

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή σε ανεμογεννήτριες, φωτοβολταϊκά και γεωθερμία

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές χρησιμοποιούνται ανεμογεννήτριες, φωτοβολταϊκά κ.α.. Οι ανεμογεννήτριες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του αέρα σε ηλεκτρικό ρεύμα, ενώ τα φωτοβολταϊκά μετατρέπουν τις ηλεκτρομαγνητικές ακτίνες του ήλιου σε ηλεκτρικό ρεύμα.

1.1 Ανεμογεννήτριες

Η ιστιοπλοΐα και οι ανεμόμυλοι διαδραμάτισαν ένα μεγάλο ρόλο στην καθημερινή ζωή του ανθρώπου μέχρι τον περασμένο αιώνα. Από τα μέσα του περασμένου αιώνα και μετά οι μιν ανεμόμυλοι πέρασαν στην ιστορία, η δε ιστιοπλοΐα εξελίσσεται σε όργανο απασχόλησης (Hobby). Από τα μέσα του περασμένου αιώνα όμως, ο άνθρωπος εκμεταλλεύεται την αιολική ενέργεια με τις ανεμογεννήτριες για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, με στόχο να καλύψει ένα μεγάλο μέρος της ενέργειας που καθημερινά χρειάζεται.

1.1.1 Η αιολική ενέργεια στην εξέλιξη του Ανθρώπου

Στην εξέλιξη των τεχνών ο άνθρωπος πολύ νωρίς αναγνώρισε τη σημασία των φυσικών δυνατοτήτων που υποθάλπονται στην αιολική ενέργεια και ανέπτυξε μηχανισμούς με τους οποίους τη μετατρέπουν σε ωφέλιμο έργο γι’

αυτόν. Ένα λαμπρό παράδειγμα μας αναφέρει ο Όμηρος: στην Αυλίδα, ο αρχηγός του ελληνικού στρατού Αγαμέμνων, θυσίασε την κόρη του Ιφιγένεια για να εξευμενίσει την Άρτεμη και να στείλει τον ούριο άνεμο, που θα μετακινούσε τα πλοία τους στην Τροία.

Ένα άλλο παράδειγμα νεότερης χρήσης της αιολικής ενέργειας αποτελούν οι ανεμόμυλοι, οι οποίοι σήμερα στολίζουν πολλά νησιά και τους δίνουν μια ρομαντική χροιά. Οι ανεμόμυλοι μετέτρεπαν την αιολική ενέργεια σε μηχανική και έτσι οι κάτοικοι άλεθαν τα δημητριακά τους ή ανέβαζαν το νερό από τα πηγάδια για την άρδευση των φυτειών τους.



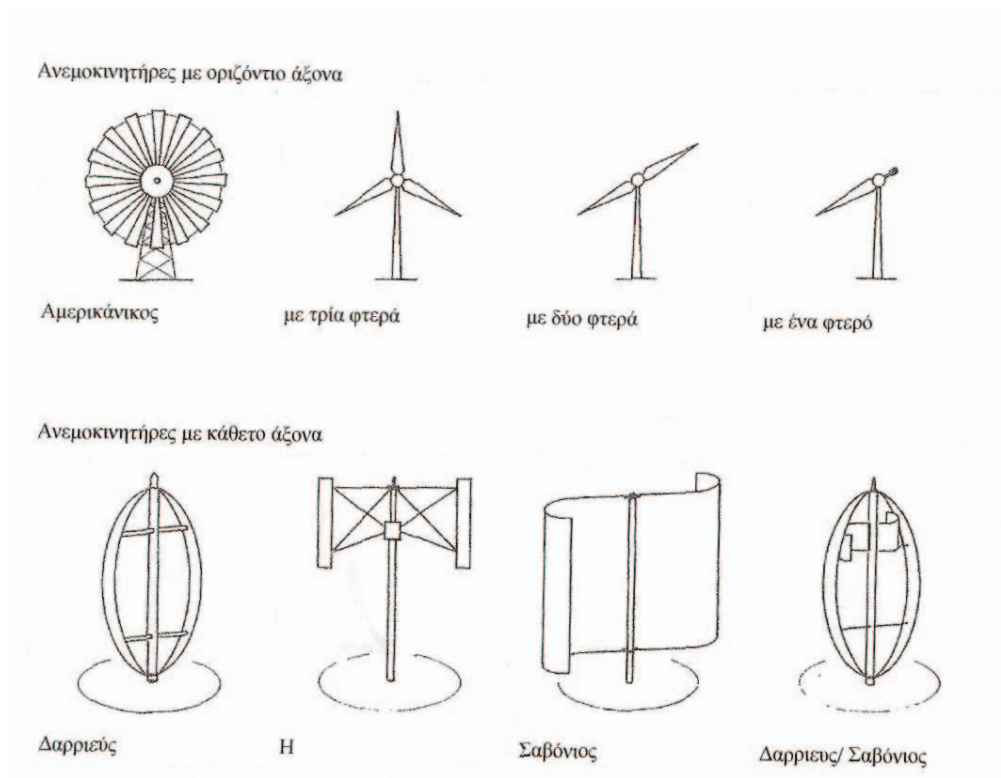
Εικόνα 1. ο ανεμόμυλος στη Νάξο- τώρα στις υπηρεσίες του τουρισμού

Δυστυχώς, μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο, οι ανεμόμυλοι αντικαταστάθηκαν από τις βενζινομηχανές και τις ηλεκτρομηχανές. Δυστυχώς, διότι με την αντικατάσταση των ανεμόμυλων έπαψε και η εξέλιξη της τεχνολογίας τους, που θα μπορούσε να είχε ως συνέχεια την κατασκευή των ανεμογεννητριών. Στην εποχή μας οι ανεμογεννήτριες εισάγονται από το εξωτερικό.

1.1.2 Μετατροπή της κινητικής ενέργειας του αέρα σε μηχανική

Με τους ανεμόμυλους της παλιάς εποχής βέβαια, δεν ήταν δυνατό να παραχθεί ηλεκτρικό ρεύμα απλά διότι αυτές ήταν χαμηλόστροφες, δηλαδή πολύ αργές. Οι γεννήτριες χρειάζονται υψηλόστροφες τουρμπίνες για να μετατρέψουν τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική.

Στον 20ο αιώνα η αεροδυναμική με την εξέλιξη της τεχνολογίας των αεροπλάνων γνώρισε ένα νέο αποκορύφωμα εξέλιξης. Αυτήν την τεχνολογία εκμεταλλεύθηκαν οι μηχανικοί και κατασκεύασαν την ανεμογεννήτρια με ένα νέο αεροδυναμικό προφίλ στα φτερά της, καθιστώντας την αρκετά υψηλόστροφη και δίνοντάς της τη δυνατότητα να μετατρέπει τη μηχανική σε ηλεκτρική ενέργεια.



Εικόνα 2. Μοντέλα ανεμογεννητριών

Πιο συγκεκριμένα, από τα μέσα του 20ου αιώνα και μετά, ιδιαίτερα κατά τα χρονικά διαστήματα των πετρελαϊκών κρίσεων, οι ανεμογεννήτριες δέχθηκαν νέες αναπτυξιακές ωθήσεις και τις κατέστησαν ένα όργανο παραγω-

γής ηλεκτρικής ενέργειας, που θα καλύπτει στο μέλλον ένα μεγάλο μέρος των αναγκών της ανθρωπότητας.

Οι ανεμογεννήτριες κατασκευάζονται σε διάφορα μοντέλα, με ένα ή και περισσότερα φτερά, με οριζόντιο άξονα περιστροφής των φτερών ή με κάθετο άξονα, (βλέπε εικόνα 2).

Οι ανεμογεννήτριες με τον κάθετο άξονα περιστροφής εργάζονται χωρίς να αλλάζουν τη θέση τους σε κάθε αλλαγή της κατεύθυνσης του αέρα, δηλαδή δεν χρειάζονται πηδάλιο. Εφαρμογές έχουν βρει σε διάφορα έργα ακόμη και στην ηλεκτροδότηση σπιτιών. Πολλοί συνδυασμοί όπως Δάρριους με Σαβόγιους βρίσκονται σε εξέλιξη (βλέπε βιβλίο A1)

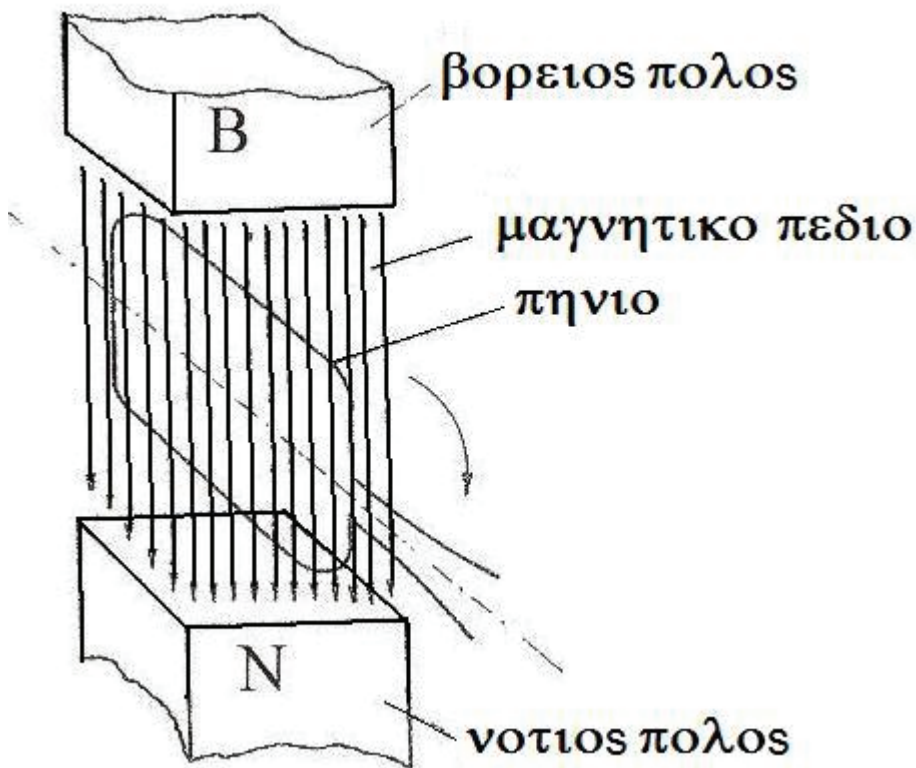
Για τις ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα υπήρχε η άποψη ότι όσο πιο λίγα φτερά έχουν, τόσο πιο υψηλόστροφες ήσαν οι τουρμπίνες τους, παράλληλα όσο πιο λίγα φτερά έχει η ανεμογεννήτρια, τόσο λιγότερο υλικό είναι απαραίτητο για την κατασκευή τους, δηλαδή οικονομία στα υλικά αλλά και οικονομικότερες στην τιμή κατασκευής. Στις αρχές της δεκαετίας του 80 εξελίχθηκε στην εταιρεία που εργαζόμουν (MBB) η ανεμογεννήτρια Μονόπτερος για 5 μεγαβάτ.

Αυτός ο τύπος της ανεμογεννήτριας, λόγω της ασυμμετρίας της, προκαλούσε ισχυρούς κραδασμούς και γι' αυτό έτυχε περιορισμένης εφαρμογής. Αντίθετα, οι ανεμογεννήτριες με δυο φτερά και κυρίως αυτές με τρία φτερά κατέκτησαν την αγορά των ανεμογεννητριών (βλέπε βιβλίο A2).

1.1.3 Μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική

Το ηλεκτρικό ρεύμα στην ανεμογεννήτρια παράγεται με τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική και βασίζεται στην αρχή που μας είναι γνωστή από τη φυσική, δηλαδή, όταν σε ένα μαγνητικό πεδίο περιστρέφεται ένα πηνίο, τότε παράγεται σ' αυτό δια της αλλαγής της μαγνητικής ροής ηλεκτρικό ρεύμα εξ επαγωγής (βλέπε εικόνα. 3).

Σ' αυτήν την αρχή βασίζονται όλων των ειδών οι γεννήτριες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, από το δυναμό του ποδηλάτου, του αυτοκινήτου κλπ., μόνο που το πηνίο (ρότορας) στην ανεμογεννήτρια περιστρέφεται με τη δύναμη του αέρος.



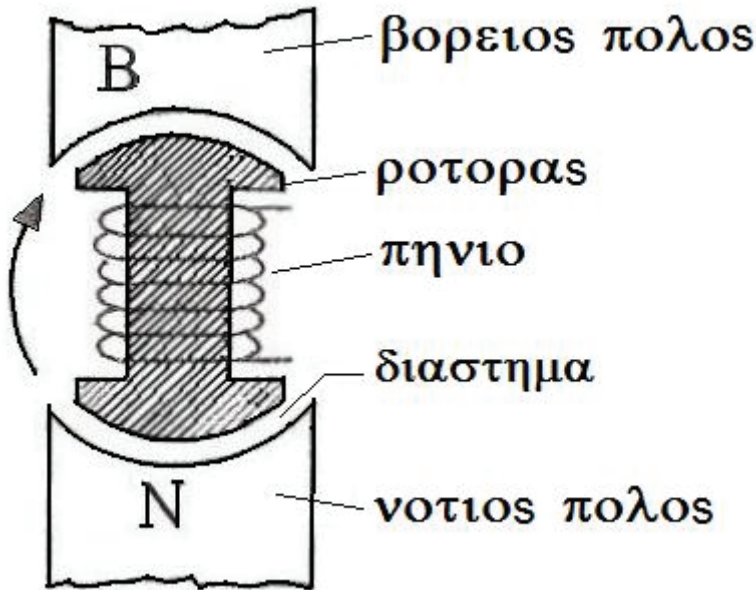
Εικόνα 3. το περιστρεφόμενο πηνίο σ' ένα μαγνητικό πεδίο μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική εξ επαγωγής

Μια ανεμογεννήτρια αποτελείται από ένα στάτορα, που είναι ένας μόνιμος μαγνήτης ανάλογα με την ισχύ της ανεμογεννήτριας ισχυρός και ένα ρότορα ο οποίος αποτελείται από ένα μεταλλικό πυρήνα, που έχει μεγάλη μαγνητική αγωγιμότητα και στον οποίο είναι τυλιγμένο το πηνίο. Τον άξονα περιστρέφουν τα φτερά της ανεμογεννήτριας κινούμενα από τη δύναμη του αέρα (βλέπε εικόνα. 4).

Η ισχύς του μαγνητικού πεδίου εξαρτάται από το μέγεθος και την ποιότητα του μόνιμου μαγνήτη, ενώ η ισχύς της μαγνητικής ροής μεταξύ των δύο πόλων B και N εξαρτάται και από την απόστασή των.

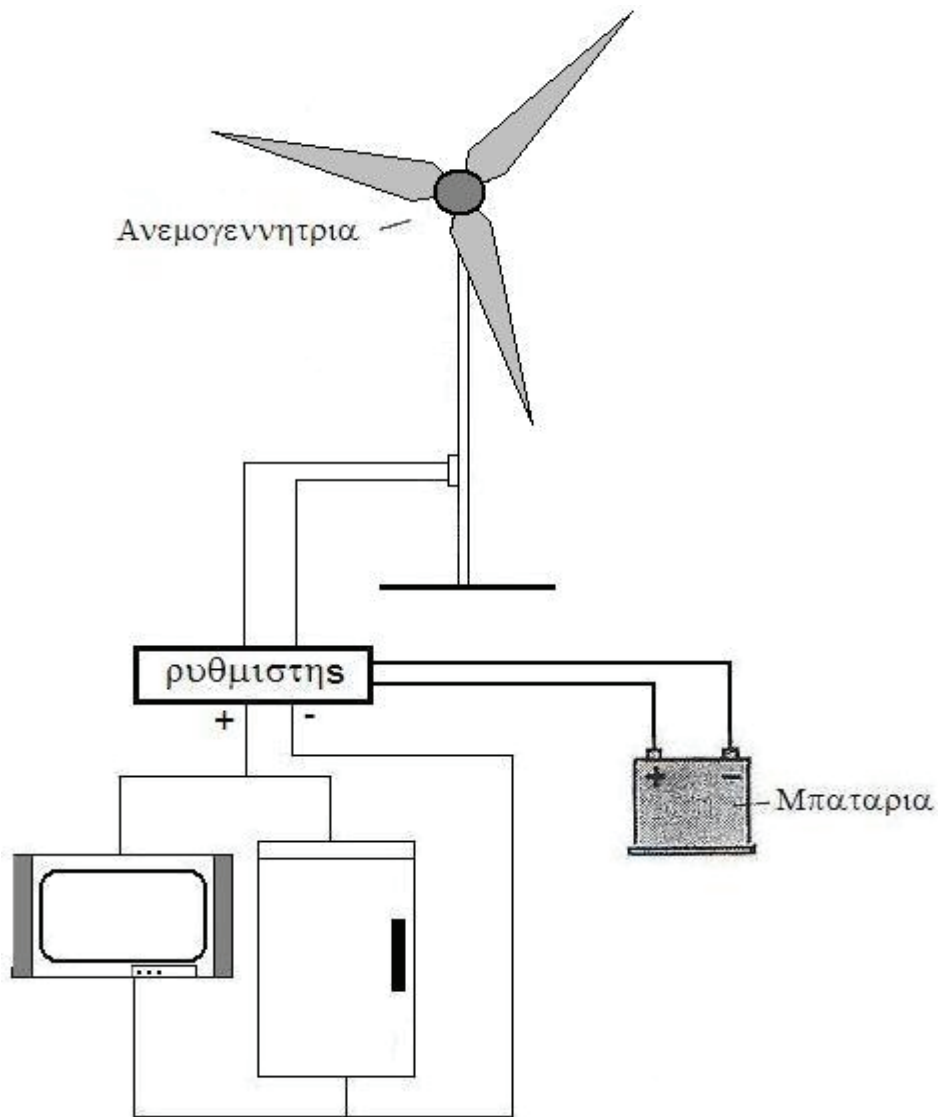
Η ισχύς της μαγνητικής ροής εξαρτάται από τη μαγνητική αγωγιμότητα του χώρου μεταξύ των πόλων. Για παράδειγμα, ο αέρας έχει κακή αγωγιμότητα, ενώ ο σίδηρος έχει καλή αγωγιμότητα. Μεγάλο ρόλο φυσικά παίζει και η απόσταση μεταξύ του ρότορα και των πόλων B και N.

Επειδή η αγωγιμότητα του μαγνητισμού στον αέρα είναι πολύ κακή, θα πρέπει η απόσταση μεταξύ ρότορα και μαγνητικών πόλων να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη (βλέπε εικόνα 4). Αυτό το γεγονός απαιτεί από τη μια μεγάλη τεχνική ακρίβεια και από την άλλη μεγαλώνει την απόδοση της ανεμογεννήτριας, ενώ το κόστος της αυξάνεται ανάλογα.



Εικόνα 4. Ο ρότορας και ο στάτορας, βόρειος και νότιος πόλος (ως στάτορας), ρότορας από μέταλλο με μεγάλη μαγνητική αγωγιμότητα, το πηνίο, και ελάχιστη απόσταση μεταξύ ρότορα και στάτορα.

Το ρότορα περιστρέφουν τα φτερά της ανεμογεννήτριας με τη δύναμη του αέρα. Όσο πιο δυνατός (ισχυρός) είναι ο αέρας, τόσο κατά αναλογία αυξάνεται και η τάση και το ρεύμα που παράγει η ανεμογεννήτρια. Έτσι με το ρεύμα αυτό μπορούμε να φορτίσουμε μια μπαταρία, από την οποία στη συνέχεια προμηθεύεται το ρεύμα ο καταναλωτής (βλέπε εικόνα 5 λειτουργία του συστήματος).



Εικόνα 5. Λειτουργία ανεμογεννήτριας σε ηλεκτροδότηση: η ανεμογεννήτρια παράγει ηλεκτρικό ρεύμα, ο ρυθμιστής φορτίζει τις μπαταρίες, από τις μπαταρίες η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψυγείο και τηλεόραση.

Οι ανεμογεννήτριες παράγουν ανάλογα με την κατασκευή τους είτε συνεχές ρεύμα, οπότε αυτές οι γεννήτριες έχουν το μειονέκτημα στο ξεκίνημα του ρότορα, είτε τριφασικό ρεύμα σύγχρονης ή ασύγχρονης φάσης, που αυτό το είδος γεννητριών είναι φθηνότερο στην κατασκευή και κατάλληλο για όλα τα μεγέθη παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος.

Τα παραπάνω είναι μια σκιαγράφηση της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας. Στην πραγματικότητα υπάρχουν πάμπολλες παραλλαγές, όπως για παράδειγμα στο ρότορα να είναι τυλιγμένα περισσότερα πηνία ή αντί ενός μόνιμου μαγνήτη να υπάρχουν περισσότεροι μαγνήτες στο στάτορα ή στη θέση μόνιμου μαγνήτη να υπάρχουν πηνία για την παραγωγή μαγνητικού πεδίου κλπ.

Ο ενδιαφερόμενος που θέλει να εμβαθύνει σε αυτά, θα πρέπει να ανατρέξει σε εξειδικευμένες δημοσιεύσεις (βλέπε βιβλία Α 3 και Α 4).

1.1.4 Αδειοδότηση για εγκαταστάσεις ανεμογεννητριών

Οι ανεμογεννήτριες διαχωρίζονται σε μικρές και μεγάλες. Με τις μεγάλες ανεμογεννήτριες δημιουργούνται συνήθως τα αιολικά πάρκα και οι ενέργειες που παράγονται φθάνουν πολλές φορές σε εκατοντάδες μέγαβατ και τροφοδοτούν το δίκτυο γενικής κατανάλωσης (ΔΕΗ).

Για την εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου υπάρχει μια ειδική νομοθεσία που είναι αρκετά πολύπλοκη. Ο ενδιαφερόμενος μπορεί να την αναζητήσει στο Υπουργείο Ανάπτυξης. Εν συντομία, για την εγκατάσταση είναι απαραίτητη πρώτον μια ειδική άδεια από το Υπουργείο, δεύτερον μια μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων και τρίτον η αποδοχή του έργου από τους παραπλήσιους οικισμούς.

Για τις μικρές ανεμογεννήτριες, που συνήθως προορίζονται για την ιδιωτική κατανάλωση ρεύματος, δεν χρειάζεται κάποια ειδική άδεια, μόνο μια έγκριση εργασιών μικρής κλίμακας από την πολεοδομία καθώς και η αποδοχή των γειτόνων για την εγκατάσταση.

1.2 Ηλιακά κύτταρα

Τα ηλιακά κύτταρα κατακτούν τον κόσμο, βρίσκουν παντού εφαρμογή όπου χρειάζεται ηλεκτρικό ρεύμα. Σχέδια εκπονούνται για τεράστια πάρκα με ηλιακά κύτταρα (φωτοβολταϊκά) με σκοπό να αντικαταστήσουν ένα μέρος των καυσίμων υλικών. Και στην Ελλάδα... κυβερνά η γραφειοκρατία.

1.2.1 Από φως έγινε ηλεκτρικό ρεύμα

Την ανανεώσιμη πηγή, τον ήλιο, είχε πάντοτε στη χρήση του ο άνθρωπος, για να ανάψει φωτιά, για να αφυδατώσει φρούτα και καρπούς, για να ζεστάνει το σπίτι του, κ.α.

Η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από τον ήλιο άρχισε τον περασμένο αιώνα. Σ' αυτό ήταν απαραίτητες παρατηρήσεις ερευνητών πολλών δεκαετιών, αλλά και συμπτώσεις που οδήγησαν στην κατασκευή των ηλιακών κυττάρων.

Οι πρώτοι που κατασκεύασαν ηλιακά κύτταρα ήσαν οι συνεργάτες της αμερικανικής εταιρείας Bell το 1953. Τα κύτταρα αυτά, που ήσαν κατασκευασμένα από ένα μείγμα πυριτίου και αρσενικού, είχαν αρχικά μια απόδοση περίπου 6%.

Το 1958 τα ηλιακά κύτταρα βρήκαν μία πρώτη σπουδαία εφαρμογή στην παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος στους δορυφόρους.

Τα επόμενα χρόνια η εξέλιξη των ηλιακών κυττάρων ήταν ραγδαία και σ' αυτό συνέβαλλαν ιδιαίτερα οι πετρελαϊκές κρίσεις της δεκαετίας του 70 και του 80.

Γι' αυτή την εξέλιξη ήταν απαραίτητες πολλές αλλαγές στις ύλες των μειγμάτων, δηλαδή στην κατάσταση μορφής της ύλης όπως μόνοκρυσταλλική, πολυκρυσταλλική ή άμορφη ύλη π.χ. του πυριτίου.

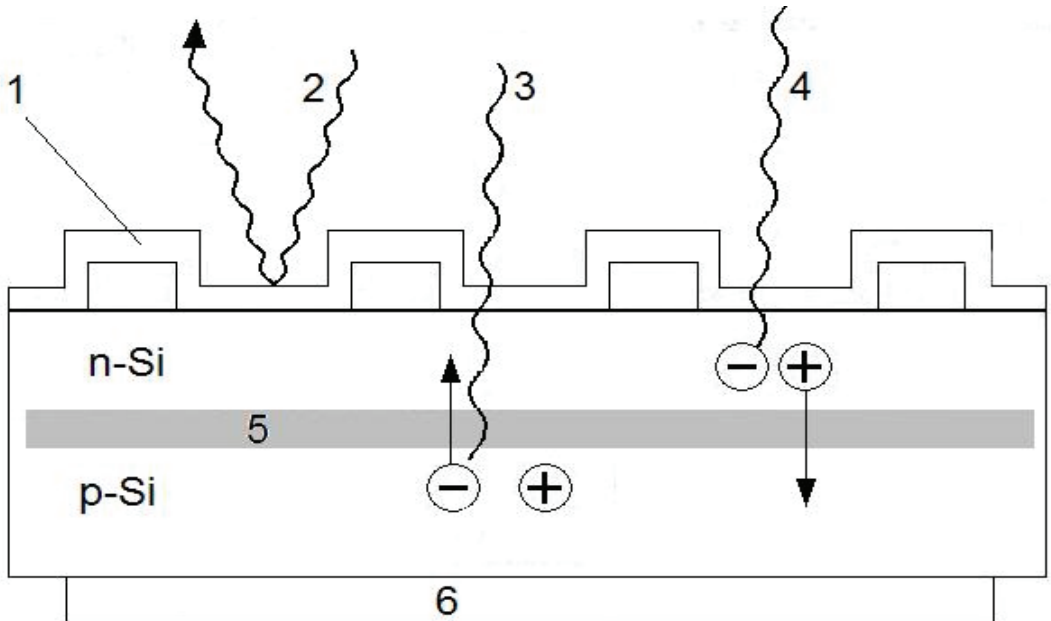
Τα αποτελέσματα μέχρι σήμερα είναι αρκετά ικανοποιητικά. Στην αγορά βρίσκει κανείς ηλιακά κύτταρα με μια απόδοση περίπου 16%. Η εξέλιξη των ηλιακών κυττάρων, όσον αφορά την απόδοση αλλά και τη μορφή τους, ακόμη δεν έχει ολοκληρωθεί.

1.2.2 Λειτουργία των ηλιακών κυττάρων (φωτοβολταϊκών)

Τα ηλιακά κύτταρα αποτελούνται (βλέπε εικόνα 6) από ένα λεπτό στρώμα περίπου 350 μm από κρυσταλλικό πυρίτιο που είναι εμπλουτισμένο με βόριο. Η πλευρά που βλέπει προς τον ήλιο σε ένα βάθος 0,3 μm διαχέεται με φώσφορο, που προκαλεί στο λεπτό στρώμα του πυριτίου πλεονασμό ηλεκτρονίων και συνεπώς η πλευρά αυτή είναι αρνητικά φορτισμένη. Στο υπόλοιπο σώμα του κρυστάλλου αναπτύσσονται ελαττωματικά ηλεκτρόνια ή θετικά φορτισμένες οπές και έτσι η άλλη πλευρά του κυττάρου είναι θετικά φορτισμένη.

Η επάνω πλευρά των κυττάρων καλύπτεται με μεταλλικά δακτυλίδια έτσι, ώστε να μένει ελεύθερη αρκετή επιφάνεια πυριτίου, από όπου θα εισέρχονται οι ακτίνες του φωτός, ενώ πάνω από όλη αυτήν την επιφάνεια γίνεται επίστρωση ενός συγκεκριμένου λεπτού στρώματος ειδικής ύλης, που μειώνει την αντανάκλαση των ακτινών. Η πίσω πλευρά του κυττάρου καλύπτεται όλη με ένα λεπτό μεταλλικό στρώμα.

Οι ακτίνες του φωτός που πέφτουν στην επιφάνεια του κυττάρου παράγουν σε όλο το σώμα του κρυστάλλου ηλεκτρόνια και θετικά φορτισμένες οπές (βλέπε εικόνα 6). Το πλήθος αυτών των ζευγαριών εξαρτάται από την ένταση και το μήκος κύματος του φωτός. Τα ηλεκτρόνια διαχέονται προς τα μεταλλικά δακτυλίδια (αρνητικά ηλεκτρόδια) και οι θετικά φορτισμένες οπές προς την πίσω μεταλλική επιφάνεια (θετικά ηλεκτρόδια).

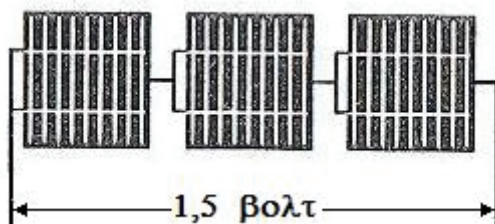


Εικόνα 6. όπου σημαίνει: 1. το στρώμα που μειώνει την αντανάκλαση του φωτός, 2. οι ακτίνες φωτός που ανακλώνται, 3 και 4. ακτίνες φωτός που παράγουν στο κύτταρο ηλεκτρόνια και θετικές οπές, 5. διαχωριστική ζώνη των φορτισμένων πλευρών, 6. το ηλεκτρόδιο της πίσω πλευράς.

Εάν ενώσουμε με ένα μεταλλικό αγωγό τα μεταλλικά δακτυλίδια και τη μεταλλική πίσω πλευρά του κυττάρου, δηλαδή το αρνητικό και το θετικό ηλεκτρόδιο, τότε ρέει ηλεκτρικό ρεύμα το ονομαζόμενο ρεύμα του βραχυκυκλώματος. Αυτό το ρεύμα το παρήγαγε το φως και αυξάνεται με την έντασή του.

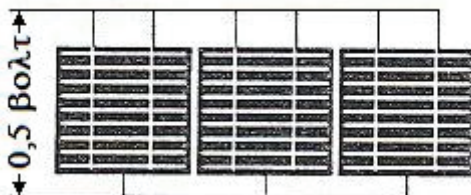
Η τάση στα ηλεκτρόδια του κυττάρου είναι 0.5 βολτ. Ενώνοντας πολλά κύτταρα στη σειρά (θετικό με αρνητικό έτσι ώστε η σειρά να έχει στα άκρα ένα θετικό και ένα αρνητικό ηλεκτρόδιο) μπορούμε να σχηματίσουμε οποιαδήποτε τάση. Στην εικόνα 7, είναι τρία κύτταρα στη σειρά συνδεδεμένα και έχουν την τάση 1,5 βολτ.

Στην εικόνα 8, είναι τρία κύτταρα παράλληλα συνδεδεμένα και έχουν την τάση από 0,5 βολτ, δηλαδή την τάση ενός κυττάρου. Κατ' αυτό τον τρόπο 24 κύτταρα στη σειρά συνδεδεμένα έχουν την τάση των 12 βολτ, που είναι και η τάση μιας μπαταρίας. Με τον ίδιο τρόπο μπορούμε να σχηματίσουμε και ένα πολλαπλάσιο της τάσης της μπαταρίας που είναι 24 ή 48 βολτ.



Εικόνα 7. Τρία κύτταρα στη σειρά συνδεδεμένα

Ενώνοντας παράλληλα τις σειρές των 12 ή των 24 βολτ κλπ. σχηματίζεται μια πλάκα με 12 ή 24 ή 48 βολτ και ανάλογα με το πλήθος των παράλληλων σειρών σχηματίζεται μια πλάκα με την οποία μπορεί με την ηλιακή ακτινοβολία να παραχθεί ρεύμα κάθε ισχύος όπως 30, 80, 110, 160 βατ κ.α.



Εικόνα 8. Τρία κύτταρα παράλληλα συνδεδεμένα

Με αυτό το ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να φορτιστεί μια μπαταρία, μέσω της οποίας πάλι μπορεί να γίνει η ηλεκτροδότηση ενός σπιτιού (βλέπε εικόνα 9). Το φως του ηλίου μεταβάλλεται από τα φωτοβολταϊκά σε ηλεκτρικό ρεύμα το οποίο φορτίζει την μπαταρία και από την οποία προμηθεύεται ο καταναλωτής το ρεύμα για τις ηλεκτρικές συσκευές του.