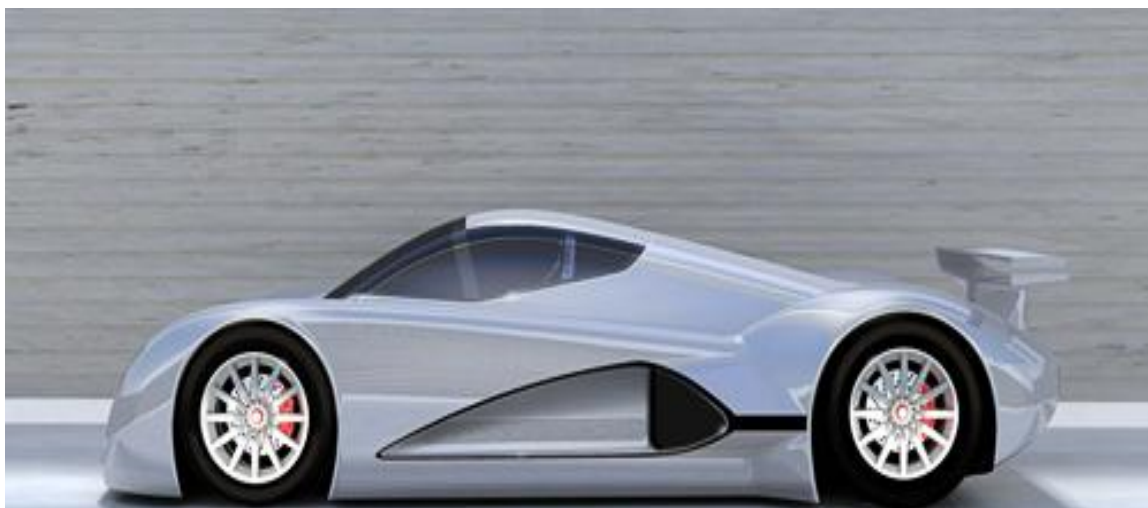


**Σχήμα 10 :** Το αυτοκίνητο του Louis Palmer

Το πρωτότυπο αυτό ηλιακό αυτοκίνητο έχει μικρό κόστος κατασκευής, περίπου 10.000 ευρώ αν προχωρήσουν σε μαζική παραγωγή, με επιπλέον κόστος 4.000 ευρώ για τους ηλιακούς συλλέκτες.

Αρκετές εταιρίες αυτοκινήτων έχουν ασχοληθεί με την δημιουργία ενός ηλιακού αυτοκινήτου παραγωγής. Η Toyota, σύμφωνα με δημοσίευση της στην επίσημη ιστοσελίδα της, ανακοίνωσε πως κατασκευάζει το πρώτο ηλιακό αυτοκίνητο το οποίο θα είναι πρωτοποριακό για τα δεδομένα της αυτοκίνησης όπως την ξέρουμε. Η ηλεκτρική ενέργεια που θα κινεί το αυτοκίνητο θα προέρχεται από τις ηλιακές πλάκες, οι οποίες θα εδράζουν στην οροφή του αυτοκινήτου όταν αυτό θα κινείται. Όμως θα υπάρχει η δυνατότητα επαναφόρτισης του αυτοκινήτου (οι μπαταρίες του για την ακρίβεια) όταν αυτό θα είναι παρκαρισμένο στο γκαράζ του ιδιοκτήτη. Αν και σύμφωνα με τα δημοσιεύματα, η Toyota ευελπιστεί να δημιουργήσει ένα αυτοκίνητο το οποίο θα κινείται μόνο από τις ηλιακές πλάκες που θα υπάρχουν σε αυτό.

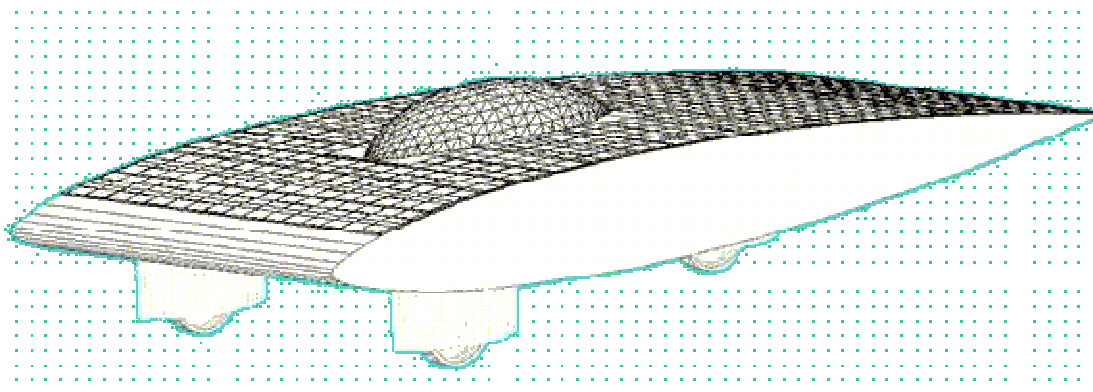
Επίσης δύο κατασκευαστές υπόσχονται ένα ηλιακό αυτοκίνητο παραγωγής αρκετά εμφανίσιμο και αποδοτικό. Πρόκειται για την Formula AE (Alternative Energy) (Σχήμα 11) με τελική ταχύτητα 155 Km/h και αυτονομία κοντά στα 350 χιλιόμετρα, ανάλογα πάντα και με την ηλιακή ενέργεια που θα συλλέγεται κατά την χρήση του αυτοκινήτου. Μετά, θα πρέπει το αυτοκίνητο να μείνει περίπου 1,5 ώρα στάσιμο για να μπορέσει να γεμίσει τις μπαταρίες του.



**Σχήμα 11:** Formula AE

Προς το παρόν, η Formula AE είναι μόνο στα χαρτιά και στους υπολογιστές των σχεδιαστών της αλλά σύμφωνα με τους ίδιους, το πρωτότυπο θα είναι έτοιμο τον Αύγουστο του 2011.

### 3.5 ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ <<ΕΡΜΗΣ>>



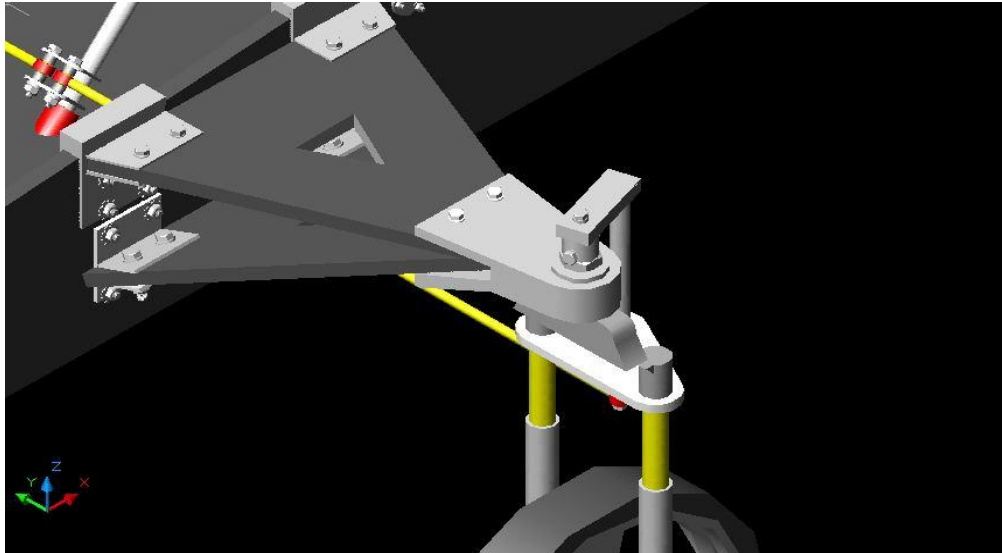
Στα πλαίσια των ολυμπιακών αγώνων το 2004 η <<πολιτιστική ολυμπιάδα>> διοργάνωσε έναν αγώνα ηλιακών αυτοκινήτων, τον «Φαέθων 2004» όπου συμμετείχαν ηλιακά οχήματα επιστημονικών ομάδων από κάθε γωνιά της γης. Ο αγώνας περιελάμβανε δύο σκέλη, έναν αγώνα ταχύτητας σε κλειστή πίστα και έναν αγώνα αντοχής. Ο αγώνας ταχύτητας αποτελούνταν από δυο ωριαία κομμάτια, ενώ για τον αγώνα αντοχής τα οχήματα έπρεπε να διανύσουν μια απόσταση 803 χμ. στο οδικό δίκτυο της χώρας.

Με αφορμή τον αγώνα , μια ομάδα του πανεπιστημίου της Πάτρας θεώρησε ιδανική ευκαιρία την κατασκευή ενός οχήματος που θα συμμετείχε στην διοργάνωση. Πρέπει να τονιστεί ότι σκοπός τους ,εκτός από μια καλή εργαστηριακή άσκηση, ήταν να συμβάλουν στην ευαισθητοποίηση του κοινού και την περαιτέρω ενεργοποίηση φορέων στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη χώρα μας. Έτσι λοιπόν κατασκευάστηκε το όχημα με το όνομα<< ΕΡΜΗΣ>>

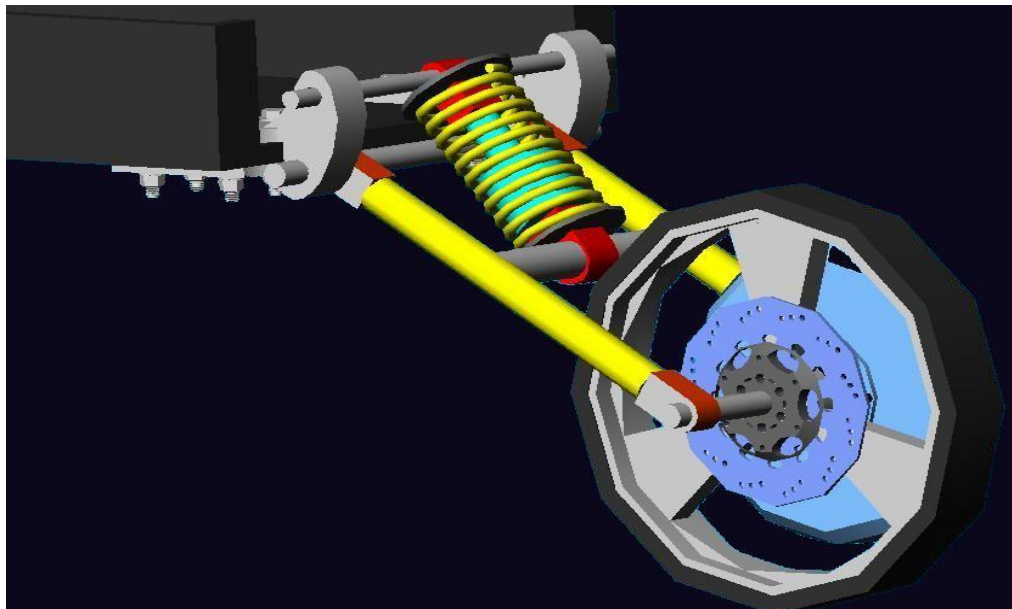
Το όχημα έχει ύψος 1,1 μέτρα ,συνολικό μήκος 4,90 m και πλάτος 1,88 m. Το μεταξόνιο του είναι 2,5 m και το μετατρόχιο του 1,48 m. Το βάρος του οχήματος χωρίς τον οδηγό είναι 200 Kg.

Αποτελείται από τρεις τροχούς, οι δύο μπροστά όπου είναι και οι κατευθυντήριοι και ο ένας πίσω όπου είναι ο κινητήριος, με ζάντες 16 ιντσών. Τα φρένα είναι υδραυλικά δισκόφρενα. Η μπροστινή ανάρτηση είναι τροποποιημένη μοτοσυκλέτας ενώ η πίσω είναι ψαλίδια με αμορτισέρ και ελατήρια. Έχει αυτοφερόμενο σασί και αεροδυναμικό αμάξωμα από σύνθετα υλικά (ανθρακονήματα, αφρός PVC). Η μέγιστη ταχύτητα του είναι 110 Km/h και ο συντελεστής οπισθέλκουσας 0,12. Το σύστημα διεύθυνσης είναι τύπου κάρτ. Στα σχήματα 12 και 13 διακρίνονται οι μπροστινοί και οι πίσω τροχοί με λεπτομέρεια στα ψαλίδια τους.





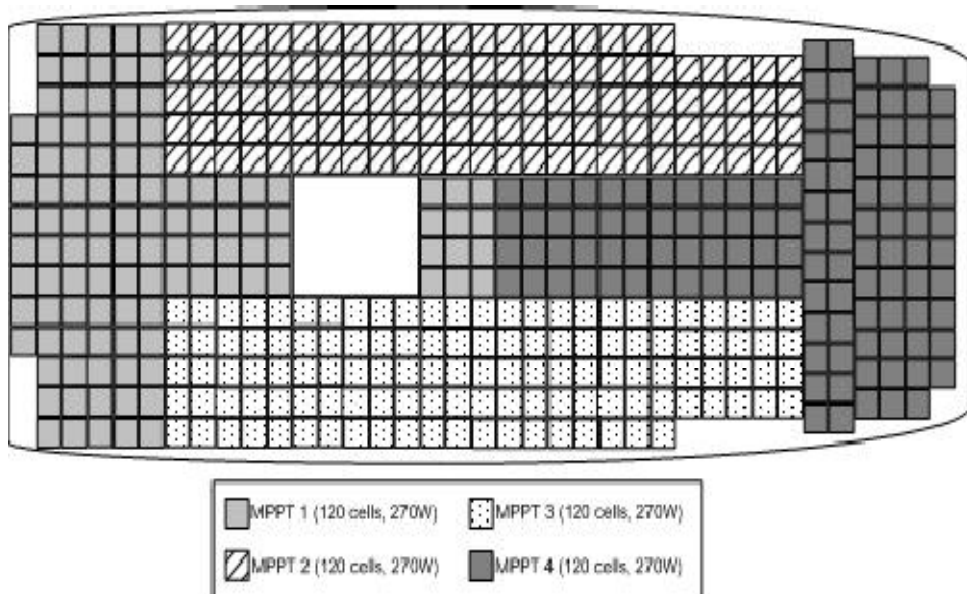
**Σχήμα 12:** Εμπόσθιος τροχός με λεπτομέρεια στο ψαλίδι της ανάρτησης και στο σύστημα διεύθυνσης.



**Σχήμα 13:** Ο πίσω τροχός με λεπτομέρεια στην ανάρτηση και στον κινητήρα.

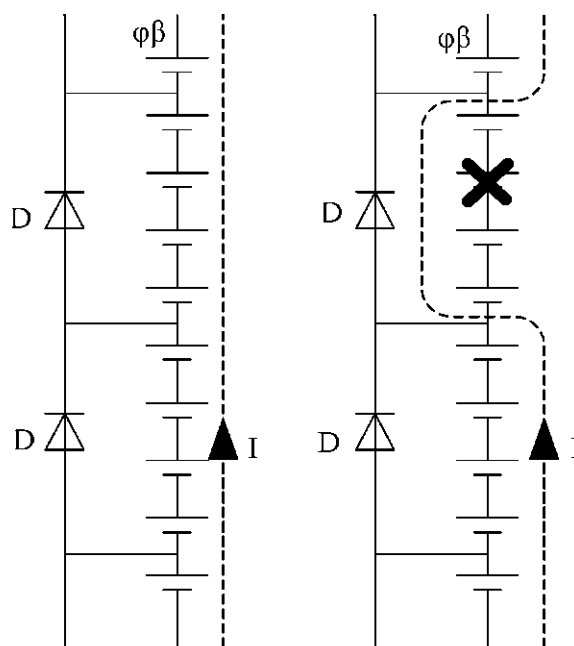
Χρησιμοποιήθηκαν φωτοβολταϊκά μονοκρυσταλλικού πυριτίου (c-Si) με απόδοση 15% και διαστάσεις 12,5cm×12,5cm. Εξαιτίας των περιορισμών που αφορούσαν στο μέγιστο εμβαδόν της φωτοβολταϊκής γεννήτριας (8 m<sup>2</sup>) χρησιμοποιήθηκαν 480 ηλιακές κυψελίδες. Κάθε μια από αυτές είχε 4,5 A ρεύμα λειτουργίας και 0,6 V τάση ανοικτού κυκλώματος. Έτσι, η ολική φωτοβολταϊκή διάταξη προσέφερε στο όχημα μέγιστη ισχύ που άγγιζε τα 1.080 W. Τα 480 φωτοβολταϊκά που χρησιμοποιήθηκαν χωρίστηκαν σε τέσσερα τμήματα της φαίνεται στο σχήμα 14 που ακολουθεί. Αυτό έγινε για να υπαχθούν στην ίδια ομάδα στοιχεία με παραπλήσια γωνία ως της τον ήλιο.





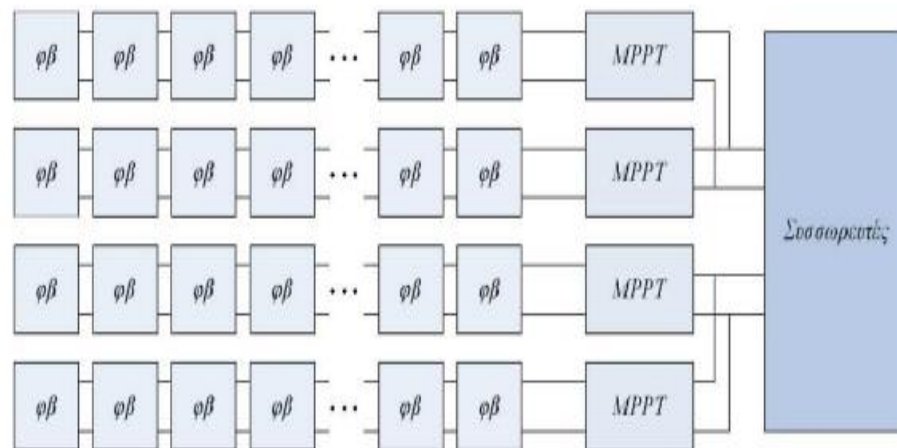
**Σχήμα 14:** Διάταξη της φωτοβολταϊκής συστοιχίας

Το γεγονός ότι τα 120 κελιά του κάθε τμήματος συνδέθηκαν σε σειρά είχε ως αποτέλεσμα το κάθε τμήμα να δίνει μέγιστη τάση 72V. Όμως επειδή είναι σε σειρά και σε κάθε τμήμα υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός φωτοβολταϊκών με αποτέλεσμα αν κάποιο τεθεί εκτός λειτουργίας θα έχουμε απώλεια όλου του τμήματος έγινε παράλληλη σύνδεση διόδων περιοδικά και για κάθε 4-5 κελιά όπως φαίνεται και στο σχήμα 15. Κατ' αυτόν τον τρόπο, αν ένα φωτοβολταϊκό υποστεί βλάβη, θα τεθούν εκτός κυκλώματος μέχρι 5 κελιά.



**Σχήμα 15:** Δίοδοι παράκαμψης

Ο «Ερμής» έχει τέσσερα MPPT's και τα 480 ηλιακά στοιχεία που αποτελούν τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια ομαδοποιούνται και συνδέονται όπως φαίνεται στα σχήματα 14 και 16.



**Σχήμα 16:** Διάταξη Φωτοβολταϊκών στοιχείων – MPPT – Συσσωρευτών

Όπως γνωρίζουμε, ένας από τους παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι η ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Όμως δεν βρίσκονται όλα στο ίδιο επίπεδο, με συνέπεια να δέχονται διαφορετική ακτινοβολία και άρα να παράγουν διαφορετική ισχύ. Κάτι που επιδεινώνεται κατά την κίνηση του οχήματος καθώς αλλάζει συνεχώς θέση ως προς τον ήλιο και πιθανώς μέρος των φωτοβολταϊκών υποφωτίζεται ή βρίσκεται σε σκιά. Έτσι λοιπόν η συνδεσμολογία τους έγινε με ιδιαίτερη προσοχή ώστε κάποια να μην λειτουργούν ως καταναλωτές της ενέργειας που παράγουν τα υπόλοιπα.

Η επιφάνεια που θα υποδέχονταν τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια καλύφθηκε με υαλόνημα (fiberglass) για να αντιμετωπιστεί η περίπτωση βραχυκυκλώματος. Η τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών στο άνω τμήμα του οχήματος έγινε με τη χρήση ειδικού ελαστομερούς, το οποίο δε θα προσέβαλλε τις επιφάνειες των κελιών και του οχήματος. Μετά την τοποθέτηση των κελιών στο αυτοκίνητο και τη σύνδεσή τους, ακολούθησε η διαδικασία της επικάλυψής τους με ειδικό πολυμερές. Αυτή η διαδικασία είναι πολύ σημαντική, καθώς προσφέρει στη φωτοβολταϊκή γεννήτρια την απαραίτητη ηλεκτρική μόνωση αλλά και προστασία από μηχανικές καταπονήσεις, βροχή και σκόνη. Επιπλέον,

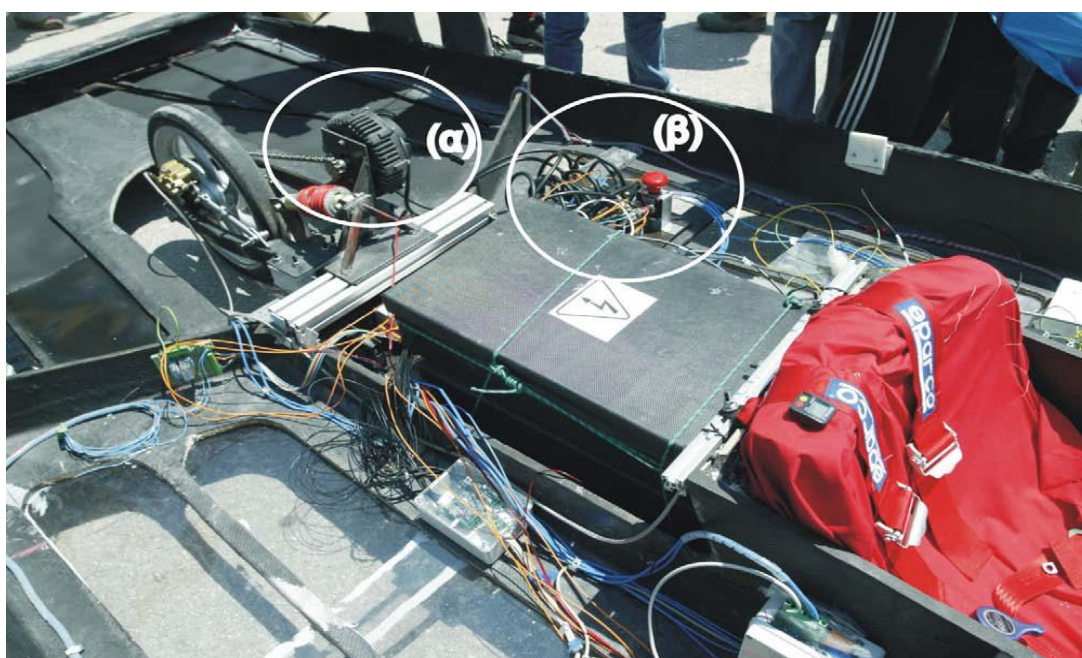
αυτά τα ειδικά υλικά έχουν αντιανακλαστικές ιδιότητες, με αποτέλεσμα να αυξάνουν την απόδοση της διάταξης.

Ο κινητήρας που χρησιμοποιήθηκε είναι συνεχούς ρεύματος κατασκευασμένος από τον Ελβετικό οίκο BRUSA του οποίου τα χαρακτηριστικά φαίνονται στον πίνακα 2.

**Πίνακας 2**

Ονομαστική τάση	72V
Ονομαστικό ρεύμα	110 A
Μέγιστο ρεύμα	200 A
Ονομαστική ισχύς	7.22 KW
Ονομαστική ροπή	20.5 Nm
Ονομαστική ταχύτητα	3380 Rpm

Στον σχήμα 17 που ακολουθεί διακρίνουμε το εσωτερικό του οχήματος όπου διακρίνονται : (α) ο ηλεκτρικός κινητήρας και (β) τα κυκλώματα ελέγχου του κινητήρα.

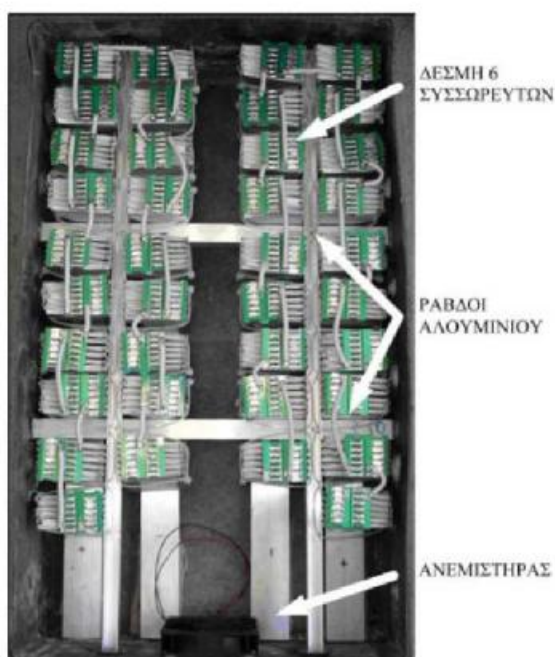


**Σχήμα 17:** Εσωτερικό του αυτοκινήτου

Οι μπαταρίες του έχουν ονομαστική τάση 3,7 V, χωρητικότητα:3.300 mAh , βάρος 64,5 gr, θερμοκρασία λειτουργίας: 0°C – 45°C για την φόρτιση και -20°C – 60°C κατά την εκφόρτιση. Επειδή υπήρχε όριο στην χωρητικότητα των συσσωρευτών, περίπου 5 KWh , για την επίτευξη της επιθυμητής τάσης λειτουργίας χρησιμοποιήθηκαν 456 συσσωρευτές, βάρους 29,5 kg και ενεργειακής απόδοσης 5.567 Wh. Οι συσσωρευτές χωρίστηκαν σε δέσμες. Η κάθε δέσμη αποτελείται από 6

μπαταρίες συνδεδεμένες παράλληλα. 19 από αυτές τις δέσμες συνδέθηκαν σε σειρά. Έτσι, η κάθε συστοιχία αποδίδει  $3,7V \times 19 = 70,3 V$  και  $3,3Ah \times 6 = 19,8 Ah$ . Κατασκευάζονται τέσσερις τέτοιες συστοιχίες, οι οποίες ανά δύο τοποθετούνται σε δύο ειδικά πλαίσια και συνδέονται παράλληλα αποδίδοντας  $70,3 V$  και  $19,8Ah \times 4 = 79,2 Ah$ . Το ρεύμα από τις μπαταρίες δύναται να φτάσει τα  $105A$  σε συνεχή λειτουργία και τα  $200A$  για κάποια δευτερόλεπτα, ανάλογα με τις ενεργειακές απαιτήσεις.

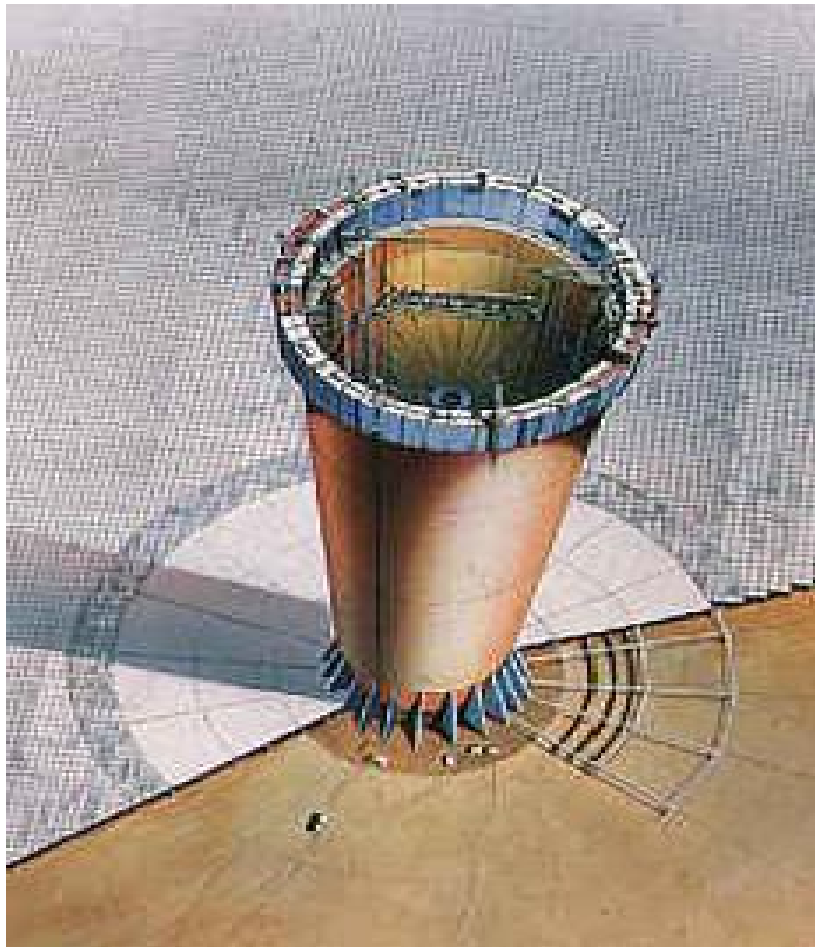
Οι συσσωρευτές χωρίστηκαν σε δύο τμήματα και τοποθετήθηκαν σε δύο πλαίσια από σύνθετα υλικά (ανθρακονήματα). Στο εσωτερικό των πλαισίων και για λόγους ασφαλείας τοποθετήθηκαν ράβδοι από αλουμίνιο. Επίσης, στα πλαίσια ανοίχθηκαν οπές για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση. Για τον ίδιο σκοπό τοποθετήθηκαν ανεμιστήρες, οι οποίοι απάγουν το θερμό αέρα από το εσωτερικό των πλαισίων. Οι ανεμιστήρες τροφοδοτούνται ανεξάρτητα από σύστημα φωτοβολταϊκών που είχε τοποθετηθεί στα πλαϊνά τοιχώματα του αυτοκινήτου. Στο σχήμα 18 διακρίνουμε τα επιμέρους μέρη ενός συσσωρευτή.



**Σχήμα 18:** Μια εκ των δύο μονάδων συσσωρευτών

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΗΛΙΑΚΗ ΚΑΜΙΝΑΔΑ

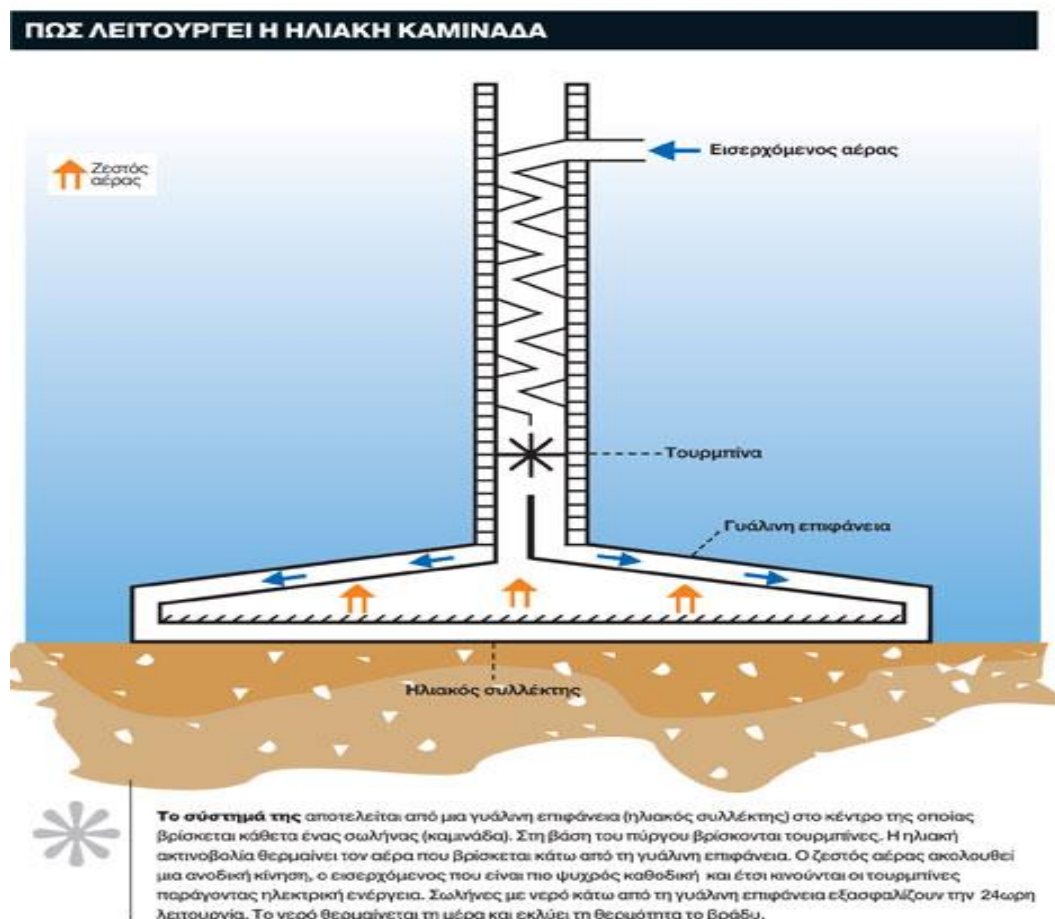


#### 4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ιδέα για την αρχή λειτουργίας ενός σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ηλιακές καμινάδες είναι παλιά. Ήδη από το 1926 ο μηχανικός Bernard Dubos πρότεινε στην Γαλλική Ακαδημία Επιστημών την κατασκευή ενός τέτοιου σταθμού στην Αλγερία με μια καμινάδα ακουμπισμένη σε ένα ψηλό βουνό.



Το σύστημά της αποτελείται από μια γυάλινη κυκλική επιφάνεια (συλλέκτης) στο κέντρο της οποίας βρίσκεται ένας σωλήνας (καμινάδα), που είναι κάθετος στην επιφάνεια αυτή. Στη βάση του πύργου βρίσκονται τουρμπίνες. Η ηλιακή ακτινοβολία θερμαίνει τον αέρα που βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια. Τότε ο ζεστός αέρας ακολουθεί μια ανοδική κίνηση και κινεί έτσι τις τουρμπίνες παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια (Σχήμα 1).



**Σχήμα 1** :Σχηματική απεικόνιση της λειτουργίας της Ηλιακής καμινάδας

Η ηλιακή καμινάδα συνδυάζει τρεις αρχές: το φαινόμενο του θερμοκηπίου, το φαινόμενο της καμινάδας και τις τουρμπίνες. Στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι χρήσιμο το ότι ο αέρας μέσα από τη γυάλινη επιφάνεια είναι θερμότερος από τον αέρα του εξωτερικού χώρου. Όταν ο αέρας θερμαίνεται, διαστέλλεται και γίνεται πιο ελαφρύς από τον κρύο αέρα οπότε ανεβαίνει προς τα πάνω. Το ίδιο περίπου συμβαίνει και με τη δεύτερη αρχή. Στην καμινάδα ο ζεστός αέρας ανεβαίνει προς τα πάνω γιατί είναι πιο ελαφρύς. Και στην τρίτη αρχή οι τουρμπίνες κινούνται με τη ροή του αέρα. Αν συνδέσεις τις τουρμπίνες με γεννήτρια, τότε θα παραχθεί ηλεκτρικό ρεύμα. Επίσης έχουμε

τοποθετήσει σωλήνες με νερό κάτω από τη γυάλινη επιφάνεια κι έτσι επιτυγχάνεται η 24ωρη λειτουργία του συλλέκτη. Το νερό στους σωλήνες θερμαίνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας και εκλύει τη θερμότητα το βράδυ, δημιουργώντας την ανοδική κίνηση.

Αυτό το ειδικό χαρακτηριστικό γνώρισμα αυτής της Ηλιακής Καμινάδας το κάνει εμπορικά βιώσιμο και του δίνει ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα σε σχέση με όλες τις άλλες μορφές παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας.

## 4.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

1. Παραγωγή ενέργειας χωρίς τη χρήση καύσιμης ύλης (εκτός ελαχίστων περιπτώσεων που αναφέρονται στη συνέχεια) και χωρίς να μολύνεται το περιβάλλον.

2. Ο συλλέκτης εκμεταλλεύεται τόσο την άμεσα προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία όσο και τη διαχεόμενη, σε αντίθεση με τους υπαρκτούς φωτοβολταϊκούς και ηλιακούς σταθμούς που εκμεταλλεύονται κυρίως μόνο την άμεσα προσπίπτουσα ακτινοβολία. Αυτό είναι σημαντικό για χώρες όπου έχουν μικρή ηλιοφάνεια.

3. Ο συλλέκτης παρέχει αποθήκευση φυσικής ενέργειας σε μηδενικό κόστος.

4. Οι Ηλιακές Καμινάδες είναι αρκετά ανθεκτικές σε σχέση με άλλα ηλιακά συστήματα παραγωγής.

5. Έχουν πολύ λίγα κινούμενα μέρη (π.χ. γεννήτριες) γεγονός που περιορίζει τις απαιτήσεις συντήρησης.

6. Οι συμβατικοί φωτοβολταϊκοί σταθμοί συνήθως έχουν απαιτήσεις ψύξης με νερό κάτι που δεν συμβαίνει με τις Ηλιακές Καμινάδες. Αυτό αποτελεί επιπλέον πλεονέκτημα για χώρες που αντιμετωπίζουν πρόβλημα λειψυδρίας.

7. Επιπλέον τα απαιτούμενα δομικά υλικά, το γυαλί και το τσιμέντο, είναι υλικά που είναι σχεδόν παντού διαθέσιμα και σε επαρκής ποσότητες. Έτσι δεν υπάρχουν μεγάλες απαιτήσεις μετακίνησης και μεταφοράς υλικών. Με βάση τα παραπάνω οι Ηλιακές Καμινάδες είναι εφικτό να κατασκευαστούν ακόμη και σε λιγότερο βιομηχανικά ανεπτυγμένες περιοχές.

## 4.3 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Μοναδικό ίσως μειονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι οι Ηλιακές Καμινάδες δεν μετατρέπουν όλο το ποσό της θερμικής ενέργειας σε ηλεκτρική και ότι η απόδοσή τους είναι μικρότερη των συμβατικών



ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων. Ωστόσο καταφέρνουν να μας αποζημιώσουν μέσω της φθηνής και εύκολης κατασκευής τους και μέσω του χαμηλού κόστους συντήρησης και φυσικά μέσω της οικολογικής λειτουργίας τους.

#### **4.4 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ**

Οι Ηλιακές Καμινάδες χρειάζονται μεγάλες επίπεδες περιοχές για την τοποθέτηση του μεγάλου σε επιφάνεια συλλέκτη. Για να είναι οικονομικά βιώσιμες προϋποθέτουν την εγκατάστασή τους σε περιοχές με υψηλό δείκτη ηλιοφάνειας. Έτσι σημαντικά κριτήρια επιλογής τοποθεσίας είναι :

- η μεγάλη έκταση
- η υψηλή ηλιοφάνεια
- η θερμοκρασία και η απορροφητικότητα του εδάφους
- η θερμοκρασία του αέρα
- η ταχύτητα και η υγρασία του αέρα
- η απορροφητικότητα του συλλέκτη
- τα στοιχεία των τουρμπίνων
- μετεωρολογικές πληροφορίες

#### **4.5 ΤΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΚΑΜΙΝΑΔΑΣ**

Η ηλιακή καμινάδα αποτελείται από τα εξής βασικά μέρη:

1. Τον ηλιακό συλλέκτη
2. Την καμινάδα
3. Τους αεριοστρόβιλους

#### 4.5.1 Ο Συλλέκτης



**Σχήμα 2 :** Άποψη ενός ηλιακού σταθμού από τον συλλέκτη

Ο αέρας ζεσταίνεται απτήν ηλιακή ακτινοβολία κάτω από έναν διαφανή θόλο φτιαγμένο από γυαλί ή πλαστικό με βελτιωμένες ιδιότητες ως προς την θέρμανση, ανοιχτό στην περιμέτρο του. Ο θόλος αυτός σε συνδυασμό με το έδαφος που βρίσκεται από κάτω σχηματίζουν ένα συλλέκτη θερμού αέρα.

Η ακτινοβολία του ήλιου θα συλλέγεται και θα παγιδεύεται από τον ηλιακό συλλέκτη με αποτέλεσμα το έδαφος και ο αέρας εντός του να θερμαίνονται. Έτσι μέσω του φαινομένου του θερμοκηπίου που προκαλείται τεχνητά εξαιτίας της κατασκευής του συλλέκτη, θα δημιουργείται μια τεράστια πίεση στον αέρα, και μία αύξηση της θερμοκρασίας του περίπου  $35^{\circ}\text{C}$  μεγαλύτερη από την θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Η επιφάνειά του συλλέκτη βρίσκεται σε ύψος μερικών μέτρων πάνω από το έδαφος και γίνεται ακόμα υψηλότερη στη βάση της Καμινάδας. Στο Σχήμα 2 βλέπουμε πως είναι ένας ηλιακός συλλέκτης στην ηλιακή καμινάδα.

Με το σχεδιασμό αυτό δημιουργείται κίνηση του εγκλωβισμένου αέρα και κατακόρυφη μετακίνησή του εντός της Καμινάδας με ελάχιστες απώλειες τριβής. Εξαιτίας του ψυχρού αέρα στην κορυφή της Καμινάδας, ο θερμός αέρας που βρίσκεται κάτω απ' το συλλέκτη αναρροφάται από την Καμινάδα και αποβάλλεται στην κορυφή του.

Η διάμετρος της Καμινάδας, που έχει να κάνει με το κοίλο μέρος του συλλέκτη, ποικίλει με βάση τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της εκάστοτε περιοχής.

Το έδαφος κάτω απ' το συλλέκτη μπορεί να καλυφθεί με υλικά που απορροφούν τη θερμότητα για αύξηση της παραγόμενης ενέργειας του σταθμού σε εικοσιτετράωρη βάση. Η μικρή θερμοκρασιακή διαφορά που

απαιτεί το ανερχόμενο ρεύμα εξασφαλίζει τη λειτουργία του σταθμού και κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Η παραγωγή ενέργειας μπορεί επίσης να ρυθμιστεί στο επιθυμητό επίπεδο. Αυτό συμβαίνει με την ενσωμάτωση μονάδων θερμότητας στο χώρο (μικρότεροι κλειστοί χώροι εντός του συλλέκτη για τον εγκλωβισμό του αέρα) κάτω από το συλλέκτη σε συνδυασμό με τη χρήση ανεμιστήρων ή παραθύρων στην περίμετρο του και στη βάση της Καμινάδας. Με τις μονάδες αυτές γίνεται εφικτή η αποθήκευση θερμότητας αλλά και η ρύθμιση της παραγόμενης ισχύος ανάλογα με τις απαιτήσεις του δικτύου.

#### 4.5.2 Η Καμινάδα



**Σχήμα 3:** Ηλιακή Καμινάδα

Η Καμινάδα είναι το κλειδί της ενεργειακής παραγωγής. Από κατασκευαστικής απόψεως αποτελεί έναν κύλινδρο από ενισχυμένο σκυρόδεμα μεγάλης διαμέτρου και πολύ μεγάλου ύψους (Σχήμα 3). Η Ηλιακή τεχνολογία Καμινάδων δεν είναι απλά ηλιακή ενέργεια. Αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιεί την ακτινοβολία του ήλιου για να θερμάνει μια τεράστια ποσότητα αέρα η οποία αναγκάζεται χάρη στο φαινόμενο του ελκυσμού (ροή αέρα από τα θερμά στα ψυχρά εξαιτίας θερμοκρασιακής

διαφοράς) να κινηθεί ως καυτός άνεμος μέσω μεγάλων στροβίλων και να παραγάγει ηλεκτρική ενέργεια. Ένας τέτοιος ηλιακός θερμικός σταθμός ισχύος θα δημιουργεί τέτοιες συνθήκες που θα προκαλεί μια συνεχή ροή καυτού αέρα μέσω των στροβίλων του για να παραγάγει την ηλεκτρική ενέργεια.

Η αποδοτικότητα της Καμινάδας, δηλαδή το ποσοστό της μετατροπής της θερμότητας σε κινητική ενέργεια, καθορίζεται από τη διαφορά της θερμοκρασίας στο συλλέκτη και της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος στην κορυφή της Καμινάδας. Πορευόμενοι με τη λογική αυτή, εξασφαλίζουμε αποδοτική λειτουργία ακόμα και τις ψυχρότερες μέρες. Η σχέση μεταξύ του μεγέθους και του ύψους της Καμινάδας καθορίζει άμεσα και την αποτελεσματικότητά του. Το ύψος της Καμινάδας είναι τόσο που να δημιουργεί κατάλληλο ανερχόμενο ρεύμα αέρος εντός του ώστε οι τουρμπίνες να δίνουν το επιθυμητό αποτέλεσμα. Μία Καμινάδα ύψους 1000 μέτρων και διαμέτρου 150 μέτρων μπορεί να χτιστεί με χρήση συμβατικών κατασκευαστικών τεχνικών.

Η ανάλυση του χρόνου ζωής μίας ενισχυμένης τσιμεντένιας Καμινάδας σε ξηρό κλίμα εκτιμάται πολύ μεγαλύτερη των 100 χρόνων. Η Καύση (carbonization) είναι το φαινόμενο κατά το οποίο το σκυρόδεμα χάνει την ικανότητά του να προστατεύει τον οπλισμό του εξαιτίας σταδιακής μετατροπής, από το εξωτερικό της επιφάνειας προς τα μέσα, του υδροξειδίου του ασβεστίου σε ανθρακούχο κάλιο (calcium) ως αποτέλεσμα της χημικής του αντίδρασης με το CO<sub>2</sub> της ατμόσφαιρας. Η διαδικασία αυτή είναι ήπια σε συνθήκες χαμηλής υγρασίας.

Οι θερμοκρασιακές διαφορές παράγουν ένα ανερχόμενο ρεύμα αέρος ταχύτητας περίπου 15 m/sec κι έτσι δεν είναι δύσκολο για τις διάφορες ομάδες συντήρησης να μπουν σε μία υπό λειτουργία Ηλιακή Καμινάδα και να πραγματοποιήσουν τις ανάλογες διαδικασίες. Αυτό αποτελεί κι ένα μεγάλο πλεονέκτημα σε σχέση με τους υπόλοιπους σταθμούς παραγωγής όπου κατά τη συντήρησή τους απαιτείται η διακοπή της λειτουργίας τους. Οι Ηλιακές Καμινάδες έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να μένουν πολύ μικρό χρονικό διάστημα (down time) εκτός λειτουργίας.

### 4.5.3 Οι Τουρμπίνες

Η ηλιακή ακτινοβολία, όπως αναφέρθηκε, είναι υπεύθυνη για τη συνεχή ροή του αέρα εντός της Καμινάδας. Η ενέργεια που δημιουργείται με την παραπάνω διαδικασία μετατρέπεται σε μηχανική με τη χρήση ειδικών τουρμπίνων στη βάση της Καμινάδας και έπειτα σε

ηλεκτρική μέσω συμβατικών γεννητριών. Το κινούμενο ρεύμα αέρος με τη χρήση τουρμπίνων παράγει μηχανική ενέργεια με τη μορφή περιστροφικής ενέργειας. Οι τουρμπίνες είναι ανθεκτικές και σχετικά αθόρυβες. Ουσιαστικά αποτελούν ατμοστρόβιλο με πεπιεσμένο αέρα, όπως συμβαίνει και σε ένα υδροηλεκτρικό σταθμό, όπου η στατική πίεση μετατρέπεται σε περιστροφική ενέργεια με τη χρήση μίας εσώκλειστης εντός περιβλήματος τουρμπίνας.

Η ενεργειακή παραγωγή αυτού του τύπου, εσώκλειστης και πεπιεσμένου αέρα, τουρμπίνας είναι περίπου οχτώ φορές μεγαλύτερη από αυτή μιας speed-stepped open-air τουρμπίνας της ίδιας διαμέτρου. Η παραγωγή που πετυχαίνεται είναι ανάλογη της παραγόμενης ροής αέρα ανά μονάδα όγκου και της πτώσης πίεσης στην τουρμπίνα. Προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη ενεργειακή απόδοση, ένα ρυθμιστικό σύστημα χρησιμοποιείται για να μεγιστοποιήσει την παραγωγή κάτω υπό οποιοσδήποτε λειτουργικές συνθήκες.

Η καταλληλότερη μορφή γεννητριών είναι οι αεριοστρόβιλοι. Η Ηλιακή θερμική ενέργεια εισάγεται στους στροβίλους με τη βοήθεια ενός δέκτη θερμού αέρος. Για περιόδους χωρίς ηλιοφάνεια η θερμική ενέργεια εισάγεται μαζί με καύσιμο σε έναν θάλαμο ανάφλεξης για εκκίνηση και λειτουργία του σταθμού. Στο σχήμα 4 απεικονίζεται μια τουρμπίνα εν λειτουργία



**Σχήμα 4:** Τουρμπίνα σε λειτουργία

Οι μεγάλης κλίμακας αεριοστρόβιλοι φτιάχνονται από ελαφριά κράματα, όπως εκείνα που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή αεροσκαφών. Τέλος αναφέρουμε ότι η σύνδεση της Ηλιακής Καμινάδας

με το δίκτυο γίνεται όπως ακριβώς σε ένα συμβατικό ατμοηλεκτρικό σταθμό.

#### 4.6 Η ΗΛΙΑΚΗ ΚΑΜΙΝΑΔΑ ΤΗΣ ΑΥΣΤΡΑΛΙΑΣ

Η Αυστραλία είναι η πρώτη χώρα όπου θα χρησιμοποιήσει αυτή την τεχνολογία. Μετά από μια εκτενή αναζήτηση, ο σταθμός θα κτιστεί στην περιοχή Wentworth Shire (Σχήμα 5), κοντά στην Βικτώρια από μια εταιρεία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας της Μελβούρνης, την Enviromission και ονομάζεται Australian Solar Mission Project. Αυτό το εγχείρημα αν και σε πολλούς μοιάζει με σενάριο επιστημονικής φαντασίας αποτελεί εγγύς πραγματικότητα. Σκοπός του Solar Mission Project είναι να καθιερωθεί η παραγωγή θερμικής ενέργειας από τον ήλιο ως εμπορική εναλλακτική λύση στην αγορά σε αντιδιαστολή με την παραγωγή μέσω ορυκτών καυσίμων. Το Ηλιακό έργο θα προσαρμόσει τη Γερμανική σχεδιασμένη Ηλιακή τεχνολογία Καμινάδων στην Αυστραλία. Η ηλιακή καμινάδα θα μπορεί να παράγει μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας συγκρίσιμες με αυτές που παράγουν οι συμβατικές ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες.



Σχήμα 5: Τοποθεσία εγκατάστασης

Το μέγεθος της πρώτης Ηλιακής Καμινάδας θα είναι της τάξης των 200MW, ενώ υπολογίζεται ότι για χρονικό διάστημα 2,5 χρόνων, το



περιβαλλοντικό κέρδος θα είναι 200.000 τόνοι καυσαερίων CO<sub>2</sub> λιγότεροι.

Η πρώτη φάση αυτού του προγράμματος έγινε το Μάρτιο του 2001, που είχε ως σκοπό να βελτιστοποιηθεί η εμπορική αξία αυτής της τεχνολογίας. Δηλαδή να βρεθεί η τοποθεσία της εγκατάστασης, να γίνει η επιλογή των υλικών και των μεθόδων οικοδόμησης του σταθμού κλπ.

Η δεύτερη φάση που αποτελεί τον πλήρη σχεδιασμό της κατασκευής έχει επίσης πραγματοποιηθεί. Αυτή τη στιγμή δρομολογούνται από την εταιρία τα κατάλληλα κονδύλια καθώς επίσης και οι ανάλογες νομοθετικές ρυθμίσεις που θα καταστήσουν τη λειτουργία της Ηλιακής Καμινάδας βιώσιμη και ανταγωνιστική. Με άλλα λόγια, βρίσκεται ένα βήμα πριν την έναρξη της κατασκευής του.

Η Καμινάδα της ενέργειας, που θα έχει ύψος 1000 μέτρων, θα κοστίσει 35 εκατομμύρια δολάρια και είκοσι χρόνια ερευνητικής εργασίας. Ο υπό κατασκευή σταθμός στην Αυστραλία αναμένεται να διαθέτει 32 τουρμπίνες των 6,25 MW η κάθε μία (Σχήμα 6). Η συνολική διάμετρος του συλλέκτη της συγκεκριμένης εφαρμογής εκτιμάται ότι πρέπει να είναι περίπου 5Km σύμφωνα με τη γεωγραφική περιοχή.



**Σχήμα 6** :Τουρμπίνες στη βάση της ηλιακής καμινάδας

Για περισσότερο όμως από 100 χρόνια θα είναι ικανή να προσφέρει φθηνή και αποδοτική ηλεκτρική ενέργεια. Η δε τιμή ανά κιλοβατώρα θα είναι η μέση τιμή που προσφέρεται από τις εταιρείες ηλεκτρισμού συν μια μικρή επιβάρυνση λόγω της καθαρής ενέργειας που προσφέρει. Η πρόσθετη τιμή συμβολίζει τον θετικό αντίκτυπο που έχει στο περιβάλλον μια καθαρή μορφή ενέργειας. Αντιθέτως η «φθηνή» ενέργεια από το



πετρέλαιο δεν είναι και τόσο φθηνή όσο νομίζουμε. Ο αρνητικός αντίκτυπος που έχει στο περιβάλλον την κάνουν τελικά πολύ ακριβή. Η παγκόσμια άνοδος της θερμοκρασίας και η ποιότητα του αέρα είναι αυτά που κυριαρχούν στην αναζήτηση και εξάπλωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Στο σχήμα 7 απεικονίζεται πως θα είναι η κατασκευή μόλις ολοκληρωθεί.



**Σχήμα 7:** Η μορφή που θα έχει η ηλιακή καμινάδα μετά την υλοποίησή του έργου

## ΟΙ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΚΑΜΙΝΑΔΑΣ

**Καμινάδα :**1000 m ύψος, 150 m διάμετρο

**Σκυρόδεμα :**600.000 m<sup>3</sup>

**Συλλέκτης :**5 Km διάμετρο (υλικά: glass / polycarbonate / plastic film)

**Τουρμπίνες :**32 τεμάχια x 6,25 Mw

**Έκταση :**55 Km<sup>2</sup> (7,2 x 7,2)

**Κατασκευή :**34 μήνες

**Θέσεις εργασίας:** 2.700+(Κατασκευή), 15 (Λειτουργία - Συντήρηση)

**Ισχύς :**200 MW (200.000 νοικοκυριά)

**Κόστος :**35 εκατομμύρια δολάρια

### **4.7 ΠΙΛΟΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ**

Αποσκοπώντας στην κατανόηση σε βάθος των φυσικών σχέσεων που διέπουν την κατασκευή στην Αυστραλία και για να γίνουν οι όποιες εφικτές βελτιώσεις, αναπτύχθηκε ένα πρόγραμμα προσομοίωσης που περιγράφει όλα τα επιμέρους τμήματα κατασκευής των Ηλιακών Καμινάδων, τις λειτουργίες τους καθώς και τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις. Το πρόγραμμα αυτό πιστοποιήθηκε με βάση μετρούμενα πειραματικά αποτελέσματα και ελέγχθηκε η ακρίβειά του. Σήμερα αποτελεί ένα αναπτυξιακό εργαλείο που λαμβάνει υπόψη κάθε δυνατή παράμετρο και με τη βοήθεια του οποίου μπορεί να υπολογιστεί εκ των προτέρων η θερμοδυναμική συμπεριφορά μιας μεγάλης κλίμακας σταθμών παραγωγής για δεδομένες μετεωρολογικές συνθήκες.

Η εταιρία Schlaich Bergemann and Partners (SBP) αφιέρωσε μεγάλο χρονικό διάστημα στην ανάπτυξη της ιδέας της Ηλιακής Καμινάδας, της οποίας αργότερα απέδειξε την ισχύ και την δοκίμασε στην πράξη κατασκευάζοντας ένα αρχικό πρότυπο των 50 MW. Αναλυτική θεωρητική προκαταρκτική έρευνα και εκτεταμένα πειράματα ροής αέρα σε σήραγγα οδήγησαν στην καθιέρωση ενός πειραματικού

σταθμού το 1981/82 των 50 MW σε μια τοποθεσία που διατέθηκε από την ισπανική ένωση Electrica Fenosa κοντά στον ποταμό Μανσανάρες (περίπου 150 km βόρεια της Μαδρίτης) (Σχήμα 8).

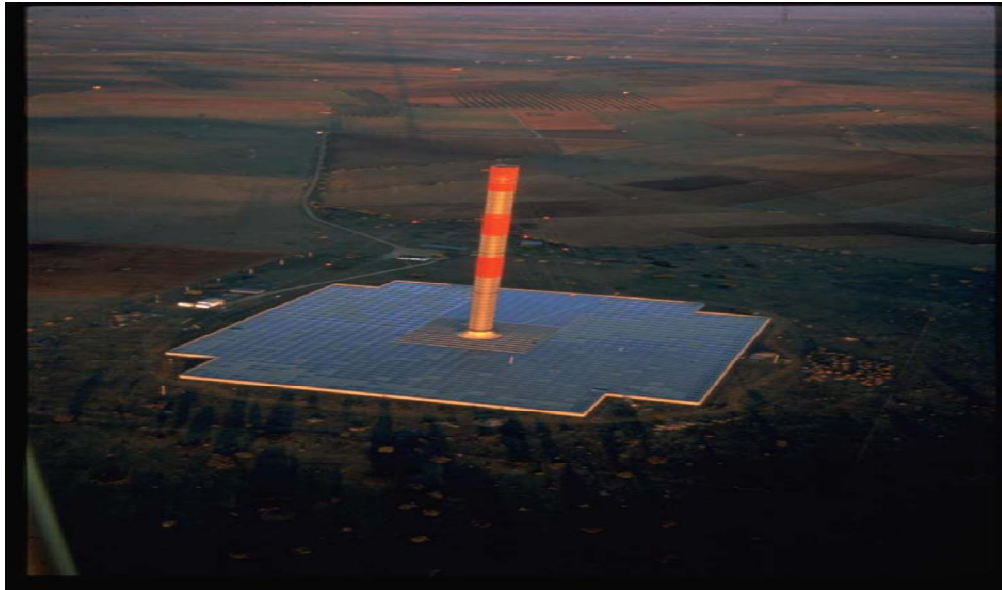
Μία Καμινάδα 200 m ύψους και 11 m διαμέτρου χτίστηκε με μόνο μία γεννήτρια στη βάση του και περιστοιχισμένο από ένα συλλέκτη διαμέτρου 270 m (Σχήμα 9). Ο σταθμός εξοπλίστηκε με όργανα μέτρησης πολύ μεγάλης ακρίβειας. Η απόδοση του σταθμού καταγράφηκε με ακρίβεια δευτερολέπτου από 180 αισθητήρες.

Οι ακόλουθες διεργασίες έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της πειραματικής λειτουργίας του προγράμματος:

Μελετήθηκαν διαφορετικοί τρόποι κατασκευής της οροφής του συλλέκτη. Δοκιμάστηκαν τα υλικά κατασκευής της Καμινάδας για να ελεγχθεί η καταλληλότητα, η ανθεκτικότητα και η απόδοση. Μελετήθηκε η συμπεριφορά του σταθμού κάτω υπό οποιεσδήποτε συνθήκες και βγήκαν συμπεράσματα γεωγραφικής καταλληλότητας.

Ελέγχθηκε η αποθηκευτική ικανότητα του εδάφους με βάση τη θερμοκρασία του συλλέκτη και την υγρασία του εδάφους. Προκειμένου να διερευνηθεί η απορροφητική και αποθηκευτική ικανότητα του εδάφους όσον αφορά την θερμότητα, το έδαφος μελετήθηκε κάθε φορά στην εκάστοτε κατάσταση που βρισκόταν, χωρίς να αλλοιωθεί, απλά ψεκάστηκε με μαύρη άσφαλτο και καλύφθηκε με ένα μαύρο πλαστικό. Πολλαπλές ρυθμίσεις των τουρμπίνων αναπτύχθηκαν και εξετάστηκαν. Τέλος ερευνήθηκαν η συντήρηση και τα τρέχοντα έξοδα για κάθε τμήμα του σταθμού.

Την ολοκλήρωση της κατασκευαστικής φάσης το 1982 ακολούθησε μία πειραματική φάση, σκοπός της οποίας ήταν να παρουσιάσει την λειτουργική αρχή της Ηλιακής Καμινάδας. Οι σκοποί αυτής της φάσης ήταν η άντληση πληροφοριών για την επάρκεια της υπάρχουσας τεχνολογίας, η επίδειξη ενός πλήρως αυτόματου σταθμού υψηλής αξιοπιστίας καθώς και η μέτρηση και η ανάλυση του λειτουργικού χαρακτήρα και των φυσικών σχέσεων για μακροχρόνιες μετρήσεις.



**Σχήμα 8 :** Η εγκατάσταση στον Μανσανάρες

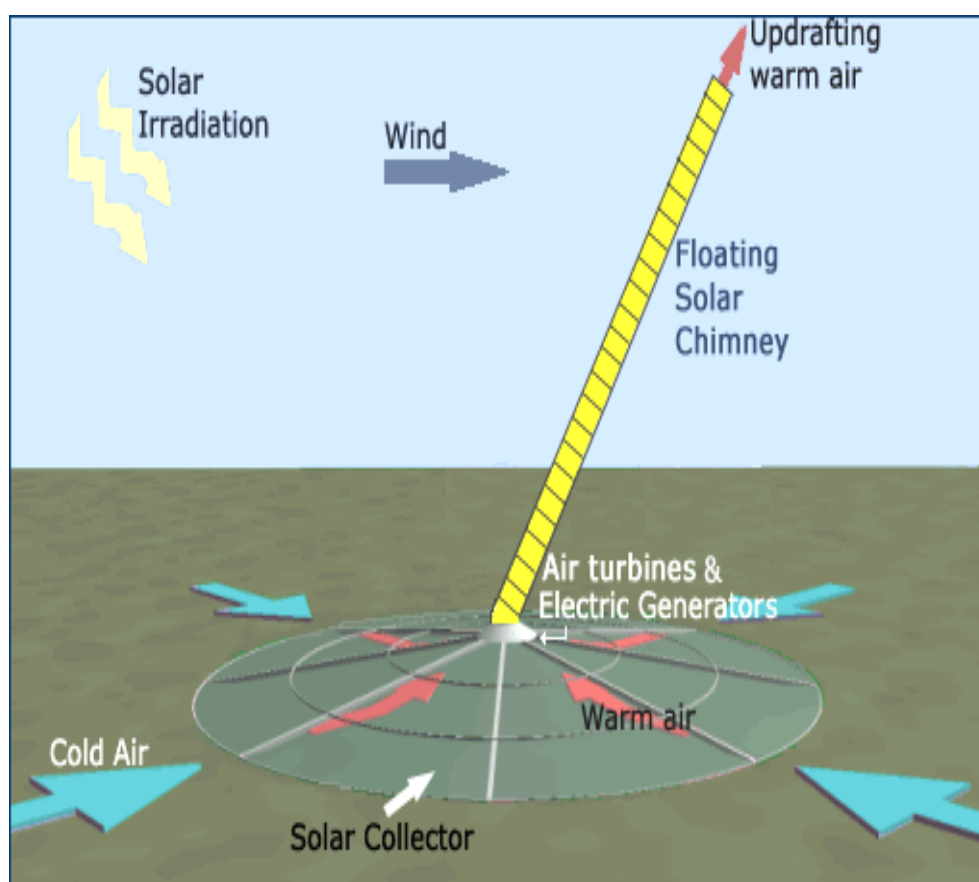


**Σχήμα 9 :** Ο συλλέκτης της εγκατάστασης

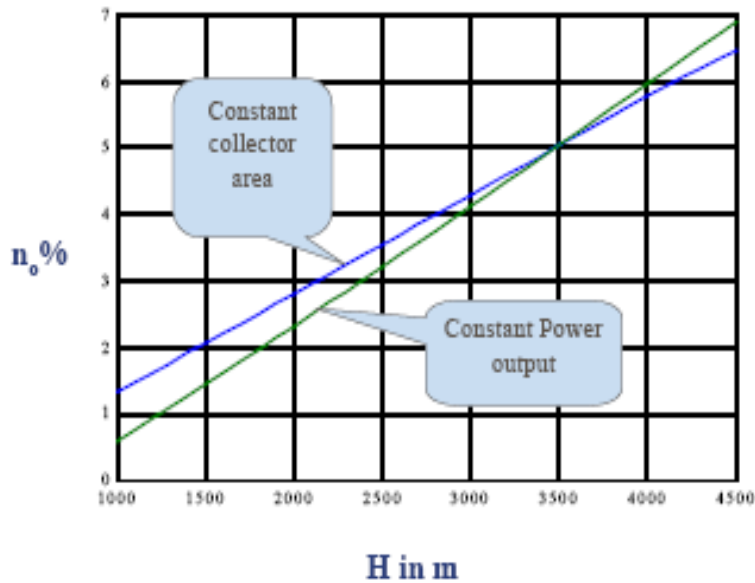
Η πειραματική μονάδα λειτούργησε περίπου 15.000 ώρες από το 1982 έως το 1989. Ωστόσο μέχρι το 1986 οι ανάγκες της ανάλυσης οδήγησαν σε περιστασιακές διακοπές της λειτουργίας της. Από τα μισά του 1986 έως τις αρχές του 1989 κατέστη εφικτή η συνεχής ημερήσια παραγωγή και το συμπέρασμα ήταν πώς η Ηλιακή Καμινάδα αποτελεί βιώσιμη και εμπορεύσιμη εναλλακτική πηγή ενέργειας. Κατά τη διάρκεια αυτών των 32 μηνών ο σταθμός λειτούργησε εντελώς αυτοματοποιημένος με μία μέση τιμή ημερήσιας λειτουργίας 8,9 ωρών σε ένα σύνολο 8611 λειτουργικών ωρών. Το πολύ ένα άτομο χρειάστηκε για την επίβλεψή του.

Οι μετρήσεις λοιπόν του πειραματικού σταθμού στον Μανσανάρες χρησιμοποιήθηκαν για το σχεδιασμό του μεγάλου σταθμού της Αυστραλίας τάξεως 200MW.

#### 4.8 ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΕΣ ΗΛΙΑΚΕΣ ΚΑΜΙΝΑΔΕΣ (Floating Solar Chimneys)

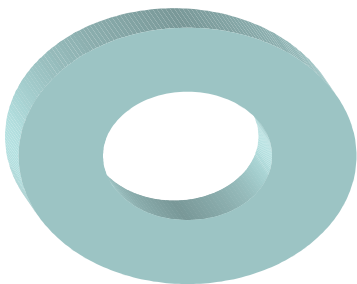


Προκειμένου να κατασκευάσουμε αποδοτικούς σταθμούς με ηλιακές καμινάδες, με ανταγωνιστικό κόστος κατασκευής ο καθηγητής Χρήστος Παπαγεωργίου πρότεινε με την εφεύρεση του, την κατασκευή ηλιακών καμινάδων, ελαφρύτερων του αέρα. Με τον τρόπο αυτό είμαστε σε θέση να κατασκευάσουμε ψηλότερες (έως 1,5 Km) και οικονομικότερες καμινάδες, με σαφώς μεγαλύτερο συντελεστή απόδοσης, όπως φαίνεται και από το ακόλουθο διάγραμμα 1.

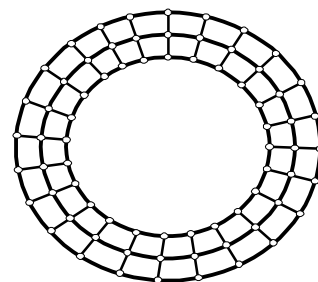


**Διάγραμμα 1:** Συντελεστής απόδοσης συναρτήσει του ύψους της καμινάδας

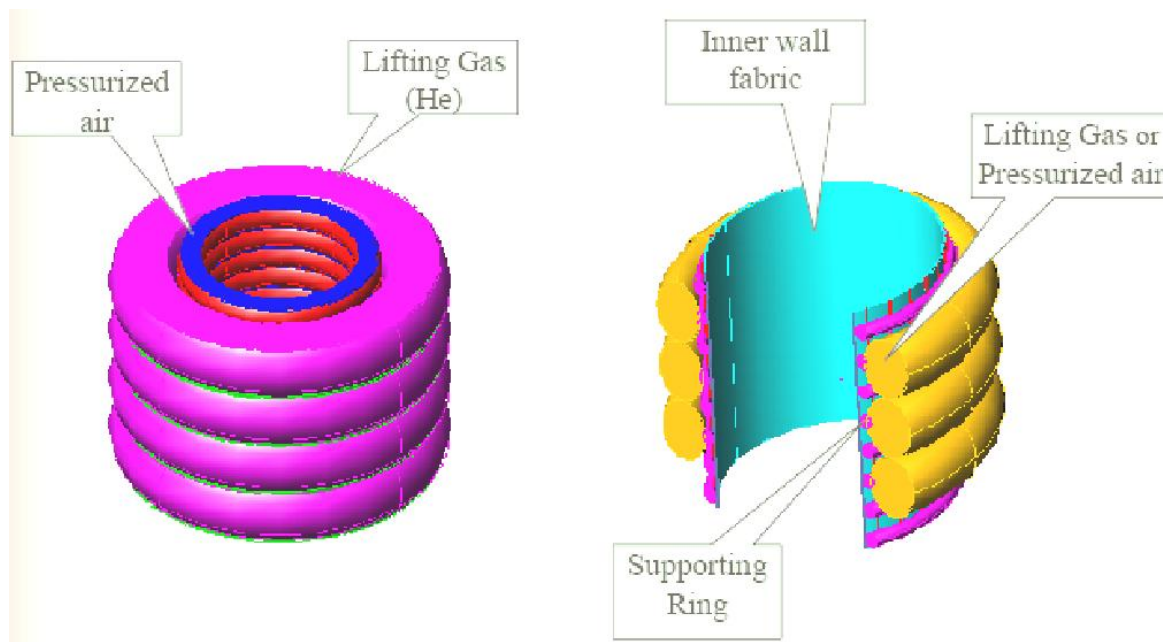
Το βασικό δομικό στοιχείο αυτής της κατασκευής είναι ο δακτύλιος αερόστατο (Εικόνες 10, 12) που είναι γεμάτος με ελαφρύ άφλεκτο αέριο ( $\text{NH}_3$  ή  $\text{He}$ ). Μεταξύ δύο διαδοχικών δακτυλίων αεροστάτων παρεμβάλλεται ένας υποστηρικτικός δακτύλιος (Εικόνα 11,12) που παραλαμβάνει τη λειτουργική υποπίεση επί του τοιχώματος της καμινάδας.



**Εικόνα 10:** Δακτύλιος Αερόστατο



**Εικόνα 11 :**Υποστηρικτικός Δακτύλιος

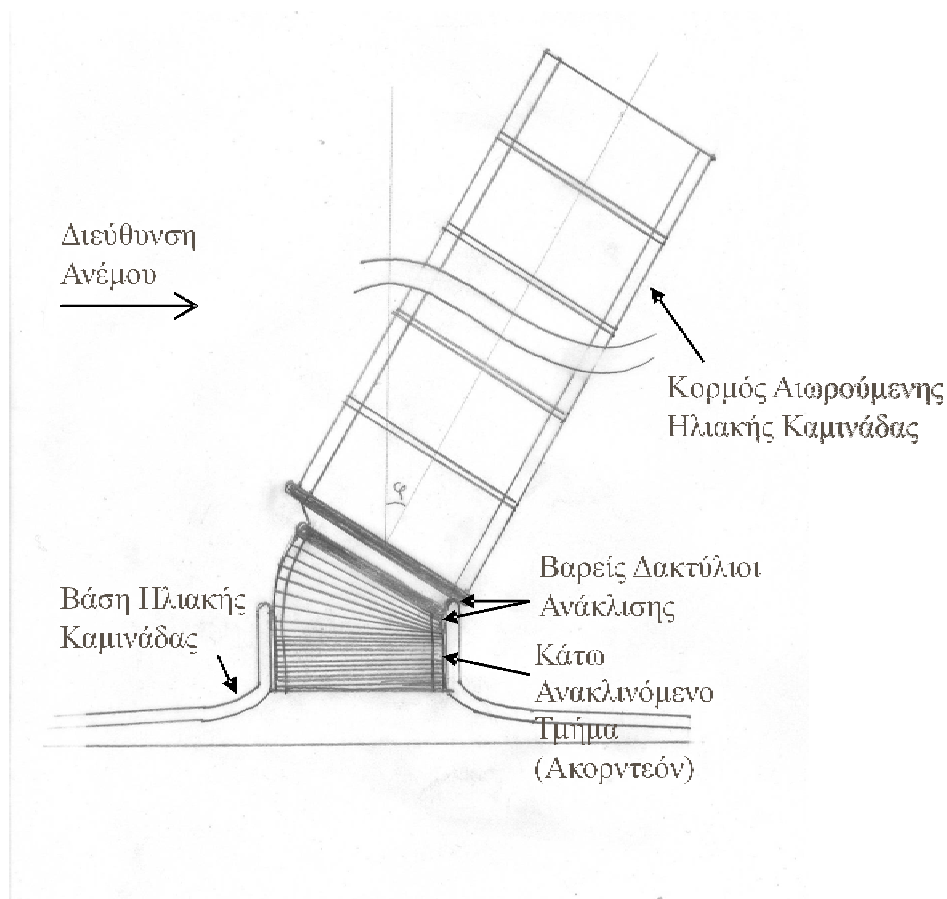


**Εικόνα 12 :** Δακτύλιος Αερόστατου και Υποστηρικτικός Δακτύλιος

Ένας σταθερός αριθμός διαδοχικών δακτυλίων – αεροστάτων και υποστηρικτικών δακτυλίων, συγκροτεί ένα τμήμα της καμινάδας. Η καμινάδα αποτελείται από ένα σύνολο τμημάτων που συνδέονται μεταξύ τους με δακτυλίους απομόνωσης. Οι δακτύλιοι απομόνωσης είναι γεμάτοι από τον αέρα του περιβάλλοντος που μπορεί να βγαίνει εύκολα από αυτούς, εξασφαλίζοντας τη δυναμική απομόνωση των διαδοχικών τμημάτων της καμινάδας.

Κάθε τμήμα που τείνει να καταλάβει κατακόρυφη θέση αναρτάται με ανεξάρτητα τμήματα υψηλής αντοχής από τη βάση της καμινάδας. Η βάση είναι φτιαγμένη έτσι (βλέπε Εικόνα 13) ώστε να μπορεί να ανακλίνεται όταν ο εξωτερικός άνεμος υποχρεώνει την καμινάδα να λάβει κεκλιμένη θέση. Κάθε τμήμα της καμινάδας έχει μια σχετική ανεξαρτησία και μπορεί να έχει διαφορετική κλίση από τα γειτονικά του τμήματα εφ' όσον η ταχύτητα του εξωτερικού ανέμου μεταβάλλεται καθ' ύψος.



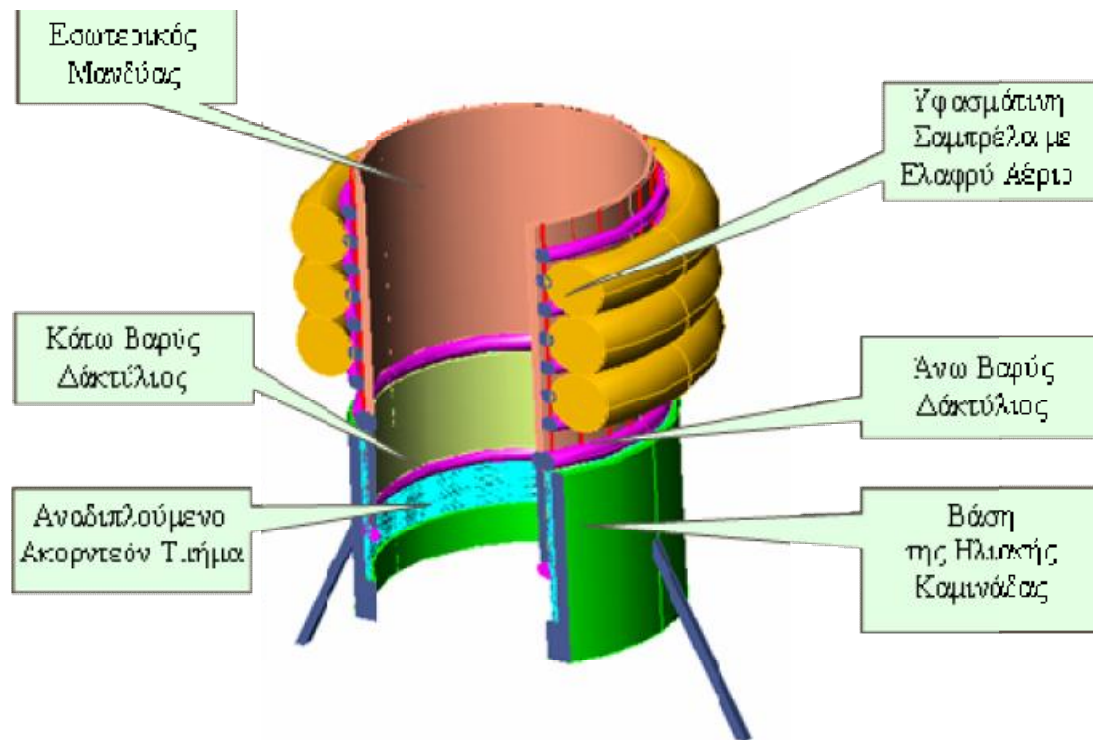


**Εικόνα 13:** Ανάκλιση καμινάδας από την επίδραση του αέρα

Η αιωρούμενη ηλιακή καμινάδα αυτοαιωρείται στον αέρα, σταθερά προσκολλημένη στη βάση της εξαιτίας της βαριάς βάσης της (με βάρος μεγαλύτερο της καθαρής της άνωσης). Έτσι ο θερμός αέρας του ηλιακού συλλέκτη απάγεται δι' αυτής στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, εξασφαλίζοντας τη λειτουργία του ηλιακού σταθμού.

Οι δακτύλιοι – αερόστατα, εξασφαλίζουν και την αναγκαία θερμομόνωση της καμινάδας.

Στην εικόνα 14 που ακολουθεί παρουσιάζεται μια τομή της βάσης και του κορμού της καμινάδας όπου παρουσιάζονται σχηματικά τα ανωτέρω.

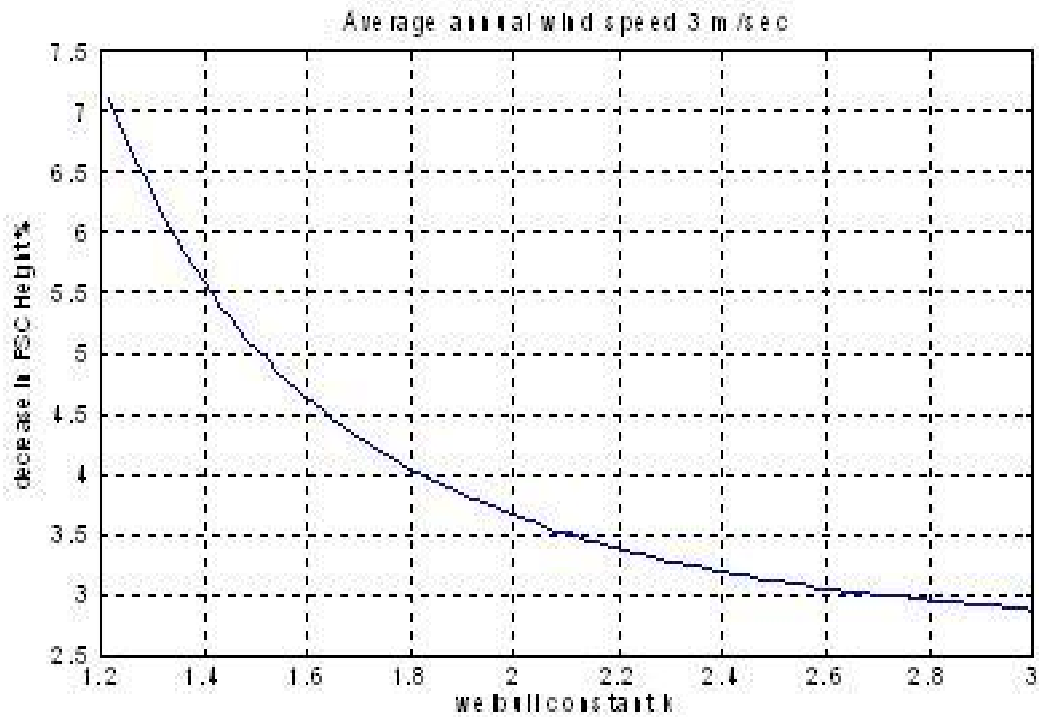


**Εικόνα 14 :** Τομή της βάσης και του κορμού της καμινάδας

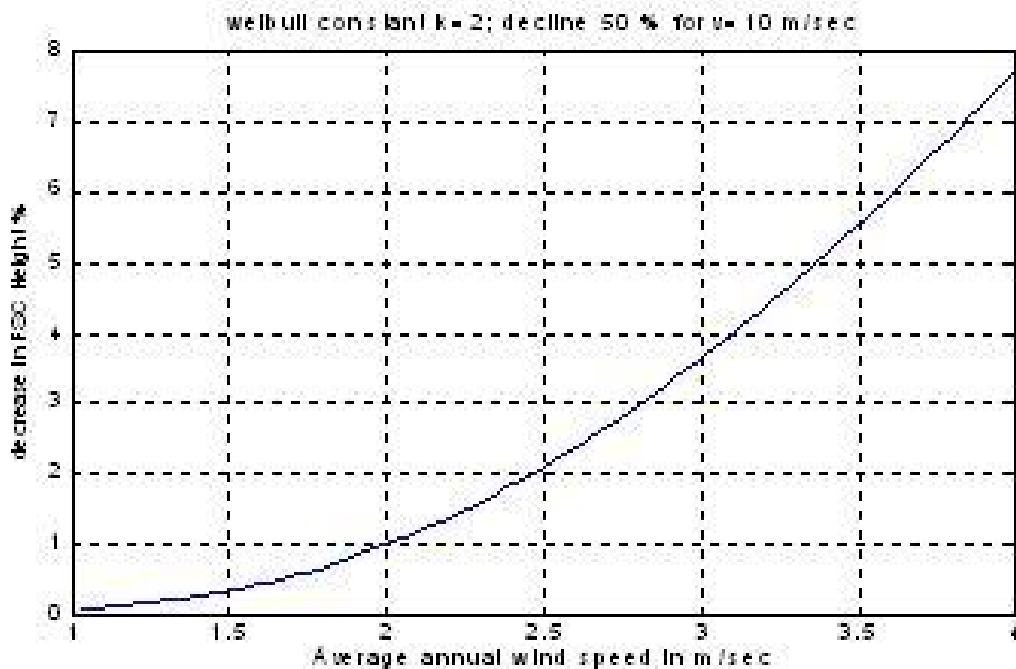
#### **4.9 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΑΝΕΜΩΝ ΕΠΙ ΤΗΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΚΑΜΙΝΑΔΑΣ**

Καταρχήν είναι επιθυμητό ο ηλιακός σταθμός, να εγκατασταθεί σε περιοχές με υψηλή ηλιακή ακτινοβολία, και χαμηλό αιολικό δυναμικό.

Σε κάθε περίπτωση η αρνητική επιρροή των εξωτερικών ανέμων, εκφράζεται με τη μείωση του ενεργού ύψους της αιωρούμενης ηλιακής καμινάδας. Στα ακόλουθα διαγράμματα 2,3 μπορούμε να δούμε την επιρροή της μέσης ετήσιας ταχύτητας  $v_m$ , και της σταθερής  $k$ , Weibull του ανέμου επί του μέσου λειτουργικού ύψους καμινάδας.



**Διάγραμμα 2:** Μείωση (%) του μέσου λειτουργικού ύψους συναρτήσει του κ



**Διάγραμμα 3:** Μείωση (%) του μέσου λειτουργικού ύψους συναρτήσει της μέσης ετήσιας ταχύτητας του ανέμου

Η μείωση του ύψους, για τιμές  $v_m \leq 3 \text{ m/sec}$  και  $k$  περίπου ίσον με 2, είναι μικρότερη του 3,7%.

Ένα δεύτερο συμπέρασμα που προέκυψε είναι ότι, οι ενδιάμεσοι δακτύλιοι απομόνωσης που τοποθετούνται μεταξύ των διαδοχικών τμημάτων της καμινάδας μπορούν να χρησιμεύσουν για την εξουδετέρωση των συνεπειών από τη μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου καθ' ύψος. Το πλήθος και το ύψος των δακτυλίων απομόνωσης καθορίζεται από τη μεταβολή καθ' ύψος των ανέμων της περιοχής εγκατάστασης του ηλιακού σταθμού, ώστε η μεταβολή αυτή να μην έχει συνέπειες για την αιωρούμενη ηλιακή καμινάδα.

Σε κάθε περίπτωση οι περιοχές με υψηλή ανεμόπτωση πρέπει να αποφεύγονται αφού τα ακραία μετεωρολογικά φαινόμενα έχουν σημαντικό βαθμό απροσδιοριστίας και τυχαιότητας. Ευτυχώς περιοχές με υψηλή ηλιοφάνεια και χαμηλό αιολικό δυναμικό είναι άφθονες στον πλανήτη μας.

#### **4.10 Η ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΕΝΟΣ ΑΕΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΜΕ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΗ ΗΛΙΑΚΗ ΚΑΜΙΝΑΔΑ ΥΨΟΥΣ 500-1500 m**

Η απόδοση τους (για ύψη 500-1500 m) είναι περίπου 0.5% - 1.8%, συμπεριλαμβανομένης και της νυχτερινής λειτουργίας τους. Η ετήσια παραγωγή ενέργειας υπερβαίνει τα 3200 KWh ανά KW.

Δηλαδή αν και ο ηλιακός αεροηλεκτρικός σταθμός εργάζεται συνεχώς δεν παράγονται 8760KWh ανά KW

Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ετήσια και ημερήσια παραγωγή ακολουθεί την μέση ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, γι αυτό και η ονομαστική ισχύς του ηλιακού αεροηλεκτρικού σταθμού πρέπει να είναι περίπου 2.7 φορές μεγαλύτερη της μέσης παραγόμενης ισχύος του.

#### **4.11 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΑΕΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΜΕ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΕΣ ΚΑΜΙΝΑΔΕΣ ΚΑΙ ΜΕ ΑΛΛΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Στον πίνακα 1 που ακολουθεί φαίνεται η σύγκριση των Ηλιακών Αεροηλεκτρικών Σταθμών με άλλους σταθμούς παραγωγής ενέργειας. Τα στοιχεία για τους άλλους σταθμούς ελήφθησαν από σχετική μελέτη της ευρωπαϊκής ένωσης.

**Πίνακας 1:** Συγκριτικός πίνακας ηλεκτρικών σταθμών

<i>WETO World Energy Technology &amp; climate policy Outlook 2030 data</i>				
Σταθμός παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος	Κόστος επένδυσης σε €KW		Κόστος καυσίμου	Κόστος συντήρησης
	Έτος 2000	Έτος 2010		
Συνδυασμένου Κύκλου φυσικού αερίου	745	587	Άνω του μέσου όρου	Μέσος όρος
Άνθρακα υπερκρίσιμου κύκλου	1970	1303	Μέσος όρος	Άνω του μέσου όρου
Αεριοποίηση άνθρακα	2631	1805	Μέσος όρος	Άνω του μέσου όρου
Πυρηνικός	3632	3574	Άνω του μέσου όρου	Άνω του μέσου όρου
Βιομάζας	2368	2198	Άνω του μέσου όρου	Άνω του μέσου όρου
Αιολικός	996	911	Μηδενικό	Κάτω του μέσου όρου
Φωτοβολταϊκός	6457	4378	Μηδενικό	Κάτω του μέσου όρου
Αιωρούμενη ηλιακή καμινάδα	1000 (2008)	1000	Μηδενικό	Κάτω του μέσου όρου

Οι σταθμοί με καύσιμα μπορούν να δώσουν κατά έτος πολύ περισσότερες από 3000 KWh, καταναλώνοντας όμως καύσιμα που έχουν σημαντικό κόστος ανά παραγόμενη KWh. Το συνολικό κόστος των ηλιακών Αεροηλεκτρικών σταθμών είναι μικρότερο όλων των άλλων σταθμών. Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης των ηλιακών αεροηλεκτρικών σταθμών είναι πάρα πολύ μικρό. Για τους λόγους αυτούς εκτιμάτε ότι το τελικό κόστος της παραγόμενης KWh από αυτούς τους σταθμούς μπορεί, σταδιακά, να κατέλθει στο 60% της μέσης τιμής της παραγόμενης KWh από τους συμβατικούς σταθμούς με καύσιμα.

Πρέπει επίσης να επισημανθεί ότι οι ηλιακοί αεροηλεκτρικοί σταθμοί λειτουργούν ομαλά (ακολουθώντας τη μέση ωριαία ηλιακή ένταση) χάρις στην αποθηκευτική ικανότητα του εδάφους του ηλιακού τους συλλέκτη, και ως ένα σημείο και προβλέψιμα, χωρίς τις έντονες και απρόβλεπτες διακυμάνσεις λ.χ. των ανεμογεννητριών.

Και βεβαίως είναι μια ανανεώσιμη ηλιακή μέθοδος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς εκπομπές ρύπων που μπορεί να εξασφαλίσει στο διηνεκές την ενέργεια που χρειάζεται η ανθρωπότητα εξασφαλίζοντας της αειφόρο ανάπτυξη, χωρίς ρύπανση του περιβάλλοντος.

#### **4.12 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΗΛΙΑΚΩΝ ΑΕΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΜΕ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΕΣ ΚΑΜΙΝΑΔΕΣ ΚΑΙ ΚΑΜΙΝΑΔΕΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ.**

Οι καμινάδες από οπλισμένο σκυρόδεμα έχουν ένα εύλογο όριο ύψους και σχετίζεται με την αντοχή του οπλισμένου σκυροδέματος και που είναι της τάξεως των 1000m. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει ένας τέτοιος σταθμός 200MW με καμινάδα 1000m από οπλισμένο σκυρόδεμα και διάμετρο 130m έχει σχεδιαστεί για κατασκευή στην Mildura της Victoria στην Αυστραλία από την εταιρεία Enviromission Ltd. Λόγω του ύψους της ηλιακής καμινάδας του, η ετήσια απόδοση ενός τέτοιου σταθμού με εύλογες υποθέσεις και χρησιμοποιώντας την ανάλυση που προαναφέρθηκε θα είναι περίπου 0,9%.

Αυτό σημαίνει ότι το 0,9% της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας κατά μέσο όρο επί της επιφάνειας του κυκλικού του ηλιακού συλλέκτη μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Εάν στην περιοχή κατά μέσο όρο προσπίπτουν 2300 KWh/(year/m<sup>2</sup>), η επιφάνεια του συλλέκτη θα είναι της τάξεως των 30Km<sup>2</sup>. Εάν η ηλιακή καμινάδα ήταν μια ελαφρά αιωρούμενη κατασκευή σαν αυτή που αναφέρθηκε το ύψος της καμινάδας μπορούσε να φθάσει λ.χ. τα 3000m με 100m εσωτερική διάμετρο. Η ετήσια απόδοση θα ανέρθει τότε στο 4,9% και η

απαιτούμενη επιφάνεια του ηλιακού συλλέκτη θα μειωθεί περίπου στα 5,6 Km<sup>2</sup>. Η σημαντική αυτή μείωση της επιφάνειας του συλλέκτη μειώνει αντίστοιχα το κόστος του ηλιακού συλλέκτη του αεροηλεκτρικού σταθμού ισχύος 200 MW.

Συνδυάζοντας το γεγονός ότι η αιωρούμενη ηλιακή καμινάδα των 3 km είναι πολύ φθηνότερη από την καμινάδα οπλισμένου σκυροδέματος των 1000m μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι αεροηλεκτρικοί σταθμοί με αιωρούμενες ηλιακές καμινάδες θα έχουν κόστος κατασκευής περίπου το 25% του κόστους κατασκευής των αντίστοιχων σταθμών με καμινάδες από οπλισμένο σκυρόδεμα. Εάν υποθέσουμε ότι ο αυστραλιανός «ηλιακός πύργος» των 200MW θα κοστίσει πάνω από 35.000.000 \$. Ένας αντίστοιχος ηλιακός αεροηλεκτρικός σταθμός των 200MW αιωρούμενη ηλιακή καμινάδα θα κόστιζε λιγότερο από 25.000.000.

#### 4.13 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Ηλιακός συλλέκτης :

- Γυαλί πάχους 4 mm με κόστος 4-5 EURO/m<sup>2</sup>.
- Μεταλλικές κολώνες
- Συρματόσκοινο σύνδεσης
- Κουρτίνα από λεπτό διαφανές πλαστικό με πάχος 0,05 mm.

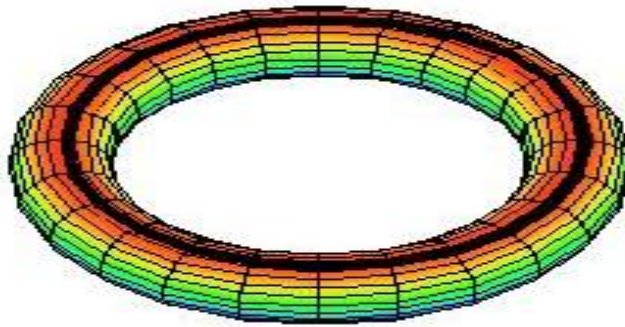
Το κόστος προσεγγιστικά αγγίζει τα 10 EURO/m<sup>2</sup>. Εάν όμως χρησιμοποιηθεί διαφανές πλαστικό με πάχος 0,10-0,16 mm, το οποίο κοστίζει 0,4- 0,6 EURO/mm<sup>3</sup> μπορούμε να μειώσουμε το κόστος έως 50% .

Αιωρούμενη ηλιακή καμινάδα(FSC) :

- Αιωρούμενοι ηλιακοί κύλινδροι

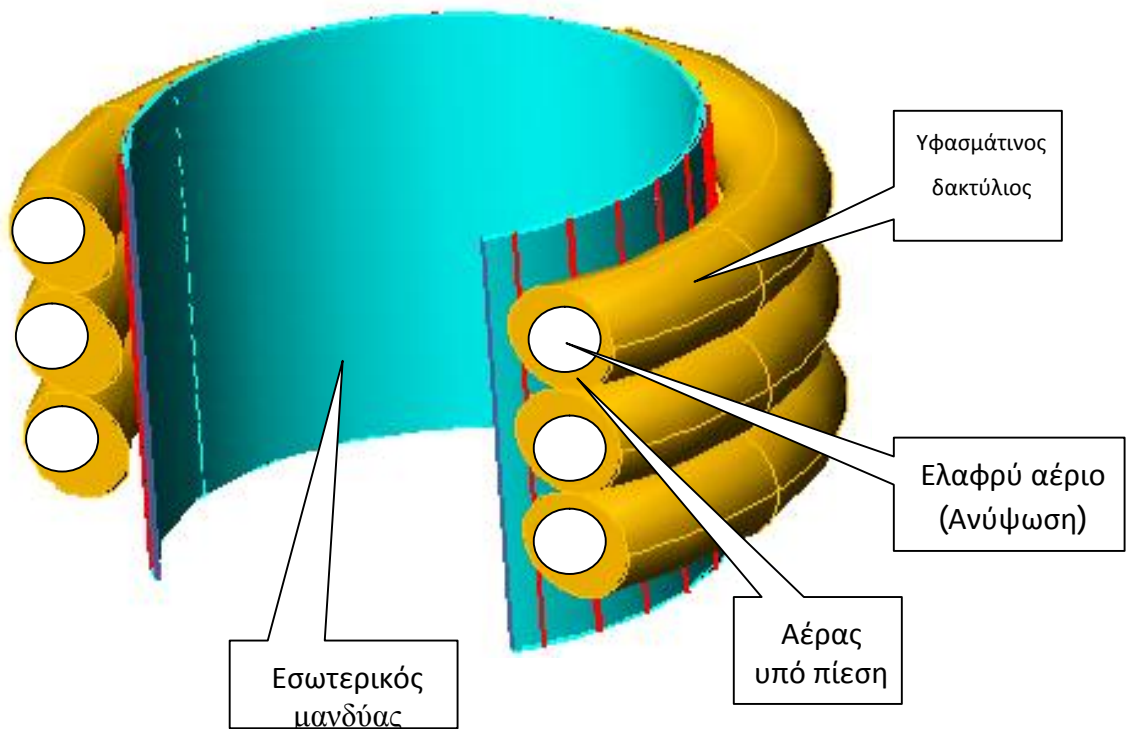
Μπορεί να αποτελούνται από ένα σύνολο διαδοχικών δακτυλίων φτιαγμένων από ύφασμα (Σχήμα 15) που ένα σύνολο από ανθεκτικά μπαλόνια γεμάτα με κάποιο ανυψωτικό αέριο (He ή NH<sub>3</sub>ώστε να γίνονται ελαφρύτεροι του αέρα .





**Σχήμα 15 :** Δακτύλιος από ειδικό ανθεκτικό ύφασμα, γεμάτος με συμπιεσμένο αέρα (ώστε να διατηρεί την μορφή του) εντός του οποίου υπάρχουν ανθεκτικά μπαλόνια γεμάτα με ανυψωτικό αέριο ώστε να είναι ελαφρύτερος του αέρα.

Είτε στο εξωτερικό μέρος του κυλίνδρου να υπάρχουν φουσκωμένοι υφασμάτινοι δακτύλιοι, που φέρουν στο εσωτερικό τους τα μπαλόνια με ελαφρύ ανυψωτικό αέριο, και στο εσωτερικό του υπάρχει ένα υφασμάτινο τοίχωμα ( Σχήμα 16 )



**Σχήμα 16**

Δακτύλιος από ειδικό ανθεκτικό ύφασμα, γεμάτος με συμπιεσμένο αέρα (ώστε να διατηρεί την μορφή του) εντός του οποίου υπάρχουν ανθεκτικά μπαλόνια γεμάτα με ανυψωτικό αέριο ώστε να είναι ελαφρύτερος του αέρα.

## § Βάση στήριξης

Αποτελείται από δύο βαρείς μεταλλικούς δακτύλιους που συνδέονται με ένα πυκνό σύνολο ισχυρότατων νημάτων και ένα ισχυρό ύφασμα μεταξύ τους. Στον άνω δακτύλιο που επικάθεται στην υπερυψωμένη ανοικτή κυλινδρική έδρα της αιωρούμενης ηλιακής καμινάδας, προσδένεται ο αιωρούμενος κύλινδρος. Ο κάτω δακτύλιος έχει μικρότερη διάμετρο και ευρίσκεται μέσα στην έδρα.

### Κύριο μέρος

Τα κυρία υλικά για την κατασκευή του είναι :

- Ειδικό πανί (Polyester, δηλαδή Dacron)
- Αλουμίνιο ή οπλισμένο σκυρόδεμα για την κατασκευή των υποστηρικτικών δακτυλίων.
- Ισχυρό πλαστικό για τις ράβδους σύνδεσης
- Ιμάντες για τη σύνδεση των μερών του κύριου μέρους της FSC με τη βαριά βάση
- Ανυψωτικό αέριο  $NH_3$  ή He. Το  $NH_3$  είναι η πιο οικονομική επιλογή. Εντούτοις επειδή είναι ελαφρά τοξικό μπορούμε κάλλιστα να χρησιμοποιήσουμε He.

Στις κύριες ιδιότητες αυτών των υλικών όπως υπάρχουν στην αγορά δίνονται παρακάτω :

- Το ειδικό πανί μπορεί να έχει τα τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

§ Δύναμη απόσχισης όχι μικρότερη από 11000Nt/m.

§ Βάρος γύρω στα 110 gr/  $m^2$ .

Επίσης πρέπει να συνδυάζει δύναμη και στεγανότητα.

- Τα πιο συνήθη υλικά για των υποστηρικτικών δακτυλίων θα μπορεί να είναι είτε Al, κράμα 6082-T6, είτε οπλισμένο σκυρόδεμα. Οι ιδιότητες αυτών των υλικών είναι:

- Αλουμίνιο:  $G = 70 \text{ GPa}$  και πυκνότητα  $\rho = 2,7 \text{ gr/cm}^3$
- Γυαλί :  $G = 74 \text{ GPa}$  και πυκνότητα  $\rho = 2,5 \text{ gr/cm}^3$
- Οι μάντες θα μπορούσαν να είναι ειδικά σχοινιά με δύναμη θραύσης  $50 \text{ KNt}$  και βάρος  $60 \text{ gr/m}^2$ .
- Οι ράβδοι σύνδεσης θα μπορούσε να είναι από ένα κατάλληλο πλαστικό υλικό με πιθανή πυκνότητα  $\rho = 1,2 \text{ gr/cm}^3$ .

#### 4.14 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ

Μέχρι στιγμής στην Ελλάδα δεν έχει αξιοποιηθεί αυτή η τεχνολογία, ούτε ενδέχεται στο άμεσο μέλλον να κατασκευαστεί ένας σταθμός παραγωγής ρεύματος με ηλιακή καμινάδα ή αιωρούμενη ηλιακή καμινάδα. Παρόλα αυτά όμως έχουν γίνει κάποιες οικονομοτεχνικές μελέτες που αποδεικνύουν ότι η υλοποίηση ηλιακού σταθμού παραγωγής ενέργειας με αιωρούμενες ηλιακές καμινάδες είναι εφικτή.

Ένα παράδειγμα ώστε να δούμε σε νούμερα αν συμφέρει, ένας σταθμός παραγωγής ρεύματος με αιωρούμενη ηλιακή καμινάδα στην Κρήτη, με συνολικό ύψος  $660 \text{ m}$ , εσωτερική διάμετρο  $40 \text{ m}$ , εξωτερική διάμετρο  $46 \text{ m}$  και που παράγει ετησίως  $12 \text{ GWh}$  κοστίζει περίπου  $15 \text{ εκ } \text{€}$  ή το κόστος κατασκευής ισούται με  $1,2857 \text{ EURO}$  για κάθε παραγόμενη  $\text{KWh}$  ανά έτος.

Τα έσοδα του ετησίως θα είναι:

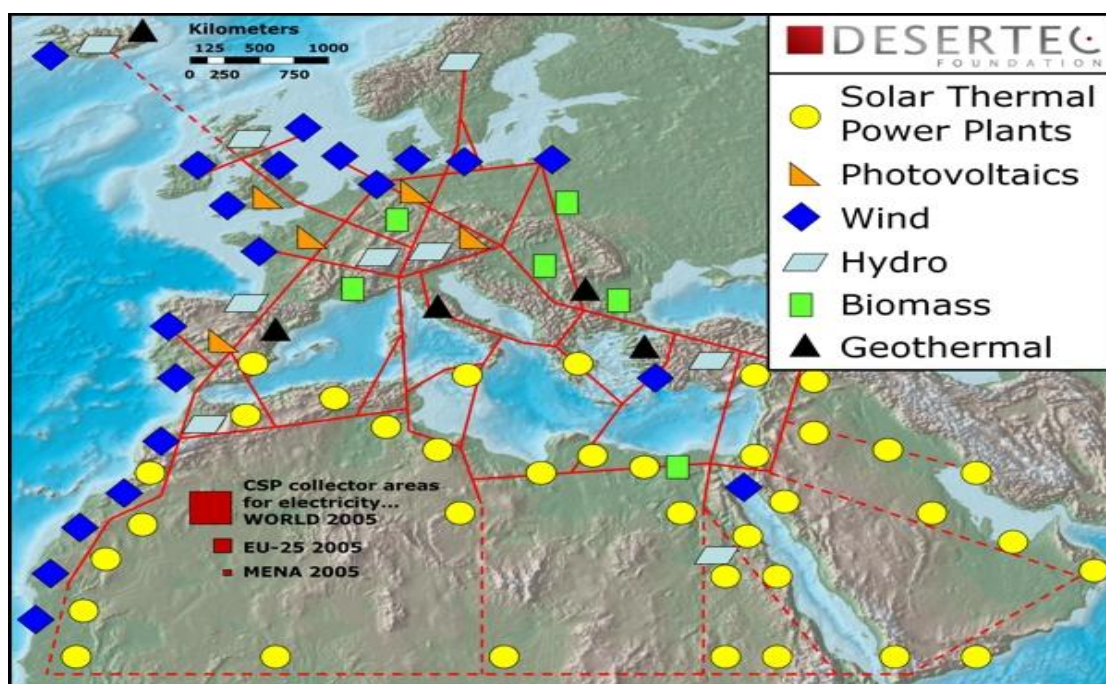
$$12 \text{ εκ} * 0.27 = 3,24 \text{ εκ } \text{€}$$

Δηλαδή η παραγομένη ετήσια ενέργεια επί την τιμή της  $\text{KWh}$ .

Οπότε σε  $5$  χρόνια θα έχουμε κάνει απόσβεση του κεφαλαίου και έπειτα βλέπουμε πως θα έχουμε ένα σταθμό παραγωγής ρεύματος οικολογικό και αρκετά κερδοφόρο.

Επίσης υπάρχει μια πρόταση, η χώρα μας να ενοικιάσει μιά μεγάλη έκταση σε μιά χώρα της Βόρειας Αφρικής ( $40 \text{ Km} \times 40 \text{ Km}$ ), στο πλαίσιο της Ευρώ-Μεσογειακής συμφωνίας και του σχεδίου “Desertec” όπου θα μπορούσε να κατασκευαστεί ένα μεγάλο σύνολο ηλιακών σταθμών και η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς να μεταφέρεται στην χώρα μας με γραμμές υπερυψηλής τάσης συνεχούς ρεύματος ( $\pm 800 \text{ KV}$ ).

Σύμφωνα με το σχέδιο η Ευρώπη θα λαμβάνει σχεδόν το σύνολο της ηλεκτρικής της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, εντός 40 ετών από σήμερα. Μεγάλο ποσοστό αυτής της ενέργειας θα προέρχεται από τη Σαχάρα. Στο πλαίσιο της στρατηγικής του Desertec, η Ευρώπη θα ικανοποιήσει μόνο το 15% έως 20% των ενεργειακών της αναγκών με εισαγόμενη ηλεκτρική ενέργεια καλύπτοντας το υπόλοιπο σε τοπικό επίπεδο μέσω αιολικής και υδροηλεκτρικής ενέργειας καθώς και με τη χρήση βιομάζας και φωτοβολταϊκών (Σχήμα 17).



**Σχήμα 17:** Ενδεικτικό διάγραμμα σχεδίου Desertec

Με ένα τέτοιο εναλλακτικό σχέδιο 40- 50% της ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας μας μπορεί να παράγεται από τον ήλιο (στην Αφρική), 20% με ανεμογεννήτριες και ηλιακούς σταθμούς (στην Ελλάδα), 10% από Υδροηλεκτρικούς και γεωθερμικούς σταθμούς (στην Ελλάδα) και το υπόλοιπο 20% από τους εγχώριους λιγνίτες (που θα επαρκούσαν τουλάχιστον για τα επόμενα 100 χρόνια) και από λίγο εισαγόμενο φυσικό αέριο.

Με το σχέδιο αυτό η χώρα μας θα έλυνε το ενεργειακό της πρόβλημα και θα ήταν στην πρωτοπορεία για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΗΛΙΑΚΟΣ ΠΥΡΓΟΣ



#### 5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα συστήματα ηλιακού πύργου, ή διαφορετικά συστήματα κεντρικού δέκτη, είναι πλέον σε θέση να αναπτύξουν την πρώτη γενιά εμπορικών διασυνδεδεμένων στο δίκτυο εγκαταστάσεων. Πρόκειται για μια τεχνολογία αρκετά ώριμη μετά την εμπειρία των πειραματικών εγκαταστάσεων από την δεκαετία του 80' και τη μετέπειτα βελτίωση

βασικών συνιστωσών τους, όπως είναι οι ηλιοστάτες και οι ηλιακοί δέκτες, σε πολλά πιο πρόσφατα προγράμματα τα τελευταία είκοσι χρόνια. Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται μερικές από τις πειραματικές εγκαταστάσεις μαζί με κάποια από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά τους. Ηλιακές μόνο εγκαταστάσεις όπως η Solar Tres και το PS10, αλλά και υβριδικές διατάξεις όπως οι σταθμοί Solgas, ConSolar και SOLGATE έχουν παρουσιάσει ένα σημαντικό αριθμό εναλλακτικών λύσεων για την κατασκευή των πρώτων μεγάλης κλίμακας εγκαταστάσεων κατά την περίοδο 2005-2010.

Σύμφωνα με το πρόγραμμα SolarPaces της Διεθνούς Επιτροπής Ενέργειας (IEA), οι ηλιακοί πύργοι αποτελούν μια από τις πολλά υποσχόμενες αρχιτεκτονικές θερμικής ηλιακής ηλεκτροπαραγωγής, οι οποίες χαρακτηρίζονται από την τεχνική που χρησιμοποιείται για τη συγκέντρωση της ηλιακής ενέργειας.

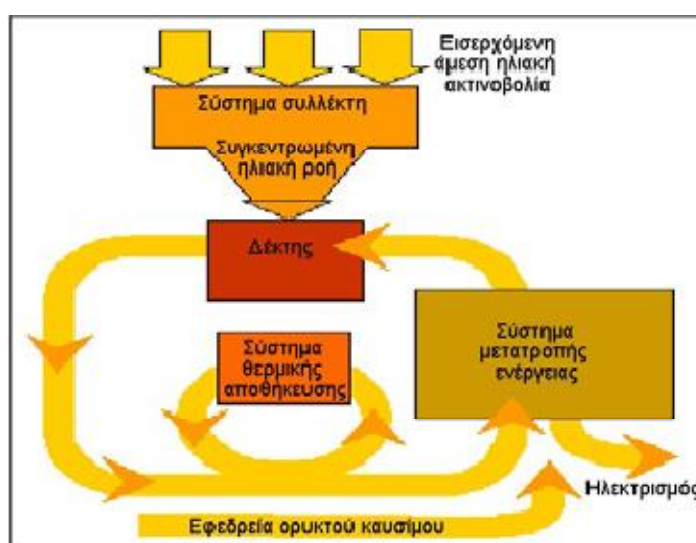
Οι τεχνολογίες ηλιακής συγκέντρωσης είναι διατάξεις που συγκεντρώνουν την ηλιακή ενέργεια εστιάζοντας την ηλιακή ακτινοβολία σ' ένα σημείο ή μια γραμμή εστίασης. Τα συστήματα Ηλεκτροπαραγωγής με Ηλιακή Συγκέντρωση (ΗΗΣ) βρίσκονται ήδη στο στάδιο της εμπορευματοποίησης, και μονάδες ισχύος πολλών MW παράγουν τη φθηνότερη ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια παγκοσμίως τα τελευταία 15 έτη. Τα τελικά στάδια ηλεκτροπαραγωγής με χρήση συστημάτων ΗΗΣ είναι όμοια με αυτά της συμβατικής ηλεκτροπαραγωγής (σχήμα 1), καθώς η τελική διεργασία ενεργειακής μετατροπής βασίζεται στη χρήση ατμού ή αερίου για την περιστροφή τροβίλων ή την κίνηση ενός εμβόλου σε μια μηχανή Stirling. Σε ένα σύστημα ΗΗΣ ο ατμός ή το θερμό αέριο παράγεται μέσω της συγκέντρωσης της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας.

Όλες οι τεχνολογίες ηλιακής θερμικής ηλεκτροπαραγωγής περιλαμβάνουν έναν αριθμό βασικών σταδίων:

- Συλλογή της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας μέσω ενός συστήματος συλλεκτών.
- Συγκέντρωση (ή εστίαση) της ακτινοβολίας σε έναν δέκτη.
- Μετατροπή της από το δέκτη σε θερμική ενέργεια.
- Μεταφορά της θερμικής ενέργειας στο σύστημα ενεργειακής μετατροπής.
- Μετατροπή της θερμικής ενέργειας σε ηλεκτρισμό.

**Πίνακας 1:** Πειραματικοί σταθμοί ηλιακών πύργων

Πρόγραμμα	Χώρα	Ισχύς εξόδου (MW)	Ρευστό μεταφοράς θερμότητας	Μέσο αποθήκευσης	Έτος ένταξης
<b>SSPS</b>	Ισπανία	0,5	Υγρό νάτριο	Νάτριο	1981
<b>EURELIOS</b>	Ιταλία	1	Ατμός	Νιτρικό άλας/νερό	1981
<b>SUNSHINE</b>	Ιαπωνία	1	Ατμός	Νιτρικό άλας/νερό	1981
<b>Solar One</b>	Η.Π.Α.	10	Ατμός	Έλαιο	1982
<b>CESA-1</b>	Ισπανία	1	Ατμός	Νιτρικό άλας	1983
<b>MSEE/CatB</b>	Η.Π.Α.	1	Τηγμένο άλας	Νιτρικό άλας	1984
<b>THEMIS</b>	Γαλλία	2,5	Άλας Hi-Tec	Άλας Hi-Tec	1984
<b>SPP-5</b>	Ρωσία	5	Ατμός	Νερό/Ατμός	1986
<b>TSA</b>	Ισπανία	1	Ατμοσφαιρικός αέρας	Κεραμικά	1993
<b>Solar Two</b>	Η.Π.Α.	10	Τηγμένο νιτρικό άλας	Νιτρικό άλας	1996



**Σχήμα 1:** Βασικές αρχές της τεχνολογίας Ηλεκτροπαραγωγής με Ηλιακή Συγκέντρωση



Σε ένα εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας με ηλιακό πύργο οι ηλιοστάτες εστιάζουν την ηλιακή ακτινοβολία σε έναν μετατροπέα θερμότητας που βρίσκεται στην κορυφή του. Εκεί θερμαίνεται ένα ρευστό μεταφοράς θερμότητας το οποίο έπειτα διοχετεύεται στο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής που μετατρέπει την θερμική ενέργεια σε ηλεκτρισμό. Γι' αυτό το λόγο οι ηλιοστάτες τοποθετούνται γύρω από τον πύργο, ώστε να συγκεντρώνουν τις ηλιακές ακτίνες στον αποδέκτη. Οι σταθμοί πύργου ισχύος που περιλαμβάνουν σύστημα αποθήκευσης μπορούν να σχεδιαστούν για ετήσιο συντελεστή δυναμικού της τάξης του 60-70% (περίπου 4500 ώρες λειτουργίας ετησίως) όταν οι σταθμοί χωρίς αποθήκευση περιορίζονται σε αντίστοιχες τιμές κοντά στο 25%. Λόγο της υψηλής ροής της ακτινοβολίας στον δέκτη τα συστήματα αυτά μπορούν να λειτουργήσουν σε υψηλές θερμοκρασίες, μέχρι και 1000 °C, οπότε μπορούν να χρησιμοποιήσουν μια ποικιλία θερμικών ρευστών, όπως αέρα, νερό/ατμό, τηγμένο νιτρικό άλας και υγρό νάτριο. Ανάλογα με το ρευστό που χρησιμοποιούμε αλλά και την τεχνολογία του δέκτη το σύστημα λειτουργεί με διαφορετικό τρόπο οπότε κρίνεται απαραίτητο να γίνει η περιγραφή πρώτα για τις βασικές συνιστώσες (πεδίο ηλιοστατών, δέκτης) ενός συστήματος ηλιακού πύργου και στη συνέχεια να αναλύσουμε τους διαφορετικούς τρόπους λειτουργίας.

## 5.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΤΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΠΥΡΓΟΥ

### 5.2.1 Ηλιοστατικό πεδίο

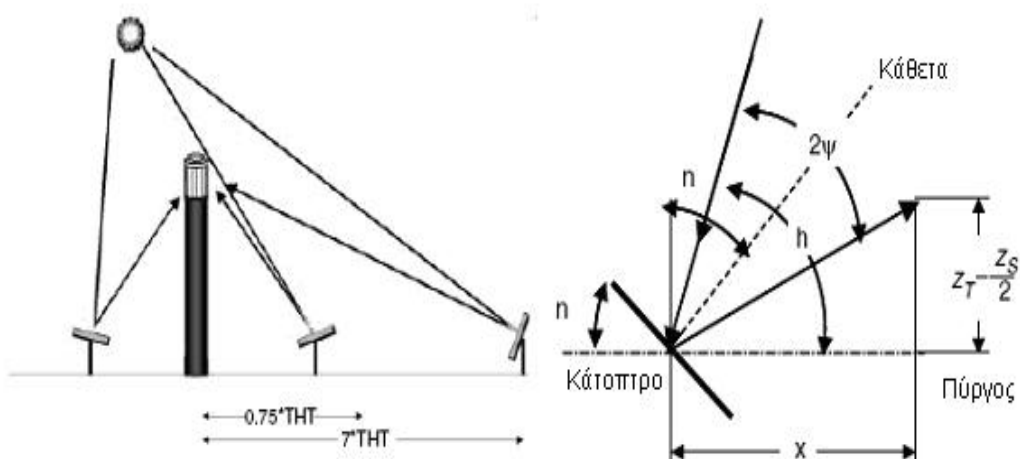
Το πεδίο του συλλέκτη αποτελείται από ένα μεγάλο αριθμό ανεξάρτητων ηλιοστατών που παρακολουθούν τον ήλιο. Η ανακλαστική επιφάνεια κάθε ηλιοστάτη (για τα σύγχρονα και όχι τα πειραματικά μοντέλα) έχει μέγεθος 100-150 m<sup>2</sup>, ενώ το κόστος κατασκευής εκτιμάται στα 130-200 \$/m<sup>2</sup>. Δεδομένου ότι κάθε ηλιοστάτης είναι τοποθετημένος σε διαφορετική θέση μπροστά από τον δέκτη-πύργο η ανακλαστική επιφάνεια κάθε ηλιοστάτη πρέπει να έχει διαφορετική κλίση ως προς το επίπεδο του εδάφους. Η γωνία κλίσης (ή γωνία ανύψωσης)  $\mathbf{n}$  ενός ανεξάρτητου ηλιοστάτη είναι συνάρτηση του ύψους του πύργου  $\mathbf{Z}_T$ , της κάθετης προβολής του ηλιοστάτη  $\mathbf{Z}_S$  (δηλαδή της προβολής του σε ένα επίπεδο κάθετο στο επίπεδο του εδάφους), της απόστασης του από τον πύργο  $\mathbf{X}$  και των γωνιών  $\mathbf{\psi}$  και  $\mathbf{h}$ , όπως αυτές παρουσιάζονται στο σχήμα 2. Τόσο η γωνία πρόσπτωσης όσο και η γωνία ανάκλασης των ηλιακών

ακτίνων πάνω στην επιφάνεια ισούνται με  $\psi$ . Οι εξισώσεις που περιγράφουν τις γωνίες  $\psi$  και  $n$  δίνονται παρακάτω:

$$\psi = h + n - 90^\circ \text{ (σε μοίρες)} \quad (1)$$

$$90^\circ - n = \arctan \left[ \frac{Z_T - Z_S/2}{x} \right] + \psi \text{ (σε μοίρες)} \quad (2)$$

$$n = \left[ \frac{180^\circ - h - \arctan \left[ \frac{Z_T - Z_S/2}{x} \right]}{2} \right] \quad (3)$$



**Σχήμα 2:** (Αριστερά) Μεταβλητότητα των γωνιών ανύψωσης σε ένα πεδίο ηλιοστατών. (Δεξιά) Γεωμετρικός προσδιορισμός της γωνίας ανύψωσης  $n$ .

Η οπτική απόδοση του πεδίου των ηλιοστατών ισούται με το λόγο της ηλιακής ενέργειας που φτάνει τελικά στο δέκτη προς την άμεση ηλιακή έκθεση ανά μονάδα επιφάνειας επί τη συνολική επιφάνεια των καθρεπτών. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση είναι οι εξής :

- το συνημίτονο της γωνίας πρόσπτωσης ( $\cos\psi$ )

Λόγω του ότι η επιφάνεια των κατόπτρων δεν είναι κάθετη στις ακτίνες που προσπίπτουν, η λειτουργική του επιφάνεια μειώνεται από το συνημίτονο της γωνίας  $\psi$ . Για βόρεια διατεταγμένους ηλιοστατές το

ετήσιο  $\cos\psi$  είναι 0,9 και για νότιους είναι 0,7. Βέβαια και το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής παίζει σημαντικό ρόλο καθώς σε μέρη κοντά στον ισημερινό ένα πεδίο που περιβάλλει τον πύργο θα ήταν η καλύτερη επιλογή.

- η σκίαση που προκαλείται από γειτονικούς ηλιοστάτες

Με τον όρο σκίαση εννοούμε την παρεμπόδιση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας η οποία εμφανίζεται κυρίως στο μέσο του πεδίου και για χαμηλές γωνίες. Δεν υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος τρόπος για την επίλυση αυτού του προβλήματος καθώς μετατοπίζεται κατά τη διάρκεια της μέρας και του έτους. Επίσης και άλλα αντικείμενα μπορούν να προκαλούν σκίαση καθώς και ο ίδιος ο πύργος .

- το μπλοκάρισμα των ανακλώμενων ακτινών πάλι από γειτονικούς ηλιοστάτες

Για να αποφευχθούν οι απώλειες μπλοκαρίσματος, η απόσταση  $\Delta x$  μεταξύ των σειρών των ηλιοστάτων πρέπει να υπολογιστεί σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$\Delta x = x \frac{Z_s}{Z_T}$$

όπου  $x$  είναι η απόσταση από τον πύργο.

- η ατμοσφαιρική εξασθένηση που υφίστανται οι ανακλώμενες ακτίνες

Η ηλιακή ακτινοβολία που αντικατοπτρίζεται από τους ηλιοστάτες δεν φτάνει ολόκληρη στην περιοχή του δέκτη. Μέρος της ενέργειας διασκορπίζεται και απορροφάται από την ατμόσφαιρα. Αυτό το φαινόμενο αναφέρεται ως ατμοσφαιρική εξασθένηση και αυξάνεται όταν η υγρασία του περιβάλλοντος είναι υψηλή.

- η ανακλαστικότητα των κατόπτρων

Αυτή εξαρτάται από το είδος της επιφάνειας ,το μέγεθος της καθώς και από διάφορες κατασκευαστικές ατέλειες.

- οι ακτίνες που δε βρίσκουν το στόχο τους και διαχέονται γύρω από το δέκτη (συντελεστής διάχυσης).

Λόγω των ατελειών της ανακλαστικής επιφάνειας που αναφέραμε τμήμα της ηλιακής ενέργειας διαχέεται στην γειτνιάζουσα περιοχή του δέκτη. Αν και μπορούμε να την περιορίσουμε με την αύξηση της επιφάνειας του δέκτη, μετά από κάποιο σημείο δεν συμφέρει καθώς το κόστος αυξάνεται αρκετά.

Καταλαβαίνουμε πως για μια αποδοτική χωροταξική διαρρύθμιση θα πρέπει να βελτιστοποιήσουμε όσο το δυνατόν καλύτερα αυτούς τους παράγοντες. Υπάρχουν πολλές προσεγγίσεις βελτιστοποίησης για τον καθορισμό του ακτινικού και αζιμουθιακού διαστήματος των ηλιοστάτων και των σειρών. Μια από τις πιο κλασικές, αποτελεσματικές και διαδεδομένες διαδικασίες είναι το πρότυπο της ακτινικής εναλλαγής, όπως αυτό φαίνεται στο σχήμα 3. Ένα τυπικό πεδίο ακτινικής εναλλαγής σε γεωγραφικό πλάτος 35 που χρησιμοποιεί τετράγωνους ηλιοστάτες μπορεί να εκφραστεί από τις σχέσεις:

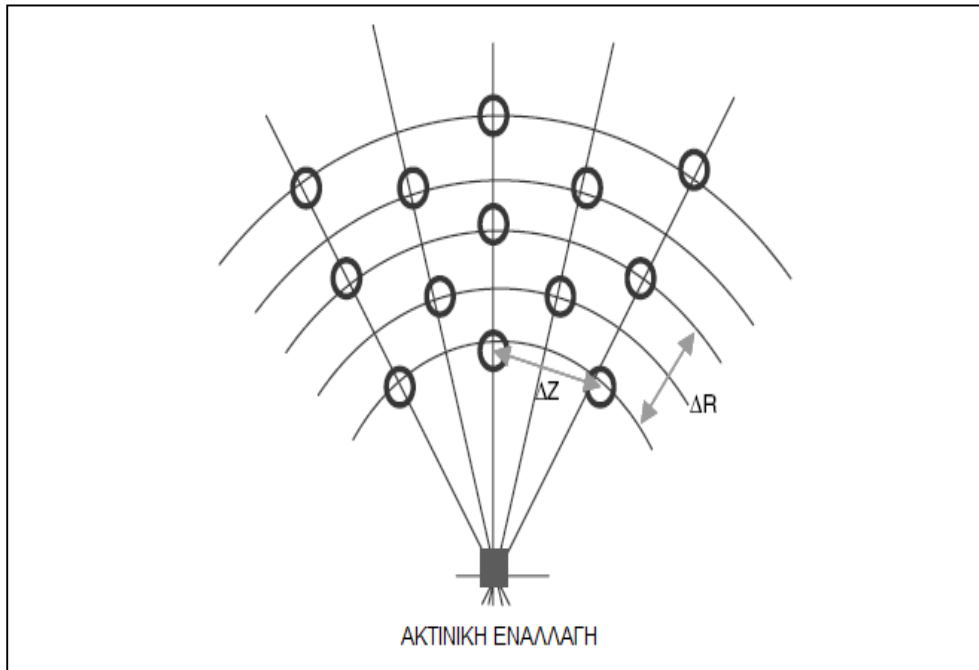
$$\Delta R = \frac{1.009}{\Theta} - 0,063 + 0,4803\Theta$$

$$\Delta Z = 2,170 - 0,6589\Theta + 1,247\Theta^2$$

Όπου το  $\Theta$  εκφράζεται σε rad και δίνεται από τον τύπο:

$$\Theta = \arctan \left[ \frac{Z_T - Z_s/2}{x} \right].$$

Βέβαια, η χωροταξική διάταξη του πεδίου των ηλιοστάτων καθορίζεται μετά από εξισορρόπηση μεταξύ των παραμέτρων κόστους και απόδοσης. Το κόστος και η απόδοση συχνά έχουν αντίθετες τάσεις. Έτσι για παράδειγμα όταν οι ηλιοστάτες τοποθετούνται πιο κοντά μεταξύ τους, αυξάνονται τα φαινόμενα σκίασης και μπλοκαρίσματος, αλλά μειώνονται οι σχετικές δαπάνες.



**Σχήμα 3:** Διάταξη πεδίου με ακτινική εναλλαγή, όπου το  $\Delta Z$  εκφράζει το αζιμουθιακό διάστημα και το  $\Delta R$  το ακτινικό διάστημα.

### 5.2.2 Ηλιακός δέκτης

Ο δέκτης είναι ο εναλλάκτης θερμότητας όπου μετατρέπει το ανακλώμενο ηλιακό φως σε ωφέλιμη θερμική ενέργεια. Λόγω της μεγάλης θερμοκρασίας καθώς και τη μεγάλη ροή της ηλιακής ακτινοβολίας απαιτείται ανώτερη τεχνολογία για την σχεδίαση του δέκτη καθώς και υλικά με υψηλές επιδόσεις. Στόχος του είναι να απορροφά όσο το δυνατόν περισσότερη ακτινοβολία με όσο το δυνατόν λιγότερες απώλειες καθώς και να έχει καλή αντοχή στη φθορά του χρόνου. Επομένως προτεραιότητες κατά το σχεδιασμό του δέκτη είναι η θερμική απόδοση και η ανθεκτικότητα. Χαρακτηριστικές θερμοκρασίες λειτουργίας του δέκτη-απορροφητή είναι μεταξύ  $500^{\circ}\text{C}$  και  $1200^{\circ}\text{C}$ , ενώ η προσπίπτουσα ηλιακή ροή κυμαίνεται μεταξύ 300 και  $1000 \text{ KW/m}^2$ . Η εικόνα στο σχήμα 4 εμφανίζει καθαρά την υψηλή ηλιακή ροή που φτάνει στον δέκτη.



**Σχήμα 4 :** Πλάγια όψη του τσιμεντένιου πύργου ύψους 80 m της μονάδας CESA-1 στην εγκατάσταση Plataforma Solar de Almería στην Ισπανία

### Κατηγορίες δεκτών

Υπάρχουν διάφορα κριτήρια ταξινόμησης των ηλιακών δεκτών ανάλογα με την κατασκευαστική δομή του δέκτη και τους μηχανισμούς μεταφοράς θερμότητας.

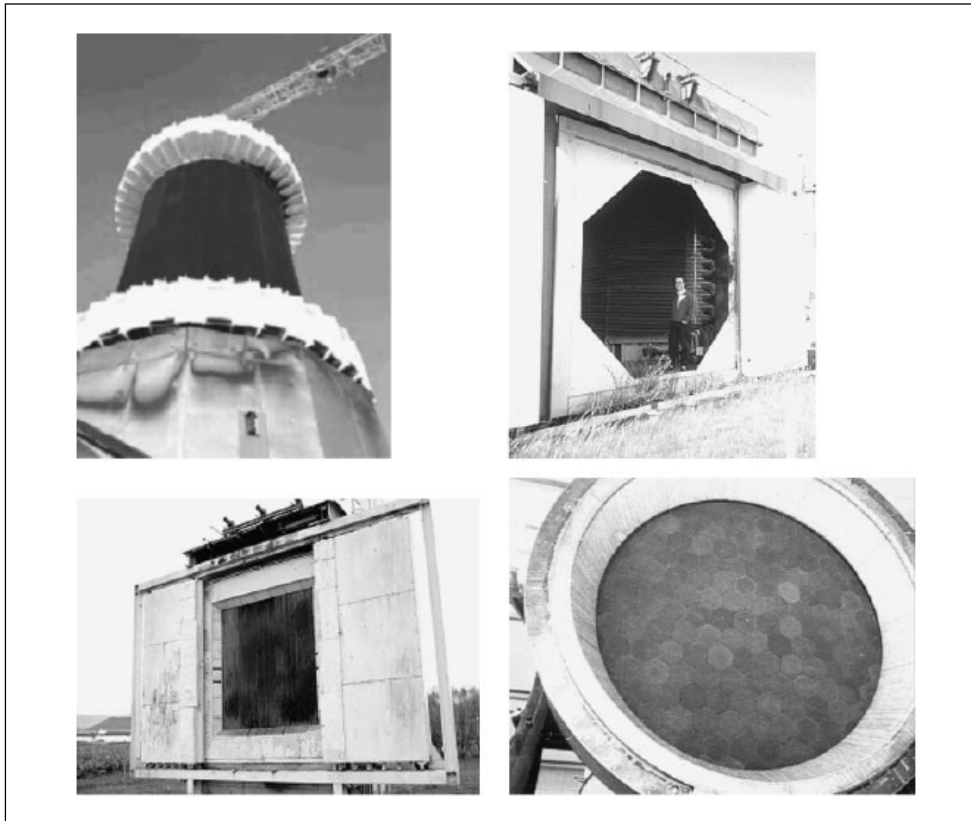
#### **1) Ταξινόμηση των δεκτών βάση της γεωμετρικής διαμόρφωσης**

Εδώ διακρίνονται δυο σχεδιαστικές δυνατότητες δέκτη ,οι εξωτερικοί και οι δέκτες τύπου κοιλότητας .

**Τύπου κοιλότητας :** αποτελούνται από μια κοιλότητα σε σχήμα κουτιού, στο εσωτερικό της οποίας διέρχονται οι ανακλώμενες ακτίνες. Καθώς η κοιλότητα έχει μόνο ένα πολυγωνικό άνοιγμα εισόδου, οι δέκτες αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται στις διατάξεις με βόρεια πεδία (ή νότια πεδία) ηλιοστατών.

**Εξωτερικοί:** Υπάρχουν δύο είδη. Το πρώτο είδος έχει τη μορφή ενός ορθογώνιου επίπεδου πλαισίου, ενώ το δεύτερο έχει κυλινδρικό σχήμα. Οι κυλινδρικοί εξωτερικοί δέκτες είναι η

χαρακτηριστική λύση που υιοθετείται για πεδία ηλιοστατών που περιβάλλουν τον πύργο. Το σχήμα 5 εμφανίζει παραδείγματα ενός κυλινδρικού εξωτερικού δέκτη, ενός δέκτη επίπεδου πλαισίου και ενός δέκτη με κοιλότητα.



**Σχήμα 5 :** Διαφορετικές διαμορφώσεις του ηλιακού δέκτη.  
Από αριστερά προς τα δεξιά και από πάνω προς τα κάτω:

- (α) κυλινδρικός εξωτερικός δέκτης με σωληνώσεις,
- (β) δέκτης κοιλότητας με σωληνώσεις
- (γ) δείκτης επίπεδου πλαισίου
- (δ) ογκομετρικός δείκτης



## 2) Ταξινόμηση των δεκτών βάση των μηχανισμών μετάδοσης θερμότητας.

**Τεχνολογίες σωληνώσεων :** Ο δέκτης μπορεί να είναι εξωτερικός ή κοιλότητας πάνω στον οποίο τοποθετείται ένα πλαίσιο με σωληνώσεις. Μέσα στους σωλήνες ρέει το ρευστό μεταφοράς θερμότητας και αποσπά τη θερμότητα που συλλέγεται από την εξωτερική μαύρη επιφάνεια του πλαισίου μέσω του φαινομένου της συναγωγής. Επομένως κάθε πλαίσιο λειτουργεί ως ένας εναλλάκτης ανάκτησης θερμότητας. Ανάλογα με τις ιδιότητες του ρευστού μεταφοράς θερμότητας και την προσπίπτουσα ηλιακή ροή, ο σωλήνας πιθανόν να υποβάλλεται σε θερμομηχανικές πιέσεις. Επειδή η μετάδοση της θερμότητας γίνεται μέσω της επιφάνειας του σωλήνα, είναι δύσκολο να λειτουργήσει το σύστημα αυτό σε μια προσπίπτουσα ροή πάνω από  $600 \text{ KW/m}^2$  (peak). Γενικά, οι τεχνολογίες με σωληνώσεις επιτρέπουν είτε υψηλές θερμοκρασίες (μέχρι  $1000^\circ\text{C}$ ) είτε υψηλές πιέσεις (μέχρι 120 bar), αλλά όχι και τα δύο.

**Ογκομετρικές διατάξεις :** Εδώ ως εναλλάκτης συναγωγής δε λειτουργεί μόνο μια επιφάνεια αλλά ολόκληρος ο όγκος του δέκτη, καθώς η ηλιακή ακτινοβολία δεν απορροφάται μόνο από μια εξωτερική επιφάνεια (όπως είναι η εξωτερική μαύρη επιφάνεια των πλαισίων) αλλά διεισδύει στο εσωτερικό της ογκομετρικής διάταξης. Για την επίτευξη αυτή χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα πορώδεις δομές ώστε το μέσο μεταφοράς της θερμότητας (συνήθως ο αέρας) εξαναγκάζεται να διέλθει διάμεσο αυτών και θερμαίνεται με το φαινόμενο της συναγωγής. Όταν η πλευρά του απορροφητή που δέχεται την ακτινοβολία έχει χαμηλότερη θερμοκρασία από το ρευστό στην έξοδο του, ογκομετρικό φαινόμενο τότε ο απορροφητής παρουσιάζει καλή λειτουργία. Οι ογκομετρικοί δέκτες επιτρέπουν ακόμα υψηλότερες θερμοκρασίες από τις τεχνολογίες με σωληνώσεις αλλά περιορίζουν τις πιέσεις κάτω από 15 bar. Σε δέκτες με μεταλλικά πορώδη υλικά είναι δυνατό να επιτευχθούν θερμοκρασίες εξόδου αέρα μέχρι  $850^\circ\text{C}$ , ενώ σε δέκτες με κεραμικές ίνες, αφρούς ή μονόλιθους (SiC), η θερμοκρασία μπορεί να ξεπεράσει τους  $1000^\circ\text{C}$ .

Τα βασικά πλεονεκτήματα ενός αερόψυκτου ογκομετρικού δέκτη είναι:

- Ο αέρας είναι ελεύθερος και πλήρως διαθέσιμος από το περιβάλλον.

- Υψηλότερες θερμοκρασίες είναι δυνατές και επομένως η ένταξη της ηλιακής θερμικής ενέργειας σε πιο αποδοτικούς θερμοδυναμικούς κύκλους φαίνεται επιτεύξιμη.
- Καμία αλλαγή φάσης (από υγρή σε αέρια).
- Απλούστερο σύστημα.
- Γρήγορη απόκριση στα μεταβατικά φαινόμενα ή στις αλλαγές της προσπίπτουσας ροής.
- Δεν απαιτείται ιδιαίτερη ασφάλεια.
- Κανένας περιβαλλοντικός αντίκτυπος.

### **5.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΤΡΟΠΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΠΥΡΓΟΥ**

Τα περισσότερα πιλοτικά προγράμματα ηλιακών πύργων που λειτούργησαν τη δεκαετία το 80' έχουν χαρακτηριστεί ως μικρά καθώς η ισχύς τους κυμαίνεται μεταξύ 0,5 και 10 MW. Τα θερμικά ρευστά που έχουν χρησιμοποιηθεί στο δέκτη είναι υγρό νάτριο, κορεσμένος ή υπέρθερμος ατμός, νιτρικά κυρίως τηγμένα άλατα και ατμοσφαιρικός αέρας. Το σύνολο των εμπειριών έχουν καταδείξει την τεχνική δυνατότητα πραγματοποίησης εμπορικών εγκαταστάσεων ηλιακού πύργου. Η μεγαλύτερη εμπειρία έχει συλλεχθεί από διάφορα ευρωπαϊκά προγράμματα που βρίσκονται στην Ισπανία στις εγκαταστάσεις Power Solar d' Almeria καθώς και από τους σταθμούς Solar One και Solar Two στις ΗΠΑ.

Από τις αρχές του 1990 και μετά, οι περισσότερες προτάσεις για την πρώτη γενιά εμπορικών εγκαταστάσεων έχουν εστιάσει στο νιτρικό άλας και στον ατμοσφαιρικό αέρα ως ρευστά μεταφοράς θερμότητας στον δέκτη. Στις ΗΠΑ, η τεχνολογία που χρησιμοποιείται κυρίως βασίζεται σε ηλιακές μόνο εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας με μεγάλη ικανότητα θερμικής αποθήκευσης και νιτρικό τηγμένο άλας ως ρευστό λειτουργίας. Η χρήση των ογκομετρικών δεκτών, τόσο με αέρα σε κλειστούς βρόχους για μια αποδοτική ένταξη σε αεριοστροβιλικούς κύκλους όσο και με ελεύθερο αέρα για ενδιάμεσες λύσεις αποθήκευσης ή/και υβριδοποίησης, έχει προωθηθεί στην Ευρώπη και το Ισραήλ σε προγράμματα όπως το SOLGATE, το Solair και το ConSolar. Τέλος, μια

πιο συντηρητική προσέγγιση στην Ισπανία χρησιμοποιεί τους ηλιακούς δέκτες κορεσμένου ατμού για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, σε προγράμματα όπως το Solgas, το COLON SOLAR και το PS10.

### 5.3.1 Εγκαταστάσεις νερού/ατμού

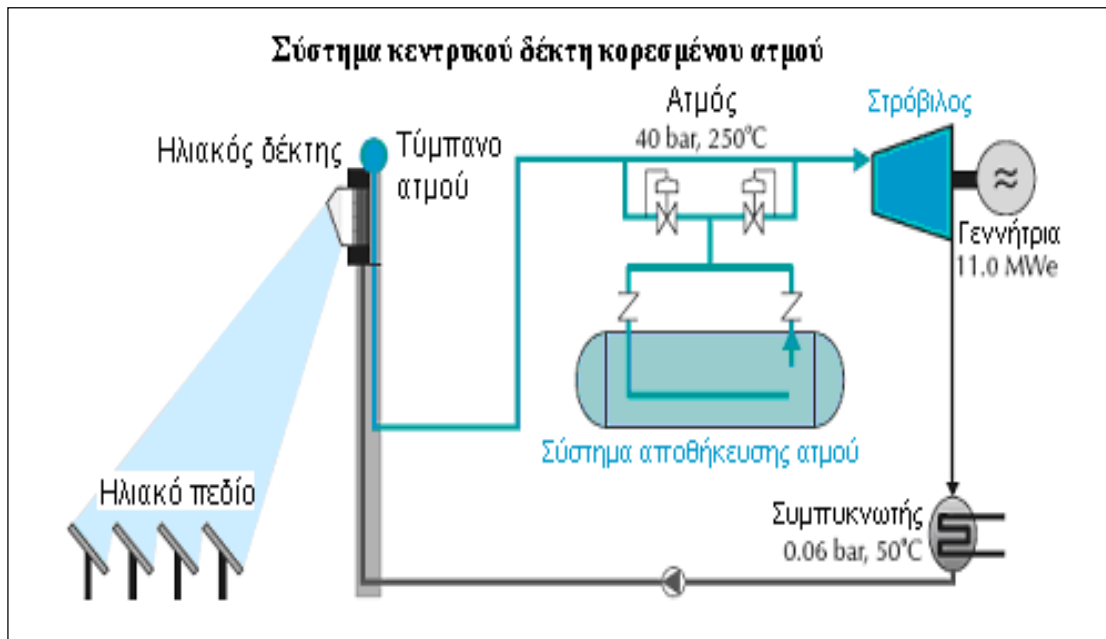
Η παραγωγή υπέρθερμου ατμού στον ηλιακό δέκτη έχει καταδειχθεί σε διάφορες εγκαταστάσεις, όπως είναι οι Solar One (ΗΠΑ), Eurelios (Ιταλία) και CESA-1 (Ισπανία). Εμφανίστηκαν όμως προβλήματα σχετικά με την ρύθμιση της λειτουργίας τμημάτων με ανόμοιους συντελεστές μεταφοράς θερμότητας όπως για παράδειγμα οι λέβητες και οι υπερθερμαντές. Καλύτερα αποτελέσματα σχετικά με τη διάρκεια ζωής και το πρόβλημα της ρύθμισης διαφορετικών τμημάτων έχουν αναφερθεί για τους δέκτες κορεσμένου ατμού. Όμως ακόμα κι αν τα τεχνικά προβλήματα είναι μειωμένα στους δέκτες κορεσμένου ατμού, οι θερμοκρασίες εξόδου είναι σημαντικά χαμηλότερες απ' ό,τι αυτές του υπέρθερμου ατμού, καθιστώντας απαραίτητη την αντικατάσταση της θερμικής αποθήκευσης από εφεδρικές μονάδες ορυκτών καυσίμων.

Αυτή τη στιγμή, το εκτιμώμενο κόστος της ηλεκτρικής παραγωγής από το ηλιακό μόνο μερίδιο σε υβριδικά συστήματα είναι 0,08\$- 0,15\$ ανά KWh, ενώ το κόστος για ηλιακές μόνο εγκαταστάσεις κυμαίνεται από 0,15\$ ως 0,20\$ ανά KWh. Η εφαρμογή των υβριδικών συστημάτων είναι μία από τις λύσεις που θα οδηγήσουν σε μια σημαντική υπέρβαση των οικονομικών προβλημάτων κατά την ανάπτυξη των ηλιακών ηλεκτρικών τεχνολογιών δεδομένου ότι μειώνει την αρχική επένδυση. Τα χαμηλά τεχνολογικά ρίσκα ενός συστήματος κεντρικού δέκτη με κορεσμένο ατμό ως ρευστό λειτουργίας καθιστούν την τεχνολογία αυτή κατάλληλη για χρήση σε υβριδικές εγκαταστάσεις. Όπως παρατηρείται στον πίνακα 2 η χρήση δεκτών κορεσμένου ατμού, παρά τη χαμηλή θερμοκρασία εξόδου, αποδίδει μια πολύ μεγαλύτερη θερμική απόδοση μέχρι και 92% για ονομαστική φόρτιση. Ο πίνακας παρουσιάζει μια θεωρητική σύγκριση μεταξύ ενός τυπικού ογκομετρικού αερόψυκτου δέκτη με θερμοκρασία εξόδου του αέρα τους 700°C και ενός δέκτη κορεσμένου ατμού με θερμική έξοδο 250°C. Και οι δύο είναι δέκτες κοιλότητας ισχύος 45 MW.

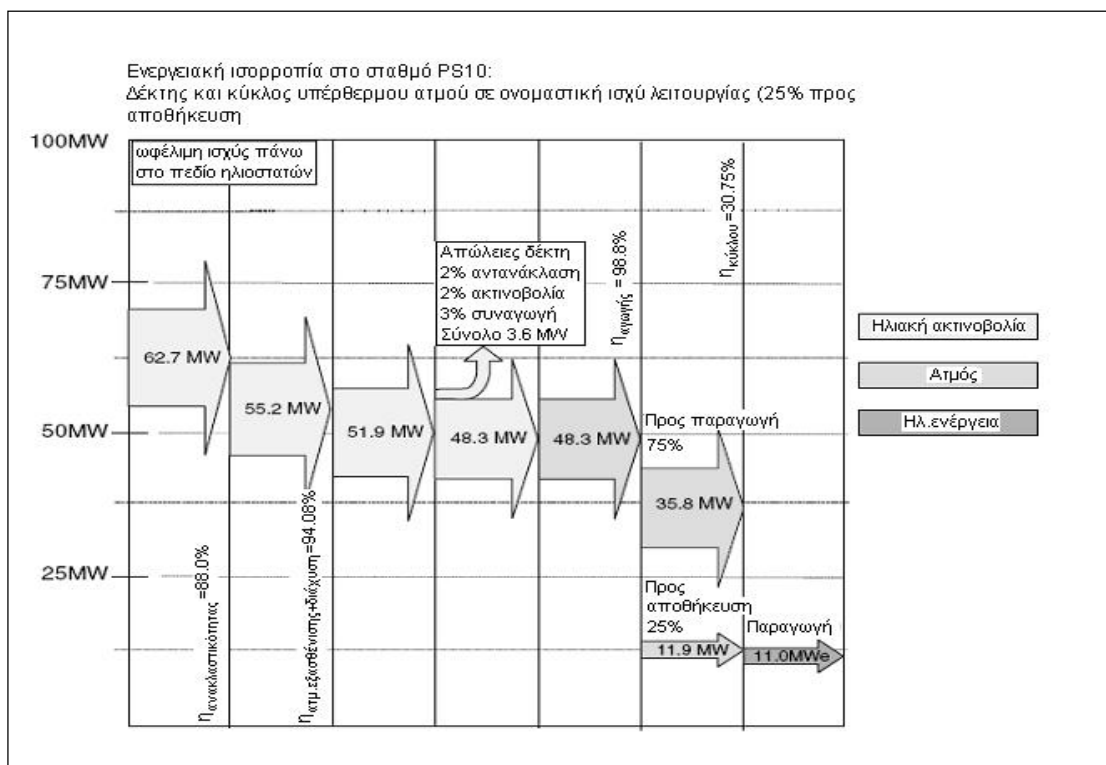
**Πίνακας 2:** Σύγκριση των οπτικών απωλειών και της απόδοσης ενός δέκτη ογκομετρικού αέρα και ενός δέκτη κορεσμένου ατμού που εφαρμόστηκαν στον σταθμό PS10.

Απώλειες	Αέρας (%)	Ατμός(%)
Ανακλαστικότητα	7,9	2,0
Ακτινοβολία	8,6	0,8
Συναγωγή	0,0	2,6
Διάχυση	5,0	2,1
Επιστροφή αέρα	3,7	0,0
Συνολική απόδοση	74,8	92,4

Το πρόγραμμα PS10 αποτελείται από ένα ηλιακό μόνο σύστημα κορεσμένου ατμού. Αποτελεί έναν σταθμό ορόσημο στην εξέλιξη των συστημάτων πύργου ισχύος καθώς είναι η πρώτη μονάδα ηλιακού πύργου που λειτουργεί και πουλάει ηλεκτρική ενέργεια σε εμπορικό επίπεδο. Όπως φαίνεται στον πίνακα 3, ο συνδυασμός της οπτικής απόδοσης του πεδίου των ηλιοστατών και των αποδόσεων του δέκτη και του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους οδηγούν σε μια συνολική ονομαστική απόδοση της τάξης του 21,7% . Η απόδοση αυτή μειώνεται στο 15,4% λόγω απωλειών κατά τη λειτουργία αλλά και απωλειών λόγω βλαβών. Στο σχήμα 6 παρουσιάζεται το διάγραμμα ενεργειακής ροής αυτού του συστήματος και στο σχήμα 7 ένα ενεργειακό διάγραμμα των αποδόσεων.



**Σχήμα 6 :** Διάγραμμα ενεργειακών ροών μιας μονάδας ηλεκτροπαραγωγής πύργου ισχύος κορεσμένου ατμού (PS10).



**Σχήμα7:** Διάγραμμα μείωσης της ενεργειακής απόδοσης.

**Πίνακας 3 :** Ετήσιος ενεργειακός ισολογισμός για τον σταθμό PS10 υπό ονομαστικές συνθήκες.

<b>Ονομαστικές τιμές λειτουργίας</b>		
<b>Οπτική απόδοση</b>	77,0%	67,5 MW→51,9 MW
<b>Απόδοση δέκτη &amp; συνδιαλλαγής θερμότητας</b>	92,0%	51,9MW→47,7 MW
<b>Θερμική ισχύς προς αποθήκευση</b>		11,9 MW
<b>Θερμική ισχύς προς στρόβιλο</b>		35,3 MW
<b>Απόδοση, θερμ.ισχύς→ηλ.ισχύς</b>	30,7%	35,3 MW→11,0 MW
<b>Συνολική απόδοση σε ονομαστικές τιμές</b>	21,7%	
<b>Ενεργειακή ισορροπία σε ετήσια βάση</b>		
<b>Μέση ετήσια ενεργειακή απόδοση</b>	64,0%	148,63 GWh(useful) →95,12 GWh
<b>Μέση ετήσια απόδοση δέκτη &amp; συνδιαλλαγής θερμότητας</b>	90,2%	95,12 GWh→85,80 GWh
<b>Απόδοση λειτουργίας (εκκινήσεις/ διακοπές)</b>	92,0%	85,80 GWh→78,94 GWh
<b>Απόδοση λειτουργίας (ζημιές από θραύσματα, λειτουργία &amp; συντήρηση)</b>	95,0%	78,94 GWh→75,00 GWh
<b>Μέση ετήσια απόδοση, θερμική ενέργεια → ηλεκτρική ενέργεια</b>	30,6%	75,00 GWh→23,00 GWh
<b>Ετήσια ολική απόδοση</b>	15,4%	

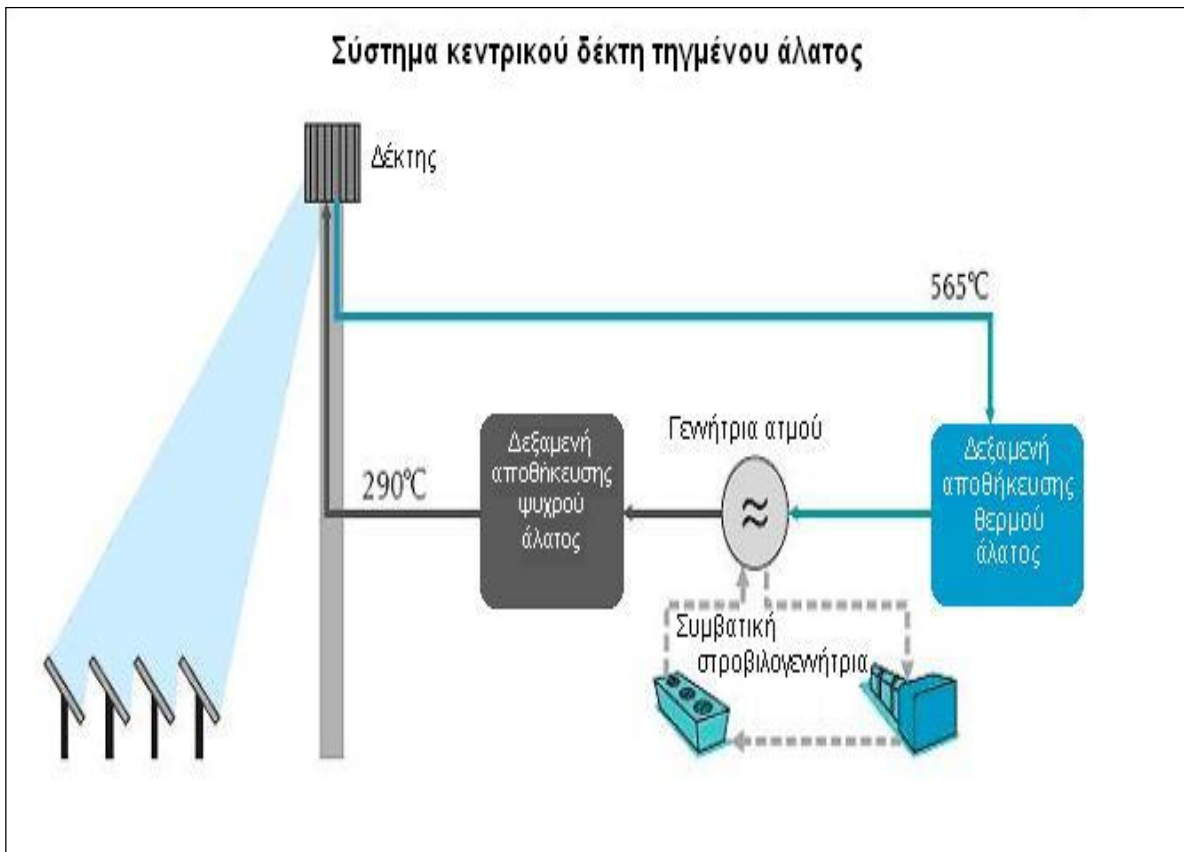
### 5.3.2 Εγκαταστάσεις τηγμένου άλατος

Για υψηλούς ετήσιους συντελεστές δυναμικού (το ποσοστό του έτους που η τεχνολογία μπορεί να αποδώσει ηλιακή ενέργεια στην ονομαστική ισχύ), οι εγκαταστάσεις που λειτουργούν ηλιακά μόνο πρέπει να έχουν ενσωματωμένο ένα σύστημα θερμικής αποθήκευσης. Το τηγμένο νιτρικό άλας μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως ρευστό μεταφοράς θερμότητας στο δέκτη και ως μέσο θερμικής αποθήκευσης. Το νιτρικό άλας αποτελεί ένα μίγμα 60% νιτρικού νατρίου και 40% νιτρικού καλίου. Σε ένα σύστημα ηλιακού πύργου ισχύος τηγμένου άλατος, αντλείται υγρό άλας στους 290°C από μια "ψυχρή" δεξαμενή αποθήκευσης, διέρχεται μέσα από το δέκτη όπου θερμαίνεται στους 565°C, και από εκεί μεταφέρεται προς μια "θερμή" δεξαμενή όπου αποθηκεύεται. Όταν απαιτείται ηλεκτρική ισχύς από το σταθμό, το ζεστό άλας αντλείται σε ένα σύστημα ατμοπαραγωγής όπου παράγεται υπέρθερμος ατμός για ένα συμβατικό σύστημα στροβίλου/γεννήτριας κύκλου Rankine. Από τον ατμοπαραγωγό το άλας επιστρέφει στην ψυχρή δεξαμενή όπου αποθηκεύεται, και στη συνέχεια οδηγείται πάλι στο δέκτη για να αναθερμανθεί. Ένα διάγραμμα ροής μιας μονάδας ηλεκτροπαραγωγής πύργου ισχύος με σύστημα αποθήκευσης τηγμένου άλατος εμφανίζεται στο σχήμα 8. Με αυτόν τον τύπο συστήματος αποθήκευσης, οι εγκαταστάσεις ηλιακού πύργου μπορούν να σχεδιαστούν για ετήσιους συντελεστές δυναμικού μέχρι 70%. Καθώς τα τηγμένα άλατα έχουν μια υψηλή ικανότητα ενεργειακής αποθήκευσης ανά μονάδα όγκου (500-700 KWh/m<sup>3</sup>), όπως φαίνεται στο σχήμα 9, είναι άμεσα υποψήφια για τις ηλιακές θερμικές εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής με υψηλούς συντελεστές δυναμικού. Τα νιτρικά άλατα αποτελούν μια φτηνή λύση για τα μεγάλα συστήματα αποθήκευσης. Το κόστος του υλικού είναι 0,70 \$/Kg ή διαφορετικά 5,20 \$/KWh.

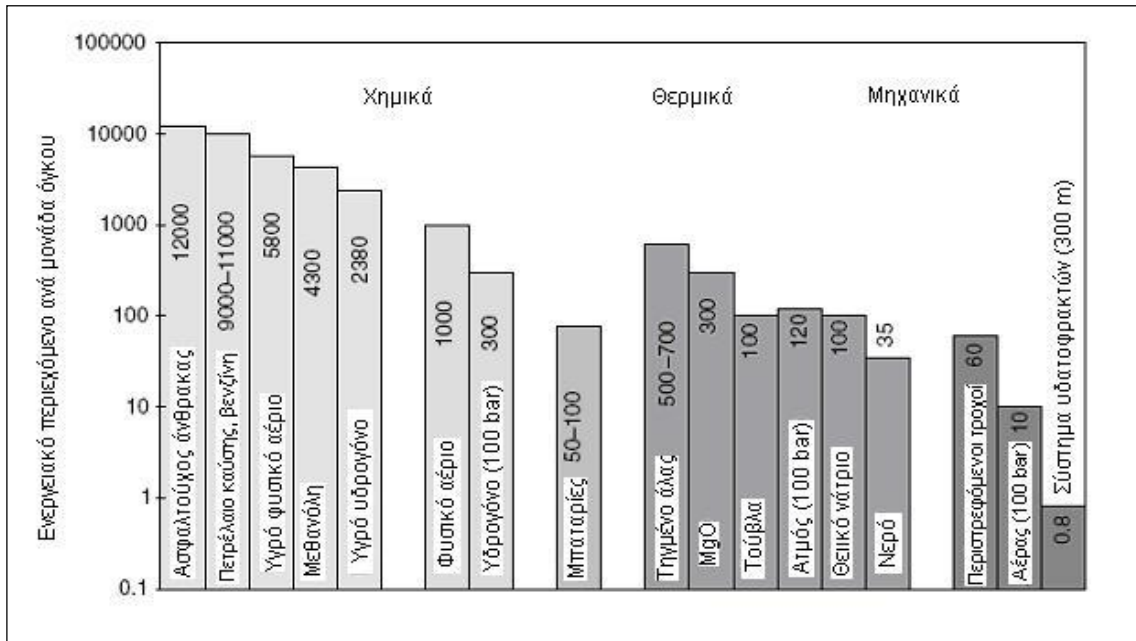
Διάφορα πειράματα ανάπτυξης και επίδειξης τηγμένου άλατος έχουν πραγματοποιηθεί κατά τη διάρκεια των προηγούμενων δυόμιση δεκαετιών στις ΗΠΑ και την Ευρώπη. Η μεγαλύτερη επίδειξη ενός πύργου ισχύος τηγμένου άλατος ήταν το πρόγραμμα Solar Two, ένας πύργος ισχύος 10 MW εγκατεστημένος στο Barstow στην Καλιφόρνια. Μια εικόνα του Solar Two φαίνεται στο σχήμα 10. Ο σταθμός άρχισε να λειτουργεί τον Ιούνιο του 1996. Είχε ετήσια αποδοτικότητα μετατροπής της ηλιακής σε ηλεκτρική ενέργεια της τάξης του 8,5%, ετήσιο συντελεστή δυναμικού 20% και θερμική αποθήκευση για λειτουργία τριών ωρών. Στις 8 Απριλίου του 1999, ο έλεγχος και η αξιολόγηση του πειραματικού αυτού προγράμματος ολοκληρώθηκαν και ο σταθμός έκλεισε. Επειδή το Solar Two ήταν ένα πειραματικό πρόγραμμα και ήταν



αρκετά μικρό σε σχέση με έναν τυπικό συμβατικό σταθμό ηλεκτροπαραγωγής δεν μπορούσε να συναγωνιστεί οικονομικά τους σταθμούς ορυκτών καυσίμων. Για να μειωθούν τα οικονομικά προβλήματα, η πρώτη εμπορική μονάδα πρέπει να έχει το τριπλάσιο μέγεθος του Solar Two. Ενώ σύμφωνα με προβλέψεις, για τα εξελιγμένα συστήματα πύργου ισχύος αναμένονται τιμές της αποδοτικότητας μετατροπής και του ετήσιου συντελεστή δυναμικού της τάξης των 20% και 77% αντίστοιχα.



**Σχήμα 8:** Διάγραμμα ενεργειακών ροών μιας μονάδας ηλεκτροπαραγωγής πύργου ισχύος με σύστημα αποθήκευσης τηγμένου άλατος και έναν εξωτερικό κυλινδρικό δέκτη



**Σχήμα 9:** Σύγκριση της ικανότητας ενεργειακής αποθήκευσης ανά μονάδα όγκου για διάφορα χημικά, θερμικά και μηχανικά μέσα.

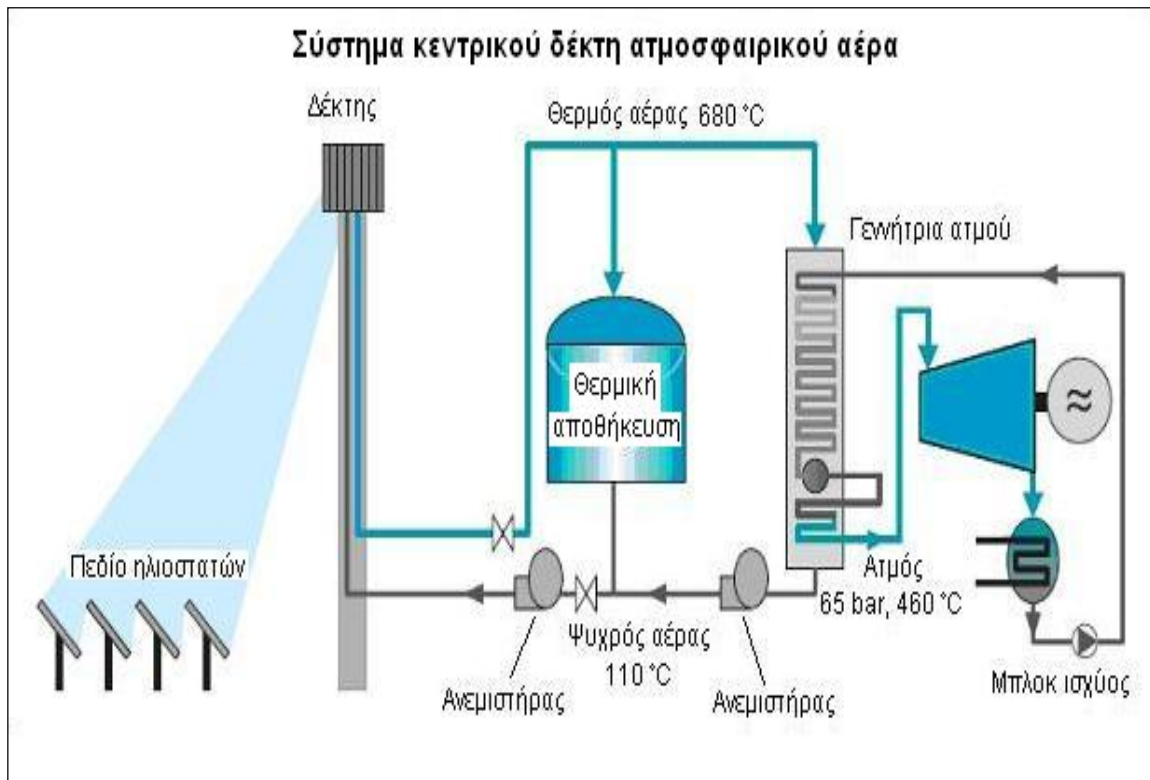


**Σχήμα 10:** Εναέρια φωτογραφία από το σταθμό ηλεκτροπαραγωγής πύργου ισχύος 10MW, Solar Two

### 5.3.3 Ογκομετρικοί δέκτες ατμοσφαιρικού αέρα

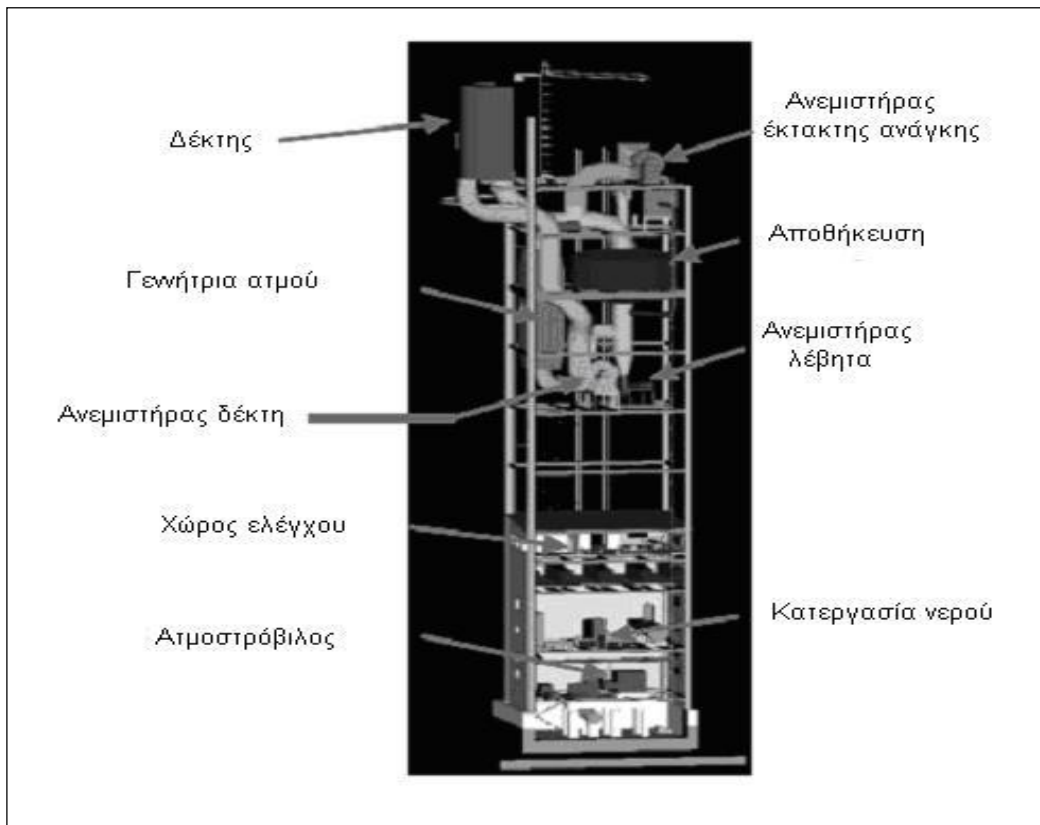
Η πρώτη μελέτη για εγκαταστάσεις πύργου ισχύος με ατμοσφαιρικό αέρα ως ρευστό μεταφοράς θερμότητας ήταν το πρόγραμμα METAR0Z στις ελβετικές Άλπεις στις αρχές της δεκαετίας του '80, που ακολουθήθηκε από μια δεύτερη μελέτη που διεξήχθη από την ελβετική κοινοπραξία SOTEL. Αυτές οι πρωτοποριακές μελέτες έθεσαν τα θεμέλια για το σχέδιο PHOEBUS, στο οποίο ο ατμοσφαιρικός αέρας θερμαίνεται μέσω ενός ογκομετρικού δέκτη συρμάτινου πλέγματος σε θερμοκρασίες 700°C. Ο αέρας αυτός χρησιμοποιείται για να παράγει ατμό στους 480-540°C και πίεση 35-140 bar, σε μια ατμογεννήτρια ανάκτησης θερμότητας με ξεχωριστό υπερθερμαντή, προθερμαντή, εξατμιστήρα και οικονομητήρα. Τελικά ο ατμός τροφοδοτεί ένα σύστημα στροβίλου Rankine/γεννήτριας. Το σύστημα θερμικής αποθήκευσης στο σχέδιο PHOEBUS, που αποτελείται από θερμοκλινή κεραμικά υλικά, μπορεί να φορτίζεται και να εκφορτίζεται με τη βοήθεια δύο αξονικών ανεμιστήρων που αντιστρέφουν τη ροή του αέρα.

Κατά τη διάρκεια της φάσης ανάπτυξης του προγράμματος PS10, που περιγράφηκε πιο πάνω, διεξήχθη μια μελέτη για να αναλυθεί η πιθανή χρήση μιας εμπορικής εγκατάστασης 10 MW χρησιμοποιώντας την τεχνολογία τύπου PHOEBUS. Τα αποτελέσματα εκείνης της μελέτης είναι προς το παρόν οι πιο αξιόπιστες πληροφορίες για την αξιολόγηση της χρήσης ογκομετρικών δεκτών με ανοιχτό κύκλωμα αέρα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα διάγραμμα ροής του συστήματος αυτού παρατίθεται στο σχήμα 11. Ο αριστερός ανεμιστήρας ρυθμίζει τη ροή του αέρα στο δέκτη και ο δεξιός ανεμιστήρας τον αέρα στη γεννήτρια ατμού. Η θερμοκρασία εισόδου του δέκτη είναι 110°C και η εξόδου 680°C. Οι καυτοί αγωγοί του αέρα είναι θερμικά μονωμένοι στο εσωτερικό τους. Λόγω αυτής της εσωτερικής μόνωσης, η ταχύτητα του αέρα δεν μπορεί να υπερβεί τα 33 m/s. Η τεχνολογία της θερμικής αποθήκευσης δεν αποτελεί ένα υψηλό τεχνικό ρίσκο. Είναι μια τεχνολογία που έχει ήδη αναπτυχθεί σε φούρνους μεγάλων θερμοκρασιών και σε διάφορες βιομηχανίες, όπως είναι η τσιμεντοβιομηχανία και η κλωστοϋφαντουργία, για την ανάκτηση της θερμότητας που αποβάλλεται από τις καμινάδες. Η γεννήτρια ατμού είναι μια δέσμη σωλήνων σε σχήμα μαϊάνδρου με φυσική κυκλοφορία. Ο ατμός (10,73 Kg/s) θα παραχθεί στους 460°C και στα 65 bar. Η στροβιλογεννήτρια θα παράγει 10 MW ηλεκτρικής ισχύος με απόδοση 30%.



**Σχήμα 11:** Διάγραμμα ενεργειακών ροών ενός συστήματος κεντρικού δέκτη με ατμοσφαιρικό αέρα ως θερμικό ρευστό.

Σε ένα σύστημα ατμοσφαιρικού ογκομετρικού αέρα, για να μειωθεί το μεγάλο μήκος των αγωγών του αέρα απαιτούνται συμπυκνόμενα σχέδια δέκτη. Δηλαδή σχέδια στα οποία οι διάφορες συνιστώσες του συστήματος που βρίσκονται δεξιά του δέκτη στο διάγραμμα ενεργειακών ροών του σχήματος 8 να περιορίζονται σε όσο το δυνατόν μικρότερο χώρο. Ένα παράδειγμα συμπυκνόμενου σχεδίου που δείχνει πώς το κύκλωμα του αέρα ενσωματώνεται στον ηλιακό πύργο εμφανίζεται στο σχήμα 12. Αν και οι αερόψυκτοι ανοιχτοί ογκομετρικοί δέκτες είναι ένας ελπιδοφόρος τρόπος παραγωγής υπέρθερμου ατμού, η μέτρια θερμική αποδοτικότητα (74% ονομαστική τιμή και 61,4% ετήσια μέση τιμή) πρέπει ακόμα να βελτιωθεί. Αυτή τη στιγμή, όλα τα οφέλη της τεχνολογίας αυτής λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών εξόδου μειώνονται εξαιτίας των απωλειών ακτινοβολίας στο δέκτη, πράγμα που οδηγεί σε χαμηλή ετήσια ηλεκτρική παραγωγή. Έτσι είναι σαφές ότι οι τεχνικές βελτιώσεις στους ογκομετρικούς δέκτες πρέπει να στραφούν στη μείωση των απωλειών.



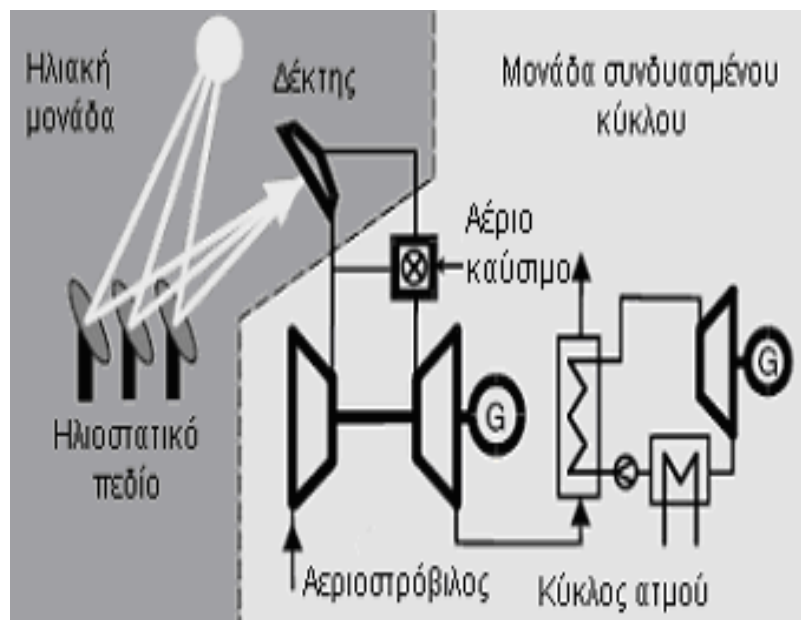
**Σχήμα 12** : Συμπυγμένο σχέδιο δέκτη, κυκλώματος αέρα, αποθήκευσης και γεννήτριας ατμού για ένα σύστημα 10 MW, που εξετάστηκε πειραματικά στην μονάδα PS10.

### 5.3.4 Συστήματα ηλιακής προθέρμανσης του αέρα για αεροστρόβιλο

Η εισαγωγή της ηλιακής ενέργειας στον αεροστρόβιλο των σταθμών συνδυασμένου κύκλου προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με άλλες ηλιακές υβριδικές εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής. Ένας πολύ ελπιδοφόρος τρόπος για την εφαρμογή αυτή είναι με την ηλιακή προθέρμανση του συμπιεσμένου αέρα που οδηγείται από τον συμπιεστή στον θάλαμο καύσης. Ένα διάγραμμα ροής της αρχής αυτής εμφανίζεται στο σχήμα 13.

Για ένα συγκεκριμένο ετήσιο ηλιακό μερίδιο, η τεχνολογία αυτή οδηγεί σε μείωση του μεγέθους του πεδίου των ηλιοστάτων και έτσι σε χαμηλότερο αρχικό κόστος επένδυσης σε σύγκριση με τις τεχνολογίες όπου η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού. Η ηλιακή προθέρμανση του αέρα προσφέρει μια καλή προοπτική για

μείωση του κόστους της ηλιακής θερμικής ενέργειας. Επιπλέον, το σχέδιο αυτό θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε ένα ευρύ φάσμα επιπέδων ισχύος (1-100 MW).



**Σχήμα 13:** Σύστημα ηλιακής προθέρμανσης του αέρα για αεριοστρόβιλο.

#### 5.4 ΠΟΣΟ ΚΟΣΤΙΖΕΙ ΚΑΙ ΠΟΣΟ ΣΥΜΦΕΡΕΙ

Στις αρχές του 2008 το κόστος παραγωγής ρεύματος με την τεχνολογία του ηλιακού πύργου αγγίζει τιμές των 0,25 €/KWh. Η εμπειρία των καινούργιων ηλιακών μονάδων με πύργο στην Ευρώπη δείχνουν μια συνεχή μείωση του κόστους, το οποίο μπορεί μελλοντικά να κυμανθεί σε επίπεδα κάτω των 0,10€ ανά κιλοβατώρα. Έως το 2020 υπολογίζεται ότι το κόστος παραγωγής ρεύματος θα φτάσει τα 0,05€ ανά κιλοβατώρα. Η δυνατότητα της ενσωμάτωσης αποθηκευτών θερμότητας ή της καύσης συμβατικών καυσίμων ή βιοκαυσίμων με τον ηλιακό πύργο επιτρέπει τη μακροπρόθεσμη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της Ελλάδας από ηλιακές συγκεντρωτικές τεχνολογίες. Άλλο σημαντικό πλεονέκτημα του ηλιακού πύργου είναι η ανεξαρτησία από τα συμβατικά καύσιμα ή από το ουράνιο, ενώ έχει τη δυνατότητα τοποθέτησης των μονάδων και σε μη πεδινά εδάφη καθώς και σε μη διασυνδεδεμένα συστήματα. Επιπρόσθετα είναι φιλική προς το περιβάλλον καθώς τα

μέσα μεταφοράς της θερμότητας δεν είναι επιβλαβή και η κατασκευή τέτοιων μονάδων μειώνει την εκπομπή του διοξειδίου του άνθρακα.

## 5.5 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΠΥΡΓΩΝ

**Πίνακας 4 :** Εγκαταστάσεις ηλιακού πύργου

<b>Όνομα/ Τοποθεσία</b>	<b>Συνολική Ισχύς (MW)</b>	<b>Ηλιακή Ισχύς (MW)</b>	<b>Κύκλος</b>	<b>Κατάσταση</b>
<b>Ισπανία PS10</b>	11	11	Κύκλος ατμού με δέκτη κορεσμένου ατμού και αποθηκευτικό σύστημα ατμού	Υπό λειτουργία
<b>Ισπανία PS20</b>	20	20	Κύκλος ατμού με δέκτη κορεσμένου ατμού και αποθηκευτικό σύστημα ατμού	Υπό κατασκευή
<b>Ισπανία Solar Tres</b>	15	15	Δέκτης τηγμένου άλατος και σύστημα αποθήκευσης	Υπό αξιολόγηση
<b>Νότια Αφρική Upington</b>	100	100	Δέκτης τηγμένου άλατος	Υπό αξιολόγηση
<b>Αυστραλί α Cloncurry</b>	10	10	Σύστημα 54 μικρών πύργων	Η κατασκευή θα ολοκληρωθεί μέχρι το 2010
<b>ΗΠΑ Ivanpah Solar</b>	400	400	Δύο μονάδες των 100 MW και μια των 200 MW	Η κατασκευή θα ολοκληρωθεί μέχρι το 2012



Η Ισπανία είναι μια χώρα που έχει ασχοληθεί αρκετά με την τεχνολογία των ηλιακών πύργων. Η ισπανική επιχείρηση Solucar, που ανήκει στον όμιλο Abengoa, έχει κατασκευάσει και λειτουργεί την πρώτη μονάδα ηλιακού πύργου στην Ισπανία (Σεβίλλη) γνωστή ως PS10(Σχήμα 14) με δυναμικό 11MW και με κορεσμένο ατμό ως τεχνολογία δέκτη. Η μονάδα, η κατασκευή της οποίας άρχισε τον Ιούνιο του 2004, συγκεντρώνει τις ακτίνες του ήλιου επάνω στην κορυφή ενός πύργου ύψους 115m. Ο ηλιακός δέκτης στην κορυφή του πύργου παράγει κορεσμένο ατμό και τον κυκλοφορεί σε έναν συμβατικό ατμοστρόβιλο για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας. Οι εγκαταστάσεις παραγάγουν περίπου 23 GWh ηλεκτρική ενέργεια κάθε έτος.

Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί υπάρχουσες και δοκιμασμένες τεχνολογίες, όπως ηλιοστάτες από γυαλί/μέταλλο, έναν δέκτη κορεσμένου ατμού, και ένα θερμικό σύστημα αποθήκευσης πάλι με κορεσμένο ατμό. Αξίζει περίπου 16,7 εκατομμύρια € με μια συμβολή της Ε.Ε. της τάξεως των 5 εκατομμυρίων €

Τον PS10 χαρακτηρίζει ένα μεγάλο ηλιακό πεδίο 624 ηλιοστάτων. Κάθε ηλιοστάτης έχει ανακλαστική επιφάνεια 120 m<sup>2</sup>. Ο δέκτης στον πύργο, που είναι τύπου κοιλότητας, είναι σχεδιασμένος ώστε να παραγάγει κορεσμένο ατμό σε πίεση 40 bar και θερμοκρασία 250°C χρησιμοποιώντας τη θερμική ενέργεια που παρέχεται από τη συγκεντρωμένη ηλιακή ροή. Ο ατμός στέλνεται στο στρόβιλο για να παράγει την ηλεκτρική ενέργεια.

Ο δέκτης αποτελείται από τέσσερα κατακόρυφα πλαίσια, 5,40 m πλάτους και 12 m ύψους, που περιέχουν σωληνώσεις. Το καθένα σχηματίζει μια ολική επιφάνεια ανταλλαγής θερμότητας περίπου 260 m<sup>2</sup>. Τα πλαίσια τοποθετούνται σε έναν ημι-κύλινδρο ακτίνας 7 m. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας σε πλήρες φορτίο, ο δέκτης θα λάβει μια θερμική ισχύ περίπου 55 MW από την συγκεντρωμένη ηλιακή ακτινοβολία, με μέγιστο 650 KW/m<sup>2</sup>.



**Σχήμα 14 :** Εγκαταστάσεις PS10

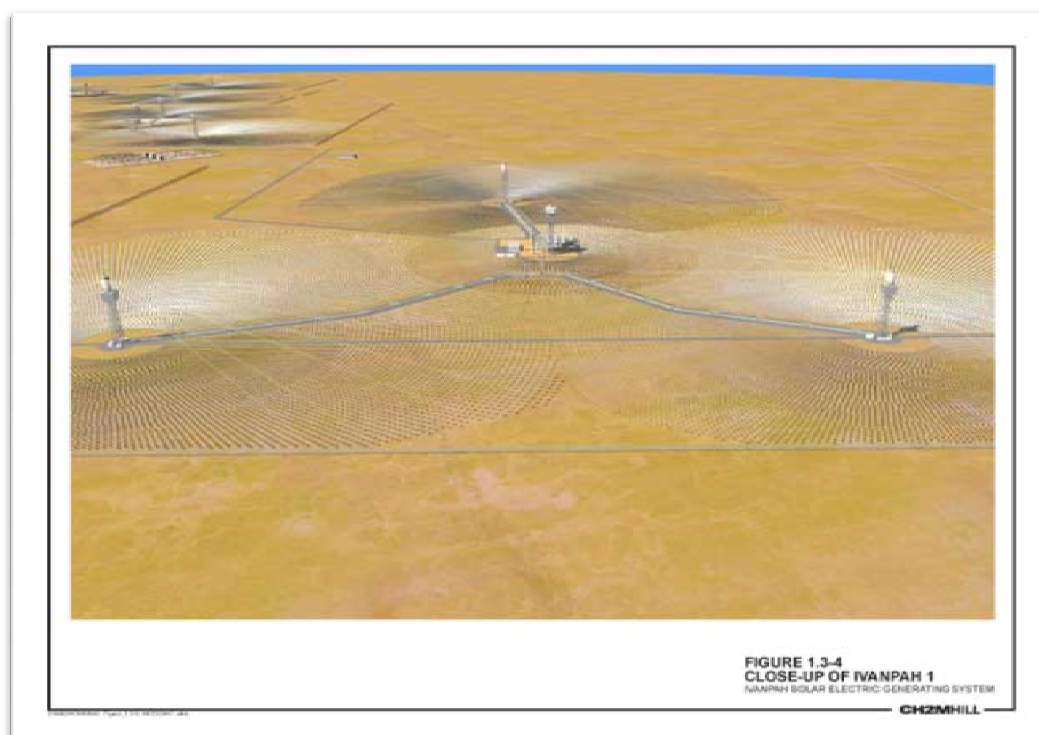
Η Solucar κατασκευάζει επίσης αυτήν την περίοδο μια παρόμοια μονάδα 20MW, γνωστή ως PS20, ενώ μέχρι το 2013 υπολογίζεται ότι η εγκατεστημένη ηλιακή ισχύς στην περιοχή θα φτάνει τα 300 MW. Οι βελτιώσεις του PS20 συμπεριλαμβάνουν δέκτη υψηλότερης αποδοτικότητας, διάφορες αναβαθμίσεις σχετικά με τα ελεγκτικά και λειτουργικά συστήματα, καθώς και ένα βελτιωμένο σύστημα αποθήκευσης της θερμικής ενέργειας. Θα παράγει επαρκή καθαρή ενέργεια για να καλύψει τις ανάγκες 10000 νοικοκυριών, και θα αποτρέψει την εκπομπή 12000 τόνων διοξειδίου του άνθρακα που θα είχε παράγει ένα συμβατικό εργοστάσιο ηλεκτρικής ενέργειας. Ο PS20 αποτελείται από ένα ηλιακό γήπεδο με 1255 εγκατεστημένους ηλιοστάτες, κατασκευής της Abengoa Solar. Ο κάθε ηλιοστάτης, επιφάνειας 120 τετραγωνικών μέτρων, αντανακλά την ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται προς τον κεντρικό δέκτη, ο οποίος είναι τοποθετημένος στην κορυφή του ηλιακού πύργου ύψους 161 μέτρων.

Η ισπανική επιχείρηση SENER προωθεί το πρόγραμμα ηλιακού πύργου Solar Tres με ισχύ 15MW, με δέκτη τηγμένου άλατος και σύστημα αποθήκευσης για εικοσιτετράωρη λειτουργία. Το κόστος αναμένεται να φτάσει τα 15,3 εκατομμύρια € και υποστηρίζεται από την Ε.Ε. με μια συμβολή της τάξεως των 5 εκατομμυρίων €. Το ηλιακό πεδίο αποτελείται από 2480 ηλιοστάτες, επιφάνειας 120 m<sup>2</sup> ο καθένας. Έτσι λοιπόν και το κόστος της εγκατάστασης μειώνεται ικανοποιητικά μιας

και θα χρειαστούν λιγότεροι μηχανισμοί οδήγησης απαιτούνται για την ίδια περιοχή καθρεφτών.

Αξίζει να σημειωθεί και η προσπάθεια που κάνει η Νότιος Αφρική να προσανατολιστεί στην τεχνολογία ηλιακών πύργων τηγμένου άλατος στο πλαίσιο του προγράμματός της για μαζική παραγωγή ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας. Το πρόγραμμα αξιολογεί αυτήν την περίοδο τη δυνατότητα πραγματοποίησης ενός πιλοτικού έργου 100MW, γνωστό ως Urington από την δημόσια επιχείρηση ηλεκτρισμού Eskom.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής η εταιρία Solar Partners ανακοίνωσε την κατασκευή ενός συγκροτήματος ηλεκτροπαραγωγής με ηλιακούς πύργους ισχύος στην πολιτεία της Καλιφόρνια αποκαλούμενο Ivanpah Solar (Σχήμα 15). Ουσιαστικά πρόκειται για τρεις εγκαταστάσεις, δύο των 100 όπου κάθε μια θα καταλαμβάνει περίπου 850 στρέμματα και θα αποτελείται από τρεις ηλιακούς πύργους και μια των 200 MW θα καταλαμβάνει περίπου 1600στρέμματα και θα έχει τέσσερις πύργους. Η κατασκευή ολόκληρου του προγράμματος αναμένεται να αρχίσει το πρώτο τρίμηνο του 2009 και να ολοκληρωθεί το τελευταίο τρίμηνο του 2012.



**Σχήμα 15:** Πανοραμική άποψη της εγκατάστασης Ivanpah Solar.

Επίσης στην Αυστραλία μέχρι το τέλος του 2010 πρόκειται να κατασκευαστεί ένας σταθμός ισχύς 10 MW όπου θα τροφοδοτεί ολόκληρη του πόλη του . Το συνολικό κόστος του προγράμματος είναι

31 εκατομμύρια \$. Το σχέδιο του είναι ένα κοινό σύστημα ηλιακών πύργων. Συνολικά θα κατασκευαστούν 54 πύργοι 18m ύψους.

Μερικές από τις πρώιμες πιλοτικές πρωτοβουλίες πάνω στη τεχνολογία του ηλιακού πύργου, που εφαρμόστηκαν κυρίως τη δεκαετία του '80, είναι οι ακόλουθες:

- το πρόγραμμα Eurelios 0,75MW στο Adriano (Ιταλία)
- η μονάδα CESA-1 1,2MW στην Almería (Ισπανία)
- η μονάδα Solar-One 10MW στην στο Barstow-Cal (ΗΠΑ),
- η μονάδα Themis 1,0MW στο Targassone (Γαλλία)
- η μονάδα Sunshine 1,0MW στο Nio (Ιαπωνία)
- η μονάδα CRS- SSPS 0,5MW στην Almería (Ισπανία)

Τέλος το οικονομικά εκμεταλλεύσιμο δυναμικό των συγκεντρωτικών ηλιακών τεχνολογιών για την Ελλάδα σήμερα και άρα και της τεχνολογίας του ηλιακού πύργου είναι πάνω από 4000 GWh. Το τεχνικό δυναμικό του ηλιακού πύργου είναι πολλές τάξεις μεγέθους μεγαλύτερο. Σημαντικό όμως δεν είναι μόνο το μέγεθος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ηλιακούς πύργους. Αντίθετα κρίσιμη είναι η αλληλεπίδραση της ζήτησης ενέργειας με την προσφορά στο δίκτυο. Στη χώρα μας και ειδικά στις μεγάλες πόλεις και στα τουριστικά θέρετρα η προσφορά της ηλιακής ενέργειας καλύπτει ιδανικά τη ζήτηση. Η ζήτηση ενέργειας είναι το καλοκαίρι υψηλότερη λόγω της αυξημένης χρήσης των κλιματιστικών κατά τις μεσημεριανές ώρες. Στην Ελλάδα υπάρχει η δυνατότητα χρήσης της τεχνολογίας του ηλιακού πύργου για μεγάλα συστήματα άνω των 10 MW, τα οποία έχουν υψηλό βαθμό απόδοσης. Η χώρα μας προσφέρεται όσο λίγες ευρωπαϊκές χώρες για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας. Η τεχνολογία του ηλιακού πύργου αποτελεί μια ανταγωνιστική ηλιακή τεχνολογία, η οποία δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας και ήδη σε άλλα κράτη της Μεσογείου αποτελεί πρώτη προτεραιότητα.

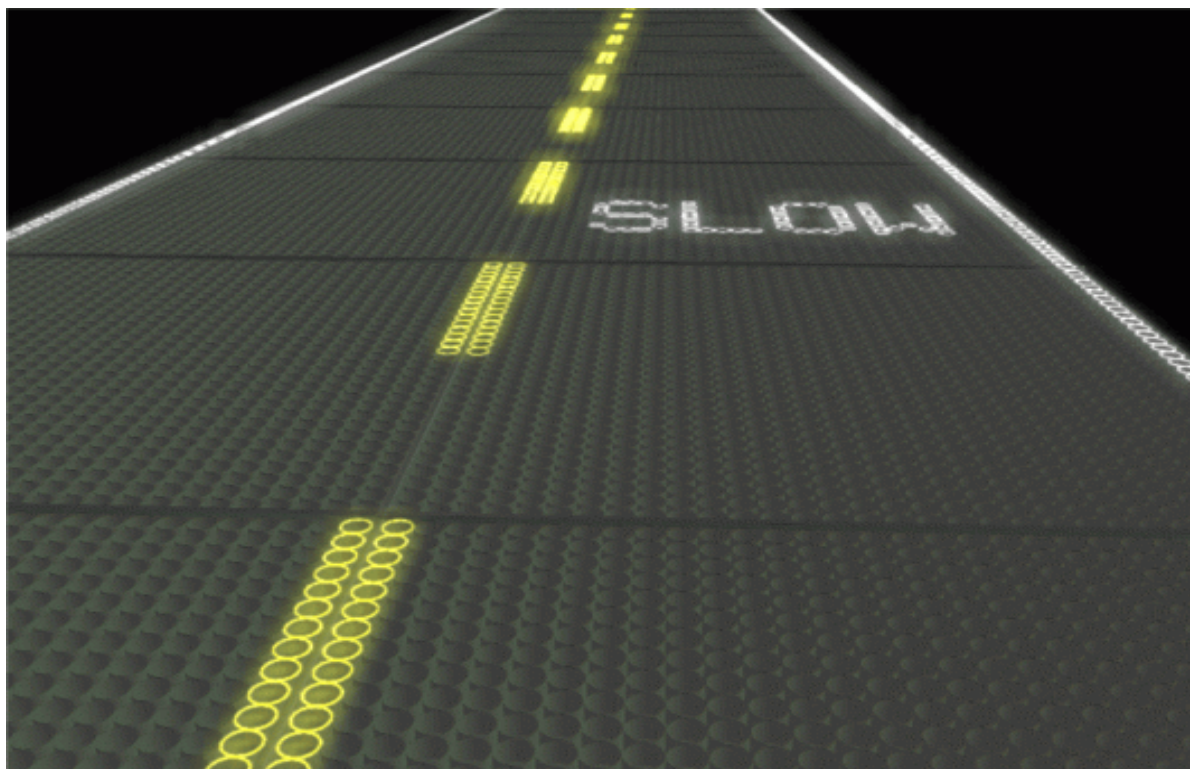
Εκτιμάται ότι με βάση τα δεδομένα της μελέτης που παρουσιάστηκε στο 13ο ΕΘΝΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ «Ενέργεια και Ανάπτυξη 2008» - Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ηλιακών πύργων, οι προοπτικές της τεχνολογίας του ηλιακού πύργου στην Ελλάδα είναι θετικές. Ο

ηλιακός πύργος μπορεί να συμβάλει στην επίτευξη του στόχου 20 - 20-20 (20% μείωση των αερίων θερμοκηπίου, 20% αύξηση ενεργειακής αποδοτικότητας και επιπλέον αύξηση του ποσοστού ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο 20%.) για την Ελλάδα καθώς:

- έχει την δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος σε μη διασυνδεδεμένα συστήματα
- επιτυγχάνει σε συνδυασμό με υβριδικά συστήματα υψηλό αριθμό ωρών λειτουργίας
- διαθέτει υψηλό τεχνικό δυναμικό
- δεν επιβαρύνει τις γεωργικές καλλιέργειες ή την κτηνοτροφία
- μειώνει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΗΛΙΑΚΟΣ ΔΡΟΜΟΣ



### 6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η δημιουργία δρόμων και γενικά οδικών δικτύων αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την ανάπτυξη κάθε πόλης αλλά και ενός κράτους. Διευκολύνεται το εμπόριο, οι μεταφορές καθώς και η επικοινωνία μεταξύ πόλεων. Από την αρχαιότητα μέχρι και σήμερα κάθε μεγάλος πολιτισμός διακρινόταν και για το οδικό του δίκτυο με ποιο, ίσως, γνωστό αυτό της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας.

Ένας δρόμος αποτελείται από διάφορα στρώματα αδρανών υλικών και πίσσας, κάθε ένα από τα οποία είναι σχεδιασμένο για συγκεκριμένο λειτουργικό σκοπό. Σε γενικές γραμμές, τα στρώματα αυτά στοχεύουν

στην αύξηση της αντοχής του οδικού άξονα, με βάση το κυκλοφοριακό φορτίο για το οποίο έχει σχεδιαστεί.

Η πίσσα αποτελεί έναν πολύ σημαντικό παράγοντα στην κατασκευή έργων οδοποιίας, καθώς συνδέει τα αδρανή υλικά και γεμίζει τα διάκενα, αποτρέποντας έτσι τη διείσδυση του νερού. Η ανάμιξη της πίσσας και των αδρανών υλικών για τη δημιουργία της ασφάλτου αποτελεί μία διαδικασία που απαιτεί σημαντική κατανάλωση ενέργειας. Συνοπτικά, απαιτείται ξήρανση κι εν συνεχεία θέρμανση των αδρανών υλικών, πριν αναμιχθούν με τη θερμή πίσσα. Το παραγόμενο μίγμα, σε θερμοκρασία που ξεπερνάει τους 160 °C, μεταφέρεται και επιστρώνεται στο χώρο κατασκευής του δρόμου, ενώ είναι ακόμα θερμό.

Σήμερα το υλικό με το οποίο καλύπτεται, κατά συντριπτική πλειοψηφία, το μεγαλύτερο μέρος των δρόμων είναι η ασφαλτος. Είναι η πιο δημοφιλής επιλογή για αυτοκινητοδρόμους, χώρους στάθμευσης, διαδρόμους αερολιμένων, πίστες αγώνων ταχύτητας και άλλες εφαρμογές όπου μια ομαλή, και ανθεκτική επιφάνεια απαιτείται. Αποκαλούμενη, κατά το πέρασμα των χρόνων, ως καυτό ασφαλτικό μίγμα, *tarmac*, σκυρόστρωμα, ασφαλτικό ή ασφαλτούχο σκυρόδεμα, έχει διαδραματίσει έναν σημαντικό ρόλο στην αλλαγή των φυσικών τοπίων.

Η ασφαλτος υπήρχε ως φυσικό προϊόν στις λίμνες ασφάλτου και στην ασφαλτο βράχου (ένα μίγμα άμμου, ασβεστόλιθου, και ασφάλτου). Η πρώτη καταγεγραμμένη χρήση της ασφάλτου ως υλικό κατασκευής ήταν στην Βαβυλώνα το 625 π.Χ κατά τη βασιλεία του Ναβοπολάσσαρ όπου μια επιγραφή σε ένα τοίχο αναφέρει την οδό πομπής στη Βαβυλώνα, η οποία οδηγούσε από το παλάτι του βασιλιά στο βόρειο τμήμα της πόλης .

Γνωρίζουμε ότι οι αρχαίοι Έλληνες ήταν εξοικειωμένοι με την ασφαλτο και τις ιδιότητές της. Η λέξη ασφαλτος είναι ελληνική και προέρχεται από την λέξη «ασφαλής». Οι Ρωμαίοι τη χρησιμοποιούσαν για να σφραγίζουν τα λουτρά, τις δεξαμενές, και τα υδραγωγεία τους .

Πολλούς αιώνες αργότερα, οι Ευρωπαίοι που εξερευνούσαν το νέο κόσμο ανακάλυψαν αποθέματα ασφάλτου. Γράφοντας το 1595, ο Sir walter Raleigh περιέγραψε μία πεδιάδα (λίμνη) από ασφαλτο στο νησί Τρινιδάδ, στις ακτές της Βενεζουέλας. Χρησιμοποίησαν την ασφαλτο για τη συντήρηση των σκαφών τους.

Όμως πολλά από τα στεγανωτικά υλικά με τα οποία επιστρώνεται η ασφαλτος παράγονται από πίσσα άνθρακα, η οποία περιέχει πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAH), ουσίες με διαπιστωμένη ή πιθανή καρκινογόνο δράση.

Μεγάλη είναι και η κατανάλωση ενέργειας στα έργα οδοποιίας που σχετίζεται με την κατασκευή, τη λειτουργία και τη συντήρηση του οδικού άξονα. Η ενεργειακή κατανάλωση κατά την κατασκευή, σύμφωνα με βιβλιογραφικά δεδομένα (Gielen, 1997), η οποία αφορά κυρίως στις



ενεργειακές απαιτήσεις για την παραγωγή της ασφάλτου (απαιτήσεις θέρμανσης) και τη μεταφορά των υλικών, ανέρχεται σε 15500 GJ/Km.

Επίσης σημαντικές είναι και ποσότητες CO<sub>2</sub>. Οι σημαντικότερες ποσότητες CO<sub>2</sub> εκλύονται κατά τη φάση κατασκευής του οδικού άξονα, ενώ ακολουθεί σε πολύ μικρότερο βαθμό η διαδικασία της συντήρησής του. Μόνο για την Ελλάδα η εκτίμηση των ετήσιων εκπομπών CO<sub>2</sub> από την κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση νέων δρόμων είναι 960 χιλ. tn/yr .

Καταλαβαίνουμε πως ενώ οι δρόμοι μας βοηθάνε στην ανάπτυξη μας, στον τομέα της υγείας μας αλλά και στο περιβάλλον δεν συνεισφέρουν θετικά. Έτσι λοιπόν εδώ και αρκετά χρόνια πολλοί έχουν προσπαθήσει να φτιάξουν υλικά που να μην είναι προϊόντα του πετρελαίου και να προσφέρουν καλά χαρακτηριστικά σε έναν δρόμο. Μια από αυτές τις προσπάθειες είναι και η καινοτόμος ιδέα της Αμερικάνικης εταιρίας Solar Roadways. Αν κάποιος σταθεί σε έναν δρόμο το καλοκαίρι, θα καταλάβει αμέσως πως η ηλιακή ενέργεια που πέφτει στην ασφαλτο πάει χαμένη, ενώ πρόκειται για μια μεγάλη πηγή ενέργειας. Οι επιστήμονες της εταιρίας σκέφτηκαν πως μπορούν να αξιοποιήσουν την τεράστια ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που ανακλά στους δρόμους. Έτσι τους ήρθε μια ιδέα που για πολλούς μπορεί να ακούγεται σαν ταινία επιστημονικής φαντασίας, την δημιουργία δρόμων με ηλιακά πάνελ που θα μετατρέπουν τη θερμότητα που συγκεντρώνεται στους δρόμους σε μια εναλλακτική πηγή ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρισμού αλλά και για τη θέρμανση του νερού .

## 6.2 ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΡΗ

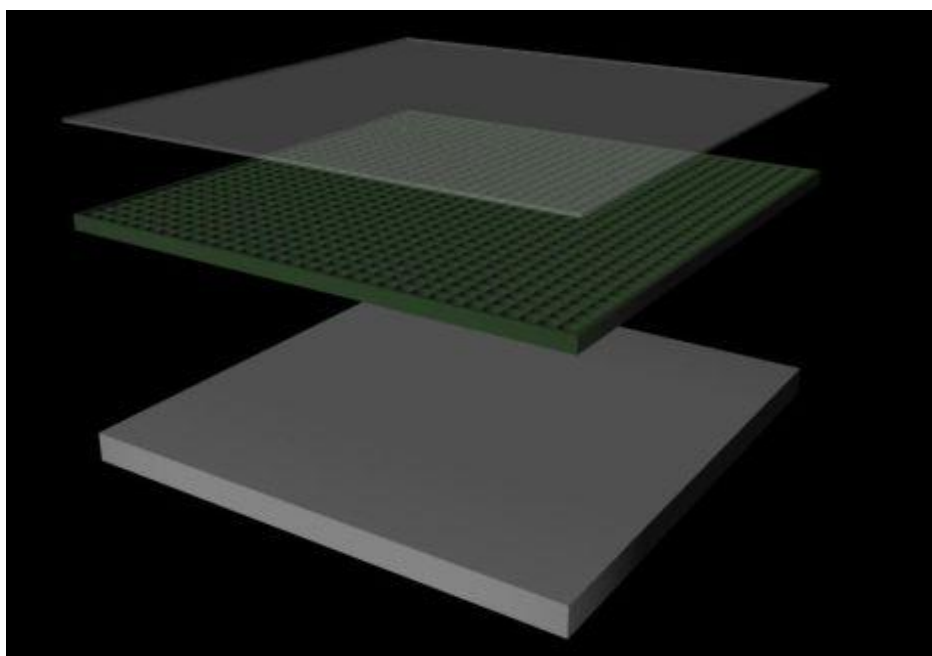
Ένας ηλιακός δρόμος αποτελείται από τρία βασικά μέρη :

**Στρώμα οδικής επιφάνειας:** είναι κατασκευασμένο από ειδικό πολυμερές υλικό υψηλής αντοχής, καθώς και αρκετά τραχύ ώστε να παρέχει την ίδια και καλύτερη πρόσφυση με την ασφαλτο. Είναι διαφανές ώστε να περνά το φως του ήλιου κατευθείαν στα κύτταρα των ηλιακών συσσωρευτών. Είναι σε θέση να χειρίζονται τα βαρύτερα σημερινά φορτία και μάλιστα στις πιο δυσχερείς συνθήκες ώστε να προστατεύονται τα κατώτερα στρώματα. Επίσης είναι και στεγανό για τυχόν διαρροές .

**Στρώμα ηλεκτρονικών:** περιέχει μια μεγάλη σειρά κυττάρων, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας θα αποτελείται από τα ηλιακά στοιχεία συλλογής με φώτα LED's για των φωτισμό << ζωγραφική >> της οδικής επιφάνειας. Εδώ υπάρχουν και οι ειδικοί συσσωρευτές για την

αποθήκευση της ενέργειας ώστε το πλεόνασμα της να χρησιμοποιηθεί αργότερα. Δεδομένου ότι κάθε ηλιακό οδικό πάνελ διαχειρίζεται τη δική του παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, την αποθήκευση και τη διανομή της, μπορούν να θερμαίνονται στα βόρεια κλίματα για την εξάλειψη του χιονιού και τη συσσώρευση πάγου.

**Στρώμα πλάκας βάσης :** ενώ το στρώμα ηλεκτρονικών συλλέγει και αποθηκεύει την ενέργεια από τον ήλιο, είναι το στρώμα πλάκας που κατανέμει την ενέργεια που συλλέχθηκε, καθώς και τα σήματα δεδομένων (τηλέφωνο, τηλεόραση, διαδίκτυο, κλπ) σε όλα τα σπίτια και τις επιχειρήσεις που είναι συνδεδεμένα με τον ηλιακό δρόμο. Η ηλεκτρική ενέργεια και τα σήματα δεδομένων περνούν μέσω κάθε μίας από τις τέσσερις πλευρές του στρώματος πλάκας. Είναι στεγανό ώστε να προστατεύει το στρώμα ηλεκτρονικών από πάνω του. Στο σχήμα 1 βλέπουμε μια απεικόνιση των τμημάτων του ηλιακού δρόμου.



**Σχήμα 1 :** Απεικόνιση των τμημάτων του δρόμου

Όταν πολλαπλά ηλιακά πάνελ είναι διασυνδεδεμένα, το έξυπνο ηλιακό οδόστρωμα σχηματίζεται. Αυτά τα πάνελ αντικαθιστούν τα τρέχοντα οδικά δίκτυα, τους χώρους στάθμευσης, τις εθνικές οδούς, τους κεντρικούς δρόμους της πόλης ακόμα και δρόμους από χαλίκια κτλ .

Οι εικόνες 2 και 3 επεξηγούν κατωτέρω πώς η δύση μπορεί να τροφοδοτήσει την ανατολή το βράδυ και η ανατολή μπορεί να τροφοδοτήσει τη δύση το πρωί. Δηλαδή πάντα το φωτισμένο μισό της Γής θα τροφοδοτεί το σκοτισμένο μισό της Γής .



**Σχήμα 2 :** Το δυτικό τμήμα τροφοδοτεί την ανατολή



**Σχήμα 3:** Το ανατολικό τμήμα τροφοδοτεί την δύση

## 6.3 ΔΙΑΦΟΡΑ ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ

- **Αισθητική**

Όχι άλλοι αντιαισθητικοί στύλοι ρεύματος, σταθμοί αναμετάδοσης, κτλ. Όλα τα ηλεκτροφόρα καλώδια αντικαθίσταται από τους ηλιακούς οδικούς συλλέκτες. Δεδομένα (τηλέφωνο, καλωδιακή τηλεόραση, υψηλής ταχύτητας πρόσβαση στο Internet, κλπ) περιέχονται στο ίδιο το οδόστρωμα και διανέμονται σωστά στις κατοικίες, στις επιχειρήσεις μέσω των δρόμων ή των παρκινγκ.

Ας φανταστούμε τους δρόμους χωρίς την ύπαρξη των γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος και καταλαβαίνουμε πως τα φυσικά τοπία θα ξαναποκτήσουν την φυσική τους ομορφιά. Δεδομένου ότι οι γραμμές μεταφοράς ενέργειας θα είναι υπόγεια, θα αποτρέψει επίσης διακοπές ρεύματος από χιόνι, πάγο, κεραυνούς κτλ. Αυτό θα καταστήσει τον κόσμο μας πολύ ασφαλέστερο επίσης.

Οι κεντρικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος όπως οι σταθμοί του άνθρακα και οι πυρηνικές εγκαταστάσεις γίνονται ξεπερασμένοι. Η ενέργεια παράγεται, αποθηκεύεται, και διανέμεται μέσω των ηλιακών δρόμων παρέχοντας τους καθαρότερους ουρανούς και ένα γραφικό τοπίο.

- **Ηλεκτρικά οχήματα**

Το βασικό πρόβλημα με τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα είναι ότι πρέπει να επαναφορτίζονται τακτικά. Δηλαδή η χρήση τους με τις υπάρχουσες συνθήκες είναι μόνο για μια μικρή διαδρομή και πάλι πίσω για φόρτιση (μια βόλτα μέχρι το τοπικό μανάβικο και πίσω κτλ) και όχι για κάποιο ταξίδι ή γενικά να το λειτουργούμε όπως τα αυτοκίνητα παραγωγής.

Δεδομένου ότι το ηλιακό οδόστρωμα φέρνει την ηλεκτρική ενέργεια, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα μπορούν να επαναφορτιστούν σε οποιαδήποτε τοποθετημένη στάση κατά μήκος του δρόμου ή σε οποιαδήποτε επιχείρηση που ενσωματώνει τις ηλιακές οδικές επιτροπές στα μέρη χώρων στάθμευσής τους (εστιατόρια για παράδειγμα). Απλά συνδέουμε το αυτοκίνητό μας και επαναφορτίζεται την ώρα που τρώμε ή ψωνίζουμε. Επί του παρόντος, η χρήση ηλεκτρικών αυτοκινήτων θα εξαλείψει το περισσότερο από το άλλο μισό της αιτίας της υπερθέρμανσης του πλανήτη και θα μπορούσε να μας απογαλακτιστεί ουσιαστικά από το πετρέλαιο εντελώς.

- **Προστασία άγριας ζωής**

Κάθε χρόνο εκατομμύρια ζώα σκοτώνονται σε όλο τον κόσμο προσπαθώντας να διασχίσουν τους αυτοκινητόδρομους. Επίσης σημειώνονται και αρκετά περιστατικά αυτοκινητιστικών ατυχημάτων εξαιτίας των ατυχημάτων με ζώα.

Ο δρόμος μπορεί να προστατεύσει την άγρια ζωή καθώς και τους οδηγούς. Με την χρήση κατάλληλων αισθητήρων που θα μπορούν να ανιχνεύουν τα ζώα που πλησιάζουν και να τα οδηγήσουν μακριά από τις μη-μεταναστευτικές περιοχές.

Ενώ ξαναφτιάχνουμε τα οδοστρώματα, θα είναι μια καλή ευκαιρία να δημιουργηθούν μερικά φυσικά περάσματα που να επιτρέπουν στα ζώα να περνάνε κάτω από ή πέρα από τα οδοστρώματα, όπου οι φυσικές μεταναστευτικές πορείες υπάρχουν.

Σε περίπτωση που ένα ζώο περνά επάνω στο ηλιακό δρόμο, οι επικείμενοι οδηγοί θα προειδοποιηθούν για τον κίνδυνο μπροστά και τους θα δοθεί η αφθονία του χρόνου να επιβραδύνουν. Αυτό επιτρέπει την αποφυγή μιας ενδεχομένως δαπανηρής ή/και θανάσιμης σύγκρουσης.

- **Οφέλη για την υγεία**

Τα ηλιακά οδοστρώματα θα σώσουν αμέτρητες ζωές με την αφαίρεση του χιονιού και του πάγου στα βόρεια κλίματα (βλ. διαχείριση πάγου και χιονιού), τον φωτισμό των δρόμων τη νύχτα (βλ. φωτισμένοι δρόμοι) και τις προειδοποιήσεις για τα άγρια ζώα (βλ. προστασία άγριας ζωής).

Θα συμβάλουν στην εξυγίανση του περιβάλλοντος, με την μείωση έως και εξάλειψη της παραγωγής του διοξειδίου του άνθρακα, με την παρεμπόδιση της εισόδου των ρύπων στις λίμνες, στα ποτάμια, και στις θάλασσες και με την εξάλειψη της ανάγκης για καύση πετρελαίου στις μορφές βενζίνης και diesel.

Αξιίζει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με μια μελέτη για τα αναπνευστικά προβλήματα, δείχνει ότι από το 1980 μέχρι σήμερα τα άτομα που έχουν αναπνευστικά προβλήματα έχουν αυξηθεί κατά 30%. Επίσης η μελέτη δείχνει ότι το ποσοστό αυτό αυξάνεται με το χρόνο όλο και περισσότερο. Καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι δεν υπάρχει πια κανένα περιθώριο. Ας δώσουμε στα παιδιά μας μια ευκαιρία σε ένα λαμπρότερο μέλλον, ας μην τους αφήσουμε έναν κόσμο όπου οι ασθενείς με αναπνευστικά προβλήματα γίνουν ο κανόνας και όχι η εξαίρεση.

- **Χρησιμοποίηση ανακυκλώσιμων υλικών**

Ανακυκλωμένα υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εσωτερική δομή υποστήριξης. Πάνω από 46.000 κομμάτια πλαστικών απορριμμάτων επιπλέον σε κάθε τετραγωνικό μίλι ωκεανού σήμερα. Στον κεντρικό Ειρηνικό, αντιστοιχούν μέχρι και 6 κιλά απορριμμάτων στη θάλασσα για κάθε κίλο πλαγκτόν.

Σκουπίδια σακούλες, μπουκάλια και άλλες πλαστικές ύλες, καουτσούκ και τα ελαστικά μπορούν να αναμειχθούν με οργανικά υλικά για τη δημιουργία τμημάτων του δρόμου. Έτσι λοιπόν αξιοποιούνται αυτά τα υλικά αλλά και οι ωκεανοί διατηρούνται καθαροί.

Γενικά η φιλοσοφία είναι όλο το πρόγραμμα να είναι πράσινο από τη κατασκευή του μέχρι και την συντήρηση του. Καθώς επίσης και το μεγαλύτερο ποσοστό το υλικών που θα χρησιμοποιηθούν να είναι ανακυκλώσιμα.

- **Σπίτια - επιχειρήσεις**

Οι επιχειρήσεις θα είναι σε θέση να έχουν ηλιακούς χώρους στάθμευσης, που θα προσφέρουν στους πελάτες τους την δυνατότητα φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων τους, ενώ κάνουν ψώνια, τρώνε, κλπ. Οι χώροι στάθμευσης τους θα είναι ασφαλέστεροι τη νύχτα με τον φωτισμό από LED's. Τα LED's θα δημιουργούν γραμμές παρκινγκ και θα είναι επίσης προσαρμόσιμα με το πάτημα ενός κουμπιού, κάθε φορά που η επιχείρηση έχει ανάγκη να αλλάξει διαμόρφωση του χώρου στάθμευσης. Αυτό το <<έξυπνο παρκινγκ>> θα επιτρέπει στις επιχειρήσεις να συλλέγουν δεδομένα που χρειάζονται για να βελτιώσουν τις υπηρεσίες τους.

Οι ιδιοκτήτες των σπιτιών σε απομακρυσμένες περιοχές δεν θα έχουν το φόβο αποκλεισμού από τα χιόνια. Επίσης θα υπάρχει και η δυνατότητα αναγραφής των διευθύνσεων, πράγμα που θα διευκολύνει πολύ τη εύρεση κάποιας οδού.

- **Ασφάλεια**

**Ανανεώσιμη ενέργεια = ασφάλεια**

Το ηλιακό οδικό δίκτυο παρέχει ασφάλεια σε διάφορα επίπεδα:

**Η υποδομή οδοστρωμάτων μας:** Τα φορτηγά με τα επικίνδυνα υλικά μπορούν να ακολουθηθούν και να ελεγχθούν. Τα δημόσια λεωφορεία και τα σχολικά λεωφορεία μπορούν να παρακολουθούνται.

Όλα σε πραγματικό χρόνο. Σε αυτά τα οχήματα μπορούν να εγκατασταθούν εξαρτήματα ελέγχου που ανά πάσα στιγμή θα μπορούν να διακόψουν τις μηχανές τους ή/και να κλειδώσουν τα φρένα τους σε περίπτωση που χρειαστεί.

**Το δίκτυο ενέργειας μας:** Το δίκτυο ενέργειας δεν μπορεί να σταματήσει να λειτουργεί ούτε από τις επιχειρήσεις ενέργειας, ούτε από τη φύση, ούτε από οτιδήποτε. Όχι άλλες συσκοτίσεις, όχι άλλη μαυρίλα, τέλος στις διακοπές.

**Υπερθέρμανση του πλανήτη:** Εάν δεν σταματήσουμε την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, τότε η θερμοκρασία του πλανήτη θα συνεχίσει να αυξάνεται, η Γροιλανδία και οι πολικοί παγετώνες θα συνεχίσουν να λιώνουν, και εκατοντάδες εκατομμύρια ανθρώπων θα μεταναστεύσουν. Αυτό είναι ένα πρόβλημα ασφαλείας για κάθε χώρα στον κόσμο.

**Εξάρτηση στο ξένο πετρέλαιο:** Το γεγονός ότι ο κόσμος προσπαθεί να απεγκλωβιστεί από το πετρέλαιο δεν σημαίνει ότι τα βιομηχανοποιημένα έθνη θα μάθουν απλά να ζουν χωρίς αυτό. Αυτοί έχουν συμφέροντα και θα διεκδικήσουν και την τελευταία σταγόνα του πετρελαίου, οπουδήποτε. Το αποκεντρωμένο δίκτυο ενέργειας θα κάνει στην ουσία το πετρέλαιο σχετικά άνευ αξίας. Η εξάλειψη οποιασδήποτε αντιληπτής ανάγκης να προστατευθούν τα πετρελαϊκά συμφέροντα κάθε κράτους σε εχθρικά εδάφη, θα σταματήσει τους πολέμους και θα τους επιτρέψει να επενδύσουν τα χρήματά τους σε εσωτερικές ανάγκες και όχι σε ανάγκες πολέμου.

**Πυρηνική απειλή:** Δεδομένου ότι θα παράγεται τρεις φορές περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από αυτή που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε (δείτε τους υπολογισμούς στην επόμενη ενότητα), δεν θα έχουμε καμία περαιτέρω ανάγκη για εγκαταστάσεις πυρηνικής ενέργειας οποιουδήποτε είδους. Όχι άλλη ανησυχία για ένα άλλο Τσερνομπίλ κτλ. Όχι άλλα αποθέματα ραδιενεργών αποβλήτων. Μπορούμε να προμηθεύσουμε ηλιακή ενέργεια οπουδήποτε στον κόσμο, βοηθώντας όλες τις χώρες να επιτύχουν το όνειρο της ασφάλειας.

Συνοψίζοντας, τα ηλιακά οδοστρώματα μας παρέχουν εθνική ασφάλεια που δεν θα μπορούσαμε αλλιώς να επιτύχουμε. Μπορεί να βοηθήσει στο να αποτραπούν μελλοντικοί πόλεμοι. Μπορεί να κρατήσει τα παιδιά μας ασφαλέστερα. Θα περιορίσει τα προβλήματα στην υγεία και τα αναπνευστικά προβλήματα .



- **Ανεξαρτησία από το πετρέλαιο**

Ενώ μόνο ένα μικρό ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας των περισσότερων κρατών παράγεται χρησιμοποιώντας πετρέλαιο, παρέχει ουσιαστικά όλες τις ανάγκες των μεταφορών μας. Για παράδειγμα στις Η.Π.Α ανήκει μόνο το 2 τοις εκατό των παγκόσμιων αποθεμάτων, αλλά χρησιμοποιεί το 25 τοις εκατό του παγκόσμιου πετρελαίου. Εάν θα μπορούσαμε να ξεφύγουμε από τις εσωτερικής καύσης μηχανές, δεν θα είχαμε καμία περαιτέρω ανάγκη για το ξένο πετρέλαιο. Αυτό σημαίνει ολική χρήση ηλεκτρικών οχημάτων. Ο αριθμός των οχημάτων παγκοσμίως, τώρα είναι 750 εκατομμύρια και αναμένεται να τριπλασιαστεί μέχρι το 2050, λόγω της επεκτεινόμενης αγοραστικής δύναμης της Κίνας, της Ινδίας και των άλλων αναπτυσσόμενων χωρών.

Καθημερινή χρήση του πετρελαίου παγκοσμίως:

- 53 εκατομμύρια βαρέλια ημερησίως συνολικά
- 29 εκατομμύρια βαρέλια ημερησίως για τη χερσαία μεταφορά των ανθρώπων
- 19 εκατομμύρια βαρέλια ημερησίως για τη χερσαία μεταφορά φορτίων
- 5 εκατομμύρια βαρέλια ημερησίως για τις αεροπορικές μεταφορές για ανθρώπους και φορτία

Ένα βαρέλι πετρελαίου απαιτείται για να παραχθούν 42 γαλόνια της βενζίνης. Περίπου 97 τοις εκατό των καυσίμων μεταφορών προέρχονται αυτήν την περίοδο από το ακατέργαστο πετρέλαιο. Προκειμένου να συνεχίσουμε στο σημερινό ρυθμό, θα πρέπει να αυξήσουνε όλες οι ανεπτυγμένες χώρες τον παγκόσμιο ανεφοδιασμό σε βαρέλια ημερησίως κατά 33 % μέχρι το 2030.

Τι θα συμβεί λοιπόν όταν τελειώσει το πετρέλαιο; Μας έχουν πει ότι φτάνει για άλλα 50 έτη προτού να συμβεί αυτό, όμως υπάρχει μεγάλη κερδοσκοπία και διαφωνία στο θέμα «μέγιστο πετρέλαιο», αλλά ένα γεγονός δεν είναι αμφισβητήσιμο: το πετρέλαιο έχει πεπερασμένο απόθεμα.

Ελλείψει του ορυκτού καυσίμου, πόσους ανθρώπους μπορεί ο κόσμος να υποστηρίξει; Πολλοί άνθρωποι θεωρούν 1,5 έως 2 δισεκατομμύρια ανθρώπους. Ο τρέχων πληθυσμός του πλανήτη μας πλησιάζει τώρα 7 δισεκατομμύρια ανθρώπους. Τι θα συμβεί όταν ξεμείνουμε από πετρέλαιο;

Η πραγματικότητα είναι ότι καμία λύση απ' αυτές που έχουν προταθεί δεν θα οδηγήσει σε μείωση της κατανάλωσης της βενζίνης ή θα επιτύχει την ανεξαρτησία ενέργειας.

Μέχρι τώρα με την αντικατάσταση της υποδομής των εθνικών οδών μας και τη δημιουργία του ενεργειακού δικτύου με τον ηλιακό δρόμο, θα δημιουργούσαμε ένα σύστημα που θα μπορούσε να υποστηρίξει την επαναφόρτιση όλων των ηλεκτρικών οχημάτων. Η χρησιμοποίηση των ηλεκτρικών οχημάτων θα εξαλείψει την ανάγκη για τις μηχανές εσωτερικής καύσης. Η έλλειψη τους θα εξαλείψει την ανάγκη μας για πετρέλαιο.

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα ακουγόταν πολύ καιρό όμως ποτέ δεν ήταν πολύ πρακτικά καθώς θέλουν επαναφόρτιση συχνά και δεν υπάρχει υποδομή για αυτό. Οι ηλιακοί δρόμοι επιτρέπουν στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα να επαναφορτιστούν σε οποιαδήποτε στάση ή επιχείρηση διέλευσης και στάσης αυτοκινήτων. Οι οδηγοί μπορούν να επαναφορτίσουν τα οχήματά τους τρώγοντας σε ένα εστιατόριο ή ψωνίζοντας σε ένα εμπορικό κέντρο.

Δεν μπορούμε να περιμένουμε άλλο να βρούμε αντικαταστάτη για το πετρέλαιο, το οποίο εξαφανίζεται γρήγορα. Η εξάρτησή μας στο πετρέλαιο είναι από καιρό ένα σοβαρό θέμα, και δεν θέλουμε να περιμένουμε μέχρι να αποφασιστεί τι θα κάνουμε μετά. Έχουμε την τεχνολογία για να λύσουμε αυτό το πρόβλημα σε ένα σχετικά μικρό χρονικό διάστημα, το οποίο μπορεί να έρθει στο απώτερο μέλλον.

- **Έξυπνο δίκτυο**

Το τρέχον δίκτυο ενέργειάς μας είναι βασισμένο σε συγκεντρωμένους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Η διανομή της ενέργειας γίνεται μέσω των γραμμών μετάδοσης (εναέριων και υπόγειων), των σταθμών ηλεκτρονόμων, και των μετασχηματιστών. Όταν μια γραμμή «πέφτει» (πάγος, κεραυνός, στύλος που τον έχει χτυπήσει αυτοκίνητο, κ.λπ.), ο καθένας σε αυτή τη γραμμή δεν έχει ρεύμα έως ότου αποκαθίσταται η ζημία. Εάν ένας σταθμός παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος πέφτει, τότε μπορεί ένα ολόκληρο τμήμα μιας χώρας να βυθίζεται στο σκοτάδι.

Από την άλλη ο ηλιακός δρόμος αντικαθιστά όλους τους τρέχοντες σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, συμπεριλαμβανομένων αυτών του άνθρακα και των πυρηνικών, παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια. Με τον ηλιακό δρόμο, ο ίδιος ο δρόμος γίνεται το δίκτυο ενέργειας και εξαλείφει την ανάγκη για τους άσχημους στύλους και τους σταθμούς αναμετάδοσης. Η ενέργεια παράγεται παντού, σε κάθε δρόμο, σε κάθε χώρο στάθμευσης και σε κάθε οδό, οπότε δεν θα υπάρχουν ξανά άλλες διακοπές ρεύματος,

Η λύση δεν πρέπει να είναι η συνέχιση της επισκευής του απαρχαιωμένου συστήματος των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος και των μεθόδων διανομής. Η αποκέντρωση της παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί επίσης να καταστήσει το δίκτυο πιο ελαστικό και να σώσει δισεκατομμύρια κιλοβατώρες που χάνονται στις τρέχουσες ροές μέσω των μεγάλης απόστασης γραμμών μετάδοσης στα νοικοκυριά. Περίπου 60 % της ενέργειας που χρησιμοποιείται για να παραγάγει την ηλεκτρική ενέργεια στις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας σπαταλείται ως θερμότητα.

Το ηλιακό οδόστρωμα αποκεντρώνεται εντελώς. Κάθε ηλιακός δρόμος μπορεί να παραγάγει, να αποθηκεύσει, και να περάσει την ηλεκτρική ενέργεια «κάτω από τη γραμμή» στα σπίτια και τις επιχειρήσεις. Καμία απώλεια στη θερμότητα, κανένα ίχνος άνθρακα, και καμία ξοδεμένη σταγόνα καυσίμων.

Ένα αυτοθεραπευόμενο έξυπνο δίκτυο μπορεί καλύτερα να χτιστεί εάν οι αρχιτέκτονές του προσπαθούν να εκπληρώσουν τρεις αρχικούς στόχους. **Ο πιο θεμελιώδης είναι σε πραγματικό χρόνο ο έλεγχος και αντίδραση.** Μια σειρά αισθητήρων θα ελέγχει τις ηλεκτρικές παραμέτρους όπως η τάση και το ρεύμα, καθώς επίσης και την κατάσταση των κρίσιμων συσκευών. Αυτές οι μετρήσεις θα επέτρεπαν στο σύστημα να είναι συνεχώς συντονισμένο σε μια ευνοϊκότερη πολιτεία.

Κάθε πάνελ ηλιακού δρόμου είναι περίπου 4 μέτρα επί 4 μέτρα και περιέχει έναν πίνακα μικροεπεξεργαστών για τον έλεγχο, την παρακολούθηση, και τις επικοινωνίες. Αυτό σημαίνει ότι έχουμε έναν μικροεπεξεργαστή που εντοπίζεται ανά 4 μέτρα στο δίκτυο. Ελέγχει ότι γίνεται μέσα στην περίμετρο των 4 μέτρων. Ακολουθεί την τάση και το ρεύμα που παράγει, χρησιμοποιεί, στέλνει ή λαμβάνει από το γειτονικό ηλιακό δρόμο κ.λπ.

**Ο δεύτερος στόχος είναι η αναμονή.** Το σύστημα πρέπει συνεχώς να ψάχνει τα πιθανά προβλήματα που θα μπορούσαν να προκαλέσουν μεγαλύτερες διαταραχές.

Με έναν μικροεπεξεργαστή τοποθετημένο κάθε 4 μέτρα, ξέρουμε τότε ένα πρόβλημα παρουσιάστηκε αρχικά. Κάθε ένα από το γειτονικό (φυσικά συνδεδεμένο) ηλιακό πάνελ επικοινωνεί με το άλλο. Εάν ένα σταματήσει να επικοινωνεί, τότε κάτι πάει λάθος (χαλασμένο πάνελ από αστραπή, αναποδογυρισμένο φορτηγό, κ.λπ.). Τα γύρω πάνελ θα είναι σε θέση ακόμα να επικοινωνήσουν και στέλνουν τις πληροφορίες σε έναν κεντρικό σταθμό ελέγχου.

Παραδείγματος χάριν, ας πούμε πως μια αστραπή έκανε κάποια σημαντική ζημία: άνοιξε ας πούμε μια τρύπα στο πάνελ στη μέση μιας 8 λωρίδων εθνικής οδού. Ακόμα πιο ακραία, ας πούμε ότι ένα αυλάκι έχει γίνει στο δρόμο και χάνετε μαζικά ενέργεια. Κάθε πλευρά του ηλιακού

δρόμου είναι εξοπλισμένη με GFI (διακόπτης επίγειων ελαττωμάτων), το οποίο θα διέκοπτε την λειτουργία του, με το που θα ανίχνευε την απώλεια από τους μικροεπεξεργαστές στις άθικτες γειτονικές πλάκες. Το χαλασμένο πάνελ θα απομονωνόταν ηλεκτρικά και οι περιβάλλουσες ηλιακές επιτροπές θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν τα LEDs οριοθετώντας το χαλασμένο πλαίσιο. Αυτό «θα χρωμάτιζε» ένα τετράγωνο γύρω από τη χαλασμένη πλάκα ώστε να προειδοποιήσει τους οδηγούς για τον κίνδυνο. Οι επικείμενοι οδηγοί θα προειδοποιούνταν για τη συνοπτική λοξοδρόμηση. Καμία διακοπή ρεύματος ούτε ακόμη και μια διακοπή της υπηρεσίας σε οποιοδήποτε μέρος.

**Ο τρίτος στόχος είναι η απομόνωση.** Εάν οι αποτυχίες ήταν εμφανής, ολόκληρο το δίκτυο θα έσπαζε σε ξέχωρα «κομμάτια» κάθε ένα από τα οποία πρέπει να προστατεύσει τον εαυτό του. Κάθε κομμάτι θα αναδιοργάνωνε τις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας και τις ροές μετάδοσής όσο καλύτερα μπορούσε.

Αυτός ο στόχος δεν είναι απαραίτητος αν και είναι πιθανός. Το οδόστρωμα είναι οι εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας και η γραμμή μετάδοσης. Εάν ένα βυτιοφόρο φορτηγό ανατιναχτεί και χωρίσει το δρόμο στη μέση καμία απώλεια ενέργειας δεν υπάρχει (εκτός από τα χαλασμένα πάνελ). Η ηλεκτρική ενέργεια θα πάει ακριβώς γύρω σε έναν διαφορετικό δρόμο, με τον ίδιο τρόπο όπως ένα όχημα κατά τη διάρκεια μιας λοξοδρόμησης. Πάλι, οι άθικτες γειτονικές πλάκες θα αποσυνδεόταν από τις χαλασμένες πλάκες και θα μάζευαν το πρόβλημα.

Για να συνοψίσουμε ο ηλιακός δρόμος παρέχει ένα αποκεντρωμένο, ασφαλές, ευφυές, αυτοθεραπευόμενο δίκτυο ενέργειας.

- **Φωτεινοί δρόμοι**

Όπως γνωρίζουμε οι σημερινοί δρόμοι σε αρκετές περιοχές είναι αρκετά επικίνδυνοι. Τη νύχτα η επικινδυνότητα είναι ακόμα μεγαλύτερη καθώς η ορατότητα των οδικών γραμμών είναι αρκετά δύσκολη ιδιαίτερα όταν το οπτικό πεδίο μειώνεται από τους επικείμενους προβολείς, βροχή, ομίχλη κτλ. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με τη χρήση των LEDs να δίνουν ένα έντονο χρώμα στις λωρίδες. Επίσης μπορούν να προσαρμοστούν κατάλληλα και άμεσα, ανάλογα με τις συνθήκες( ομίχλη, βροχή κτλ.) .

Με μια φωτισμένη εθνική οδό, τα ατυχήματα θα μειωθούν και η νυχτερινή οδήγηση θα είναι ασφαλέστερη για όλους. Παράδειγμα αποτελεί μια περιοχή στην Αγγλία όπου υπάρχουν ειδικά φώτα που συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία και το βράδυ λειτουργούν δημιουργώντας έτσι τις γραμμές του δρόμου (Σχήμα 4 ). Μια πρόσφατη

μελέτη δείχνει ότι έχουν μειωθεί τα ατυχήματα τη διάρκεια της νύχτας κατά 70%.



**Σχήμα 4** : Δρόμος με ειδικά φώτα συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας.

Δεν χρειάζεται να γίνεται άσκοπη χρήση της ενέργειας όταν οι δρόμοι είναι έρημοι. Με χρήση ειδικών αισθητήρων θα δίνεται εντολή να ανοίγουν τα φώτα όταν αισθάνονται κάποιο αυτοκίνητο στην επιφάνεια. Το μήκος του φωτισμού που θα παρέχεται σε ένα όχημα θα είναι για 500 μέτρα μπροστά και 250 μέτρα πίσω . Με αυτό τον τρόπο ο οδηγός θα γνωρίζει αν υπάρχει κάποιο όχημα που προπορεύεται ή στο αντίθετο ρεύμα.

- **Διαχείριση της κυκλοφορίας**

Κάθε ηλιακό οδικό πάνελ είναι περίπου 4 μέτρα επί 4 μέτρα και περιλαμβάνει έναν μικροεπεξεργαστή που το παρακολουθεί και το ελέγχει ώστε να επικοινωνεί με τα γειτονικά πάνελ και τα οχήματα που ταξιδεύουν από πάνω τους. Αυτό σημαίνει ότι έχουμε μια συσκευή επικοινωνίας κάθε 4 μέτρα.

Ένα σημαντικό παράδειγμα για αυτού του είδους ελέγχου είναι οι διακεκομμένες γραμμές που στις εθνικές οδούς μπορούν να "ταξιδεύουν" στο πλευρό μας στο καθορισμένο όριο ταχύτητας. Εάν το αυτοκίνητό μας κινείται πιο γρήγορα από τις γραμμές, τότε σημαίνει πως πάμε γρήγορα. Αν οι γραμμές κινούνται πιο γρήγορα από το αυτοκίνητο, τότε σημαίνει πως κινούμαστε αργά. Έτσι λοιπόν μπορούμε να διατηρούμε

την κατάλληλη ταχύτητα, ενώ ποτέ δεν χρειάζεται να εξετάσουμε το ταχύμετρο μας, με αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού των ατυχημάτων .

Ο δρόμος μπορεί να μας προειδοποιήσει για την κυκλοφοριακή συμφόρηση μπροστά και να συστήσει ακόμη και παρακάμψεις γύρω από αυτόν. Μπορούμε να εισάγουμε έναν προορισμό στο GPS μας και ένα βέλος μπορεί να εμφανιστεί στο δρόμο άμεσα μπροστά από το όχημά μας και «να μας οδηγεί» εκεί, ώστε να φτάσουμε στον τελικό προορισμό μας.

Αν κατά την οδήγηση περάσουμε αρκετές φορές, σε μικρό χρονικό διάστημα, την διπλή διαχωριστική γραμμή τότε θα δημιουργηθεί ένα δαχτυλίδι από φώτα LEDs. Σκοπός του θα είναι η προειδοποίηση των υπόλοιπων οχημάτων ότι θα πρέπει να είναι προσεκτικοί με το εν λόγω όχημα καθώς και να προειδοποιεί τις αρχές. Η τεχνολογία αυτή θα μπορούσε να μειώσει δραστικά τον αριθμό των θανάτων / τραυματισμών που προκαλούνται.

- **Διαχείριση χιονιού και πάγου**

Οι δρόμοι στα βόρεια κλίματα θα θερμαίνονται μόνοι τους και θα αποβάλλουν τη συγκέντρωση πάγου και χιονιού. Οι πόλεις δεν θα έχουν πλέον το οικονομικό βάρος για την απομάκρυνση του χιονιού και τα οικολογικά προβλήματα που προκαλούνται από τις χημικές ουσίες (αλάτι, χλωριούχο μαγνήσιο, κλπ.) που χρησιμοποιούνται για τη διατήρηση καθαρών δρόμων. Οι επιχειρήσεις δεν θα χρειάζεται πλέον να ανησυχούν για τη διατήρηση καθαρών χώρων στάθμευσης. Οι πολίτες δεν θα χρειάζεται πλέον τους χειμώνες να καθαρίζουν το χιόνι από τα πεζοδρόμια τους. Φανταστείτε τον αριθμό των θανάτων και των τραυματισμών που πρόκειται να αποτραπεί μόνο με την τήρηση ασφαλών και ξηρών δρόμων. Ας ελπίσουμε ότι αυτό θα οδηγήσει σε ένα επιπλέον όφελος, για να μειωθούν τα ποσοστά ασφάλισης για όλους μας.

- **Διαχείριση του νερού**

**Το πρόβλημα της αστικής ρύπανσης (storm water)**

Η μολυσμένη απορροή συναγωνίζεται τις εγκαταστάσεις και τα εργοστάσια λυμάτων ως πηγή μόλυνσης νερού. Μια από τις μεγαλύτερες αιτίες της ρύπανσης των υδάτων εμφανίζεται όταν καθαρίζονται τα βροχόνερα και τα νερά από τα λιωμένα χιόνια πέρα από τις οδούς πόλεων, τα πάρκινγκ, και τους προαστιακούς χλοοτάπητες και μεταφέρουν τοξικές χημικές ουσίες, οργανισμούς που προκαλούν ασθένειες, βρωμιά και σκουπίδια. Αυτό το πρόβλημα καλείται αστική

(storm water) ρύπανση βροχόνερων. Οι πρόσφατες μελέτες έχουν διαπιστώσει ότι η αστική ρύπανση συναγωνίζεται και υπερβαίνει σε μερικές περιπτώσεις τις εγκαταστάσεις λυμάτων και τα μεγάλα εργοστάσια ως πηγή καταστροφής και ρύπανσης. Πολλά έτη ανεξέλεγκτων, αστικών λυμάτων έχουν συμβάλει σε πολλά δημόσια προβλήματα υγείας και χαθήκαν πολύτιμοι φυσικοί πόροι σε διάφορα μέρη.

Αν αφεθούν ανεξέλεγκτα και δεν ληφθούν υπόψη τα αστικά λύματα τότε :

- μολύνονται οι πηγές νερού κατανάλωσης, γεμίζοντας τις δεξαμενές με βούρκο και κλέβοντας στην ουσία το οξυγόνο του νερού και τις θρεπτικές ουσίες του πόσιμου νερού που υπάρχει για τις έκτακτες ανάγκες
  - γεμίζουν τις υδάτινες διαδρομές με μολυσμένο ίζημα
  - εξαφανίζουν ή ελαχιστοποιούν την εμπορική αλιεία λόγω της χημικής μόλυνσης, της έλλειψης οξυγόνου, και της προκύπτουσας απώλειας βιότοπου
  - μολύνουν τις παραλίες και τα νερά, προκαλώντας απώλειες στα εισοδήματα την αλιεία, το κυνήγι και τον παράκτιο τουρισμό
  - εξαλείφουν τα μικρά ρεματάκια, τις πηγές και τους υγροτόπους κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης (αυτά τα φυσικά νερά είναι πηγές καθαρού εδάφους και νερού και χρησιμεύουν ως βιότοπος για την υδρόβια ζωή)
  - βλάπτουν τα σπίτια και τις επιχειρήσεις κατά τη διάρκεια των ξαφνικών πλημμυρών όπου τα βροχόνερα μένουν ανεξέλεγκτα.

### • Οικονομική αποκατάσταση

Όπως αναφέρουν και οι σχεδιαστές σύμφωνα με τους υπολογισμούς τους για τις Η.Π.Α θα στοιχίσει περίπου πέντε δισεκατομμύρια ηλιακά πάνελ, 12" προς 12" για να καλυφθούν εντελώς οι δρόμοι, οι χώροι στάθμευσης, και οι εθνικοί οδοί. Φανταστείτε τις απαιτήσεις για την κατασκευή: θα δημιουργηθούν τόσες πολλές νέες θέσεις που κάλλιστα μπορεί να ονομαστεί ως «νέα ευκαιρία» του 21ου αιώνα. Μετεκπαιδύοντας τους εργαζομένους από τις ξεπερασμένες εργασίες, όπως οι εργαζόμενοι της ασφάλτου, με τις νέες πράσινες θέσεις εργασίας οι δείκτες ανεργίας θα πέσουν κατακόρυφα. Τεράστια ποσά θα έμεναν στην οικονομία της κάθε χώρας.

Κάθε πάνελ περιέχει τους ηλιακούς συσσωρευτές, τις ενεργειακές συσκευές αποθήκευσης, τους πίνακες κυκλωμάτων, τα ηλεκτρονικά μέρη, κ.λπ. Όλα αυτά πρέπει να συναρμολογηθούν. Ας πούμε πως το



ελάχιστο που χρειάζεται για αυτή τη συναρμολόγηση είναι 10 ώρες. Γνωρίζοντας το υπόβαθρο κατασκευής πιθανώς οι δέκα ώρες να είναι μια συντηρητική εκτίμηση, αλλά είναι ένας συμπαθητικός κοντά στην αλήθεια αριθμός.

Πέντε δισεκατομμύρια πάνελ χρειάζονται επί 10 ώρες για τη συναρμολόγηση τους, συνολικά δηλαδή 50 δισεκατομμύρια ώρες. Ας πούμε ότι χρειαζόμαστε δέκα χρόνια για να ολοκληρώσουμε αυτόν τον μνημειακό στόχο, δίνοντας μας 5 δισεκατομμύριο ώρες συναρμολόγησης το χρόνο. Ένας χαρακτηριστικός εργαζόμενος δουλεύει 40 ώρες την εβδομάδα. Ας δώσουμε στον εργαζόμενο μας δύο εβδομάδες διακοπών, και ας πούμε πως μετά δεν χάνει ούτε μια μέρα εργασίας. Αυτό σημαίνει 50 εβδομάδες με 40 ώρες εργασίας την εβδομάδα έχουμε συνολικά 2000 ώρες εργασίας το χρόνο. Διαιρέστε αυτό με πέντε δισεκατομμύρια ώρες συναρμολόγησης και βάλτε 2.500.000 ανθρώπους να δουλεύουν σε αυτή την θέση αποκλειστικά, για δέκα έτη. Αυτό είναι ακριβώς η τελική συναρμολόγηση.

Σε αυτό το χρόνο δεν έχει υπολογιστεί η προμήθεια των υλικών και η τυχόν έλλειψη των υλικών. Για παράδειγμα, ο κατασκευαστής γυαλιού πρέπει να δημιουργήσει πέντε δισεκατομμύρια φύλλα του ειδικού κατασκευασμένου γυαλιού για την επιφάνεια. Κάποιος πρέπει να δημιουργήσει όλους τους πίνακες κυκλωμάτων, και τι γίνεται με τις αυξανόμενες ώρες και απαιτήσεις στα κατασκευαστικά τμήματα; Μόνο τα LEDs του κάθε ηλιακού πάνελ είναι 6192. Ποιος θα τα κατασκευάσει όλα αυτά τα κομμάτια; Μετά πρέπει να λάβουμε υπόψη την εγκατάσταση, τη συντήρηση, τον έλεγχο των συστημάτων, την ανανέωση, τη διανομή, κ.λπ. Από κάθε άποψη η οικονομία της κάθε χώρας που το χρησιμοποιεί θα ακμάσει.

## 6.4 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΣ

Ένα σημαντικό ερώτημα που προκύπτει είναι αν μπορούμε με τους ηλιακούς δρόμους να παράγουμε πραγματικά αρκετή, μη ρυπογόνο ηλεκτρική ενέργεια, για να τροφοδοτήσουμε τις επιχειρήσεις και τα σπίτια μας.

Εάν καλύπταμε μια περιοχή 40000 m<sup>2</sup> (π.χ. οδικό δίκτυο Η.Π.Α.) με ηλιακά κύτταρα που έχουν μια αποδοτικότητα 15% (υπάρχει τεχνολογία διαθέσιμη που διπλασιάζει πραγματικά αυτόν τον αριθμό) και υποθέτοντας ότι συλλέγουν ηλιακή ακτινοβολία μόνο 4 ώρες των μέγιστων ωρών φωτός της ημέρας ανά ημέρα (4 X 365 = 1460 ώρες το χρόνο) θα παράγονταν περίπου 13 δις. KWh το χρόνο.

Σύμφωνα με την διοίκηση πληροφοριών ενέργειας το 2003, ολόκληρος ο κόσμος χρησιμοποίησε περίπου 14 δισεκατομμύρια KWh του συνόλου ηλεκτρικής ενέργειας. Συμπεράνουμε λοιπόν ότι μόνο αυτή η περιοχή θα μπορούσε σχεδόν να μας δώσει όση ηλεκτρική ενέργεια χρειαζόμαστε παγκοσμίως.

Είναι εύκολο να δει κανείς ότι τα ηλιακά οδοστρώματα θα μπορούσαν να παραγάγουν την ηλεκτρική ενέργεια που χρειάζεται κάθε κράτος τοποθετώντας μόνο σε ένα κομμάτι του οδικού τους δικτύου ηλιακές οδικές επιτροπές.

## **6.5 ΕΠΕΣΥΜΑΝΣΕΙΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΤΡΟΠΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ**

Κάθε ηλιακό πάνελ έχει τις ηλεκτρικές συνδέσεις σε κάθε μια από τέσσερις πλευρές του και ένας διακόπτης ασφαλείας παρακολουθεί κάθε μία από αυτές τις συνδέσεις. Έτσι λοιπόν όταν ένα Solar Road Panel πάθει ζημιές ή καταστραφεί (κεραυνός, ανατροπή οχημάτων, σεισμός, κ.λπ.) το ηλιακό οδόστρωμα δεν θα τεθεί εκτός λειτουργίας ώστε να μας αφήσει όλους στο σκοτάδι. Διότι εάν υπάρχει διαρροή ρεύματος η ηλεκτρική σύνδεση θα διακόπτεται και ως εκ τούτου θα έχουμε την απομόνωση όλων των χαλασμένων τμημάτων. Σε ένα μεγαλύτερης κλίμακας ατύχημα, ας πούμε ότι ένα φορτηγό καυσίμων εκρήγνυται χωρίζοντας εντελώς το δρόμο στο μισό, κανένας δεν θα έχανε ενέργεια. Όλοι οι συλλέκτες που οδηγούν μέχρι το σπίτι μας θα εξακολουθούσαν να συλλέγουν και να αποθηκεύουν ενέργεια.

Ένα ερώτημα που τίθεται είναι το πόση ενέργεια θα είναι αναγκαία για την παρασκευή των ηλιακών συλλεκτών, πράγμα όμως που αναιρεί την περιβαλλοντική επίδραση της πρότασης της εταιρείας. Έτσι λοιπόν οι κατασκευαστές προτείνουν την εξής λύση:

Την παραγωγή ενός συγκεκριμένου, ικανοποιητικού αριθμού συλλεκτών από ένα εργοστάσιο που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή χώρων στάθμευσης. Μόλις οι χώροι στάθμευσης τεθούν σε λειτουργία το εργοστάσιο θα τεθεί εκτός δικτύου και θα είναι αυτάρκη σε ενέργεια. Όλα τα επόμενα μέρη χώρων στάθμευσης που θα κατασκευαστούν θα φτιάχνονται από τους προϋπάρχοντες ηλιακούς οδικούς συλλέκτες καθιστώντας το ίχνος άνθρακα όσο το δυνατόν μικρότερο. Η ελαχιστοποίηση του ίχνους άνθρακα ανά άτομο και ανά επιχείρηση αποτελεί και ένα από τα μηνύματα της εταιρίας.

Αρκετοί προτείνουν την εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών τοποθετημένων σε στέγαστρα στη βόρεια πλευρά των δρόμων, με το επιχείρημα του ότι είναι πιο φτηνά καθώς και το ότι τα αυτοκίνητα θα ολισθαίνουν στο γυαλί. Όμως αυτό θα ήταν απίστευτα ακριβό δεδομένου ότι θα έπρεπε ακόμα να σπαταλούνται πόροι για τους τρέχοντες δρόμους ασφάλτου. Εάν έπρεπε ακόμα να οικοδομήσουμε τους τρέχοντες δρόμους συν τις στέγες ή τις πλαϊνούς συλλέκτες, το κόστος θα ήταν πιθανώς τόσο υψηλό που οι φόροι θα έπρεπε να αυξηθούν για να το καλύψουν. Η ιδέα της πλευρικού συλλέκτη δεν θα έκανε τίποτα για να κρατήσει τους δρόμους χωρίς χιόνι και πάγο, έτσι οι βόρειες πόλεις θα έχουν ακόμη τη δαπάνη απομάκρυνσης του, και τα ατυχήματα που προκαλούνται από τους επικίνδυνους δρόμους. Όσο αφορά την ολίσθηση, μία από τις πολλές τεχνικές προδιαγραφές για το ανώτερο στρώμα είναι ότι είναι κατασκευασμένο από τέτοιο υλικό ώστε να παρέχει τουλάχιστον την έλξη που οι σημερινοί δρόμοι ασφάλτου προσφέρουν, ακόμη και στη βροχή. Αν κάποιος δει και αγγίξει το υλικό θα διστάσει ακόμα να το πει και γυαλί, καθώς διαφέρει σημαντικά από ένα τζάμι παραθύρου.

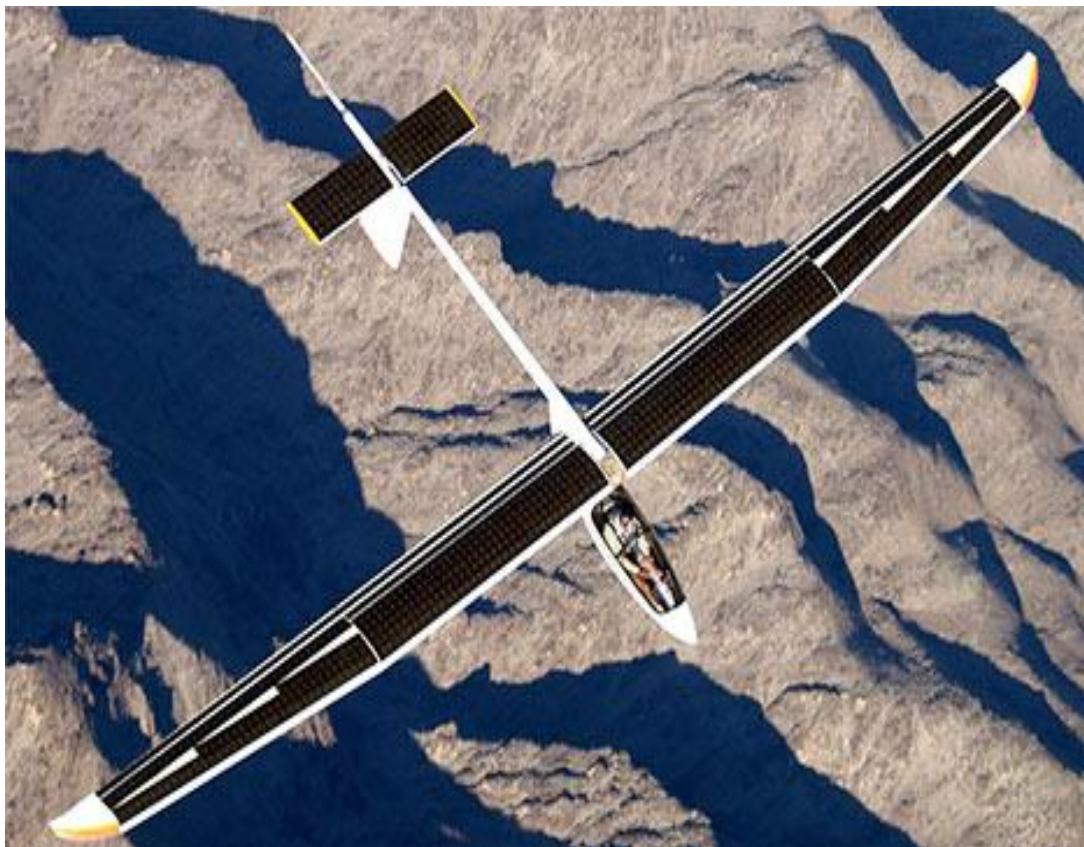
Καταλαβαίνουμε πώς με την εγκατάσταση των πλευρικών συλλεκτών πολλά από τα άλλα χαρακτηριστικά γνωρίσματα θα χάνονταν επίσης, όπως ο φωτισμός από LEDs για την ασφαλέστερη οδήγηση τη νύχτα, η διάσωση των εκατομμυρίων ζώων, ένα αυτοθεραπευόμενο, αποκεντρωμένο ηλεκτρικό δίκτυο, και γενικά όλες οι πτυχές ενός ευφυούς δρόμου.

Επιφάνεια θα παραμένει καθαρή χάρη στην τεχνολογία του αυτοκαθαριζόμενου γυαλιού. Με τον όρο αυτόκαθαριζόμενο εννοούμε ένα συγκεκριμένο τύπο γυαλιού με μια επιφάνεια που απομακρύνει τους ρύπους και τη σκόνη μέσω φυσικών διαδικασιών. Το γυαλί αυτοκαθαρίζεται σε δύο στάδια: το φωτοκαταλυτικό στάδιο της διαδικασίας διασπά το οργανικό ρύπο στο γυαλί χρησιμοποιώντας τις υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου (ακόμη και μια συννεφιασμένη ημέρα) και καθιστά το γυαλί υδρόφιλο (κανονικά το γυαλί είναι υδροφοβικό). Κατά τη διάρκεια της επόμενης υδρόφιλης κατάστασης η βροχή πλένει μακριά το ρύπο μην αφήνοντας σχεδόν κανένα υπόλειμμα, επειδή στο υδρόφιλο γυαλί απλώνεται το νερό ομοιόμορφα στην επιφάνειά του.

Πρέπει βέβαια να δούμε και στην πράξη πόσο αυτή η διαδικασία θα είναι ικανή να κρατήσει τα ηλιακά οδοστρώματα καθαρά, αλλά σίγουρα θα συμβάλουν κατά ένα ποσοστό. Θα υπάρξουν μερικά προφανή εμπόδια όπως οι διαρροές πετρελαίου, οι αμμοθύελλες, τα συντρίμια θύελλας, κ.λπ. Όμως σε αυτές τις περιπτώσεις θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα ήδη υπαρκτά οχήματα καθαρισμού. Τονίζουμε όμως πως αυτό είναι στη χειρότερη περίπτωση και μόνο αν οι αυτοκαθαριζόμενες ιδιότητες του γυαλιού δεν είναι αρκετές για να κάνουν όλη τη δουλειά.

Τέλος κάθε ηλιακός οδικός συλλέκτης θα έχει τη δυνατότητα να συλλέξει και να αποθηκεύσει την ενέργεια από τον ήλιο ακόμη και οι συλλέκτες που δεν βλέπουνε ποτέ την ηλιοφάνεια μπορούν να αποθηκεύσουν την ενέργεια που συλλέγεται από τους κοντινούς συλλέκτες που είναι στον ήλιο. Θα εγκατασταθούν ηλιακοί οδικοί συλλέκτες στις σήραγγες και κάτω από τις γέφυρες για να τις φωτίζουν, δηλαδή μέρη δεν θα δουν ποτέ το φως του ήλιου. Όπως έχει αναφερθεί μπορεί να παράχθει τρεις φορές περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από ό, τι έχουμε χρησιμοποιήσει ποτέ. Θεωρητικά, αυτό σημαίνει ότι μόνο το ένα τρίτο των ηλιακών συλλεκτών πρέπει να βλέπει το φως της ημέρας. Το υπόλοιπο των «σκιασμένων» συλλεκτών θα λειτουργεί ως συσκευές αποθήκευσης ενέργειας . Θα εξακολουθούν να ανάβουν (εξυπηρετικό για τις σήραγγες αυτές), θα λειώνουν τον πάγο και το χιόνι κτλ.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΗΛΙΑΚΟ ΑΕΡΟΠΛΑΝΟ



### 7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το 1903 δύο αδέρφια, οι αδελφοί Wright, κατασκεύασαν και πέταξαν την πρώτη ιπτάμενη μηχανή που ήταν βαρύτερη από τον αέρα. Σήμερα το αεροπλάνο είναι το πιο γρήγορο μεταφορικό μέσο στην εποχή μας και όλο και πιο πολλοί κάτοικοι του πλανήτη το προτιμούν για τις μετακινήσεις τους. Όμως ο μαζικός αεροπορικός τουρισμός έχει το κόστος του για τον πλανήτη και αν συνεχίσει να αυξάνεται στον ίδιο ρυθμό, θα απειλήσει σοβαρά τις επόμενες γενιές.

Πως όμως το αεροπλάνο ρυπαίνει την ατμόσφαιρα; Όπως ξέρουμε όσο περισσότερους επιβάτες μεταφέρει ένα αεροσκάφος, τόσο πιο γρήγορα και πιο ψηλά θα πρέπει να πετάει για να νικήσει τη βαρύτητα. Για να το κάνει αυτό θέλει καύσιμα, άρα όσο περισσότερα καύσιμα πρέπει να καταναλώσει, τόσο περισσότερα καυσαέρια θα εκπέμπει στην ατμόσφαιρα. Μάλιστα ένα αεροπλάνο εκπέμπει κατά μέσο όρο 140 γραμμάρια διοξειδίου του άνθρακα ανά χιλιόμετρο και ανά επιβάτη, ενώ το αυτοκίνητο εκπέμπει 100 γραμμάρια. Αν αναλογιστούμε λοιπόν τα χιλιάδες χιλιόμετρα που διανύουν και τους εκατοντάδες επιβάτες που μεταφέρουν καταλαβαίνουμε πως αποτελούν μια σημαντική πηγή ρύπανσης.

Τα αεροπλάνα όμως δεν επιβαρύνουν μόνο με καυσαέρια. Οι υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά την καύση της κηροζίνης κάνουν το οξυγόνο και το άζωτο που βρίσκονται στον αέρα να ενώνονται σε οξειδία του αζώτου, τα οποία αυξάνουν τη θερμοκρασία και επιτείνουν κατά 60% την επίδραση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

Επιπλέον τα αεροπλάνα εκπέμπουν υδρατμούς, αιθάλη και θειικά άλατα. Οι συγκεκριμένες ουσίες από μόνες τους δεν είναι επιβλαβείς, αλλά στα υψηλά στρώματα της ατμόσφαιρας δημιουργούν επιπλέον σύννεφα. Στις ψυχρές θερμοκρασίες των στρωμάτων αυτών, τα αέρια που εκπέμπει το αεροπλάνο, σε συνδυασμό με την αύξηση της θερμοκρασίας που προκαλούν οι καύσεις του, σχηματίζουν συμπυκνώσεις μεγαλύτερης ή μικρότερης έκτασης και διάρκειας, με γνωστότερη την λευκή γραμμή που αφήνουν τα αεροπλάνα πίσω τους. Η γραμμή αυτή λέγεται ουρά συμπύκνωσης και παγιδεύει επιπλέον θερμότητα. Επιστήμονες σε διάφορες έρευνες έχουν αποδείξει, ότι οι ουρές συμπύκνωσης αυξάνουν κατά 40% το «φαινόμενο του θερμοκηπίου» που προκαλεί το διοξείδιο του άνθρακα. Αν προσθέσουμε τα δύο ποσοστά, βλέπουμε ότι τα οξειδία του αζώτου και οι ουρές συμπύκνωσης διπλασιάζουν την επίδραση του διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπουν τα αεροπλάνα στην ατμόσφαιρα.

Ίσως όμως να υπάρχει και άλλος κίνδυνος. Πολλοί ερευνητές πιστεύουν ότι τα αεροπλάνα προκαλούν επίσης τον σχηματισμό θυσάνων, αραιών διαχωρισμένων νεφών που μοιάζουν με λεπτά νήματα ή ζώνες, τα οποία εμφανίζονται ψηλά στον ουρανό και συμβάλλουν σημαντικά στην αύξηση της θερμοκρασίας. Η θεωρία αυτή είναι ωστόσο δύσκολο να αποδειχθεί, γιατί οι θύσανοι σχηματίζονται στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, όπου οι ερευνητές δεν έχουν τη δυνατότητα να κάνουν λεπτομερείς έρευνες, ενώ είναι αδύνατον να ξεχωρίσει κανείς έναν «φυσικό» θύσανο από έναν «τεχνητό», ο οποίος έχει δημιουργηθεί από αεροπλάνο. Προς το παρόν οι απόψεις για τη συμβολή τους στην υπερθέρμανση και στη μεταβολή του κλίματος του πλανήτη δίστανται.

Ορισμένοι επιστήμονες πιστεύουν ότι είναι πολύ σημαντική και άλλοι θεωρούν ότι είναι μηδαμινή.

Ας δούμε μερικά στοιχεία με αριθμούς από μια έρευνα :

- Οι αεροπορικές πτήσεις εκπέμπουν 10 φορές περισσότερα αέρια του θερμοκηπίου απ' ό τι τα τρένα και 190 φορές περισσότερα απ' ό τι τα πλοία.
- Η αεροπορία μπορεί να παράγει το 15% των αερίων του θερμοκηπίου ετησίως αν δεν τεθεί υπό έλεγχο.
- Στη Βρετανία οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τις αεροπορικές πτήσεις έχουν διπλασιαστεί μέσα στα τελευταία χρόνια από 20,1 εκατομμύρια τόνους το 1990 σε 39,5 εκατομμύρια τόνους το 2004.
- Μια πτήση μετ' επιστροφής από το Λονδίνο στη Φλόριντα εκπέμπει όσο διοξείδιο του άνθρακα εκπέμπει η μέση μετακίνηση με αυτοκίνητο σε ένα έτος.
- Οι εκπομπές ρύπων σε υψηλό υψόμετρο επηρεάζουν το περιβάλλον 2,7 φορές περισσότερο απ' ό τι αυτές του εδάφους.
- Οι αεροπορικές μεταφορές εμπορευμάτων αυξάνονται σε ρυθμό 7% ετησίως.
- Η αεροπορική μεταφορά 1 κιλού σπαραγγιών από την Καλιφόρνια στη Βρετανία καταναλώνει 900 φορές περισσότερη ενέργεια απ' ό τι η εγχώρια καλλιέργειά τους.

Οι αεροπορικές πτήσεις αυξάνονται σήμερα σε ρυθμό 5% ετησίως. Η αύξηση αυτή σημαίνει ότι η επίδρασή τους στο κλίμα του πλανήτη μόνο από τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και χωρίς να υπολογίζουμε τον «αβέβαιο» παράγοντα των θυσάνων θα τετραπλασιαστεί ως το 2050. Και αν σε πολλούς η λύση που προτείνουν κάποιιοι για μείωση των αεροπορικών ταξιδιών φαίνεται υπερβολική ή απλώς δυσάρεστη, το βέβαιο είναι ότι πρέπει να ληφθούν άμεσα μέτρα. Σε αυτά τα μέτρα δεν είναι η πλήρης κατάργηση των αεροπορικών γραμμών, όπως προτείνουν μερικοί, αλλά η αλλαγή τους.

Μία λύση είναι η καλύτερη εκμετάλλευση της χωρητικότητας των αεροσκαφών, τα οποία σήμερα τις περισσότερες φορές ταξιδεύουν με αρκετές κενές θέσεις. Η αύξηση του συντελεστή πληρότητας των πτήσεων, ο οποίος σήμερα κυμαίνεται από 50% ως 80%, θα εξοικονομούσε αρκετή ενέργεια. Για να γίνει αυτό απαιτείται η μείωση του αριθμού των πτήσεων και ίσως και η κατάργηση της πρώτης θέσης.

Άλλη μία ιδέα είναι η μείωση του υψομέτρου στο οποίο γίνονται οι πτήσεις. Σύμφωνα με μελέτη του ευρωπαϊκού προγράμματος Tradeoff του 2003, αν τα αεροπλάνα πετούσαν χαμηλότερα η ρύπανση και η συμβολή τους στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου» θα ήταν κατά 20%



μικρότερη. Το ποσοστό αυτό θα μπορούσε να βελτιωθεί ακόμη περισσότερο αν τα αεροσκάφη εφοδιάζονταν με ειδικά μετεωρολογικά προγράμματα που θα τους επέτρεπαν να αποφεύγουν τις μάζες ψυχρού και υγρού αέρα που ευνοούν τον σχηματισμό των ουρών συμπύκνωσης. Πετώντας χαμηλότερα όμως τα αεροπλάνα καταναλώνουν περισσότερα καύσιμα το οποίο οδηγεί σε περισσότερα καυσαέρια και σε αυξήσεις στην τιμή του εισιτηρίου.

Υπάρχουν φυσικά και ιδέες για αναβάθμιση των αεροσκαφών. Η αλλαγή στο αεροδυναμικό τους σχήμα θα γλίτωνε πολλά καύσιμα. Ο Αμερικανός επιστήμονας Jacque Fresco προτείνει αεροπλάνα σχεδόν επίπεδα και ειδικά συστήματα που εξαλείφουν την ρύπανση και την φασαρία. Επίσης επινόησε ένα ηλεκτροστατικό σύστημα που αντιμετωπίζει την έκρηξη που προκαλούν τα υπερηχητικά αεροπλάνα.

Μια άλλη πρόταση είναι και η αντικατάσταση της κηροζίνης με υδρογόνο. Το κρουπλόνο θα πετάξει μέχρι τα τέλη του 2010 και θα είναι το πρώτο υδρογονοκίνητο επιβατικό αεροπλάνο. Ήδη έχει κατασκευαστεί ένα υδρογονοκίνητο μη επανδρωμένο αεροπλάνο από την AeroVironment για μετεωρολογικές μελέτες και μπορεί να πετάει για εβδομάδες χωρίς ανεφοδιασμό και χωρίς να εκπέμπει καυσαέρια.

Επίσης υπάρχει και η φουτουριστική ιδέα των διαστημοπλάνων. Τα διαστημοπλάνα ή διαστημικά αεροπλάνα είναι ειδικά αεροσκάφη που πετάνε μέσω του διαστήματος. Διαθέτουν αεριοθούμενους κινητήρες για τις πτήσεις στον αέρα και πυραυλοκινητήρες για τις πτήσεις στο διάστημα. Με αυτόν τον τρόπο θα ταξιδεύουν με μεγάλες ταχύτητες (Αθήνα-Μελβούρνη σε 2 ώρες) χωρίς να επηρεάσουν την ατμόσφαιρα, προσφέροντας ταυτόχρονα υπέροχη θέα στον όμορφο πλανήτη μας, που πρέπει να σεβαστούμε.

Τέλος, εδώ και αρκετό καιρό γίνεται μια προσπάθεια για την δημιουργία τεχνολογίας ηλιακών αεροπλάνων. Μια τεχνολογία εντελώς οικολογική η οποία μπορεί να κάνει το αεροπλάνο το πιο επιθυμητό και οικονομικό μέσο μεταφοράς. Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετήσουμε το ηλιακό αεροπλάνο Solar Impulse (Σχήμα 1). Ο στόχος είναι να δείξει τι μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και να ενθαρρύνει τη χρήση τους με ένα ισχυρό σύμβολο που να μπορεί εντυπωσιάσει τον κόσμο. Έτσι το Solar Impulse θα αποτελέσει τον πρεσβευτή αυτής της ενέργειας. Το μήνυμα είναι, ότι είναι απαραίτητο να αναπτυχθούν νέες τεχνολογίες που θα επιτρέψουν στην κοινωνία μας τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης. Καθώς είναι σχεδόν αδιανόητο ότι οι άνθρωποι θα δεχθούν να μειώσουν τα πρότυπα της ζωής τους. Η πρωτοβουλία της έρευνας, υπονοεί ότι είναι και επιστημονική και φιλοσοφική, λόγω της ανησυχίας της για τους ενεργειακούς πόρους του πλανήτη μας ώστε να αφυπνίσει την κοινωνία .



**Σχήμα 1:** Το αεροπλάνο Solar impulse

## **7.2 ΤΟ ΑΕΡΟΠΛΑΝΟ SOLAR IMPULSE**

Με το γιγάντιο άνοιγμα των φτερών του, αντίστοιχο με αυτό ενός Airbus A340 και με το αναλογικά μικρό βάρος του, το πρωτότυπο παρουσιάζει κατασκευαστικά και αεροδυναμικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα που ποτέ πριν δεν είχαμε ξαναδεί στην αεροναυπηγική. Η δομή των ανθρακονημάτων, το σύστημα προώθησης, το πεδίο πτήσης και η ενοργάνωση του, όλα έχουν ελεγχθεί πολλές φορές και έχουν σχεδιαστεί ώστε να ελαχιστοποιείται η κατανάλωση ενέργειας, να αντιστέκονται στους εχθρικούς παράγοντες ως προς στα υλικά και ως προς τους πιλότους και για να συνδυάσουν τους περιορισμούς του βάρους με τους κανόνες αντίστασης.

### **ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ**

Έχοντας άνοιγμα φτερών 63,40m με την απαραίτητη ακαμψία, ελαφρότητα πτήσης και με ακριβώς 1600 kg βάρους απογείωσης είναι μια πρόκληση που δεν έχει αντιμετωπιστεί ποτέ πριν στην αεροναυτική. Στο Solar Impulse χρησιμοποιήθηκε το σχέδιο «Karbon - Sandwich»,

κατασκευασμένο εξωτερικά με ίνες άνθρακα καλυμμένες με πλαστικό και εσωτερικά με αφρό πολουρεθάνης. Η πάνω μεριά των φτερών καλύπτεται από μια στρώση με ηλιακούς συλλέκτες τοποθετημένους σε κάψουλες, και η κάτω πλευρά των φτερών καλύπτεται από εύκαμπτη ταινία υψηλής αντίστασης με 120 ραβδωτές ίνες από άνθρακα τοποθετημένες ανά 50cm, αυτά λοιπόν πάνω κάτω δίνουν την αεροδυναμική μορφή του και σχήμα.

Επίσης, το μεγάλο άνοιγμα φτερών επιτρέπει τη βελτίωση της αεροδυναμικής απόδοσης του, μειώνοντας έτσι την σημασία της προκληθείσης οπισθέλκουσας. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται η ισχύς των κινητήρων που απαιτείται για να διατηρήσουν το αεροπλάνο σε μια οριζόντια θέση. Ένα άλλο πλεονέκτημα με το μεγάλο άνοιγμα φτερών είναι ότι δίνεται η δυνατότητα να τοποθετηθούν περισσότεροι ηλιακοί συλλέκτες.

## **ΠΡΟΩΘΗΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ**

Κάτω από τα φτερά υπάρχουν 4 εξωτερικές καμπίνες που η κάθε μία έχει μέσα της μια μηχανή 10 HP, ένα σύνολο πολυμερών μπαταριών λιθίου και ένα σύστημα ελέγχου της φόρτισης και της αποφόρτισης των συσσωρευτών και έλεγχου της θερμοκρασίας. Η θερμική μόνωση έχει σχεδιαστεί για να συντηρήσει τη θερμότητα που ακτινοβολείται από τις μπαταρίες και για να κρατήσει σταθερή τη θερμοκρασία από τους -40°C που υπάρχει στα 8500 μέτρα. Κάθε μηχανή εγκαθίσταται με έναν μειωτήρα που περιορίζει την περιστροφή της διπλής λεπιδωτής έλικας, διαμέτρου 3,5 μέτρων που περιστρέφεται με 200 - 4000 RPM.

## **ΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΠΟΡΟΙ**

Τα 11628 μονοκρυσταλλικά κύτταρα πυριτίου έχουν επιλεχτεί για την ελαφρότητα, την ευελιξία και την αποδοτικότητά τους. Η ενεργειακή αποδοτικότητά τους θα μπορούσε να είναι υψηλότερη κατά 22%, όμως το πρόσθετο βάρος θα δημιουργούσε πρόβλημα στο αεροσκάφος κατά τη διάρκεια της νυχτερινής πτήσης.

Ο σημαντικότερος περιορισμός του προγράμματος είναι η αποθήκευση της ενέργειας στις πολυμερείς μπαταρίες λιθίου. Στη παρούσα φάση, η μέγιστη ενεργειακή πυκνότητα είναι 220 Wh/kg. Οι συσσωρευτές που απαιτούνται για την νυχτερινή πτήση ζυγίζουν 400 κιλά, ίσα με το ¼ του συνολικού βάρους του αεροσκάφους. Με το διπλασιασμό της αποθηκευτικής τους ικανότητας, θα ήταν δυνατόν να επιτραπεί ένα δεύτερο άτομο επί του αεροσκάφους και κατά συνέπεια να πραγματοποιηθούν μεγαλύτερης διάρκειας πτήσεις. Η επιτυχία είναι

επομένως δυνατή μόνο με τη μεγιστοποίηση της αεροδυναμικής απόδοσης και τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης.

Στο μέσο της ημέρας κάθε m<sup>2</sup> της επιφάνειας δέχεται ενέργεια ισοδύναμη με 1000 Watt, που αντιστοιχούν σε ιπποδύναμη 1,3 HP. Για λειτουργία πάνω από 24 ώρες η ενέργεια υπολογίζεται κατά μέσο όρο σε 250 W/m<sup>2</sup>. Με 200m<sup>2</sup> από τη συνολική φωτοβολταϊκή επιφάνεια και με απόδοση 12% του συστήματος προώθησης, οι μηχανές των αεροσκαφών επιτυγχάνουν κατά μέσον όρο 8 HP ή 6 KW. Σχεδόν την ίδια δύναμη που είχαν διαθέσιμη οι αδελφοί Wright το 1903 όταν έκαναν την πρώτη πτήση με αεροπλάνο.

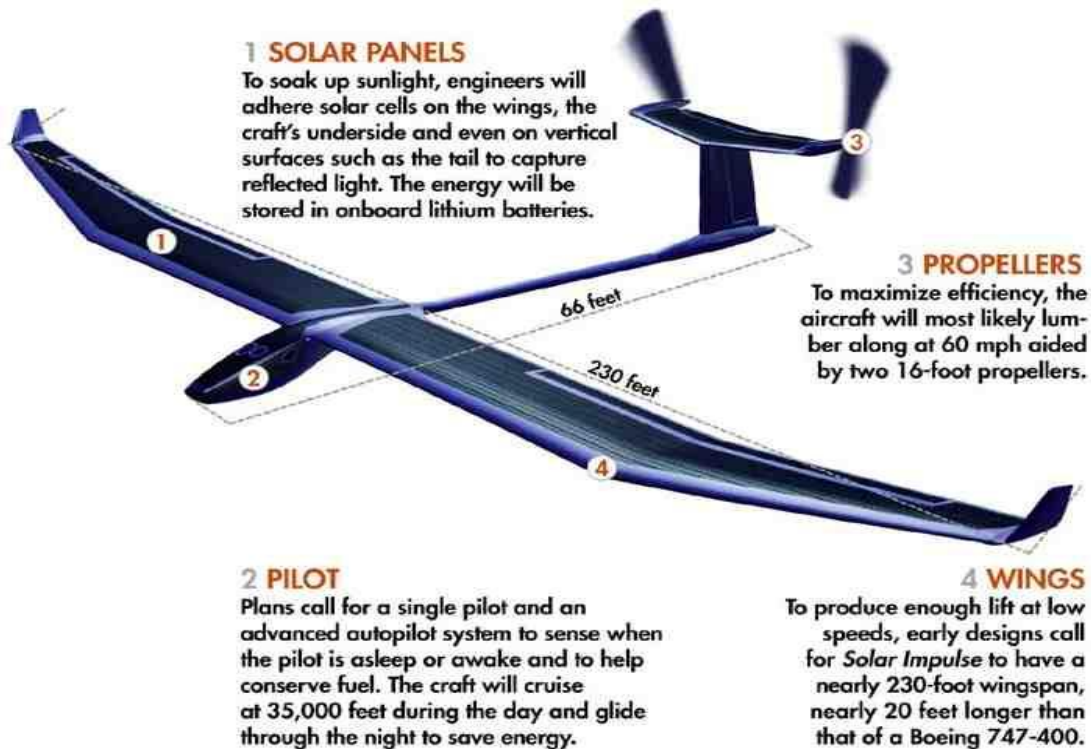
Πολλαπλές μορφές ενέργειας πρέπει να διευθετηθούν, να γίνουν κατανοητές, να βελτιστοποιηθούν και να συνεργαστούν:

- ηλεκτρική - στα φωτοβολταϊκά κύτταρα, τις μπαταρίες και τις μηχανές
- χημική - μέσα στις μπαταρίες
- μηχανική - μέσω του συστήματος προώθησης
- κινητική - όταν το αεροπλάνο αυξάνει ταχύτητα
- θερμική - οι διάφορες απώλειες (τριβή, θέρμανση κτλ.) ώστε να είναι η λιγότερο δυνατή

### **ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

- **Άνοιγμα φτερών:** 63,40 m
- **Μήκος:** 21,85 m
- **Ύψος:** 6,40 m
- **Ιπποδύναμη μηχανών:** 10 HP X 4 ηλεκτρικές μηχανές
- **Διάμετρος έλικα:** 3,5 m
- **Ηλιακοί συλλέκτες:** 11628 (10748 στα φτερά, 880 στον οριζόντιο σταθεροποιητή)
- **Μέση ταχύτητα:** 70 Km / h
- **Μέγιστο ύψος πτήσης:** 8500m (27900πόδια )
- **Βάρος:** 1600 kg
- **Ταχύτητα απογείωσης:** 35 Km /h

Στο σχήμα 2 που ακολουθεί βλέπουμε μερικά από τα χαρακτηριστικά του αεροπλάνου με τις αντίστοιχες διαστάσεις τους.



Σχήμα 2 :Χαρακτηριστικά του solar impulse

## ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Ένα σύστημα υπολογισμού μέσα στο σκάφος συλλέγει και αναλύει τις εκατοντάδες παραμέτρους μιας πτήσης, δίνει πειραματικές πληροφορίες που ερμηνεύονται για τη λήψη αποφάσεων και διαβιβάζει βασικά στοιχεία στην επίγεια ομάδα. Επίσης παρέχει στις μηχανές τη βέλτιστη ενέργεια για μια σταθερή θέση πτήσης και για την κατάσταση φόρτισης και αποφόρτισης των μπαταριών. Κατά αυτόν τον τρόπο το αεροπλάνο μπορεί μόνο του να αυτοδιορθωθεί και να ελαχιστοποιήσει την κατανάλωση ενέργειάς του.

Από την άνοιξη του 2005, πτήσεις σε πραγματικές καιρικές συνθήκες έχουν πραγματοποιηθεί στο βασιλικό ίδρυμα μετεωρολογίας των Βρυξελλών και στο αεροδρόμιο της Γενεύης, με ένα πειραματικό μοντέλο, ώστε να ήταν έτοιμοι για την προσομοίωση του 2007. Αυτές οι πτήσεις βοήθησαν στην αξιολόγηση των ενεργειακών πόρων του

αεροσκάφους, ώστε να επιτευχθεί πτήση για ολόκληρη νύχτα, και να φορτίζονται οι μπαταρίες του το πρωί, όταν θα έχει ξαναβγεί ο ήλιος, προκειμένου να συνεχιστεί η αποστολή. Για να μπορέσει να πραγματοποιηθεί αυτή η πτήση, το αεροπλάνο πρέπει να κρατήσει τέτοια πορεία ώστε να αποφεύγει τη συννεφιά.

Οι δοκιμές και οι προσομοιώσεις είναι ένα αναπόσπαστο τμήμα κάθε βήματος της διαδικασίας κατασκευής. Η φόρτιση των φτερών και οι δοκιμές δονήσεων έχουν χρησιμεύσει για να κατασκευάσουν με ακρίβεια τα μοντέλα που εξελίσσουν οι μηχανικοί και να κάνουν κάθε φορά ένα βήμα ακόμα παραπέρα στον άγνωστο αυτό τομέα. Για να ελέγξουν ένα αεροσκάφος με τέτοια νέα χαρακτηριστικά γνωρίσματα, οι πιλότοι πρέπει να προσαρμοστούν σε μια συμπεριφορά πτήσης πολύ διαφορετική από αυτή των άλλων τύπων αεροσκαφών. Ένας προσομοιωτής έχει αναπτυχθεί ειδικά για να τους εξοικειώσει με την αεροδυναμική και τον έλεγχο του αεροπλάνου. Η ικανότητα των πιλότων έχει ήδη εξεταστεί κατά τη διάρκεια μιας εικονικής πτήσης 25 ωρών σε ένα μικροσκοπικό πιλοτήριο 1,3m<sup>3</sup>.

Το Solar Impulse κατά την πτήση του, θα ανεβαίνει ψηλά κατά τη διάρκεια της ημέρας και θα κατεβαίνει κατά τη διάρκεια της νύχτας, ώστε με αυτόν τον τρόπο να εξοικονομεί σημαντική ποσότητα ενέργειας στις μπαταρίες του. Αυτά τα μέγιστα και ελάχιστα ύψη θα πρέπει να είναι καθορισμένα σε σχέση με τις παραμέτρους ασφαλείας και με την μετεωρολογία. Έτσι μια πλήρης ανάλυση όλων των παραμέτρων θα βοηθήσει ώστε να προσδιοριστούν τα αδύνατα σημεία, οι κίνδυνοι, οι πλεονασμοί και να βρεθούν λύσεις που θα εγγυηθούν την επιτυχία των πραγματικών αποστολών.

Το 2007-2009 πραγματοποιήθηκε η κατασκευή του πρωτοτύπου με άνοιγμα φτερών 63 μέτρων, εξοπλισμένο με μια μη διατηρημένης σταθερής ατμοσφαιρικής πίεσης καμπίνα. Για τις πρώτες δοκιμαστικές αποστολές, οι πιλότοι ανέλαβαν τους ελέγχους του αεροπλάνου με αυτό το δυσανάλογο μήκος φτερών για να εξετάσουν τα χαρακτηριστικά πτήσης. Έτσι λοιπόν συμπέραναν πως είναι εφικτή η πραγματοποίηση της νυχτερινής πτήσης με ένα ηλιακό αεροπλάνο.

Το 2011, ένα δεύτερο αεροπλάνο θα κατασκευαστεί με διατηρημένη σταθερή ατμοσφαιρική πίεση στην καμπίνα αυτή τη φορά ώστε να γίνουν εφικτές αποστολές μεγάλων αποστάσεων, διάσχιση ηπείρων και πτήση πάνω από τον Ατλαντικό Ωκεανό.

Ο γύρος του κόσμου θα είναι το μεγαλύτερο επίτευγμα σε αυτές τις ιστορικές πτήσεις. Η απογείωση είναι προγραμματισμένη να γίνει το 2012, σε μια πτήση κοντά στον ισημερινό, αλλά ουσιαστικά στο βόρειο ημισφαίριο.

Πέντε ενδιάμεσες στάσεις προγραμματίζονται για να αλλάξουν τους πιλότους και για να παρουσιάσουν την περιπέτεια τους στο κόσμο

και στις πολιτικές και επιστημονικές αρχές. Κάθε πτήση θα διαρκεί συνεχόμενα από 3 έως 4 ημέρες, χρονικό διάστημα που θεωρείται το μέγιστο που ένας πιλότος μπορεί να αντέξει.

Μόλις καταφέρουν με μικρότερο βάρος μπαταρίας να έχουν μεγαλύτερη αποδοτικότητα, τότε, θα μπορούν να παραβρίσκονται ταυτόχρονα 2 πιλότοι για τις μεγάλες πτήσεις και θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί ο γύρος του κόσμου χωρίς σταματημό σε αυτή τη φάση.

### **7.3 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΕΡΟΠΟΡΙΑΣ**

Το Solar Impulse δεν είναι το πρώτο ηλιακό αεροπλάνο, αλλά σίγουρα είναι το πιο φιλόδοξο. Κανένας από τους προκατόχους της ιδέας δεν έχει κατορθώσει να κάνει μια ολόκληρη νυχτερινή πτήση με έναν πιλότο.

Η ηλιακή αεροπορία εμφανίστηκε δειλά στη δεκαετία του 70', όταν έκαναν τα πρώτα τους βήματα στην αγορά με προσιτές τιμές οι ηλιακοί συλλέκτες. Πριν από το 1980 δε είχαν πραγματοποιηθεί πτήσεις με πλήρωμα. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, η ομάδα του Paul MacCready's ανέπτυξε το Gossamer Penguin, το οποίο άνοιξε το δρόμο για το ηλιακό Challenger. Αυτό το αεροσκάφος, με μέγιστη δύναμη 2,5 Kw, πέτυχε το 1981 να καλύψει αποστάσεις αρκετών χιλιομέτρων με πτήσεις αρκετών ωρών. Στην Ευρώπη, κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, ο Gónter Rochelt έκανε τις πρώτες πτήσεις του με το Solair 1 όπου πάνω του είχαν εγκατασταθεί 2500 φωτοβολταϊκά κύτταρα, που δίνουν 2,2Kw.

Το 1990, ο αμερικανικός Eric Raymond διέσχισε τις Ηνωμένες Πολιτείες με το Sunseeker (Σχήμα 3) κάνοντας 21 στάσεις σε περίπου δύο μήνες. Η πιο μεγάλη πορεία ήταν 400 χιλιόμετρα. Το Sunseeker ήταν ένα ηλιακό μηχανοκίνητο ποδήλατο με πανιά με απόβαρο 89 Kg εξοπλισμένο με ηλιακά κύτταρα άμορφου πυριτίου.





**Σχήμα 3:** Το αεροπλάνο SUNSEEKER

Στα μέσα της δεκαετίας του '90, διάφορα αεροπλάνα κατασκευάστηκαν για να συμμετέχουν στον διαγωνισμό «Berblinger». Ο στόχος του διαγωνισμού ήταν να καταφέρει ένα σκάφος να ανέβει στα 450m με την βοήθεια μπαταριών και να κατορθώσει να κρατήσει πορεία με τη δύναμη  $500\text{W}/\text{m}^2$  της ηλιακής ενέργειας, η οποία είναι σχεδόν ίδια με τη δύναμη του ήλιου κατά τις μεσημεριανές ώρες στον ισημερινό.

Το βραβείο κερδήθηκε το 1996 από την ομάδα του καθηγητή Voit-Nitschmann's του πανεπιστημίου της Στουτγάρδης, με το Icare 2 με άνοιγμα φτερών 25 m και με κάλυψη  $26\text{ m}^2$  από τους ηλιακούς συλλέκτες.

Παρ' όλο που δεν υπήρχε πλήρωμα (πιλότος) στο σκάφος, κανένας δεν ξεχνά το Helios ( Σχήμα 4), που φτιάχτηκε από την αμερικανική εταιρία AeroVironment εξ ονόματος της NASA. Αυτό το τηλεχειριζόμενο αεροσκάφος, με άνοιγμα περισσότερο από 70 μέτρα, κατέγραψε ύψος σχεδόν 30000 m το 2001. Καταστράφηκε κατά τη διάρκεια μιας πτήσης δύο χρόνια μετά, πιθανώς λόγω ατμοσφαιρικής αναταραχής, και συνετρίβη στον ειρηνικό ωκεανό.



**Σχήμα 4 :**Το αεροπλάνο HELIOS

Το 2005, ο Alan Cocconi, ιδρυτής της AC Propulsion, πέτυχε το πέταγμα ενός τηλεκατευθυνόμενου αεροπλάνου με άνοιγμα φτερών 5 μέτρων για 48 ώρες συνεχόμενα κινούμενο εξ ολοκλήρου από ηλιακή ενέργεια. Για πρώτη φορά ένα αεροπλάνο αυτού του τύπου ήταν σε θέση να πετάξει μέσα στη νύχτα, χάρη στην ενέργεια που συλλέχθηκε και αποθηκεύτηκε σε ηλιακές μπαταρίες που τοποθετήθηκαν στο αεροπλάνο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΗΛΙΑΚΟ ΣΚΑΦΟΣ



### 8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα πλοία είναι τα μέσα συγκοινωνίας που χάρη σε αυτά έγιναν οι πρώτες μεγάλες εξερευνήσεις του κόσμου μας και βοήθησαν σημαντικά στην ανάπτυξη του εμπορίου. Οι πρώτες εμφανίσεις πλοίων ήταν πριν από 10000 έτη πίσω στη νεολιθική εποχή. Σήμερα, τα πλοία χρησιμοποιούνται κυρίως ως μέσο μεταφοράς αγαθών.

Αντιπροσωπεύουν σχεδόν το 1,4 δισεκατομμύρια τόνων εκπομπής του διοξειδίου του άνθρακα (υπολογισμός 2008), το οποίο είναι το 6% της συνολικής εκπομπής, δύο φορές περισσότερο από τις αεροπορικές μεταφορές.

Σύμφωνα με έρευνες τα εμπορικά πλοία εκπέμπουν σχεδόν 50% περισσότερα σωματίδια που ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα παγκοσμίως, σε σχέση με τη συνολική σωματιδιακή ρύπανση που προκαλούν τα αυτοκίνητα. Η ρύπανση από τα πλοία επηρεάζει τόσο το γήινο κλίμα όσο και την υγεία των ανθρώπων που ζουν και εργάζονται στις παράκτιες περιοχές. Μάλιστα εκτιμάται ότι παγκοσμίως τα πλοία εκπέμπουν 1 εκατ. κιλά σωματιδίων κάθε χρόνο και συνεισφέρουν σχεδόν το 30% των αερίων οξειδίων του αζώτου, που συμβάλλουν στο νέφος.

Επισημαίνει ότι επειδή το 70% των θαλάσσιων μεταφορών πραγματοποιείται σε απόσταση 350 χιλιομέτρων από τις ακτές, προκύπτει σοβαρό ζήτημα υγείας για τις παράκτιες κοινότητες. Μια προηγούμενη έρευνα είχε συνδέσει τη σωματιδιακή ρύπανση με την εμφάνιση πρόωρων θανάτων σε αυτές τις κοινότητες.

Επίσης απελευθερώνουν στην ατμόσφαιρα τόσο σωματίδια όσο και διοξείδιο του άνθρακα. Το διοξείδιο των πλοίων αποτελεί περίπου το 3% όλων των ανθρωπογενών εκπομπών αυτού του αερίου του θερμοκηπίου. Όμως τα σωματίδια έχουν αντίθετη δράση, καθώς μειώνουν τη θερμοκρασία του πλανήτη.

Τα εκπεμπόμενα από τα πλοία σωματίδια είναι κατά το ήμισυ περίπου θειικά άλατα, τα ίδια ρυπογόνα σωματίδια που εκπέμπουν και οι μηχανές ντίζελ των αυτοκινήτων και φορτηγών. Το μέγεθος ρύπανσης εξαρτάται από την περιεκτικότητα των ναυτιλιακών καυσίμων σε θείο.

Όμως τα σωματίδια των πλοίων επίσης περιέχουν άλλες οργανικές ρυπογόνες ουσίες και αιθάλη (καπνιά), που παραμένουν αιωρούμενες στον αέρα για μεγαλύτερο χρόνο πριν πέσουν στη γη μέσω της βροχής.

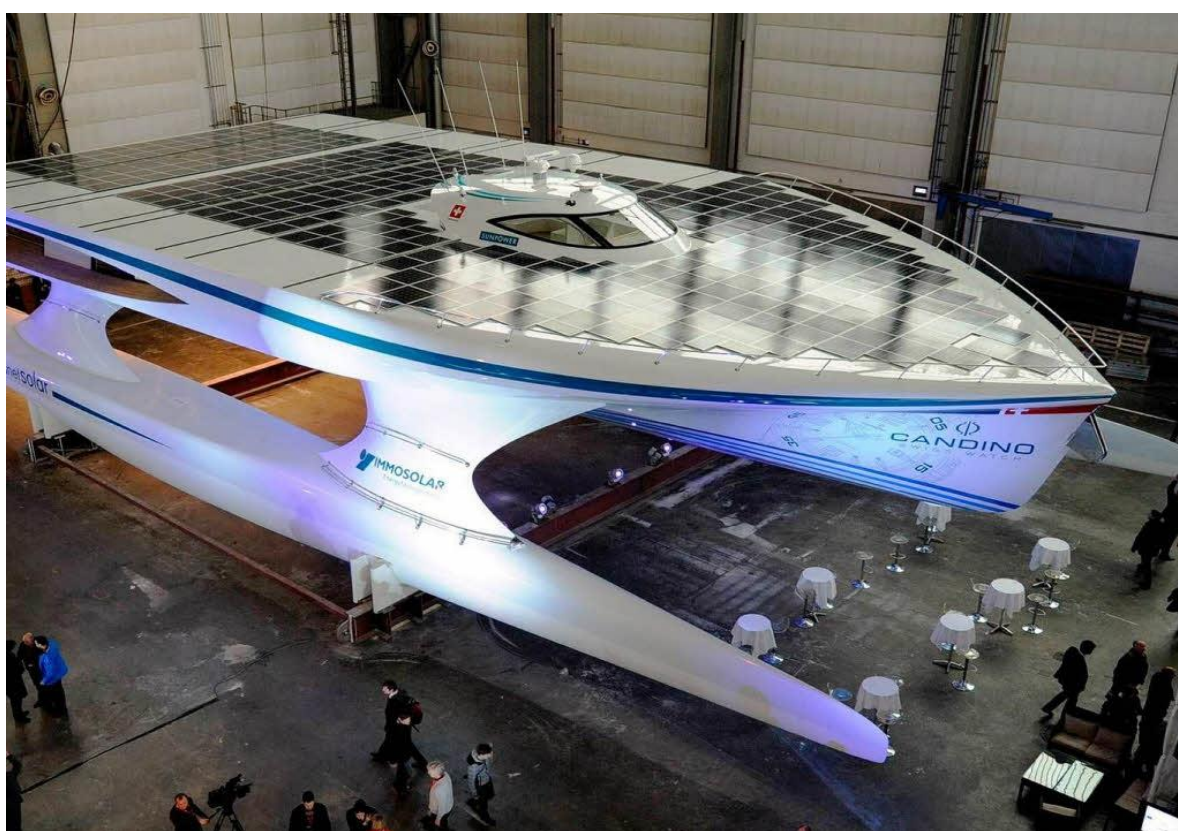
Στη 58η συνεδρίαση της Επιτροπής Περιβάλλοντος (MEPC) του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού αποφασίστηκαν μέτρα για μια ναυτιλία πιο φιλική προς το περιβάλλον, ειδικά όσον αφορά την εκπομπή αέριων ρύπων. Αποφασίστηκε η σταδιακή μείωση της περιεκτικότητας του θείου και του αζώτου στα καύσιμα που χρησιμοποιούνται, μέσω της ομόφωνης υιοθέτησης των κανονισμών της συνθήκης MARPOL Annex VI, για την περαιτέρω μείωση της εκπομπής βλαβερών αερίων από τα πλοία.

Ειδικότερα, όσον αφορά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, αποφασίστηκε η μείωση της περιεκτικότητας του θείου στο 3,5% (από 4,5% που ίσχυε από το 1997) από την 1η Ιανουαρίου του 2012 και στο 0,5% από 1ης Ιανουαρίου 2020. Σε ειδικές περιπτώσεις (SECAs) η μείωση θα φτάσει σταδιακά στο 0,1% μέχρι το 2015, από 1,5% που ισχύει τώρα. Αξίζει να σημειωθεί ότι περιβαλλοντολόγοι προειδοποιούν



ότι τα νέα μέτρα δεν επαρκούν για να αντιμετωπιστεί η κατάσταση στην ατμόσφαιρα, καθώς παρά τα νέα μέτρα τα καύσιμα των πλοίων θα παραμείνουν 500 φορές πιο ρυπογόνα από αυτά των αυτοκινήτων.

Παρόλα τα μέτρα που έχουν παρθεί όσο θα εξαρτώνται από τα καύσιμα πάντα θα υπάρχουν τα συνήθη προβλήματα, εξάρτηση από τη τιμή του πετρελαίου, μόλυνση της ατμόσφαιρας, κτλ. Υπάρχουν αρκετές ιδέες και γίνονται αρκετές προσπάθειες για χρήση άλλων πηγών ενέργειας που θα μπορούν να κινούν ένα πλοίο ή σκάφος. Μια από αυτές τις ιδέες είναι και αυτή της εταιρίας PlanetSolar που κατασκευάζει ένα καταμαράν που θα κινείται μόνο από την ηλιακή ενέργεια και θα κάνει το γύρο του κόσμου (Σχήμα 1).



**Σχήμα 1:** Απεικόνιση του PlanetSolar

## 8.2 ΤΟ ΣΚΑΦΟΣ PLANET SOLAR

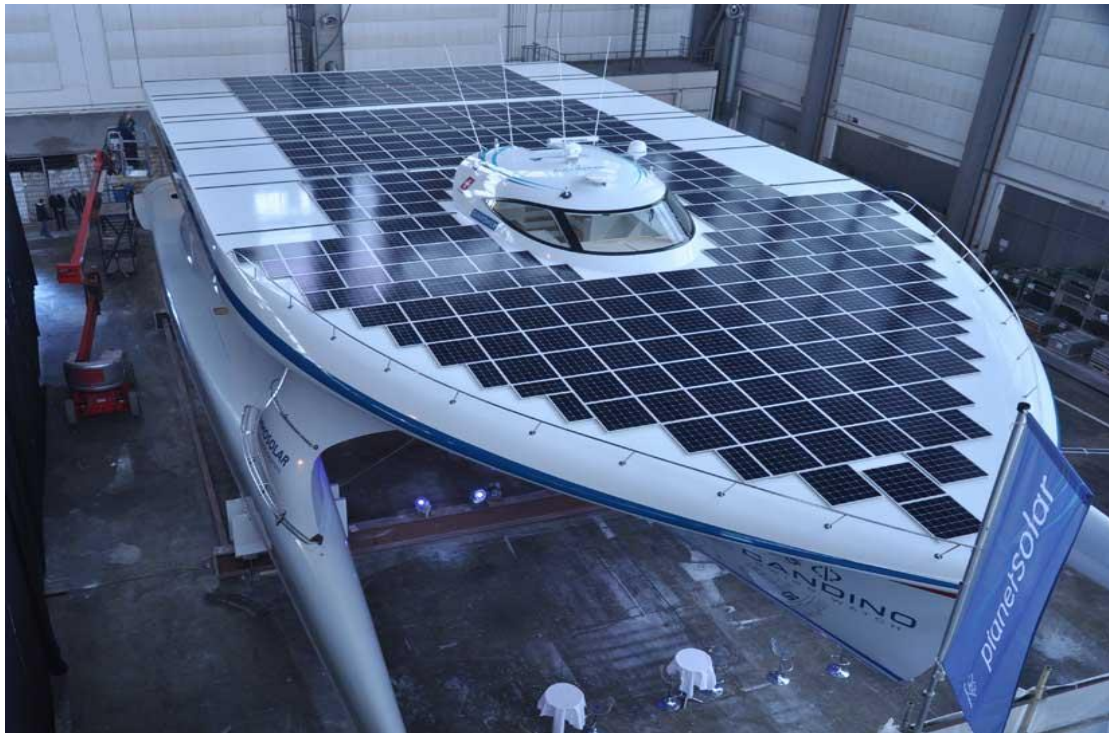
Το PlanetSolar είναι ένα σκάφος που περιλαμβάνεται από μια μεγάλη σειρά φωτοβολταϊκών ηλιακών συλλεκτών και κατασκευάζεται από την Knierim Yacht Club, στο Κίελο, της Γερμανίας. Φτιάχτηκε σε 14 μήνες, είναι το μεγαλύτερο σκάφος που κατασκευάστηκε μέχρι στιγμής και έχει εντυπωσιακές διαστάσεις και το κυριότερο είναι χωρίς εκπομπές και θορύβους. Σκοπός είναι να γυρίσει τον κόσμο με μια μέση ταχύτητα 7,5 κόμβων, κάτι που δεν είναι και τίποτα το ιδιαίτερο για ένα ηλιακό σκάφος.

Το πλοίο θα είναι το σπίτι για τέσσερις ναυτικούς και μπορεί να φιλοξενήσει μέχρι σαράντα άτομα κατά τη διάρκεια των ταξιδιών επίδειξης, που προγραμματίζονται σε κάθε λιμάνι που το καλούν. Στην ουσία πρόκειται για μια εκκεντρική παραλλαγή καταμαράν, του οποίου η κυρίως γάστρα βρίσκεται ανάμεσα σε δύο άλλες και έχει απόσταση ενός μέτρου από την υδάτινη επιφάνεια και βυθίζεται μόνον όταν υπάρχει πολύ έντονος κυματισμός. Επίσης εφαρμόζεται και το λεγόμενο Wave-Piercing, δηλαδή η αρχή η οποία επιτρέπει την άνετη πλεύση ακόμη και σε δύσκολες καιρικές συνθήκες.

Το ιδανικό σχήμα και το μέγεθος του για την επιλεγμένη διαδρομή καθορίστηκαν στο βάθος χρόνου, έπειτα από μελέτες. Οι μηχανικοί της PlanetSolar έπρεπε να λάβουν υπόψη τους ένα πλήθος παραμέτρων όπως η προώθηση, η σχεδίαση των ηλιακών συλλεκτών, η αποθήκευση της ενέργειας, τα υλικά, και το εξωτερικό περιβάλλον. Ολόκληρη σειρά μελετών θα πρέπει να πραγματοποιηθεί στις περιοχές όπως το υδροηλεκτρικό και η αεροδυναμική του πλοίου, τα χρησιμοποιούμενα υλικά, η διαχείριση και η αποθήκευση της ενέργειας και τελικά των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας και της βέλτιστης δρομολόγησης.

Το υλικό κατασκευής έπρεπε να είναι ελαφρύ και σταθερό. Έτσι επελέγη το σχέδιο «Karbon - Sandwich», κατασκευασμένο εξωτερικά με ίνες άνθρακα καλυμμένες με πλαστικό και εσωτερικά με αφρό πολουρεθάνης. Επιπλέον, κανένα τμήμα του πλεούμενου δεν προέρχεται από μαζική παραγωγή, καθώς καθένα τους κατασκευάζεται και εφαρμόζεται επιτόπου σύμφωνα με τις τελευταίες μετρήσεις.

Το PlanetSolar είναι ένα καταμαράν που χρησιμοποιεί απλώς την ενέργεια που βρίσκεται στο φως του ηλίου. Τα πρόσθετα μετακινούμενα μέρη επιτρέπουν σε αυτό την τοποθέτηση συνολικά 536 m<sup>2</sup> φωτοβολταϊκής επιφάνειας (ηλιακές επιτροπές) (Σχήμα 2). Αυτό το εντυπωσιακό στοιχείο το κάνει το μεγαλύτερο ηλιακό σκάφος στον κόσμο.



**Σχήμα 2 :** Διάταξη των φωτοβολταϊκών στο σκάφος

Για την αποθήκευση της ενέργειας έχουν εγκατασταθεί στις πλευρικές γάστρες μπαταρίες ιόντων λιθίου. Το PlanetSolar κουβαλά φορτίο συσσωρευτών μόνον 11,7 τόνων, δηλαδή μόλις το 1/7 του βάρους συμβατικών μπαταριών μολύβδου ίσου δυναμικού. Οι συσσωρευτές του καταστρώματος θα έχουν δυνατότητα αποθήκευσης ηλιακής ενέργειας 1,3 MW, εξασφαλίζοντας κινητήρια δύναμη για τρία μερόνυχτα χωρίς ηλιοφάνεια.

Με την βοήθεια τεσσάρων μηχανών κινούνται οι 2 προπέλες, κατασκευασμένες επίσης από ανθρακοΐνες, οι οποίες βρίσκονται κατά το ήμισυ εκτός νερού και είναι ιδιαίτερα δυνατές (Σχήμα 3). Γενικά, μπορεί πολλά επάνω στο νέο πλεούμενο να είναι εκκεντρικά, όμως όλα ακολουθούν την αρχή της εξοικονόμησης ενέργειας.





**Σχήμα 3:** Δεξιά προπέλα του καταμαράν

Χαρακτηριστικά του σκάφους :

- **Μήκος:** 31 m
- **Πλάτος:** 15 m
- **Μήκος με πτερύγια:** 35 m
- **Πλάτος με πτερύγια:** 23 m
- **Ύψος:** 6,1 m
- **Βάρος:** 85 τόνοι
- **Επιφάνεια φωτοβολταϊκών συλλεκτών:** 536 m<sup>2</sup>
- **Απόδοση φωτοβολταϊκών:** 18,8%
- **Δύναμη που παραλαμβάνεται από τον ήλιο:** 160 KW (218 HP)
- **Η μέση κατανάλωση του κινητήρα:** 20 KW (26,8 HP)

- **Μέση ταχύτητα:** 7,5 κόμβοι (14 Km / h)
- **Μέγιστη ταχύτητα:** 14 κόμβοι (25 Km / h)
- **Πλήρωμα:** 3 - 4 άτομα
- **Μέγιστη χωρητικότητα ατόμων στο σκάφος :** 40
- **Αυτονομία:** απεριόριστη. Δεν τελειώνει ποτέ ηλιακή πλοήγηση.

Το 2011, το πρώτο ταξίδι του γύρου του κόσμου από πλοίο που τροφοδοτείται από ηλιακή ενέργεια θα υλοποιηθεί, με σταθμούς κατά μήκος του ισημερινού, όπου το μέγιστο ποσό του φωτός του ήλιου είναι διαθέσιμο. Το πάνω από 50000 χλμ. ταξίδι θα διαρκέσει 160 ημέρες, για μια μέση ταχύτητα 7,5 κόμβων. Το τεσσάρων ανθρώπων πλήρωμα του PlanetSolar θα διασχίσει τον Ατλαντικό Ωκεανό, τη Διώρυγα του Παναμά, τον Ειρηνικό Ωκεανό, τον Ινδικό Ωκεανό και τέλος τη διώρυγα του Σουέζ, για να επιστρέψει στη Μεσόγειο (Σχήμα 4).



**Σχήμα 4 :** Διαδρομή του ταξιδιού

Ο σκοπός της επίτευξης του εγχειρήματος είναι για να αποδείχθει πως οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τεχνολογίες επιτρέπουν την βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας και ότι είναι αξιόπιστες και υψηλής απόδοσης. Σήμερα, περισσότερα από 100 άτομα εργάζονται, σε όλο τον κόσμο, για την υλοποίηση του προγράμματος και πιστεύουν ότι μπορούν να μειώσουν κατά 50% τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα με την αύξηση της ενεργητικής αποδοτικότητας

Το σκάφος είναι επίσης μια πρόκληση όσον αφορά τη διαχείριση της ενέργειας. Διότι αν χρησιμοποιηθεί περισσότερη ενέργεια από αυτή που ο ήλιος μπορεί να δώσει τότε θα εξαντληθούν τα αποθέματα και το πλοίο δεν θα μπορεί να κινηθεί. Με αυτό τον τρόπο δίνεται λοιπόν το μήνυμα ότι δεν πρέπει να σπαταλάμε τους ενεργειακούς πόρους που έχουμε στη διάθεσή μας.

Ο πιο σημαντικός στόχος της είναι ο γύρος του κόσμου με ηλιακή ενέργεια, όπου θα μπορούσε να είναι ένα φοβερό γεγονός και επίσης ένα σημείο σταθμός για την κοινωνία μας. Με αυτήν την πρόκληση, θέλουν να δείξουν ότι είναι δυνατό, με τη βοήθεια της τεχνολογίας, να ξεφύγουμε από την εποχή του πετρελαίου και να περάσουμε σε αυτή του ήλιου και της φαινομενικής ενέργειας που μας δίνει χωρίς σταματημό για δισεκατομμύρια χρόνια και επί μεγάλο χρονικό διάστημα.

Τέλος, οι κατασκευαστές θέλουν να υλοποιήσουν τα σχέδια τους με όσο το δυνατόν λιγότερη ενεργειακή κατανάλωση. Για το σκοπό αυτό, μετράνε τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα CO<sub>2</sub> στο περιβάλλον που προκαλούν για τη κατασκευή του σκάφους καθώς και με τις μετακινήσεις τους (τρένο, λεωφορείο, αεροπλάνο, αυτοκίνητο και προσπαθούν να τις ελαχιστοποιήσουν.

### **8.3 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ**

Το Solar impulse δεν είναι μια πρωτότυπη ιδέα στον τομέα της ναυσιπλοΐας, καθώς έχουν υλοποιηθεί ή βρίσκονται υπό μελέτη και άλλες κατασκευές που χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια .

Ένα από αυτά είναι το Auriga Leader. Κατασκευάστηκε στο ναυπηγείο της Nirpon Yusen K.K. και είναι ικανό να μεταφέρει 6400 αυτοκίνητα, ενώ είναι εξοπλισμένο με 328 ηλιακές γεννήτριες, συνολικού κόστους 150 εκατομμύρια γιεν (Σχήμα 5). Το ηλιακό σύστημα που διαθέτει το πλοίο μπορεί να παράγει 40 κιλοβατώρες ηλεκτρικού ρεύματος, ενέργεια ικανή για να καλύψει μόνο το 0,2% της συνολικής κατανάλωσης του πλοίου.



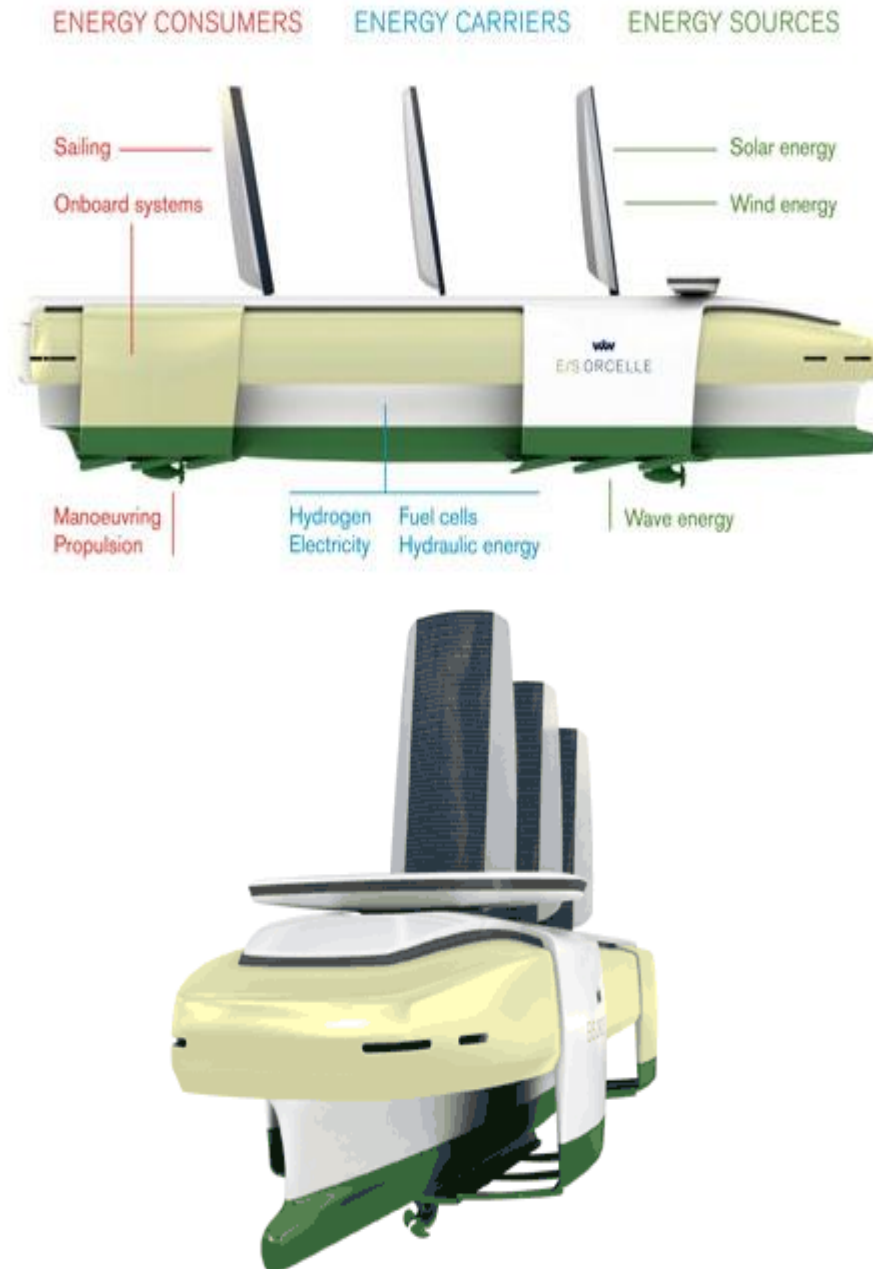
**Σχήμα 5:** Απεικόνιση των ηλιακών πάνελ στο Auriga Leader

Ένα άλλο πλοίο που θα χρησιμοποιεί για την κίνηση του την ηλιακή ενέργεια, η οποία θα συλλέγεται μέσω των τεραστίων ιστίων - panels και τα οποία θα εκμεταλλεύονται και την αιολική ενέργεια λειτουργώντας ταυτόχρονα και σαν πανιά είναι το ORCELLE. Επίσης θα εκμεταλλεύεται την ενέργεια των κυμάτων και η μισή ενέργεια του πλοίου θα παράγεται από «fuel cells». Σε περίπτωση ακραίων καιρικών φαινομένων, οι συσσωρευτές διπλώνουν τελείως και εφάπτονται με την οροφή του πλοίου επιτρέποντας παρ' όλα αυτά τη λήψη της ηλιακής ενέργειας.

Το πλοίο έχει μήκος 820 ft (270 m) και θα έχει επιφάνεια γκαράζ 85000 m<sup>2</sup> ( ίση με 16 γήπεδα ποδοσφαίρου) σε 8 επίπεδα για 10000 αυτοκίνητα. Η υπηρεσιακή ταχύτητα θα είναι περίπου 15 (κόμβοι) knots.

Παρακάτω στο σχήμα 6 βλέπουμε πως θα είναι το πλοίο καθώς και τα ιστία-panels





**Σχήμα 6:** Εικόνα του ORCELLE και των τεχνολογιών που χρησιμοποιεί.

Πρόκειται για το πρώτο απολύτως καθαρό πλοίο, με μόνα παράγωγα: θερμότητα και υδρατμούς. Και μάλιστα χωρίς θαλάσσιο έρμα, το οποίο κατηγορείται για βλαβερές επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Δεν προβλέπεται να κατασκευαστεί πλήρως το πλοίο με όλες τις καινοτομίες πριν περάσουν 15 χρόνια (2025), αλλά μέσα στην επόμενη 5ετία θα είναι δυνατόν να ενσωματωθούν ορισμένες από αυτές στις νέες ναυπηγήσεις.

Το όνομα του πλοίου είναι συμβολικό. "Orcelle" είναι η Γαλλική ονομασία του δελφινιού "Irrawaddy", το οποίο απειλείται με εξαφάνιση.

Τέλος το Czeers MK1 είναι από τα πρώτα σκάφη που χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια, και η κατασκευή του και ο τρόπος που τα φωτοβολταϊκά είναι τοποθετημένα πάνω σε αυτά δίνουν ένα εντυπωσιακό και όμορφο αποτέλεσμα (Σχήμα 7).



**Σχήμα 7:** Φωτογραφία του Czeers MK1

Το Czeers έχει μήκος 10 μέτρα και μπορεί να κινηθεί σε ταχύτητα έως και 55km/h χωρίς να χρειάζεται φυσικά καθόλου καύσιμα.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ε. Μπουτανιώτη, «Σύνδεση Ηλιακών Σταθμών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας Με Αιωρούμενες Ηλιακές Καμινάδες Στο Δίκτυο Μέσης Τάσης (20KV)», Αθήνα 2006.
2. Μαργαρίτα Καραβασίλη, «Κτίρια για ένα πράσινο κόσμο», εκδότης π-Systems μ,1999.
3. Ευρωπαϊκή Ομοσπονδία Ηλιακών Βιομηχανιών, «Ηλιακή ενέργεια στην Ευρώπη», 2008.
4. Παπαγεωργίου Χ., « Ηλιακοί Σταθμοί Παραγωγής Ενέργειας με Αιωρούμενες Ηλιακές Καμινάδες», 2004.
5. Σ. Καπλάνης, « Ήπιες μορφές ενέργειας I - Περιβάλλον και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας», εκδόσεις ΙΩΝ, 2004.
6. Σ. Καπλάνης, « Ήπιες μορφές ενέργειας II – Ηλιακή Μηχανική», εκδόσεις ΙΩΝ, 2004.
7. Σ. Καπλάνης, «Ήπιες μορφές ενέργειας III –Φωτοβολταϊκά συστήματα», εκδόσεις ΙΩΝ, 2004.
8. Ευγενία Α. Λαζάρη, ΚΑΠΕ, «Ενεργειακή Απόδοση και Κατευθύνσεις Εφαρμογής», Πικέρμι, Σεπτέμβριος 2002.
9. ΚΑΠΕ, « Ηλιακά θερμικά συστήματα σε υφιστάμενες κατοικίες»
10. Graham, Ian, «Η ηλιακή ενέργεια και οι εφαρμογές της», ΣΑΒΒΑΛΑΣ, 2006.
11. University of Applied Sciences – Biel School of Engineering and Architecture, «MPPT Data Sheet, MPPT New Generation Technical Specifications », 2003



12. Tripanagnostopoulos Y. «Cost effective designs of building integrated PV/T solar systems», Presented in 21<sup>st</sup> European PV Solar Energy Conf. Dresden, Germany 4-6 Ser.(2006)
13. Rich Diver (Sandia National Laboratory), Greg Kolb (Sandia NationalLaboratory), Hank Price (National Renewable Energy Laboratory): «SOLAR POWER TOWER».
14. Ευγενία Α. Λάζαρη, ΚΑΠΕ, «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα:Ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής», Ιανουάριος 2006.