

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
Αριθμός 1203**

# **ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΔΕΗ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:  
ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΝΤΟΝΑΣ  
ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΚΥΡΙΑΚΟΥ**

**ΕΞΕΤΑΣΤΕΣ:  
ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ΔΡΟΣΟΠΟΥΛΟΣ PHD  
ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΚΑΡΕΛΗΣ M.eng  
ΗΛΙΑΣ ΣΤΑΘΑΤΟΣ PHD**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:  
ΗΛΙΑΣ ΣΤΑΘΑΤΟΣ  
Δρ. ΦΥΣΙΚΟΣ ΤΕΙ ΠΑΤΡΩΝ**

**ΠΑΤΡΑ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2012**





## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Για να μπορέσουμε να αναπτύξουμε και να υποστηρίξουμε την αγορά των Α.Π.Ε. θα πρέπει να είμαστε έτοιμοι να αντιμετωπίσουμε τα προβλήματα που μπορούν να δημιουργηθούν σε ένα ήδη υπάρχον σύστημα μεταφοράς ενέργειας καθώς επίσης και σύστημα υποδομών για νέες μορφές ενέργειας. Στο εθνικό μας σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας δεν μπορεί να υποστηρήξει επιπλέον μεγάλες ποσότητες ενέργειας γιαυτό θα πρέπει να υπάρχει μια συνοχή διαδικασιών και καταστάσεων για την διείσδυσή του σ'αυτό. Η ενσωμάτωση των τεχνολογιών Α.Π.Ε. καθώς επίσης και τεχνολογιών παραγωγής χαμηλού άνθρακα στο δίκτυο με μεγάλη διείσδυση απαιτεί ικανοποίηση των καταναλωτών με υψηλή ποιότητα, ευστάθεια και αξιοπιστία του συστήματος, με αποδεκτό κόστος.

Παράλληλα απαιτούνται αλλαγές στα τεχνικά συστήματα όσον αφορά την πρόσβαση τους(σύνδεση),τη σχεδίαση και την διαχείριση τους στο δίκτυο της ΔΕΗ. Η ιδέα της καινοτομίας στο ρυθμιστικό-θεσμικό πλαίσιο των εφαρμογών Α.Π.Ε., προκαλούν σημαντικές επιπτώσεις στα οικονομικά του ηλεκτρικού τομέα.

Στην παρούσα πτυχιακή γίνεται εμφάνιση στα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας της διεσπαρμένη παραγωγής και των έξυπνων δικτύων, που μπορούν να βελτιστοποιήσουν τον τρόπο διανομής στο δίκτυο, εξυπηρετώντας τους καταναλωτές με τίμημα τα κοινωνικά και οικονομικά οφέλη.

Συνεπώς, θα τεθούν τρόποι για την βελτιστοποίηση των δικτύων μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας κατά την διείσδυση τους στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συμβατικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός πως η ζήτηση ισχύος αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου με κάποιο ρυθμό, θα αναπτύξουμε και θα αναλύσουμε τη βελτιστοποίηση με προγραμματισμένο τρόπο ανάπτυξης, λειτουργίας και προστασίας του δικτυου της Δ.Ε.Η. καθώς επίσης και της ενσωμάτωσης της στο χώρο της διανομής με τεχνολογικά μέσα. Τέλος, θα παρατηρήσουμε τις διαφορές ανάμεσα στην Ελληνική και τα διεθνή αγορά συνοψίζοντας τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	4
Περιεχόμενα.....	5
Κατάλογος Πινάκων.....	8
Κατάλογος Εικόνων.....	8
Κατάλογος Διαγραμμάτων.....	9
Κατάλογος Σχημάτων.....	9
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
2. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	12
2.1 Συμβατικές μορφές ενέργειας.....	12
2.1.1 Θερμοηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής.....	15
2.1.2 Μεγάλοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής.....	16
2.1.3 Είδη στροβίλων.....	17
2.2 Ηλιακή ενέργεια.....	20
2.2.1 Κατηγορίες φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	21
2.2.2 Πλεονεκτήματα φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	22
2.2.3 Τύποι φωτοβολταϊκών πάνελ.....	23
2.2.4 Τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων.....	24
2.2.5 CSP (Concentrated solar power) systems.....	26
2.2.5.1 Τεχνολογίες CSP.....	27
2.3 Αιολική ενέργεια.....	34
2.3.1 Περιγραφή των ανεμογεννητριών.....	35
2.3.2 Συστήματα αιολικής ενέργειας.....	37
2.3.3 Αιολικά πάρκα.....	40
2.3.2.1 Κατηγορίες αιολικών πάρκων.....	40
2.3.2.2 Σύγκριση Onshore – Offshore Αιολικών πάρκων.....	42
2.4 Κυψέλες καυσίμου(Fuell cells).....	43
2.5 Βιομάζα.....	46
2.5.1 Υπολειμματικές μορφές βιομάζας.....	48

2.5.2 Ενεργειακές καλλιέργειες.....	49
2.5.3 Υγρά βιοκαύσιμα και βιοαέριο.....	50
2.6 Γεωθερμία.....	50
2.6.1 Γεωθερμικές πηγές.....	52
3. ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	55
3.1 Σύστημα μεταφοράς.....	55
3.1.1 Τάσεις μεταφοράς.....	56
3.1.2 Αγωγοί, Στύλοι, Μονωτήρες Γραμμών μεταφοράς.....	57
3.2 Δίκτυο διανομής.....	60
3.2.1 Εισαγωγή.....	60
3.2.2 Βελτιστοποίηση λειτουργίας δικτύων διανομής.....	62
3.2.2.1 Κανονική κατάσταση.....	62
3.2.2.2 Έκτακτη κατάσταση.....	63
3.2.3 Προγραμματισμός ανάπτυξης των δικτύων διανομής.....	64
3.2.4 Ανάλυση λειτουργίας δικτύων διανομής.....	64
3.2.5 Σχεδίαση προστασίας.....	66
3.2.6 Βασικές αρχές σχεδίασης προστασίας δικτύων διανομής.....	66
3.2.7 Μέσα προστασίας.....	67
3.2.7.1 Εναέρια δίκτυα.....	67
3.2.7.2 Υπόγεια δίκτυα.....	67
3.2.8.1 Απαιτήσεις αξιοπιστίας δικτύων διανομής.....	68
3.2.8.2 Δείκτες αξιοπιστίας.....	68
4. ΔΙΕΣΠΑΡΜΕΝΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ.....	69
4.1 Εισαγωγή.....	69
4.2 Τύποι τεχνολογιών τύπου DER.....	70
4.3 Χαρακτηριστικά των τεχνολογιών DER.....	73
4.4 Οικονομικά χαρακτηριστικά των DER.....	76
5. ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΔΙΕΣΠΑΡΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	79
5.1 Μικροδίκτυα.....	79

5.1.2 Έλεγχος μικροδικτύων.....	81
5.1.3 Μικροδίκτυα στην Ελλάδα.....	82
5.2 Έξυπνα δίκτυα.....	83
5.2.1 Ορισμός – χαρακτηριστικά.....	84
5.2.2 Παράγοντες που οδηγούν στην ανάπτυξη των Έξυπνων δικτύων στην Ευρώπη.....	85
5.2.3 Η μετάβαση από το σήμερα στο αύριο.....	85
5.2.4 Δημιουργία έξυπνων δικτύων.....	87
5.2.5 Έξυπνοι μετρητές.....	89
5.2.6 Αυτοματοποιημένη διαδικασία μέτρησης – Automatic Meter Reading (AMR).....	91
5.2.7 Μοντέλο Ίντερνετ.....	92
5.2.8 Επενδύσεις για την ανάπτυξη των Έξυπνων δικτύων.....	92
5.2.9 Τα Έξυπνα δίκτυα ανά τον κόσμο.....	93
6. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΑΙ ΔΙΕΘΝΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ.....	94
7. ΣΥΝΟΨΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	95
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ.....	97

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 4.1 Τεχνολογίες DER.....	72
Πίνακας 4.2 Κόστος εξοπλισμού DER.....	76

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1 Στρόβιλος Francis.....	18
Εικόνα 2.2 Στρόβιλος Pelton.....	19
Εικόνα 2.3 Στρόβιλος Kaplan.....	19
Εικόνα 2.4 Φωτογραφίες απο σταθμό ηλεκτροπαραγωγής παραβολικών κοίλων.....	28
Εικόνα 2.5 Φωτογραφία από το σταθμό ηλεκτροπαραγωγής πύργου ισχύος 10 MW.....	31
Εικόνα 2.6 Φωτογραφίες από συστήματα μηχανής Stirling.....	33
Εικόνα 2.7 Χερσαίο αιολικό πάρκο (onshore).....	41
Εικόνα 2.8 Αιολικό πάρκο κοντά στην ακτή (nearshore).....	41
Εικόνα 2.9 Παράκτιο αιολικό πάρκο (offshore).....	41
Εικόνα 3.1 Υψηλής Τάσεως Καλώδιο 110~220KV XLPE.....	57
Εικόνα 3.2 Συνδετήρας καλωδίου Υψηλής Τάσης.....	57
Εικόνα 4.1 Η μακέτα μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, τμήματος ενός οικοβιομηχανικού πάρκου στη Βιρτζίνια, που θα αποτρέψει περισσότερους από 6000 τόνους ρυπογόνων ουσιών να απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του. Cape Charles Sustainable Technology Park—Cape Charles, VA (Courtesy PowerLight Corp.).....	75
Εικόνα 4.3 Κυψέλες καυσίμου εγκατεστημένες σε ένα αστυνομικό τμήμα στο Central Park της Νέας Υόρκης. (Courtesy of UTC Fuel Cells).....	77
Εικόνα 4.4 Μικροτουρμπίνες που χρησιμοποιούνται σε μια εταιρία διανομής φυσικού αερίου για ηλεκτρισμό και θέρμανση και κλιματισμό των χώρων. (Courtesy Capstone).....	77
Εικόνα 5.1 Εφαρμογή Πιλοτικού Μικρο-Δικτύου (Κύθνος).....	82
Εικόνα 5.2 Δίκτυα του σήμερα και του αύριο.....	86
Εικόνα 5.3 Έξυπνο δίκτυο του μέλλοντος.....	87
Εικόνα 5.4 Έξυπνος μετρητής.....	90
Εικόνα 5.7 Έξυπνο σπίτι (smart home).....	93



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 4.1 Συχνότητα χρησιμοποίησης τεχνολογιών DER.....	73
Διάγραμμα 5.1 Επενδύσεις στον ενεργειακό τομέα.....	92

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1 Διάταξη ατμοηλεκτρικού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύσιμο λιγνίτη (Πηγή: American Electric Power).....	13
Σχήμα 2.2 Διάταξη της μεθόδου συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας (cogeneration, CHP) με χρήση φυσικού αερίου ως καυσίμου. (Πηγή: BC HYDRO, Vancouver Island generation project, Natural Gas combined cycle power plant).....	14
Σχήμα 2.3 Συνδυασμένος κύκλος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (αεριοστρόβιλος & ατμοστρόβιλος).....	14
Σχήμα 2.4 Σύστημα παραβολικών.....	27
Σχήμα 2.5 Ηλιακός πύργος.....	29
Σχήμα 2.6 Διάγραμμα ενεργειακών ροών μια μονάδας ηλεκτροπαραγωγής πύργου ισχύος με σύστημα αποθήκευσης τηγμένο άλατος.....	30
Σχήμα 2.7 Απεικόνιση βελτιστοποιημένων πεδίων για γεωγραφικό πλάτος 36°.....	32
Σχήμα 2.8 Δέκτης και συγκεντρωτής ενός συστήματος δίσκου/μηχανής που χρησιμοποιεί ένα μόνο κάτοπτρο σφαιρικής διαμόρφωσης.....	32
Σχήμα 2.9 Αρχή λειτουργίας του συλλέκτη FRESNEL.....	33
Σχήμα 2.10 Ανεμογεννήτρια.....	36
Σχήμα 2.11 Ανεμογεννήτρια Οριζόντιου και κάθετου άξονα.....	37
Σχήμα 2.12 Ο δεύτερος τύπος κατασκευής από μεταλλικό σωλήνα.....	38
Σχήμα 2.13 Ο τρίτος τύπος κατασκευής με την χρήση μεταλλικού τριπόδου.....	38
Σχήμα 2.14 Ο τέταρτος τύπος με πλωτό σύστημα αιολικής ενέργειας.....	39
Σχήμα 2.15 Κυψέλη καυσίμου.....	44
Σχήμα 2.16 Αναπαράσταση των κύριων χαρακτηριστικών μιας γεωθερμικής περιοχής.....	53
Σχήμα 2.17 Η τεχνολογία των θερμών ξηρών πετρωμάτων Μάγμα.....	54
Σχήμα 3.1 Τύποι πυλώνων που χρησιμοποιεί η ΔΕΗ.....	58
Σχήμα 3.2 Μορφή μονωτήρα.....	59

Σχήμα 3.3 Αλυσσοειδής μονωτήρας.....	59
Σχήμα 3.4 Ανοιχτό Δίκτυο Διανομής.....	61
Σχήμα 3.5 Κλειστό Δίκτυο Διανομής.....	62
Σχήμα 4.1 Τύποι διασπαρμένων ενεργειακών πηγών και τεχνολογιών (Courtesy of the California Energy Commission).....	69
Σχήμα 5.1 Δομή ενός τυπικού μικροδικτύου.....	80
Σχήμα 5.2 Δίκτυα του σήμερα και του αύριο.....	86
Σχήμα 5.3 Απεικόνιση AMR –Αυτοματοποιημένη διαδικασία μέτρησης.....	91

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το εθνικό μας σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας βρίσκεται ακόμα σε χαμηλό αναπτυξιακό επίπεδο, όσον αφορά στις νέες τεχνολογίες που προσαρμόζονται για βελτίωση της απόδοσης ως προς τον καταναλωτή και το περιβάλλον. Οι διαθέσιμες τακτικές για τον καταμερισμό της αναγκαίας ενέργειας των καταναλωτών έχει αναπτυχθεί και βρίσκεται υπό έρευνα σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η τεχνολογία της διεσπαρμένης παραγωγής, με την συνεργασία των ήδη υπάρχοντων συμβατικών και ανανεώσιμων πηγών, δημιουργεί κίνητρο για το μέλλον καθώς αυξάνεται η εμπιστοσύνη των καταναλωτών ιδιαίτερα σε ευπαθή συστήματα τεχνολογίας και παροχής υπηρεσιών. Μέρος αυτής της τεχνολογίας είναι τα μικροδίκτυα τα οποία συντονίζουν, ελέγχουν και χαμηλώνουν το κόστος κάλυψης των ενεργειακών απαιτήσεων, τόσο από τα ηλεκτρικά όσο και από τα θερμικά φορτία, βελτιώνοντας την εγκατάσταση και λειτουργία του συστήματος παρόλο που βρίσκεται σε επικοινωνία με το υπάρχον σύστημα διανομής και μεταφοράς ενέργειας για περιπτώσεις κάλυψης εκτάκτων αναγκών.

Σημαντικό σκέλος της ανάπτυξης και της εμπιστοσύνης των υπηρεσιών αυτών είναι ο οικονομικός τομέας αλλά και ο τομέας ελεγχου. Ο έλεγχος των στοιχείων παραγωγής και μετάδοσης καθορίζεται από τις βασικές προδιαγραφές του δικτύου και παραμένουν σε αυστηρά όρια τα οποία μπορούν να βελτιώσουν την συνολική απόδοση της διανομής του ηλεκτρικού ρεύματος προς τον τελικό χρήστη.

Τα ηλεκτρικά δίκτυα του μέλλοντος θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ευφυή γιατί επιτρέπουν την ενεργό συμμετοχή του καταναλωτή στην παροχή ηλεκτρισμού καθώς επίσης και στην διαχείριση φορτίων που βοηθάει στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Ο συνεχόμενος αυξανόμενος αριθμός ζήτησης ενέργειας έχει οδηγήσει τις εταιρίες στην αναζήτηση ενός αποδοτικού τρόπου υπολογισμού της ενέργειας που καταναλώνεται από τους συνδρομητές. Οι έξυπνοι μετρητές έχουν την δυνατότητα να μετρούν άμεσα την κατανάλωση της ηλεκτρικής ισχύος και να μεταδίδουν τις μετρήσεις στις βάσεις δεδομένων στο κέντρο διαχείρισης όπου ο καταναλωτής μπορεί οποιαδήποτε στιγμή να έχει γνώση της πραγματικής του κατανάλωσης. Ένας συγχρονος έξυπνος μετρητής είναι το σύστημα μιας αυτοματοποιημένης διαδικασίας μέτρησης (AMR) της ενέργειας που καταναλώνεται, και όχι μόνο της ηλεκτρικής ενέργειας γιατί μπορεί να ενσωματώσει και άλλους μετρητές όπως φυσικού αερίου και νερού. Με αυτόν τον τρόπο παρέχεται ένα ολοκληρωμένο σύστημα ελέγχου ως προς τον καταναλωτή κυρίως με απότερο σκοπό την οικονομική προσέγγιση και αξιοπιστία ως προς τον παροχέα.

Οι νέες προκλήσεις που προέρχονται από την απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας και από τις τεχνολογικές εξελίξεις επιβάλλουν την αναθεώρηση των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας καθώς τα υπάρχοντα δίκτυα έχουν λειτουργήσει καλά έως τώρα αλλά δεν θα είναι επαρκή στο μελλοντικό ορίζοντα. Θα πρέπει να εξασφαλίσουν ασφάλεια και σταθερότητα στην παροχή ηλεκτρικής ενέργειας και να εκμεταλλευτούν τις νέες τεχνολογίες που συμβαδίζουν με τις νέες πολιτικές και τα νέα επιχειρηματικά πλαίσια. Ο τομέας της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη αντιμετωπίζει νέες ευκαιρίες και προκλήσεις και πρέπει να ανταποκριθεί σε ένα νέο όραμα. Ένα πιθανό μοντέλο ανάπτυξης των ηλεκτρικών δικτύων του μέλλοντος είναι ανάλογο με αυτό του διαδικτύου, με την έννοια ότι η λήψη αποφάσεων είναι κατανεμημένη και ότι υπάρχει ροή προς όλες τις κατευθύνσεις.

Εν κατακλείδι η διεσπαρμένη παραγωγή, η διείσδυση των ΑΠΕ, η διαχείριση φορτίου και η ευέλικτη ηλεκτρική αποθήκευση θα διευκολυνθούν με την παρουσία των νέων αυτών δικτύων. Επίσης, θα δημιουργηθούν ευκαιρίες για νέα είδη εξοπλισμού και υπηρεσιών όπως και καινοτόμες επιχειρηματικές προοπτικές που θα στηρίζονται στις νέες αυτές πηγές ενέργειας, σε πρωτότυπες καταναλωτικές συνήθειες και στην καινούργια νομοθεσία σχετικά με τα ενεργειακά θέματα.

## 2. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

### 2.1 Συμβατικές μορφές ενέργειας

Μέθοδοι [10] παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση συμβατικών ορυκτών καυσίμων και των προϊόντων τους. Οι συνηθέστερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σήμερα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση συμβατικών ορυκτών καυσίμων είναι:

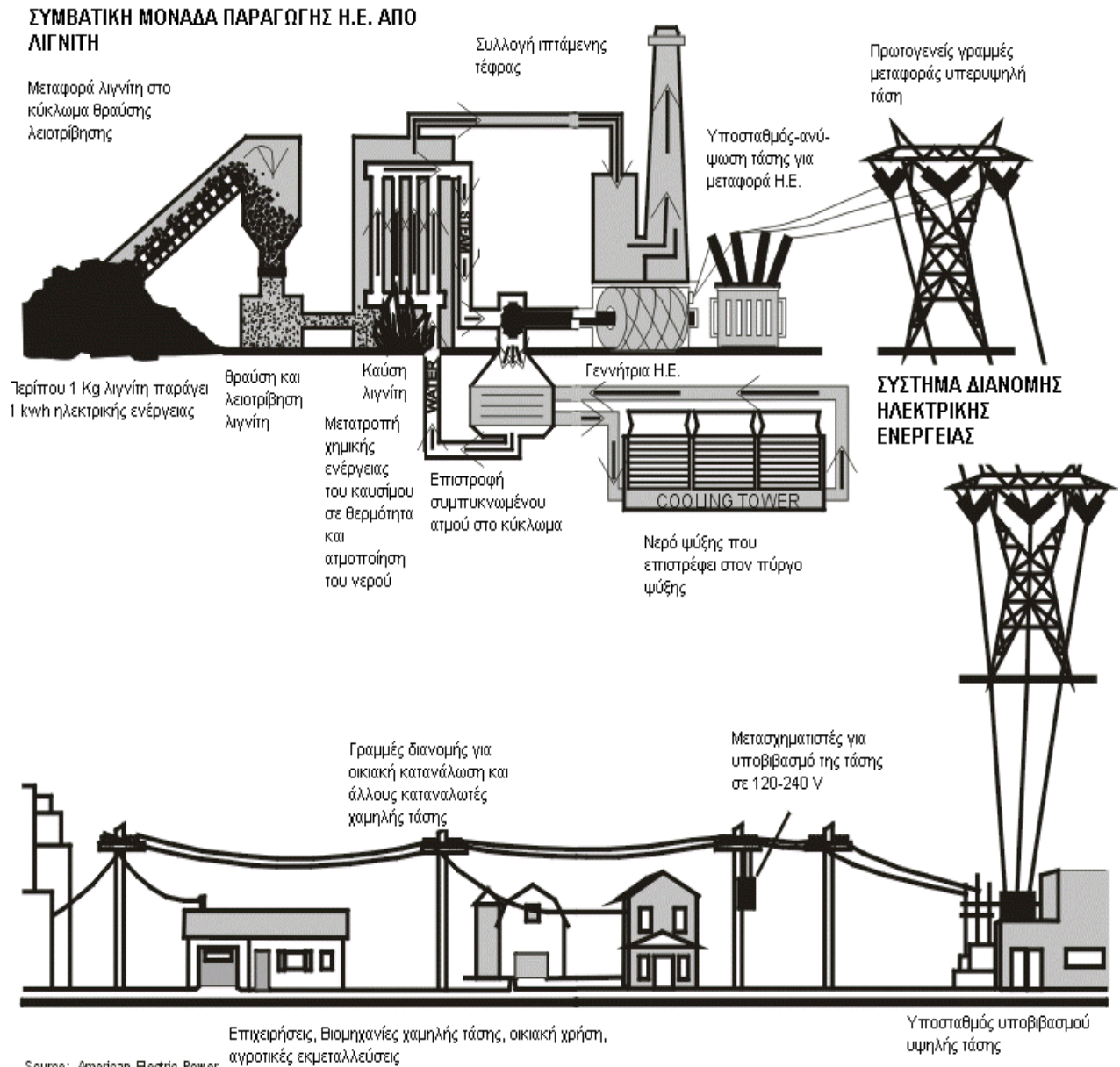
- 1) οι συμβατικές (Σχήμα 1) με καύση του καυσίμου για θέρμανση νερού και παραγωγή ατμού, περιστροφή αμοστροβίλων και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη βοήθεια γεννητριών και
- 2) οι εξελιγμένες (συνδυασμένος κύκλος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αεροστροβίλους και αμοστροβίλους ή συμπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας ή συνδυασμός των παραπάνω) με δυνατότητα χρήσης όλων των τύπων ορυκτών καυσίμων (Σχήματα 2 και 3) με στόχους :

1. την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης
2. τη μείωση της κατανάλωσης μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ορυκτά καύσιμα) και
3. τη μείωση των αερίων εκπομπών (π.χ. χρήση φυσικού αερίου) για προστασία του περιβάλλοντος.

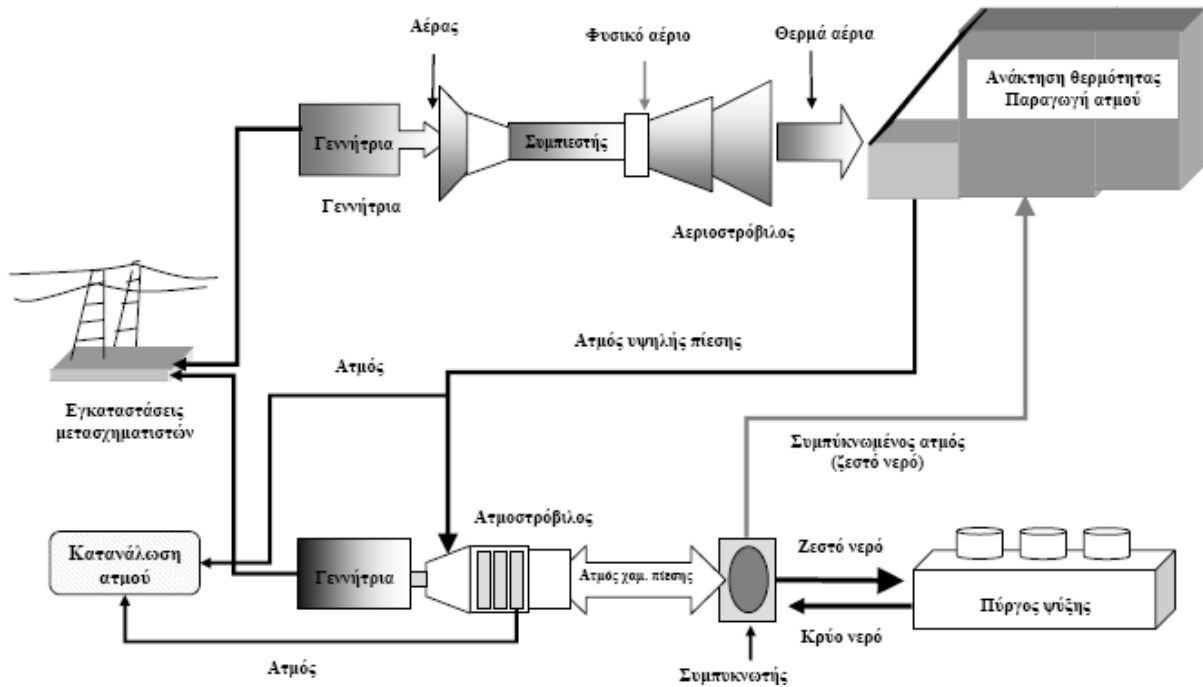
Διεργασίες παραγωγής Η.Ε. σε τυπική μονάδα ηλεκτροπαραγωγής με καύσιμο λιγνίτη. Οι βασικές διεργασίες παραγωγής Η.Ε. περιγράφονται συνοπτικά παρακάτω:

- 1) Ο εξορυσσομένος λιγνίτης μεταφέρεται με μεταφορικές ταινίες στη μονάδα θραύσης.
- 2) Θραύεται πρωτογενώς και μεταφέρεται στη μονάδα ηλεκτροπαραγωγής.
- 3) Λειοτριβείται σε λεπτομερές μέγεθος τεμαχίων.
- 4) Ο λειοτριβημένος λιγνίτης αναμειγνύεται με αέρα και εισάγεται στο θάλαμο καύσης όπου καίγεται προς παραγωγή θερμότητας (μετατροπή της χημικής ενέργειας του καυσίμου σε θερμότητα).
- 5) Μεγάλες ποσότητες καθαρού νερού αντλούνται και κυκλοφορούν σε σωληνώσεις μέσα στο θάλαμο καύσης.
- 6) Το νερό προσλαμβάνει την εκλυόμενη θερμότητα από την καύση και μετατρέπεται σε υπέρθερμο και υψηλής πίεσης ατμό.
- 7) Ο ατμός οδηγείται με σωληνώσεις σε αμοστροβίλους που μετατρέπουν την ενέργεια του ατμού σε κινητική ενέργεια.
- 8) Η κινητική ενέργεια του αμοστροβίλου παράγει με τη βοήθεια μιας γεννήτριας ηλεκτρική ενέργεια.
- 9) Η ηλεκτρική ενέργεια μετασχηματίζεται σε υψηλής τάσης Η.Ε. και οδηγείται στο σύστημα μεταφοράς.
- 10) Η τάση της Η.Ε. υποβιβάζεται όταν φθάσει κοντά στους καταναλωτές και διανέμεται στους χρήστες.
- 11) Ο θερμός ατμός των αμοστροβίλων οδηγείται στο κύκλωμα συμπύκνωσης και επιστρέφει με τη μορφή νερού στο κύκλωμα αμμοποίησης του θαλάμου καύσης.

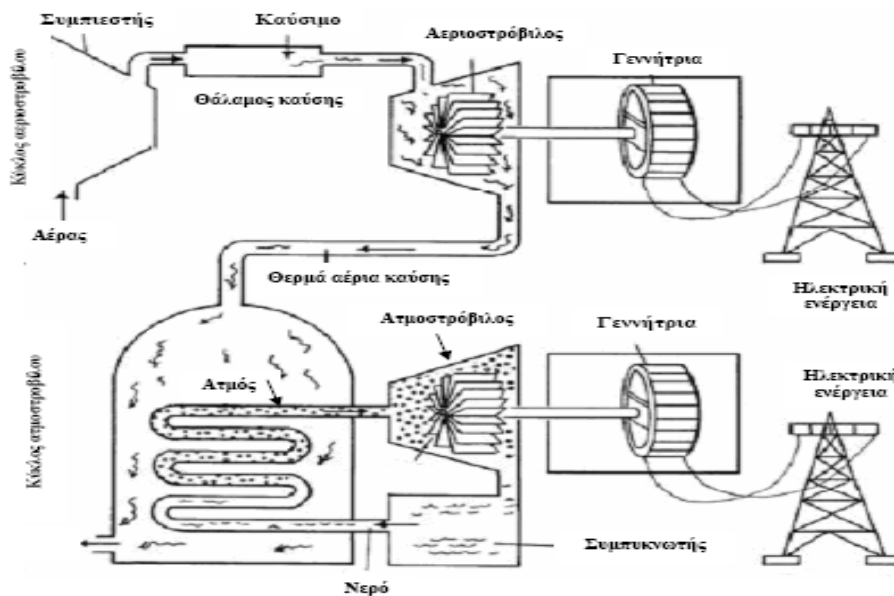
- 12) Παραγωγή ενέργειας από συμβατικά ορυκτά καύσιμα και από εναλλακτικές πηγές ενέργειας.
- 13) Το νερό ψύξης του θερμού ατμού επιστροφής των αεριοστροβίλων θερμαίνεται και αυτό και αφού περάσει από εναλλάκτες θερμότητας επιστρέφει στη λίμνη από την οποία αντλήθηκε έχοντας αυξημένη θερμοκρασία.



Σχήμα 2.1: Διάταξη ατμοηλεκτρικού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύσιμο λιγνίτη (Πηγή: American Electric Power).



Σχήμα 2.2 Διάταξη της μεθόδου συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας (cogeneration, CHP) με χρήση φυσικού αερίου ως καυσίμου. (Πηγή: BC HYDRO, Vancouver Island generation project, Natural Gas combined cycle power plant).



Σχήμα 2.3 Συνδυασμένος κύκλος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (αεριοστρόβιλος & ατμοστρόβιλος).

## 2.1.1 Θερμοηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής

Σε [11] ένα θερμοηλεκτρικό εργοστάσιο οι χημικές ενώσεις όπως το πετρέλαιο το κάρβουνο ή ο λιγνίτης καίγονται (δηλαδή αντιδρούν με το οξυγόνο) απελευθερώνοντας θερμότητα. Μέρος της θερμότητας αυτής χρησιμοποιείται για να θερμάνει νερό, το οποίο κυκλοφορεί γύρω από το δοχείο της καύσης. Το νερό μετατρέπεται σε ατμό (και μάλιστα με πίεση) που όταν απελευθερώνεται και κινείται (στους σωλήνες) έχει κινητική ενέργεια. Ο ατμός γυρίζει έτσι τις τουρμπίνες, δίνοντας σε αυτές την κινητική του ενέργεια (ενώ ο ίδιος κρυώνει). Οι τουρμπίνες με τη σειρά τους γυρίζουν τις ηλεκτρογεννήτριες που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Το νερό αφού χρησιμοποιηθεί για να γυρίσει τις τουρμπίνες έχει ακόμα υψηλή θερμοκρασία, που όμως δεν είναι αρκετά υψηλή ώστε να χρησιμοποιηθεί για να γυρίσει άλλη τουρμπίνα. Το νερό αυτό συχνά χρησιμοποιείται από τα σπίτια της γύρω περιοχής για κεντρική θέρμανση και για παροχή ζεστού νερού. (Δηλαδή, τα σπίτια αυτά δεν έχουν θερμοσίφωνες, αλλά το ζεστό νερό στη βρύση φτάνει έτοιμο από το κύκλωμα της πόλης, όπως ακριβώς και το κρύο νερό). Αν το νερό δεν χρησιμοποιηθεί για αυτό το σκοπό, τότε ένα μέρος εξατμίζεται και ένα μικρό μέρος καταλήγει πάλι στο ποτάμι.

Σε ένα θερμοηλεκτρικό εργοστάσιο μόνο ένα ποσοστό 30-50% της αρχικής χημικής ενέργειας θα μετατραπεί σε ηλεκτρική. Το υπολοιπό 50-70% θα μετατραπεί σε θερμική ενέργεια η οποία διαφεύγει στο περιβάλλον. Στους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς παράγεται ηλεκτρική ενέργεια από διάφορες ορυκτές πρώτες ύλες (υγρές, στερεές, αέριες), με ενδιάμεση ενεργειακή μορφή τη θερμική ενέργεια υψηλής θερμοκρασίας. Τα ορυκτά υλικά (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο) έχουν εσώκλειστη ενέργεια σε χημική μορφή, η οποία απελευθερώνεται με την καύση για να παραχθεί θερμότητα. Κοινό χαρακτηριστικό όλων των συναφών διαδικασιών παραγωγής ενέργειας είναι ότι οι ορυκτές ύλες δεν είναι ανανεώσιμες, σε αντίθεση με το νερό, τον αέρα και την ηλιακή ενέργεια ως πρωτογενή ενεργειακή μορφή που είναι ανανεώσιμα και, θεωρητικά, διαρκώς διαθέσιμα.

Οι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί απαιτούν επιπλέον των εγκαταστάσεων αμοστροβίλου και ηλεκτρικής γεννήτριας, επίσης ατμολέβητες, συμπυκνωτές, επεξεργασία αέριων ρύπων, ψυκτικούς πύργους, σωληνώσεις κ.ά., άρα πρόκειται για μονάδες υψηλού κόστους επενδύσεως και η οικονομική λειτουργία τους σχετίζεται με τη θερμογόνο αξία του διαθέσιμου ορυκτού καυσίμου. Η θερμότητα που παράγεται από την καύση βράζει ποσότητες νερού, οι οποίες βρίσκονται σε ένα δίκτυο σωληνώσεων. Έτσι, το νερό μετατρέπεται σε ατμό υψηλής πίεσης, ο οποίος θέτει σε κίνηση μια τουρμπίνα (αμοστροβίλο). Η τουρμπίνα μεταδίδει την κίνηση σε μια γεννήτρια και έχουμε έτσι παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Έπειτα, ο ατμός συμπυκνώνεται και γίνεται έτσι πάλι νερό που οδηγείται ξανά στο λέβητα. Οι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής είναι οι πιο οικονομικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες ποσότητες.

Αυτές οι μονάδες, των οποίων η ισχύς κυμαίνεται από μερικές δεκάδες kW μέχρι 340 MW, έχουν μεν σχετικά μικρό κόστος εγκαταστάσεως, αλλά χαμηλό βαθμό αποδόσεως, άρα υψηλό κόστος λειτουργίας. Τα καυσαέρια αυτών των μονάδων είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν για την ενεργειακή τροφοδοσία ατμοσλεβήτων. Όπως προαναφέρθηκε, οι μονάδες με αεριοστροβίλους παρέχουν ονομαστική ισχύ σε σύντομο χρονικό διάστημα, γι' αυτό αξιοποιούνται κυρίως για την κάλυψη αιχμών του ζητούμενου ενεργειακού φορτίου.

Σημαντικό θέμα κατά τη λειτουργία θερμοηλεκτρικών σταθμών που καίνε στερεά ορυκτά, είναι η σοβαρή επιβάρυνση του περιβάλλοντος που προκαλούν, τόσο με την τέφρα, όσο και με την υγρασία των ψυκτικών πύργων που αποβάλλουν. Η περιοχή Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου, αλλά κι αυτή της Μεγαλόπολης είναι από τις περισσότερο επιβαρυνμένες περιοχές της Ελλάδας, όσον αφορά την αέρια ρύπανση.

## 2.1.2 Μεγάλοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής

Η [12] υδροηλεκτρική ενέργεια είναι η πιο σημαντική και ευρεία χρησιμοποιούμενη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Αντιπροσωπεύει το 19% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρισμού. Σε όλο τον κόσμο υπάρχουν σήμερα περίπου 45.000 μεγάλα υδροηλεκτρικά φράγματα σε λειτουργία. Η χώρα με τη μεγαλύτερη παραγωγή υδροηλεκτρισμού είναι ο Καναδάς και ακολουθούν οι Η.Π.Α. και η Βραζιλία, στις οποίες η εκμετάλλευση των υδάτων προέρχεται από τους ποταμούς. Η ενέργεια αυτή δεν παράγει βλαβερή αέρια και κατά συνέπεια έχει αισθητά μικρότερη επίδραση στην ατμόσφαιρα. Αν και γνωρίζουμε ποικίλους τρόπους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η συντριπτικά μεγαλύτερη ποσότητα αυτής της ποιοτικά υψηλής ενεργειακής μορφής παράγεται σε ηλεκτροπαραγωγούς σταθμούς με χρήση γεννητριών.

Αυτές οι γεννήτριες στηρίζονται πάντα στην αρχή της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής, η πρωτογενής ενέργεια που αξιοποιείται για την κίνησή τους, παράγεται άλλοτε με την πτώση νερού σε υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Οι σταθμοί παραγωγής που χρησιμοποιούν ως πρωτογενή ενέργεια την κίνηση του νερού ή τους στροβίλους αέριου καυσίμου, είναι δυνατόν να διαθέσουν την ονομαστική ισχύ μέσα σε λίγα λεπτά από την εκκίνησή τους. Ατμοηλεκτρικοί σταθμοί χρειάζονται όμως μέχρι να φτάσουν στην ονομαστική ισχύ τους αρκετές ώρες μέχρι μερικές ημέρες. Αυτός είναι και ο λόγος που οι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί χρησιμοποιούνται για την κάλυψη του βασικού ενεργειακού φορτίου, ενώ οι σταθμοί ταχείας εκκινήσεως αναλαμβάνουν να καλύψουν τις αιχμές ενεργειακής ζήτησης.

Σε ένα υδροηλεκτρικό σταθμό μετατρέπεται η μηχανική ενέργεια του νερού σε ηλεκτρική. Οι μονάδες αυτές βασίζονται στην κίνηση του νερού που περιστρέφει μία τουρμπίνα η οποία θέτει σε λειτουργία μια γεννήτρια. Οι περισσότερες υδροηλεκτρικές μονάδες χρησιμοποιούν ένα φράγμα το οποίο συγκρατεί μια μεγάλη ποσότητα νερού δημιουργώντας μια μεγάλη δεξαμενή. Συγκεκριμένα, το νερό που διοχετεύεται σε καθοδικό αγωγό, αποκτάει κινητική ενέργεια και περιστρέφει ένα υδρόμυλο ή ένα υδροστρόβιλο. Σε άλλες περιπτώσεις αξιοποιείται η σταθερή ροή των υδάτων ενός ποταμού για να κινήσει αυτές τις μηχανές. Αυτή η περιστροφική κίνηση μεταφέρεται στον άξονα ηλεκτρικής γεννήτριας, η οποία παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Ο συνολικός βαθμός αποδόσεως ενός υδροηλεκτρικού σταθμού φτάνει μέχρι το 90%.

Με την πάροδο των δεκαετιών εξελίχθηκαν και τυποποιήθηκαν μορφές και μεγέθη υδροηλεκτρικών μονάδων, ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες και τις ιδιαιτερότητες του γεωγραφικού χώρου. Ένα κριτήριο κατηγοριοποίησης είναι το ύψος πτώσης των υδάτων:

- 1) Μονάδες με ύψος πτώσης νερού κάτω των 15 μέτρων και μεγάλη παροχή νερού, χρησιμοποιούνται για την κάλυψη βασικού φορτίου ισχύος.
- 2) Μονάδες με ύψος πτώσης νερού μεταξύ 15 και 50 μέτρων και μέση ως μεγάλη παροχή νερού, χρησιμοποιούνται για την κάλυψη βασικού και μεσαίου φορτίου ισχύος.
- 3) Μονάδες με ύψος πτώσης νερού από 50 μέτρα και πάνω και μικρή παροχή νερού, χρησιμοποιούνται για την κάλυψη φορτίων αιχμής.

Ένα άλλο κριτήριο κατηγοριοποίησης είναι η διαθεσιμότητα μιας ηλεκτροπαραγωγού μονάδας. Αυτό σημαίνει ότι η μονάδα παράγει στην κανονική λειτουργία της ένα μικρότερο ποσοστό από την πραγματική δυναμικότητά της και σε ώρες μεγάλης ενεργειακής ζήτησης αυξάνεται βραχυπρόθεσμα η παραγόμενη ποσότητα ενέργειας.

Ένα τρίτο κριτήριο για κατηγοριοποίηση των υδροηλεκτρικών σταθμών είναι το είδος κατασκευής της υδροηλεκτρικής μονάδας:



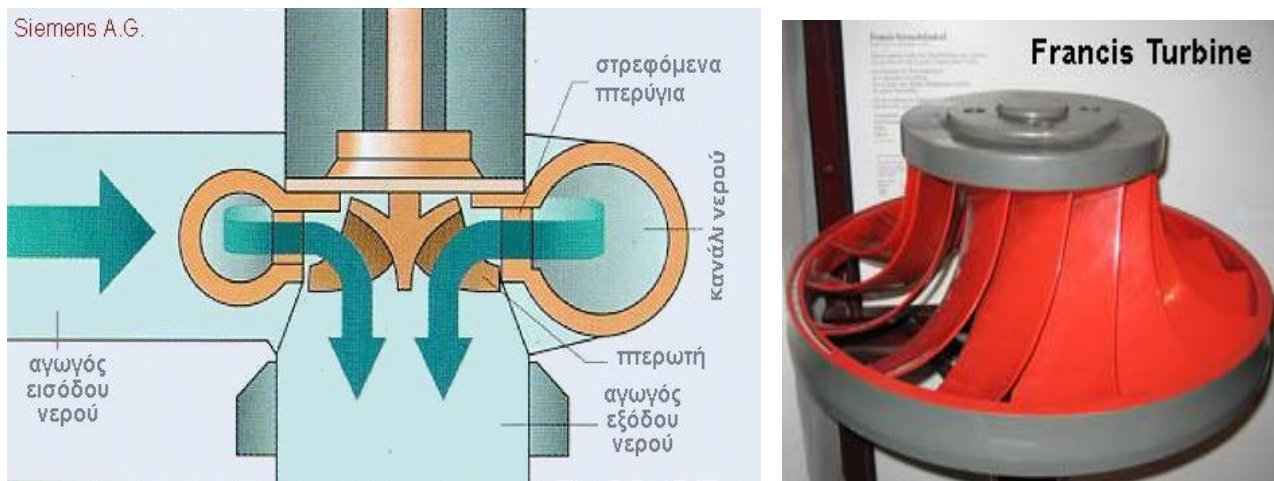
- 1) Μονάδες με ύδατα συνεχούς ροής: Συσσωρεύεται το νερό ενός ποταμού και ελέγχεται η απορρέουσα ποσότητα για την παραγωγή ενέργειας.
- 2) Μονάδες με ταμιευτήρα νερού: Αποθηκεύεται το νερό για κάποιο χρονικό διάστημα (ώρες, ημέρες, εβδομάδες) και όταν παρουσιαστεί ζήτηση φορτίου, διατίθεται το νερό για την παραγωγή ενέργειας.
- 3) Αντλητική μονάδα: Με τυχόν περίσσειμα ηλεκτρικής ενέργειας αντλείται το νερό από χαμηλό σημείο σε υψηλότερο και όταν παρουσιαστεί ζήτηση φορτίου διατίθεται το νερό για την παραγωγή ενέργειας.
- 4) Άλλοι τύποι υδροηλεκτρικών μονάδων κατασκευάζονται λιγότερο και μόνο σε γεωγραφικές περιοχές με ειδικές προδιαγραφές, όπως για την αξιοποίηση της θαλάσσιας παλίρροιας, των θαλάσσιων κυμάτων και ρευμάτων κ.ά.

Μειονεκτήματα αυτού του τρόπου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι το μεγάλο κόστος των εγκαταστάσεων, ο κίνδυνος για γεωλογικές επιπτώσεις (σεισμοί, κατολισθήσεις κ.ά.) λόγω του σημαντικού μηχανικού φορτίου στο υπέδαφος από το συσσωρευόμενο νερό και πιθανές πλημμύρες λόγω θραύσης φραγμάτων. Πλεονεκτήματα είναι η ανανεωσιμότητα, η απουσία εκπομπών στο περιβάλλον, η ρύθμιση της παροχής υδάτων στους ποταμούς κ.ά.

### 2.1.3 Είδη υδροστρόβιλων

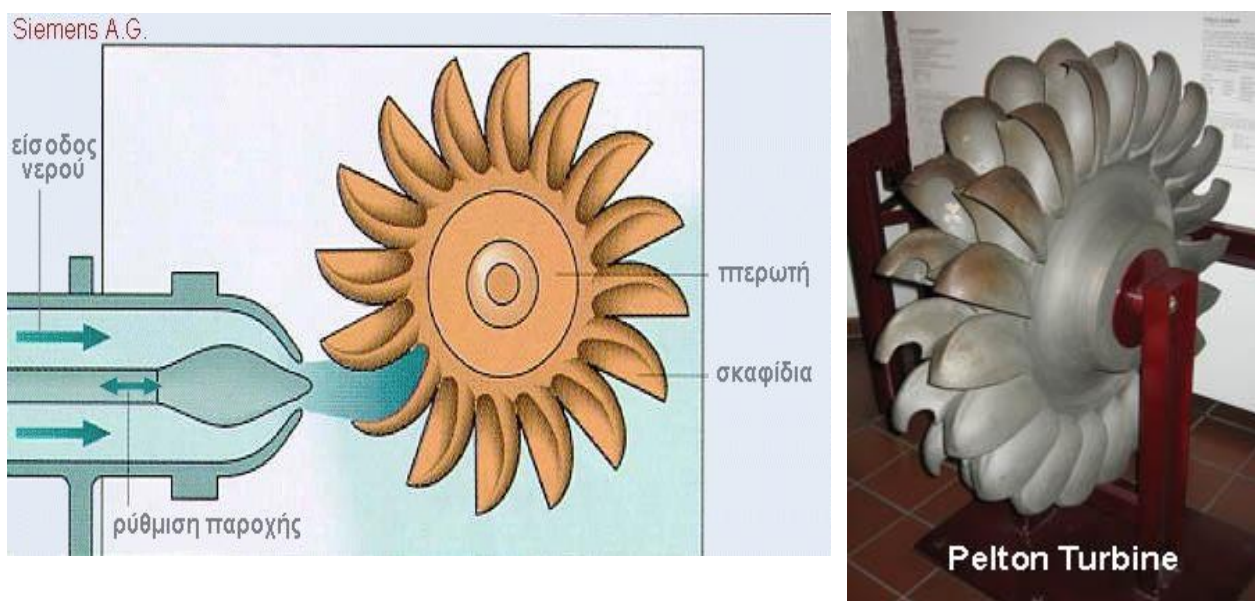
Από [13] τα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα αρχίζουν να κατασκευάζονται υδροστρόβιλοι οι οποίοι είναι δυ- νατόν να αξιοποιήσουν πολύ μεγαλύτερες ποσότητες νερού και μεγαλύτερες υψομετρικές διαφορές. Με την εισαγωγή για ευρεία χρήση του ηλεκτρισμού, δεν ήταν πια απαραίτητο να αξιοποιηθεί στον τόπο της υδατόπτωσης η παραγόμενη ενέργεια, αλλά μπρούσε να μεταφερθεί μέσω των εναέριων γραμμών στα σημεία κατανάλωσης, δηλαδή κοντά ή μέσα στις μεγάλες πόλεις. Ο υδροστρόβιλος (τουρμπίνα) μετατρέπει την δυναμική και κινητική ενέργεια του νερού σε μηχανική ενέργεια (περιστροφή) και μεταδίδει αυτή την κίνηση σε ηλεκτρογεννήτρια περιστρεφόμενου δρομέα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Με την πάροδο των δεκαετιών βελτιώθηκε η σχετική τεχνολογία σε τέτοιο βαθμό, ώστε στο τέλος του 20<sup>ου</sup> αιώνα κατασκευάζονται υδροστρόβιλοι με ισχύς, από περίπου 10 kW μέχρι αρκετές εκατοντάδες MW. Αυτοί οι υδροστρόβιλοι σχεδιάζονται με διαφορετικές τεχνικές λεπτομέρειες, ανάλογα με τις γεωγραφικές συνθήκες της περιοχής που θα εγκατασταθούν, αν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε μια ποτάμια μονάδα παραγωγής ή σε ένα σταθμό με μεγάλο ύψος πτώσης νερού κλπ. Οι μεγαλύτεροι υδροστρόβιλοι που έχουν κατασκευαστεί μέχρι το τέλος του 20<sup>ου</sup> αιώνα έχουν διάμετρο περί τα 11 μέτρα. Σημαντικό ρόλο στη λειτουργία ενός υδροστρόβιλου παίζει ο αυτόματος έλεγχος του αριθμού στροφών, λόγω της μεταβαλλόμενης ποσότητας διερχόμενου νερού και λόγω μεταβολών στην πλευρά του φορτίου (ανοικτό κύκλωμα, ονομαστική λειτουργία, βραχυκύκλωμα λόγω βλάβης κλπ.)

Το έτος 1849 ο Αμερικάνος μηχανικός James B. Francis (Φράσις, 1815-1892) κατασκεύασε ένα νέο υδροστρόβιλο, ο οποίος έκτοτε φέρει αυτό το όνομα και αποτελεί το συνηθέστερο τύπο στροβίλου σε υδροηλεκτρικά έργα μεσαίου μεγέθους. Ο στρόβιλος Francis χρησιμοποιείται συνήθως για ύψος πτώσης νερού από 10 μέχρι 250 m και για διερχόμενες ποσότητες νερού από 0,2 μέχρι 20 m<sup>3</sup>/s, με ισχείς από 10 kW μέχρι 770 MW. Αυτός ο στρόβιλος κινείται με την πίεση νερού στα περύγια της περωτής, το οποίο νερό διοχετεύεται σ' αυτά μέσω περιμετρικού κοχλιοειδούς καναλιού. Ένας σταθερός τροχός καθοδήγησης έχει τοποθετημένα περύγια που στρέφονται αντίθετα με την κατεύθυνση προσανατολισμού των σταθερών περυγίων της περωτής και ρυθμίζουν έτσι τη γωνία πρόσπτωσης και την ταχύτητα του εισερχόμενου νερού και κατ' επέκταση ρυθμίζουν τον αριθμό στροφών και την ισχύ του στροβίλου. Ο περιστρεφόμενος δρομέας του στροβίλου είναι συνδεδεμένος απευθείας σε προέκταση του άξονα της γεννήτριας κι έτσι όλη η ροπή του στροβίλου μεταφέρεται στη γεννήτρια.



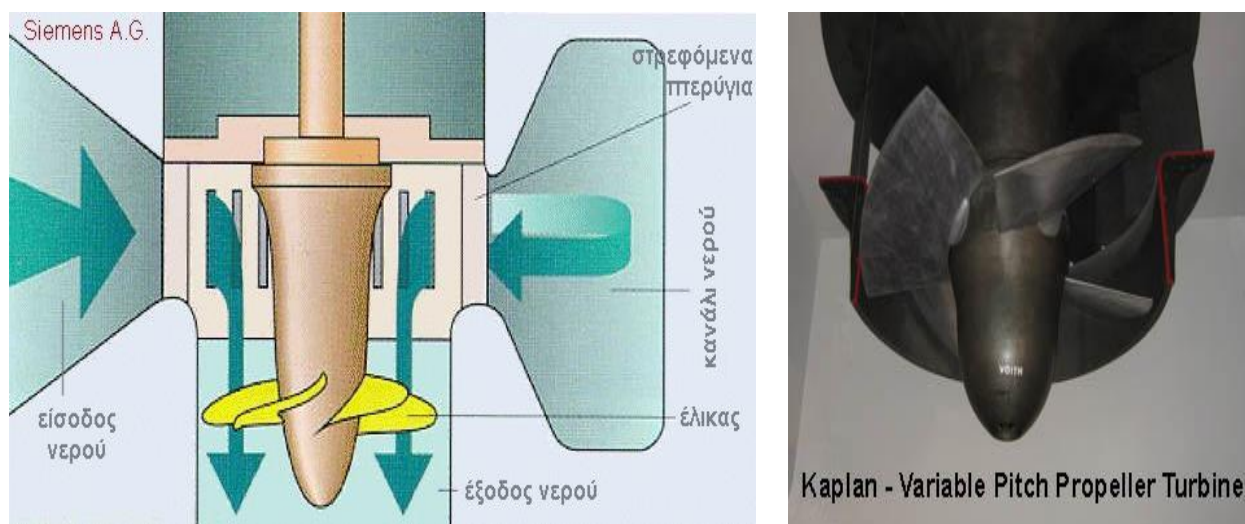
Εικόνα 2.1 Στρόβιλος Francis

Ο στρόβιλος Pelton κατασκευάστηκε το έτος 1879 από τον Αμερικάνο μηχανικό Lester Pelton (Πέλτον, 1829-1908). Σ' αυτό τον τύπο στροβίλου οδηγείται το νερό σε ένα ή περισσότερα ακροφύσια, από τα οποία εκτοξεύεται το υγρό με μεγάλες ταχύτητες στα πτερύγια της πτερωτής. Αυτά τα πτερύγια είναι διαμορφωμένα σαν δίδυμα δοχεία (σκαφίδια), ώστε το νερό να διαχωρίζεται στην αιχμηρή ακμή των δύο σκαφιδίων και να περνά από την εσωτερική επιφάνειά τους, ακολουθώντας έτσι τοξοειδή διαδρομή και αποδίδοντας όλη την κινητική ενέργεια. Κάθε ακροφύσιο διοχετεύει περί τα  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  και ο αριθμός των ακροφυσίων εξαρτάται από τις διαθέσιμες ποσότητες νερού. Η παρεχόμενη ροή ρυθμίζεται με βελόνες στον αυλό του ακροφυσίου. Για μεγάλες ποσότητες νερού και πολλά ακροφύσια (μέχρι 6) τοποθετείται ο στρόβιλος κατακόρυφα. Ο στρόβιλος Pelton χρησιμοποιείται σε μεγάλες υδροηλεκτρικές μονάδες, με μεγάλα ύψη και μικρές ποσότητες νερού. Για ένα ύψος πτώσης νερού περί τα 1.000 μέτρα η ταχύτητα εξόδου νερού στο ακροφύσιο φτάνει τα  $500 \text{ km/h}$  ( $139 \text{ m/s}$ ) και γι' αυτό η καταπόνηση των υλικών είναι τεράστια (σπηλαιώση του χάλυβα). Οι στρόβιλοι αυτού του τύπου λειτουργούν με μεγάλο αριθμό στροφών, περί τις 3.000 ανά λεπτό και έχουν βαθμό αποδόσεως μέχρι 90% .



Εικόνα 2.2 Στρόβιλος Pelton

Ο στρόβιλος Kaplan αποτελεί μια βελτιωμένη εκδοχή του στροβίλου Francis και κατασκευάστηκε το έτος 1913 από το Γερμανό μηχανικό Viktor Kaplan (Καπλάν, 1876-1934). Η περωτή αυτού του στροβίλου που τοποθετείται συνήθως κατακόρυφα, μοιάζει με έλικα πλοίου, της οποίας τα περύγια μπορούν να περιστραφούν κι έτσι επιτυγχάνεται η ρύθμιση της αποδοτικότερης λειτουργίας του. Αυτός ο στρόβιλος είναι κατάλληλος για μικρές υδροηλεκτρικές μονάδες, μικρά ύψη πτώσης και μικρές ποσότητες διελεύσεως νερού.



Εικόνα 2.3 Στρόβιλος Kaplan

## 2.2 Ηλιακή ενέργεια

Η [14] ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργειας ακτινοβολίας. Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο, και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της. Όσον αφορά την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών: τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, και τα φωτοβολταϊκά συστήματα.

Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που παράγεται στον ήλιο. Φτάνει σχεδόν αμετάβλητη στο ανώτατο στρώμα της ατμόσφαιρας του πλανήτη μας, διαμέσου του διαστήματος, και στη συνέχεια κατά τη διέλευσή της από την ατμόσφαιρα υπόκειται σε σημαντικές αλλαγές, που οφείλονται στην σύσταση της ατμόσφαιρας.

Στα ενεργητικά ηλιακά συστήματα καρδιά του συστήματος είναι ο ηλιακός συλλέκτης. Η

ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στη μαύρη, μεταλλική συνήθως, επίπεδη επιφάνεια του ηλιακού συλλέκτη, η οποία απορροφά την ακτινοβολία και θερμαίνεται. Πάνω από την απορροφητική επιφάνεια βρίσκεται ένα διαφανές κάλυμμα, από γυαλί ή πλαστικό, που αφήνει τις ακτίνες του ήλιου να περάσουν, αλλά εμποδίζει την θερμότητα να ξεφύγει. Αν τοποθετήσουμε σωληνώσεις με νερό σε επαφή με την απορροφητική επιφάνεια, μπορούμε να της αποσπάσουμε την πολύτιμη, συγκεντρωμένη ενέργεια. Αυτή την ενέργεια τη μεταφέρουμε, με τη μορφή ζεστού νερού, σε μια μονωμένη δεξαμενή αποθήκευσης (boiler), απ' όπου θα την πάρουμε όταν τη χρειαστούμε.

Επίσης, τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι δομικά στοιχεία του ίδιου του κτιρίου κατάλληλα σχεδιασμένα και συνδυασμένα μεταξύ τους που αξιοποιούν τους φυσικούς τρόπους μετάδοσης θερμότητας χωρίς να χρησιμοποιούν μηχανικά μέσα για να μεταφέρουν τη θερμότητα που συλλέγουν. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι δομικά στοιχεία του κτιρίου, που, αξιοποιώντας τους νόμους μεταφοράς θερμότητας, συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν σε μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο. Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ειδικότερα, στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του γυαλιού ή άλλου διαφανούς υλικού και τον εγκλωβισμό της θερμότητας στο εσωτερικό του χώρου. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα συνδυάζονται και με τεχνικές φυσικού φωτισμού καθώς και παθητικά συστήματα και τεχνικές για το φυσικό δροσισμό των κτιρίων το καλοκαίρι.

Τέλος, τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) συστήματα έχουν τη δυνατότητα μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Ένα τυπικό Φ/Β σύστημα αποτελείται από το Φ/Β πλαίσιο ή ηλιακή γεννήτρια ρεύματος και τα ηλεκτρονικά συστήματα που διαχειρίζονται την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τη Φ/Β συστοιχία. Για αυτόνομα συστήματα υπάρχει επίσης το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας σε μπαταρίες. Μία τυπική Φ/Β συστοιχία αποτελείται από ένα ή περισσότερα Φ/Β πλαίσια ηλεκτρικά συνδεδεμένα μεταξύ τους. Όταν τα Φ/Β πλαίσια εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία, μετατρέπουν ποσοστό 14% περίπου της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική γίνεται αθόρυβα, αξιόπιστα και χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που παράγεται στον ήλιο. Φτάνει σχεδόν αμετάβλητη στο ανώτατο στρώμα της ατμόσφαιρας του πλανήτη μας, διαμέσου του διαστήματος, και στη συνέχεια κατά τη διέλευσή της από την ατμόσφαιρα υπόκειται σε σημαντικές αλλαγές, που οφείλονται στην σύσταση της ατμόσφαιρας.

## 2.2.1 Κατηγορίες φωτοβολταϊκών

Ανάλογα με την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας τα Φ/Β συστήματα διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες :

- 1) 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.

2) 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 εναλλασσόμενου ρεύματος θα πρέπει να υπάρχει ένας αντιστροφέας στο σύστημα ο οποίος θα μετατρέπει την συνεχή σε εναλλασσόμενη τάση. Οι κατηγορίες των αυτόνομων φωτοβολταϊκών συστημάτων διακρίνονται σε πολύ μικρά φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα συστήματα αυτής της κατηγορίας χρησιμοποιούνται σε μικρού μεγέθους εφαρμογές, όπως τροχόσπιτα, σκάφη αναψυχής, φωτισμός κήπου και σε άλλες εφαρμογές όπως μικροί φορητοί υπολογιστές, κτλ. Επίσης έχουμε, συστήματα αδιάλειπτης παροχής ή UPS.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα φωτοβολταϊκά χρησιμοποιούνται για παροχή ηλεκτρικής ενέργειας εφεδρείας. Στην περίπτωση αυτή, το σύστημα είναι μεν διασυνδεδεμένο με τη ΔΕΗ, αλλά διαθέτει και μπαταρίες (συν όλα τα απαραίτητα ηλεκτρονικά) για να αναλαμβάνει την κάλυψη των αναγκών σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος και για όσο διαρκεί αυτή. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα με μπαταρίες είναι μία πολύ αξιόπιστη λύση για την ηλεκτροδότηση ενός χώρου ή μηχανήματος 24 ώρες το 24ωρο, με βροχή ή λιακάδα. Χρησιμοποιούνται σε όλο τον κόσμο για να μας δίνουν φως, να προμηθεύουν ηλεκτρικό τις οικιακές συσκευές, διακόπτες, τηλέφωνα, ακόμα και μηχανολογικό εξοπλισμό βαρέως τύπου. Κατά την διάρκεια της ημέρας τα στοιχεία συλλέγουν ηλιακό φως, το μετατρέπουν σε ηλεκτρικό ρεύμα και το αποθηκεύουν στις μπαταρίες. Αυτές με την σειρά τους μας προμηθεύουν με ηλεκτρισμό όταν ζητηθεί. Μεσολαβεί μία συσκευή που ονομάζεται ρυθμιστής φόρτισης η οποία φροντίζει να φορτίζονται σωστά οι μπαταρίες και επιμηκύνει την διάρκεια ζωής τους, προστατεύοντάς τις από υπερφόρτιση ή από την ολική τους αποφόρτιση.

Οι μπαταρίες είναι χρήσιμες στις περισσότερες περιπτώσεις αλλά απαιτούν μία περιοδική συντήρηση. Είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε να μας δίνουν περισσότερο απο το αποθηκευμένο ρεύμα τους κάθε ημέρα. Τα υγρά τους πρέπει να ελέγχονται περιοδικά και πρέπει να προστατεύονται από υπερβολικά χαμηλές θερμοκρασίες. Η ποσότητα του ηλεκτρικού ρεύματος που μπορούμε να απαιτήσουμε από αυτές μετά την δύση του ήλιου ή σε συννεφιασμένο καιρό καθορίζεται από την παραγωγή των φωτοβολταϊκών στοιχείων, το είδος και την ποσότητα των μπαταριών. Η πρόσθεση επιπλέον μπαταριών και στοιχείων ανεβάζει το κόστος της επένδυσής μας, για αυτό τον λόγο πρέπει να γίνεται καλή μελέτη των ενεργειακών αναγκών πριν την εγκατάσταση του συστήματος για τον ορισμό του αποδοτικότερου μεγέθους του συστήματος.



- 3) Υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα: Αυτόνομο σύστημα που αποτελείται από τη Φ/Β συστοιχία σε συνδυασμό με άλλες πηγές ενέργειας όπως μια γεννήτρια πετρελαίου ή άλλη μορφή ΑΠΕ όπως για παράδειγμα οι ανεμογεννήτριες.

## 2.2.2. Πλεονεκτήματα φωτοβολταϊκών

Η [15] εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων μπορεί να συμβαδίσει αρμονικά με τοπία κάθε μορφής, ενώ δεν αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για παράλληλες χρήσεις της γης όπως, γεωργία, κτηνοτροφία και λειτουργία αγροτουριστικών μονάδων. Λόγω της υπόγειας όδευσης των αγωγών σύνδεσης, τα μόνα ορατά της τμήματα αποτελούν οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες και οι βάσεις (σταθερές ή ηλιοτροπικές) επί των οποίων εδράζονται. Οι εγκαταστάσεις μπορούν να αναπτυχθούν ταχύτατα, χωρίς ιδιαίτερη όχληση κατά το στάδιο της κατασκευαστικής τους περιόδου. Η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος έχει πάρα πολλά θετικά να παραθέσει. Είναι μια συνεχώς ανερχόμενη τεχνολογία που καθημερινά κερδίζει έδαφος. Κάποια από τα σημαντικότερα κίνητρα για να επενδύσει κάποιος σε αυτά τα συστήματα είναι τα εξής:

- 1) Υψηλός λόγος επιστροφής επένδυσης και μεγάλος λόγος κέρδους ανά εγκατεστημένο Watt.
- 2) Υψηλή συνεισφορά στην προσπάθεια διάσωσης του πλανήτη λόγω της απευθείας αντικατάστασης μιας kWh ηλεκτρικής ενέργειας, που παράγεται με πετρέλαιο, αέριο κτλ, με μια οικολογική kWh απευθείας από τον ήλιο.
- 3) Δεν προκαλούν οπτική όχληση, δεν ρυπαίνουν και δεν καταστρέφουν το περιβάλλον.
- 4) Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως σκίαστρα παράγοντας ταυτόχρονα και ηλεκτρική ενέργεια μιας και η θερμοκρασία κάτω από τα πάνελ είναι περίπου 5 C χαμηλότερη από μια αντίστοιχη φυσική σκίαση.
- 5) Παράγονται από υλικά που στην πλειοψηφία τους μπορούν να βρεθούν πολύ εύκολα στο περιβάλλον καθιστώντας την παραγωγή τους εύκολη υπόθεση και μειώνοντας έτσι φαινόμενα μονοπωλίου στο ελάχιστο.
- 6) Το χαμηλό τους ύψος, αλλά και η συντεταγμένη τοποθέτησή τους σε συμμετρικές συστοιχίες και γεωμετρικά πρότυπα, προσφέρουν μια εικόνα τάξης και οργάνωσης στην περιοχή ανάπτυξής τους, η οποία δεν δημιουργεί αρνητικά οπτικά ερεθίσματα.
- 7) Τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι λειτουργικά ακόμα και αν δεν υπάρχει άμεση ηλιακή ακτινοβολία αποφέροντας μας κέρδη όλο το χρόνο.
- 8) Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής που φθάνει τα 30 έτη με πολύ μικρές απώλειες στην απόδοσή τους.
- 9) Μπορούν να εγκατασταθούν σχεδόν οπουδήποτε και σε περιοχές με μηδενική καθημερινή πρόσβαση ή οπτική γωνία. Εκμεταλλεύονται έτσι τους νεκρούς χώρους προς όφελος μας.
- 10) Κάνοντας χρήση τέτοιων συστημάτων βοηθά την ενεργειακή ανεξάρτηση.
- 11) Τα φωτοβολταϊκά συστήματα παράγουν μηδενική ποσότητα ήχων, αφού λειτουργούν χωρίς κινούμενα μέρη ή άλλα μηχανικά εξαρτήματα και δεν επηρεάζουν το περιβάλλον τους.
- 12) Η συντήρηση που χρειάζονται είναι απειροελάχιστη σχεδόν ανύπαρκτη.
- 13) Ακόμα και μετά το πέρας της ζωής τους είναι πλήρως ανακυκλώσιμα. Κάποιες εταιρείες μπορεί να σας πληρώσουν έτσι ώστε να ανακυκλώσουν τα πάνελ σας και να τα επαναχρησιμοποιήσουν.

Η ενεργειακή ανεξαρτησία του χρήστη, όπου και να βρίσκεται αυτός είναι το μεγαλύτερο

πλεονέκτημα των Φ/Β συστημάτων. Το κόστος των Φ/Β πλαισίων είναι σήμερα το μεγαλύτερο μειονέκτημα των Φ/Β συστημάτων. Όμως πρέπει να τονιστεί ότι υπάρχουν σήμερα αρκετοί χρήστες για τους οποίους το Φ/Β σύστημα είναι η πλέον ενδεδειγμένη οικονομική λύση. Πρέπει να τονιστεί ότι η Φ/Β τεχνολογία, όπως άλλωστε και οι περισσότερες τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, παρουσιάζει ιδιαιτερότητες που κάνουν δύσκολη τη σύγκριση της με τις συμβατικές τεχνολογίες, για παράδειγμα δεν υπάρχει σαφής τρόπος αποτίμησης του περιβαλλοντικού κόστους των συμβατικών τεχνολογιών. Το κόστος της ενέργειας από Φ/Β συστήματα εξαρτάται πάρα πολύ από το κόστος του χρήματος.

### 2.2.3 Τύποι φωτοβολταϊκών πανελ

Το [16] υλικό που χρησιμοποιείται περισσότερο για να κατασκευαστούν φωτοβολταϊκα 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 τα παρακάτω:

- 1) 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.
- 2) Μπορεί εύκολα να λιώσει και να μορφοποιηθεί. Επίσης είναι σχετικά εύκολο να μετατραπεί στην μονοκρυσταλλική του μορφή.
- 3) Οι ηλεκτρικές του ιδιότητες μπορούν να διατηρηθούν μέχρι και στους 125 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 ευρή φάσμα θερμοκρασιών
- 4) Πολύ σημαντικό στοιχείο, που συνέβαλε στην γρήγορη ανάπτυξη τα φωτοβολταϊκα στοιχεία 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.

### 2.2.4 Τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων

- 1) Φωτοβολταϊκά [17] στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου (SingleCrystalline Silicon, sc-Si) Κατασκευάζονται από κυψέλες που έχουν κοπεί από ένα κυλινδρικό κρύσταλλο πυριτίου. Αποτελούν τα πιο αποδοτικά φωτοβολταϊκά με αποδόσεις της τάξεως του 18%. Η κατασκευή τους όμως είναι πιο πολύπλοκη γιατί απαιτεί την κατασκευής του μονοκρυσταλλικού πυριτίου με αποτέλεσμα το υψηλότερο κόστος κατασκευής. 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%. Το μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκα στοιχεία χαρακτηρίζονται από το πλεονέκτημα της καλύτερης σχέση 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.

- 2) Φωτοβολταϊκά κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου (MultiCrystalline Silicon, mc-Si). Τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά κατασκευάζονται από ράβδους λιωμένου και επανακρυσταλλομένου πυριτίου. Για την παραγωγή τους οι ράβδοι του πυριτίου κόβονται σε λεπτά τμήματα από τα οποία κατασκευάζεται η κυψέλη του φωτοβολταϊκού. Η διαδικασία κατασκευής τους είναι απλούστερη από εκείνη των μονοκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών με αποτέλεσμα το φθηνότερο κόστος παραγωγής. Παρουσιάζουν όμως σε γενικές γραμμές μικρότερη απόδοση της τάξεως του 15%. Το πάχος τους είναι επίσης περίπου 0,3 χιλιοστά.. 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) Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία ταινίας πυριτίου (Ribbon Silicon) πρόκειται για μια σχετικά νέα τεχνολογία φωτοβολταϊκών στοιχείων, προσφέροντας έως και 50% μείωση στην χρήση του πυριτίου σε σχέση με τις "παραδοσιακές τεχνικές" κατασκευής μονοκρυσταλλικών και πολυκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών κυψελών πυριτίου.
- 4) Φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου πυριτίου (Amorphous ή Thin film Silicon, a-Si). Τα φωτοβολταϊκά αυτής της κατηγορίας αποτελούνται από ένα λεπτό στρώμα πυριτίου που έχει εναποτεθεί ομοιόμορφα σε κατάλληλο υπόβαθρο. Σαν υπόβαθρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια μεγάλη γκάμα υλικών από δύσκαμπτα μέχρι ελαστικά με αποτέλεσμα να βρίσκει μεγαλύτερο εύρος εφαρμογών, ιδιαίτερα σε καμπύλες ή εύκαμπτες επιφάνειες. Ενώ το άμορφο πυρίτιο παρουσιάζει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην απορρόφηση του φωτός, εντούτοις η φωτοβολταϊκή απόδοση του είναι του μικρότερη των κρυσταλλικών, περίπου 8%. Το φθινό όμως κόστος κατασκευής τους τα κάνει ιδανικά σε εφαρμογές όπου δεν απαιτείται υψηλή απόδοση. 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 φωτοβολταϊκό προέρχεται από τον τυχαίο τρόπο με τον οποίο είναι διατεταγμένα τα άτομα του πυριτίου. Οι επιδόσεις που επιτυγχάνονται με χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκά thin films πυριτίου κυμαίνονται για το πλαίσιο από 6 έως 8% ενώ στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις ακόμα και 14%. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα για το φωτοβολταϊκό στοιχείο a-Si είναι το γεγονός ότι δεν επηρεάζεται πολύ από τις υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης, πλεονεκτεί στην αξιοποίηση της απόδοσης του σε σχέση με τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά, 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 φωτοβολταϊκά στοιχεία. Επίσης υπάρχουν αμφιβολίες όσον αφορά την διάρκεια ζωής των άμορφων πλαισίων μιας και δεν υπάρχουν στοιχεία από παλιές εγκαταστάσεις αφού η τεχνολογία είναι σχετικά



καινούρια. Παρόλα αυτά οι κατασκευαστές πλέον δίνουν εγγυήσεις απόδοσης 20 ετών. Το πάχος του πυριτίου είναι περίπου 0,0001 χιλιοστά ενώ το υπόστρωμα μπορεί να είναι από 1 έως 3 χιλιοστά.

- 5) Φωτοβολταϊκά στοιχεία με τελουριούχο Κάδμιο (CdTe), Αρσενικούχο Γάλλιο (GaAs) και Δισεληνοϊνδιούχο χαλκό(CuInSe<sub>2</sub> ή CIS).
1. 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 φωτοβολταϊκα 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. Σημαντικότερη χρήση του είναι ή ενθυλάκωση του στο γυαλί ως δομικό υλικό (BIPV Building Integrated Photovoltaic).
  2. 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%.
  3. 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.
  4. Ο Δισεληνοϊνδιούχος Χαλκός έχει εξαιρετική απορροφητικότητα στο προσπίπτων 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. 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.

## 2.2.5 CSP (Concentrated solar power) Systems

Οι [18] τεχνολογίες ΑΠΕ και ειδικότερα εκείνες που αφορούν την ηλιακή ενέργεια έχουν αναπτυχθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια. Ευρεία διάδοση έχουν τα φωτοβολταϊκά συστήματα,

τα οποία μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια απευθείας σε ηλεκτρική. Άλλη αναδυόμενη τεχνολογία είναι τα θερμικά ηλιακά συστήματα (Solar Thermal Systems - STS), τα οποία μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε θερμική ενέργεια θερμαίνοντας νερό ή άλλο υγρό. Κατηγορία στα θερμικά ηλιακά συστήματα είναι τα συγκεντρωτικά θερμικά ηλιακά συστήματα (Concentrated Solar Power Systems– CSP) τα οποία έχουν τη δυνατότητα να θερμαίνουν το υγρό σε υψηλή θερμοκρασία και να παράγουν ατμό.

Η τεχνολογία των CSP μπορεί να συνδυαστεί με ατμοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα θερμικά ηλιακά συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε θερμική ενέργεια μέσω κατάλληλων διατάξεων και κατηγοριοποιούνται σε συλλέκτες χαμηλής, μεσαίας και υψηλής θερμοκρασίας.

- 1) Οι συλλέκτες χαμηλής θερμοκρασίας χρησιμοποιούνται κυρίως για θέρμανση πισινών.
- 2) Οι συλλέκτες μεσαίας θερμοκρασίας χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση νερού για οικιακή και εμπορική χρήση.
- 3) Οι συλλέκτες υψηλής θερμοκρασίας χρησιμοποιούνται κυρίως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας., οι οποίοι συγκεντρώνουν την ηλιακή ακτινοβολία χρησιμοποιώντας καθρέπτες ή φακούς ώστε να εστιάζουν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε συλλέκτες. Το 2009 η εγκατεστημένη ισχύς θερμικών ηλιακών συστημάτων για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν 600 MW σε παγκόσμια κλίμακα. Είναι γνωστό ότι η απόδοση των θερμικών μηχανών βελτιώνεται με την αύξηση της θερμής πηγής. Για να επιτευχθούν υψηλές θερμοκρασίες στους θερμικούς συλλέκτες, κατασκευάζονται διατάξεις οι οποίες συγκεντρώνουν την ηλιακή ακτινοβολία με τη βοήθεια καθρεπτών ή φακών. Φυσική συνέπεια της υψηλότερης απόδοσης της διάταξης είναι να επιτυγχάνεται μικρότερο μέγεθος εγκαταστάσεων και χρήση λιγότερης γης ανά παραγόμενη μονάδα ενέργειας, η οποία οδηγεί σε μικρότερη περιβαλλοντική επιβάρυνση και σε μικρότερο κόστος. Οι βασικοί τύποι θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι οι διατάξεις Frensel και οι διαμήκεις παραβολικοί καθρέπτες. Άλλες τεχνολογίες υψηλής θερμοκρασίας είναι οι ηλιακοί πύργοι και τα παραβολικά πιάτα (πιάτο Stirling) οι οποίες αναφέρονται παρακάτω.

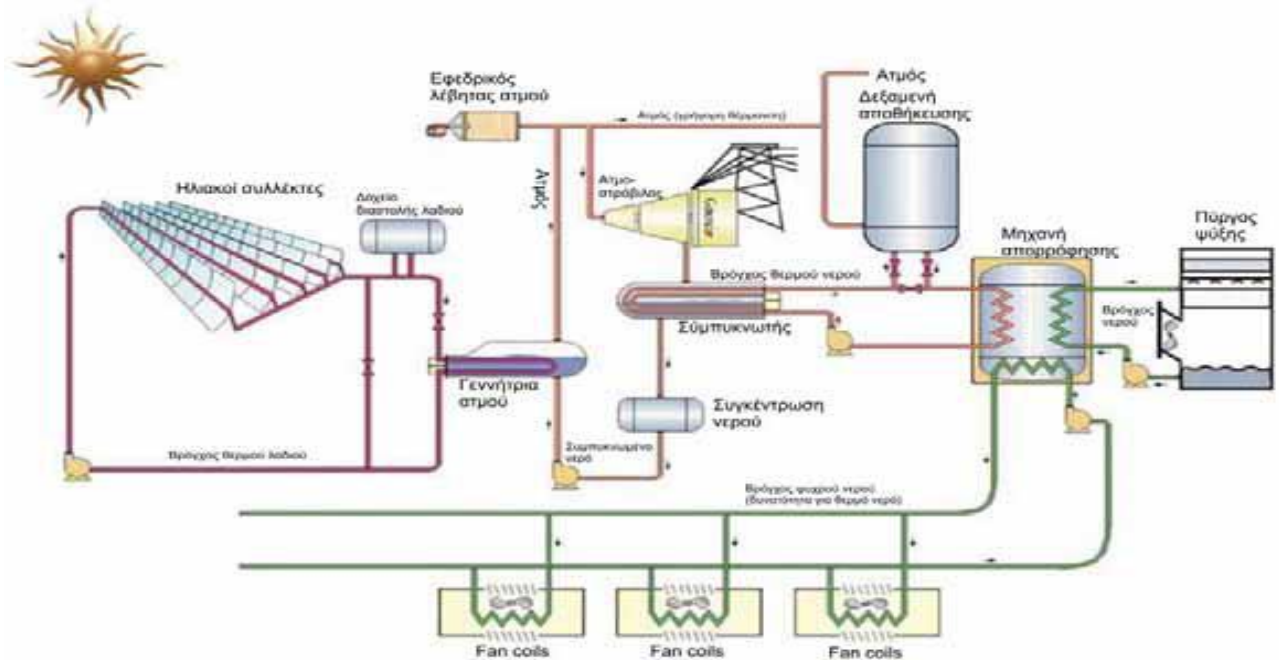
### 2.2.5.1 Τεχνολογίες CSP

Οι τεχνολογίες CSP είναι οι εξής :

- 1) Συστήματα παραβολικών (Parabolic Trough System).

Η τεχνολογία παραβολικών κοίλων είναι αυτήν την περίοδο η πιο ώριμη τεχνολογία ηλιακής θερμικής ηλεκτροπαραγωγής. Η ανακλαστική επιφάνεια ενός παραβολικού κοίλου συγκεντρώνει το ηλιακό φως σ'ένα σωληνοτό δέκτη που είναι τοποθετημένος κατά μήκος της εστιακής γραμμής του και ζεσταίνει το ρευστό που ρεεί στο σωλήνα, το οποίο μέσω σωληνώσεων μεταφέρεται σε ένα αμοστρόβιλο. Εν γένει τα κοίλα σχεδιάζονται ώστε να παρακολουθούν τον ήλιο κατά μήκος ενός άξονα, συνληθως κατά τον άξονα του βορά και νότου. Αυτή η τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει θερμότητα διεργασιών ή για να ενεργοποιήσει χημικές αντιδράσεις, αλλά είναι πιο γνωστή για τις εφαρμογές της που παρέχουν ηλεκτρική ισχύ. Ο λόγος συκέντρωσης των παραβολικών κοίλων κύμνεται από 10 μέχρι 100, ενώ η θερμοκρασία ανέρχεται έως 400.

Τα συναθροιζόμενα σε πεδία συλλεκτών παραβολικά κοίλα τη στιγμή αυτή παρέχουν όλη την εμπορικά παραγόμενη ηλιακή θερμική ισχύς, με ένα συνολικά εγκαταστημένο δυναμικό πάνω από 350 MW στην Καλιφόρνια, που αντιπροσωπεί περισσότερο από το 90% της εγκατεστημένης ηλιακής ισχύος παγκοσμίως. Σ'αυτά τα συστήματα ηλιακής ηλεκτροπαραγωγής(SEGS) χρησιμοποιείται ένα θερμικό έλαιο ως ρευστό μεταφοράς της θερμότητας, το οποίο αντλείται μέσα από μια σειρά συμβατικών εναλλακτών θερμότητας που παράγουν υπέρθερμο ατμό στους 390 C για τη λειτουργία ενός στροβόλου.Ο παραγόμενος ηλεκτρισμός διοχετεύεται στη συνέχεια στο δίκτυο της τοπικής εταιρίας ηλεκτρισμού.



Σχήμα 2.4 Σύστημα παραβολικών

Το σχήμα 2.4 εμφανίζει ένα διάγραμμα λειτουργίας που είναι αντιπροσωπευτικό της πλειοψηφίας των ηλιακών εγκαταστάσεων παραβολικών κοίλων που βρίσκονται σε λειτουργία σήμερα. Το ηλιακό πεδίο αποτελείται από πολλές παράλληλες σειρές ηλιακών συλλεκτών που ευθυγραμμίζονται οριζόντια ώστε να παρακολουθούν τον ήλιο κατά μήκος ενός άξονα - συνήθως κατά τον άξονα βορά-νότου. Κάθε ηλιακός συλλέκτης αποτελείται από μια ανακλαστική επιφάνεια παραβολικού σχήματος η οποία συγκεντρώνει την άμεση ηλιακή ακτινοβολία σε έναν σωληνωτό δέκτη που είναι τοποθετημένος κατά μήκος της εστιακής γραμμής του κοίλου. Ένα ρευστό μεταφοράς θερμότητας θερμαίνεται καθώς κυκλοφορεί διαμέσω του δέκτη και καταλήγει σε μια σειρά εναλλακτών θερμότητας (γεννήτρια ατμού) που παράγουν υπέρθερμο ατμό περίπου στους 400°C.

Ο υπέρθερμος ατμός τροφοδοτείται μετά σε έναν συμβατικό αμοστρόβιλο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Από την έξοδο του στροβίλου ο ατμός οδηγείται σε έναν εναλλάκτη θερμότητας, τον συμπυκνωτή, στο δευτερεύον του οποίου ρέει μέσα σε σωλήνες ψυχρό νερό, με αποτέλεσμα την συμπύκνωση του ατμού σε κορεσμένο υγρό. Το ψυχρό νερό του συμπυκνωτή ρέει σε κλειστό κύκλωμα, ψυχόμενο σε πύργους ψύξης, οι οποίοι είναι και αυτοί εναλλάκτες θερμότητας με ψυκτικό μέσον τον αέρα του περιβάλλοντος. Το κορεσμένο υγρό νερό από το συμπυκνωτή συμπιέζεται από τις αντλίες τροφοδοσίας του λέβητα και οδηγείται

στο διαχωριστή ατμού, απ' όπου η υγρή φάση του νερού οδηγείται στην γεννήτρια του ατμού και κλείνει έτσι ο κύκλος του νερού.

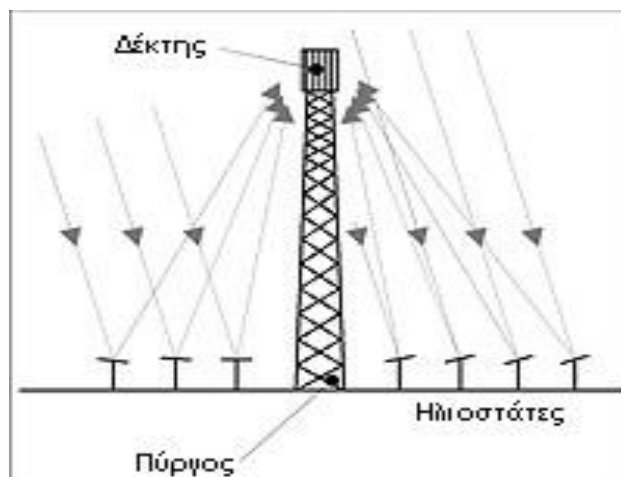


*Εικόνα 2.4 Φωτογραφίες απο σταθμό ηλεκτροπαραγωγής παραβολικών κοίλων.*

Ιστορικά, οι εγκαταστάσεις παραβολικών κοίλων έχουν σχεδιαστεί για να χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια ως πρωταρχική πηγή για να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Οι εγκαταστάσεις μπορούν να λειτουργήσουν σε πλήρη ισχύ χρησιμοποιώντας μόνο την επαρκή ηλιακή είσοδο. Κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών, οι εγκαταστάσεις λειτουργούν συνήθως για 10 έως 12 ώρες ημερησίως σε ονομαστική ηλεκτρική έξοδο. Εντούτοις, μέχρι σήμερα, όλες οι εγκαταστάσεις είναι υβριδικές. Δηλαδή έχουν έναν εφεδρικό λέβητα ατμού, που λειτουργεί με ορυκτά καύσιμα και χρησιμοποιείται για να συμπληρώσει την ηλιακή έξοδο κατά τη διάρκεια περιόδων χαμηλής ηλιακής ακτινοβολίας. Επίσης παράλληλα με τη γεννήτρια ατμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν προαιρετικοί βοηθητικοί αναθερμαντές ορυκτών καυσίμων. Το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από τον ατμολέβητα ορυκτών καυσίμων είναι περιορισμένο σε κάποια λογικά όρια.

## 2) Συστήματα πύργου ισχύος( ή ηλιακού πύργου).

Τα συστήματα ηλιακού πύργου, ή διαφορετικά συστήματα κεντρικού δέκτη, είναι πλέον σε θέση να αναπτύξουν την πρώτη γενιά εμπορικών διασυνδεδεμένων στο δίκτυο εγκαταστάσεων. Η τεχνολογία των συστημάτων πύργου ισχύος μπορεί να θεωρηθεί ως αρκετά ώριμη μετά από την αποκτηθείσα εμπειρία αρκετών πρωτοποριακών, πειραματικών εγκαταστάσεων δυναμικού 0,5-10 MW στις αρχές της δεκαετίας του '80, και τη μετέπειτα βελτίωση βασικών συνιστωσών τους όπως είναι οι ηλιοστάτες και οι ηλιακοί δέκτες σε πολλά πιο πρόσφατα προγράμματα, κατά τη διάρκεια των τελευταίων 20 ετών. Στα συστήματα πύργου ισχύος, οι ηλιοστάτες παρακολουθούν την τροχιά του ήλιου με μηχανισμό δύο αξόνων ο οποίος ακολουθεί τις γωνίες αζιμουθίου και ανύψωσης ώστε να ανακλάται και να συγκεντρώνεται το άμεσο ηλιακό φως σε ένα κεντρικό δέκτη που είναι τοποθετημένος σε πύργο. Από εκεί η ενέργεια μεταφέρεται σ'ένα ρευστό μεταφοράς της θερμότητας, το οποίο στη συνέχεια διοχετεύεται προαιρετικά στο σύστημα αποθήκευσης και εν τέλει στο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής που μετατρέπει τη θερμική ενέργεια σε ηλεκτρισμό και τροφοδοτεί το δίκτυο.



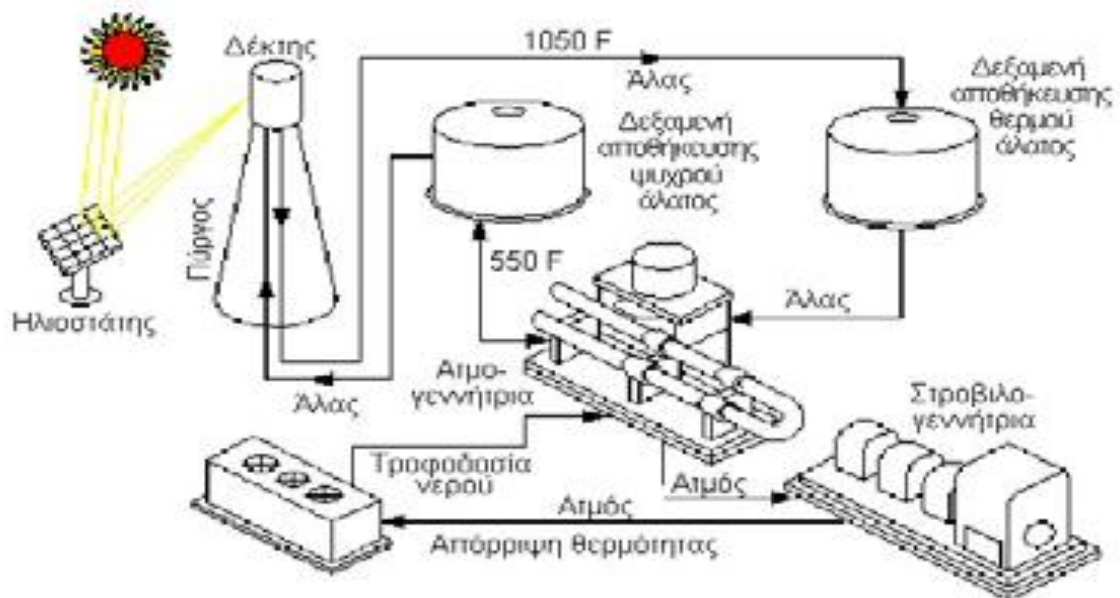
Σχήμα 2.5 Ηλιακός πύργος

Οι πύργοι ισχύος καθορίζονται με βάση τις επιλογές που γίνονται για το ρευστό μεταφοράς της θερμότητας, το μέσο αποθήκευσης και τον κύκλο μετατροπής της ισχύος. Το ρευστό μεταφοράς της θερμότητας μπορεί να είναι νερό σε μορφή ατμού, τηγμένο άλας, νιτρικό άλας, υγρό μέταλλο ή αέρας. Η θερμική αποθήκευση μπορεί να παρέχεται από υλικά αλλαγής φάσης ή κεραμικούς πλίνθους. Ο χαρακτηριστικός λόγος συγκέντρωσης των συστημάτων αυτών κυμαίνεται από 300 έως 1500. Ενώ το μέγεθος τους φτάνει από 10 ως 200 MW. Η υψηλή προσπίπτουσα ηλιακή ροή στο δέκτη (κατά μέσο όρο μεταξύ 300 και 1000 kW/m<sup>2</sup>) επιτρέπει τη λειτουργία σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες μέχρι και 1500°C.

Τα συστήματα ηλιακού πύργου μπορούν να ενσωματωθούν εύκολα σε συμβατικές θερμικές εγκαταστάσεις με ορυκτά καύσιμα για υβριδική λειτουργία. Ακόμα, λόγω της δυνατότητας για θερμική αποθήκευση, μπορούν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια με υψηλούς ετήσιους συντελεστές δυναμικού (το ποσοστό του έτους που η τεχνολογία μπορεί να αποδώσει ηλιακή ενέργεια στην ονομαστική ισχύ). Δηλαδή 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%.

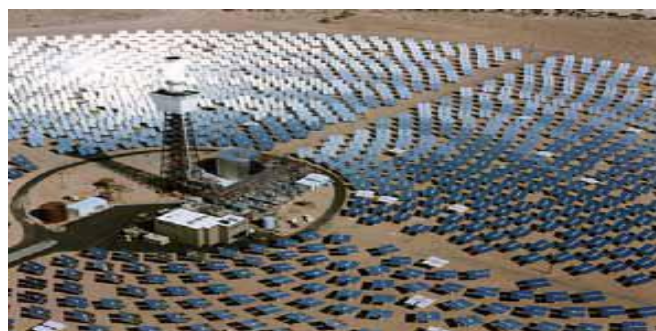
Στο σχήμα 2.6 παρουσιάζεται το διάγραμμα των κύριων ενεργειακών ροών σε μια ηλιακή μονάδα ηλεκτροπαραγωγής τηγμένου άλατος. Σ'ένα σύστημα ηλιακού πύργου τηγμένου άλατος, αντλείται υγρό άλας στους 290 C από μία "ψυχρή" δεξαμενή αποθήκευσης μέσα από το δέκτη όπου θερμαίνεται στους 565C και από εκεί προς μία "θερμική" δεξαμενή όπου αποθηκεύεται. Όταν απαιτείται ηλεκτρική ισχύς από το σταθμό, το ζεστό άλας αντλείται σε ένα σύστημα αμοπραγωγής όπου παράγεται υπέρθερμος ατμός. Από τον αμοπραγωγό το άλας επιστρέφει στην ψυχρή δεξαμενή όπου αποθηκεύεται και στη συνέχεια οδηγείται πάλι στο δέκτη για να αναθερμανθεί.



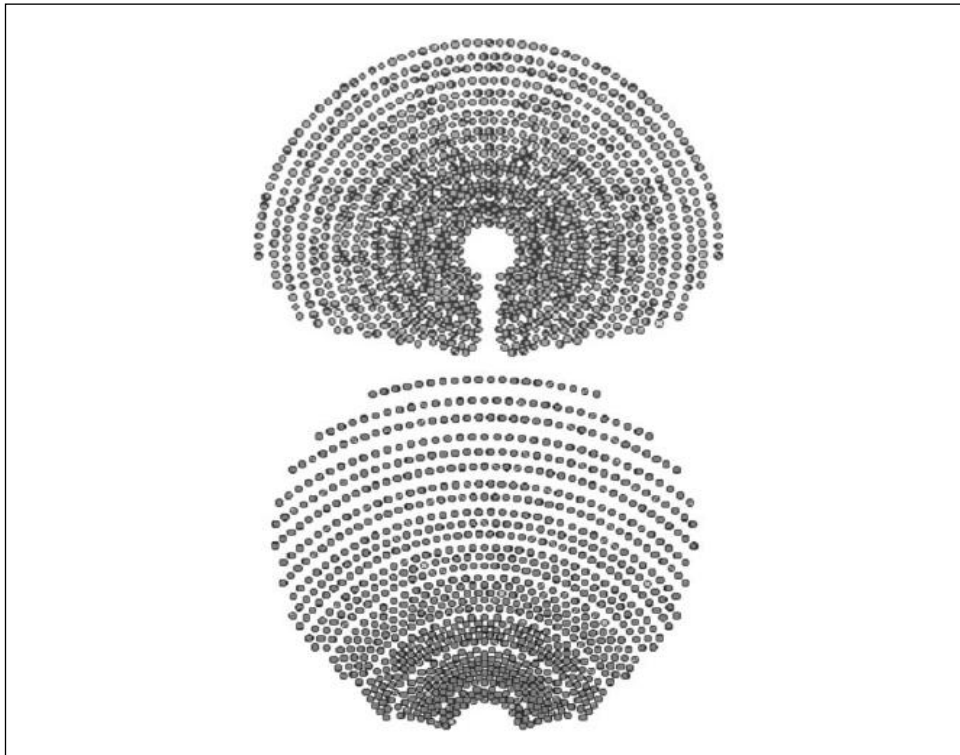


Σχήμα 2.6 Διάγραμμα ενεργειακών ροών μια μονάδας ηλεκτροπαραγωγής πύργου ισχύος με σύστημα αποθήκευσης τηγμένο άλατος.

Ο καθορισμός του βέλτιστου μεγέθους αποθήκευσης για την κάλυψη των αναγκών τροφοδοσίας με ηλεκτρική ενέργεια αποτελεί ένα σημαντικό τμήμα της διαδικασίας σχεδιασμού του συστήματος. Οι δεξαμενές αποθήκευσης μπορούν να σχεδιάζονται με αρκετή χωρητικότητα ώστε να ενεργοποιείται ένας στρόβιλος σε πλήρη ισχύ μέχρι και για 13 ώρες. Το πεδίο των ηλιοστατών που περιβάλλει τον πύργο διατάσσεται έτσι ώστε να βελτιστοποιείται η ετήσια απόδοση της εγκατάστασης. Σε μια τυπική εγκατάσταση, η συλλογή της ηλιακής ενέργειας γίνεται με ρυθμό που υπερβαίνει το μέγιστο που απαιτείται ώστε να τροφοδοτεί με ατμό ο στρόβιλος. Κατά συνέπεια, το σύστημα θερμικής αποθήκευσης μπορεί να φορτίζεται την ίδια στιγμή που η εγκατάσταση παράγει ηλεκτρική ισχύ υπό πλήρες δυναμικό. Ο λόγος της θερμικής ισχύος που παρέχεται από το σύστημα των συλλεκτών προς τη μέγιστη θερμική ισχύ που απαιτείται από τη στροβιλογεννήτρια είναι γνωστό ως ηλιακό πολλαπλάσιο. Με ένα ηλιακό πολλαπλάσιο 2,7 περίπου, ένα εγκαταστημένο στη έρημο Mojave της Καλιφόρνιας σύστημα πύργου ισχύος τηγμένου άλατος μπορεί να σχεδιαστεί για ετήσιο συντελεστή δυναμικού της τάξεως του 65%, όταν οι ηλιακές τεχνολογίες χωρίς αποθήκευση περιορίζονται σε αντίστοιχες τιμές κοντά στο 25%.



Εικόνα 2.5 Φωτογραφία από το σταθμό ηλεκτροπαραγωγής πύργου ισχύος 10 MW.

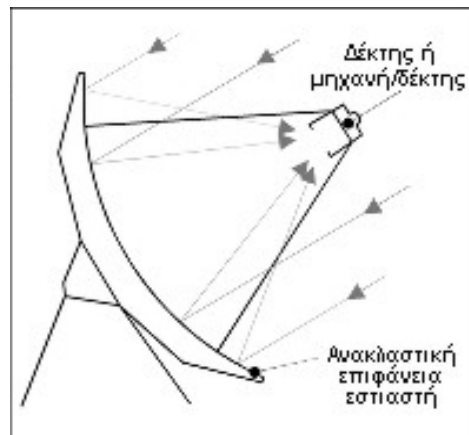


Σχήμα 2.7 Απεικόνιση βελτιστοποιημένων πεδίων για γεωγραφικό πλάτος  $36^\circ$ .

### 3) Συστήματα δίσκου/μηχανής.

Ένας δίσκος συγκεντρώνει την άμεση ηλιακή ενέργεια σε ένα δέκτη στο εστιακό του σημείο, όπου απορροφάται και μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια. Αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα ως θερμότητα ή να υποστηρίξει χημικές διεργασίες, αλλά η συνηθέστερη εφαρμογή της είναι η ηλεκτροπαραγωγή. Η θερμική ενέργεια μπορεί να μεταφερθεί σε μία κεντρική γεννήτρια για μετατροπή ή μπορεί να μετατραπεί άμεσα σε ηλεκτρισμό με μία ενσωματωμένη στο δέκτη γεννήτρια. Μια θερμική μηχανή (συνήθως η μηχανή Stirling) μετατρέπει τη θερμική

ενέργεια σε μηχανική. Η μηχανική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική με τη βοήθεια μιας γεννήτριας που είναι ενσωματωμένη πάνω στο δέκτη. Οι δίσκοι παρακολουθούν την τροχιά του ήλιου σε δύο άξονες που είναι τα πιο αποδοτικά συστήματα συλλεκτών, καθώς είναι συνεχώς στραμμένα προς τον ήλιο. Οι λόγοι συγκέντρωσης κυμαίνονται συνήθως από 600 έως 2000 βαθμούς και μπορούν να επιτευχθούν θερμοκρασίες πάνω από 1500 C. Το ιδανικό σχήμα για τον εστιατή είναι το παραβολοειδές εκ περιστροφής. Ορισμένοι ηλιακοί εστιατές προσεγγίζουν το σχήμα αυτό με πολλαπλά κάτοπτρα σφαιρικής διαμόρφωσης στηριζόμενα σε ένα σκελετό από δοκούς ενίσχυσης.



Σχήμα 2.8 Δέκτης και συγκεντρωτής ενός συστήματος δίσκου/μηχανής που χρησιμοποιεί ένα μόνο κάτοπτρο σφαιρικής διαμόρφωσης.

Τα συστήματα αυτά χαρακτηρίζονται από υψηλή απόδοση, δυνατότητα αρθρωτής, σπονδυλωτής κατασκευής (δηλαδή μια μονάδα μπορεί να αποτελείται από πολλαπλά κάτοπτρα-υπομονάδες), αυτονομία λειτουργίας, και από μια εγγενή υβριδική δυνατότητα, δηλαδή η ικανότητα να λειτουργούν είτε με ηλιακή ενέργεια είτε με ορυκτά καύσιμα είτε και με τα δύο μαζί. Από όλες τις ηλιακές τεχνολογίες, ο μεγαλύτερος βαθμός απόδοσης μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό έχει αναφερθεί στα συστήματα δίσκου/μηχανής (29,4%), και για το λόγο αυτό έχουν το δυναμικό να καταστούν μια από τις λιγότερο ακριβές πηγές ανανεώσιμης ενέργειας. Η μεγάλη εφαρμογή των συστημάτων δίσκου/μηχανής επιτρέπει την αυτόνομη χρήση τους για απόμακρες εφαρμογές ή την ομαδοποίησή τους για εφαρμογές ηλεκτροδότησης σε μικρά δίκτυα ή απομονωμένα σημεία του δικτύου. Τα συστήματα δίσκου μπορούν επίσης να λειτουργούν υβριδικά με κάποιο συμβατικό καύσιμο ώστε να παρέχουν εμπορεύσιμη ισχύ. Η τεχνολογία αυτή βρίσκεται στο στάδιο της τεχνικής εξέλιξης και απομένουν κάποια προβλήματα προς επίλυση που αφορούν τις ηλιακές συνιστώσες και την εμπορική διαθεσιμότητα μιας τέτοιας θερμικής μηχανής ικανής να εκτίθεται σε ηλιακές ακτίνες.

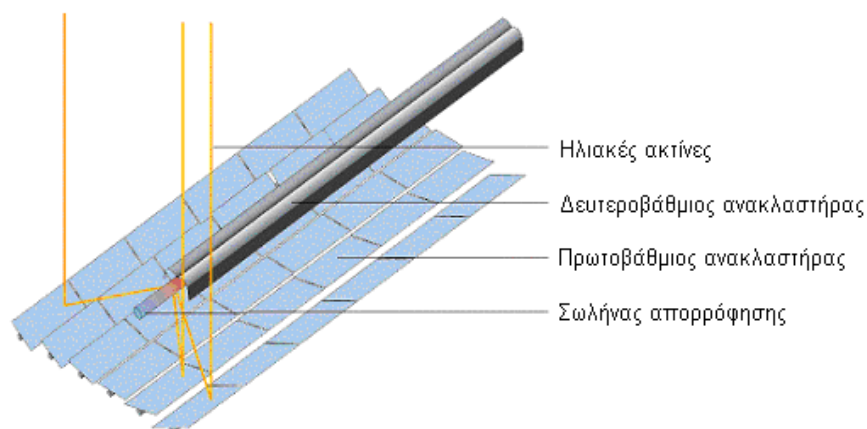




Εικόνα 2.6 Φωτογραφίες από συστήματα μηχανής Stirling

#### 4) Συλλέκτης FRESNEL

Το σύστημα του συλλέκτη Fresnel έχει πολλές ομοιότητες με αυτό των παραβολικών κοίλων. Και τα δύο συστήματα χρησιμοποιούν ένα σωληνωτό δέκτη που είναι τοποθετημένος κατά μήκος της εστιακής γραμμής του συλλέκτη. Εντούτοις οι σημαντικές τεχνικές διαφορές που υπάρχουν στους συλλέκτες των δύο συστημάτων καθιστούν το σύστημα Fresnel ένα ξεχωριστό συγκεντρωτικό ηλιακό σύστημα. Ο συλλέκτης Fresnel αποτελείται από πολλές παράλληλες σειρές ανακλαστήρων που συγκεντρώνουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ένα δέκτη τοποθετημένο κατά μήκος των σειρών αυτών και σε αρκετά μέτρα ύψος. Οι ανακλαστήρες αυτοί είναι γνωστοί ως πρωτοβάθμιοι για να μη συγχέονται με ένα δευτεροβάθμιο ανακλαστήρα που είναι τοποθετημένος στο επάνω μέρος του δέκτη και κατευθύνει όλες τις εισερχόμενες ακτίνες στο σωλήνα απορρόφησης.



Σχήμα 2.9 Αρχή λειτουργίας του συλλέκτη FRESNEL

Σύμφωνα με το πρωτότυπο οι πρωτοβάθμιοι, που κάθε ένας έχει πλάτος 0.5 m, δεν είναι απολύτως επίπεδοι αλλά έχουν μια πολύ μικρή καμπυλότητα. Ο συλλέκτης αποτελείται από 48 σειρές καθρεφτών (κατά πλάτος), πράγμα που "οδηγεί σε" ένα συνολικό πλάτος 24 m. Η αρχή Fresnel είναι πολύ απλή: Επειδή η σχετική κίνηση όλων των πρωτοβάθμιων καθρεφτών είναι ίδια κατά την παρακολούθηση του ήλιου, άπαξ τοποθετηθούν σωστά, η κίνηση τους μετά μπορεί να συζευχθεί μηχανικά. Αρκετές σειρές καθρεφτών οδηγούνται από μία μόνο μηχανή.

Ο δευτεροβάθμιος συγκεντρωτής όχι μόνο διευρύνει το στόχο για τους ανακλαστήρες Fresnel αλλά λειτουργεί και ως μόνωση κατά των απωλειών από το σωλήνα απορρόφησης. Το πίσω τμήμα του συγκεντρωτή αυτού καλύπτεται από μια αδιαφανή μόνωση, ενώ στο μπροστινό τμήμα ένα κατοπτρικό τζάμι μειώνει τις απώλειες θερμότητας από συναγωγή. Ο σωλήνας απορρόφησης έχει εσωτερική διάμετρο 18cm και είναι τοποθετημένος κατά μήκος πάνω σε σταθερά μεταλλικά στηρίγματα (ράγες), χωρίς να απαιτούνται τόξα στήριξης όπως στα ηλιακά παραβολικά κοίλα, αλλά και επιτρέποντας έτσι τη θερμική διαστολή του σωλήνα. Η συνολική μετακίνηση λόγω της διαστολής σε μια εγκατάσταση μήκους ενός χιλιομέτρου μπορεί να είναι πάνω από 6 μέτρα στο τέλος ενός σωλήνα.

Το ρευστό μεταφοράς θερμότητας που ρέει μέσα στο δέκτη είναι νερό. Ωστόσο, η παραγωγή του ατμού δε γίνεται σε εναλλάκτες θερμότητας αλλά μέσα στον ίδιο το σωλήνα απορρόφησης. Γίνεται δηλαδή άμεση παραγωγή ατμού. Το βασικό σχέδιο ενός ολόκληρου πεδίου συλλεκτών για άμεση παραγωγή ατμού παρουσιάζεται στο σχήμα 4.10. Το ηλιακό πεδίο για ηλιακές θερμικές εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής ισχύος 50 MW αναπτύσσεται σε 12 σειρές συλλεκτών κάθε μια μήκους 1000 m. Οι σειρές μπορούν να είναι εγκατεστημένες η μια κοντά στην άλλη έτσι ώστε η χρήση εδάφους του ηλιακού πεδίου να είναι πρακτικά όχι μεγαλύτερη απ' ότι η έκταση των καθρεφτών. Οι σειρές συλλεκτών συνδέονται παράλληλα και σε σειρά και το ηλιακό πεδίο διαιρείται σε τρία τμήματα: της προθέρμανσης, της εξάτμισης και της υπερθέρμανσης.

## 2.3 Αιολική ενέργεια

Η [19] εκμετάλλευση της ενέργειας του ανέμου από τον άνθρωπο αποτελεί μία πρακτική που βρίσκει τις ρίζες της στην αρχαιότητα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας είναι τα ιστιοφόρα και οι ανεμόμυλοι. Σήμερα, για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας χρησιμοποιούμε τις ανεμογεννήτριες (Α/Γ).

Η αιολική ενέργεια δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία, γιατί η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας έτσι τους ανέμους. Είναι μια ήπια μορφή ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον, πρακτικά ανεξάντλητη, γι' αυτό και είναι ανανεώσιμη. Αν υπήρχε η δυνατότητα, με την σημερινή τεχνολογία, να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το συνολικό αιολικό δυναμικό της γης, εκτιμάται ότι η παραγόμενη σε ένα χρόνο ηλεκτρική ενέργεια θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες της ανθρωπότητας στο ίδιο διάστημα. Υπολογίζεται ότι στο 25% της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας πάνω από 5,1m/sec, σε ύψος 10m πάνω από το έδαφος. Όταν οι άνεμοι πνέουν με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτή την τιμή, τότε το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα. Άλλωστε το κόστος κατασκευής των ανεμογεννητριών έχει μειωθεί σημαντικά και μπορεί να θεωρηθεί ότι η αιολική ενέργεια διανύει την πρώτη περίοδο ωριμότητας, καθώς είναι πλέον ανταγωνιστική των συμβατικών μορφών ενέργειας.

Οι ανεμογεννήτριες είναι μηχανές οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της πτερωτής, έχουμε την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της πτερωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνουμε την μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται για την πλήρη κάλυψη ή και τη συμπλήρωση των ενεργειακών αναγκών. Το παραγόμενο από τις ανεμογεννήτριες ηλεκτρικό ρεύμα είτε καταναλώνεται επιτόπου, είτε εγχέεται και διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο για να καταναλωθεί αλλού. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τις ανεμογεννήτριες, όταν η παραγωγή είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση, συχνά αποθηκεύεται για να χρησιμοποιηθεί αργότερα, όταν η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή. Η αποθήκευση σήμερα γίνεται με δύο οικονομικά βιώσιμους τρόπους, ανάλογα με το μέγεθος της παραγόμενης ενέργειας. Οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές (μπαταρίες) είναι η πλέον γνωστή και διαδεδομένη μέθοδος αποθήκευσης Η/Ε, η οποία χρησιμοποιείται για μικρής κλίμακας παραγωγικές μη διασυνδεδεμένες στο κεντρικό δίκτυο μονάδες. Η άντληση ύδατος με χρήση Η/Ε παραγόμενης από ανεμογεννήτριες και η ταμίευση του σε τεχνητές λίμνες κατασκευασμένες σε υψόμετρο το οποίο είναι ικανό να τροφοδοτήσει υδροηλεκτρικό σταθμό, είναι η μέθοδος αποθήκευσης που χρησιμοποιείται όταν η παραγόμενη Η/Ε είναι μεγάλη.

### 2.3.1 Περιγραφή των ανεμογεννητριών

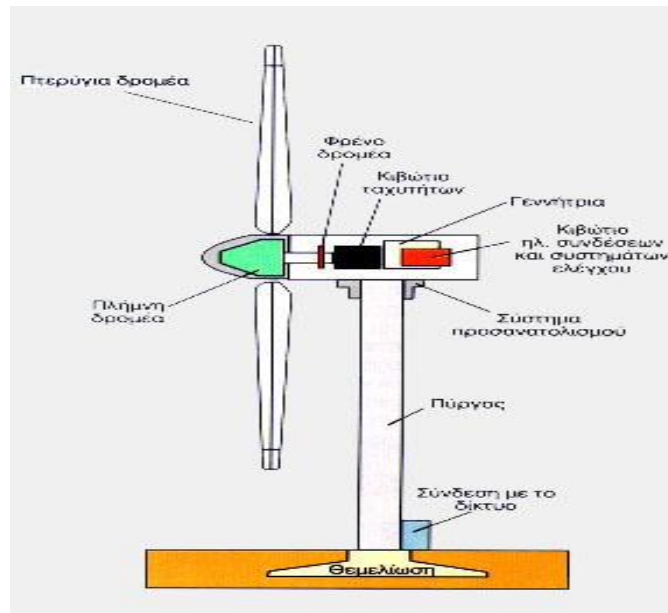
Σήμερα η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας γίνεται σχεδόν αποκλειστικά με ανεμογεννήτριες οι οποίες κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες: τις ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα, όπου ο δρομέας είναι τύπου έλικας και ο άξονας μπορεί να περιστρέφεται συνεχώς παράλληλα προς τον άνεμο, και τις ανεμογεννήτριες καθέτου άξονα οι οποίες παραμένει σταθερός. Κάθε ανεμογεννήτρια έχει μια χαρακτηριστική καμπύλη ταχύτητας-ισχύος (power curve) που φανερώνει τη σχέση μεταξύ της παραγόμενης ενέργειας και της ταχύτητας του ανέμου για κάθε τύπο ανεμογεννήτριας. Η καμπύλη αυτή εξαρτάται από διάφορες ιδιότητες της ανεμογεννήτριας όπως η επιφάνεια σάρωσης της φτερωτής, η αεροδυναμική και οι αποδόσεις των κιβωτίων ταχυτήτων και της μηχανής. Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από το μέγεθος της και την ταχύτητα του ανέμου. Το μέγεθος είναι συνάρτηση των αναγκών που καλείται να εξυπηρετήσει και ποικίλει από μερικές εκατοντάδες μέχρι μερικά εκατομμύρια Watt.

Στην παγκόσμια αγορά έχουν επικρατήσει οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα σε ποσοστό περίπου 90%. Μια τυπική ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα αποτελείται από τα εξής μέρη:

- 1) Το δρομέα, που αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια από ενισχυμένο πολυεστέρα. Τα πτερύγια προσδένονται πάνω σε μια πλήμνη είτε σταθερά, είτε με τη δυνατότητα να περιστρέφονται γύρω από το διαμήκη άξονα τους μεταβάλλοντας το βήμα.
- 2) Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, αποτελούμενο από τον κύριο άξονα, τα έδρανα του και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών, το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα της ηλεκτρογεννήτριας. Η ταχύτητα περιστροφής παραμένει σταθερή κατά την κανονική λειτουργία της μηχανής.
- 3) Την ηλεκτρική γεννήτρια, σύγχρονη ή επαγωγική με 4 ή 6 πόλους η οποία συνδέεται με την έξοδο του πολλαπλασιαστή μέσω ενός ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου και μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και βρίσκεται συνήθως πάνω στον

πύργο της ανεμογεννήτριας . Υπάρχει και το σύστημα πέδης το οποίο είναι ένα συνηθισμένο δισκόφρενο που τοποθετείται στον κύριο άξονα ή στον άξονα της γεννήτριας.

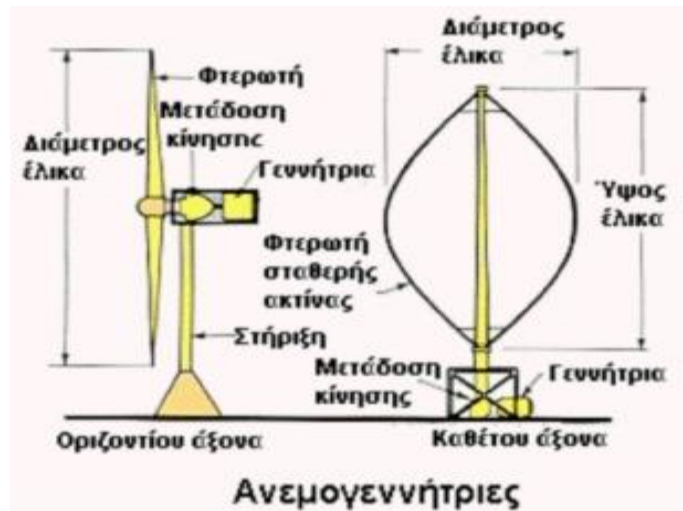
- 4) Το σύστημα προσανατολισμού, αναγκάζει συνεχώς τον άξονα περιστροφής του δρομέα να βρίσκεται παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου.
- 5) Τον πύργο, ο οποίος στηρίζει όλη την παραπάνω ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση . Ο πύργος είναι συνήθως σωληνωτός ή δικτυωτός και σπανίως από οπλισμένο σκυρόδεμα.



Σχήμα 2.10 Ανεμογεννήτρια

- 6) Τον ηλεκτρονικό πίνακα και τον πίνακα ελέγχου , οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στη βάση του πύργου . Το σύστημα ελέγχου παρακολουθεί , συντονίζει και ελέγχει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας , φροντίζοντας για την απρόσκοπτη λειτουργία της. Η ισχύς τους ξεπερνά τα 700 kW και είναι δυνατή η απευθείας σύνδεσή τους στο ηλεκτρικό δίκτυο, καθιστώντας μία συστοιχία ανεμογεννητριών (αιολικό πάρκο) ως αυτόνομη μονάδα ηλεκτροπαραγωγής.

Κατά την λειτουργία τους, ο άνεμος περιστρέφει τα πτερύγια της φτερωτής της ανεμογεννήτριας τα οποία είναι συνδεδεμένα στον περιστρεφόμενο οριζόντιο άξονα. Ο άξονας οδηγείται σε ένα κιβώτιο μετάδοσης της κίνησης όπου αυξάνεται η ταχύτητα περιστροφής. Η κίνηση μεταφέρεται μέσω άξονα μεγάλης ταχύτητας περιστροφής σε μια γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Για να αποφευχθεί η φθορά του στροβίλου στις περιπτώσεις πολύ μεγάλων ταχυτήτων του ανέμου, η όλη διάταξη περιλαμβάνει ένα μειωτήρα (φρένο) που περιορίζει την υπερβολική αύξηση περιστροφής των πτερυγίων. Η ταχύτητα του ανέμου πρέπει να υπερβαίνει τους 15 kph για να είναι δυνατή η ηλεκτροπαραγωγή από μία συνήθη ανεμογεννήτρια. Η ονομαστική τους ισχύς κυμαίνεται από 50 - 750 kW. Η παραγόμενη τάση είναι της τάξης των 25000 V και απαιτείται μετασχηματιστής για τη μεταφορά του ρεύματος στο δίκτυο.



Σχήμα 2.11 Ανεμογεννήτρια Οριζόντιου και κάθετου άξονα

### 2.3.2 Συστήματα αιολικής ενέργειας

Η [20] συστηματική εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού της χώρας μας θα συμβάλει: στην αύξηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας με ταυτόχρονη μείωση των εισαγόμενων πρωτογενών πηγών ενέργειας, γεγονός που συνεπάγεται συναλλαγματικά οφέλη, σε σημαντικό περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος, αφού έχει υπολογισθεί ότι η παραγωγή ηλεκτρισμού μίας μόνο ανεμογεννήτριας δυναμικότητας 550 kW σε ένα χρόνο υποκαθιστά την ενέργεια που παράγεται από την καύση 2700 βαρελιών πετρελαίου, οδηγώντας σε μείωση του εκπεμπόμενου CO<sub>2</sub> (διοξείδιο του άνθρακα) 735 περίπου τόνους ετησίως. Την πιο οικονομική εφαρμογή αιολικής ενέργειας αποτελούν τα αιολικά πάρκα διότι το κόστος κατασκευής και συντήρησης μειώνεται σημαντικά με τα μεγαλύτερα ποσά παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Παρά το γεγονός ότι πολλά συστήματα τοποθετούνται σε υψώματα ή απαιτήση για μεγάλη έκταση ιδιαίτερα σε χώρες με μικρή γεωγραφική έκταση, μεταφέρει την εγκατάσταση τους σε παράλιες ακτές ή ανοιχτά της θάλασσας.

Τα αιολικά πάρκα στην θάλασσα αποτελούν την μοναδική διέξοδο σε χώρες με υψηλό πληθυσμιακό καθεστώς και έλλειψη χώρου. Το μεγαλύτερο κόστος κατασκευής στην θάλασσα εξισώνεται με την μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας. Τα αιολικά πάρκα διακρίνονται σε 4 μεγάλους τύπους ανάλογα με τον τρόπο έδρασης σύμφωνα με σχετική έρευνα σε υπάρχουσα βιβλιογραφία.

Ο πρώτος τύπος περιλαμβάνει τα αιολικά πάρκα τα οποία χρησιμοποιούν οπλισμένο σκυρόδεμα για την θεμελίωση τους στο πυθμένα της θάλασσας. Τα πρώτα αιολικά πάρκα ανοιχτά της θάλασσας κατασκευάστηκαν στην Δανία στις περιοχές Vindeby και Tunoe Knob. Η θεμελίωση κατασκευάστηκε στην στεριά και στην συνέχεια με πλωτά μέσα μεταφέρθηκε στα σημεία έδρασης και βυθίστηκε αφού πρώτα διοχετεύτηκε άμμος και χαλίκι για την στήριξη του. Στην συνέχεια πάνω στην έδραση στηρίζεται ο πυλώνας, ο μηχανισμός περιστροφής, οι λεπίδες και στην συνέχεια το απαιτούμενο ηλεκτρολογικό υλικό. Η παραπάνω κατασκευαστική αρχή είναι αυτή που χρησιμοποιείται στην κατασκευή γεφυρών π.χ. παρόμοια κατασκευή χρησιμοποιήθηκε για την θεμελίωση της γέφυρας του Ρίο Αντίρριο.



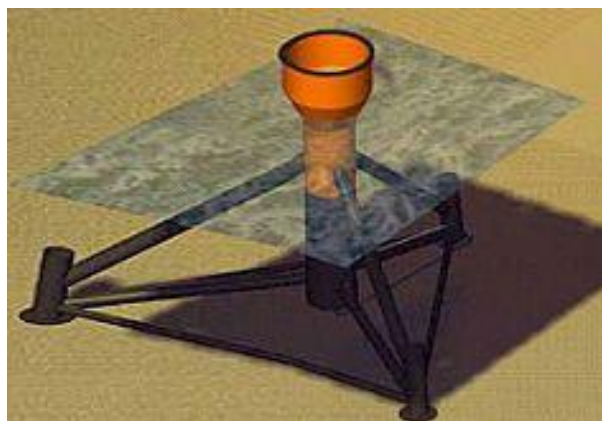
Η θεμελίωση συνήθως έχει κωνικό σχήμα και αυτό για την αποφυγή παγετού ιδιαίτερα σε χώρες με έντονες χιονοπτώσεις κατά την διάρκεια του χειμώνα. Το κόστος κατασκευής είναι ανάλογο με το βάθος του πυθμένα, όσο αυξάνεται το βάθος εφαρμογής αυξάνεται και το κόστος. Το επιτρεπτό βάθος για κατασκευή έχει οριστεί τα 10 μέτρα, μετά το βάθος αυτό το κόστος αυξάνεται ραγδαία ή χρησιμοποιούνται διαφορετικές κατασκευαστικές τεχνικές για την μειωσή του.

Ο δεύτερος τύπος κατασκευής υιοθετεί την ίδια διαδικασία κατασκευής με την διαφορά ότι η θεμελίωση από οπλισμένο σκυρόδεμα αντικαθίσταται από έναν μεταλλικό σωλήνα όπου βιδώνεται και συγκολλείται πάνω σε πλάκα έδρασης ή οποία αγκυρώνεται στο πυθμένα αφού πρώτα το έδαφος έχει υποστεί κατάλληλη γεωτεχνική προετοιμασία.



*Σχήμα 2.12 Ο δεύτερος τύπος κατασκευής από μεταλλικό σωλήνα.*

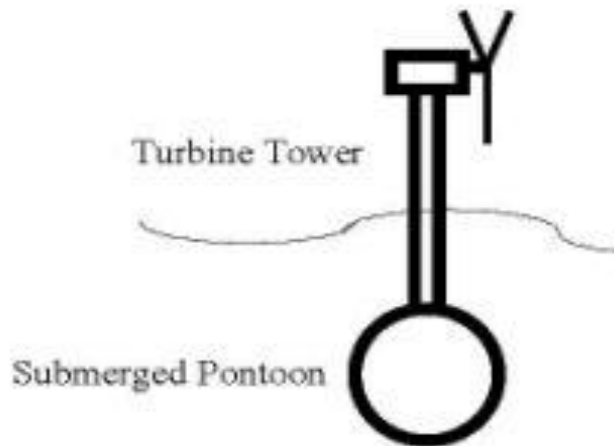
Ο τρίτος τύπος κατασκευής είναι παρόμοιος με τον δεύτερο με την διαφορά ότι η διάταξη θεμελίωσης επιτυγχάνεται με την χρήση τριπόδου. Το τρίποδο αυτό αποτελείται από μεταλλικά μέρη και αποτελεί την πιο σταθερή κατασκευαστική διάταξη ιδιαίτερα για μεγάλο φορτίο και ύψος που ασκείται στην βάση από τον πυλώνα, καθώς και για την αποφυγή υψηλών κυμάτων.



*Σχήμα 2.13 Ο τρίτος τύπος κατασκευής με την χρήση μεταλλικού τριπόδου.*

Ο τέταρτος τύπος κατασκευής δεν έχει υλοποιηθεί ακόμη, αποτελεί τμήμα ερευνητικού προγράμματος στο πανεπιστήμιο UCL στο Λονδίνο, όμως η εξομοίωση έχει επιτευχθεί σε εργαστηριακό περιβάλλον. Πρόκειται για πλωτό σύστημα αιολικής ενέργειας το οποίο μπορεί να τοποθετηθεί οπουδήποτε χωρίς περιορισμούς σε βάθος πυθμένα. Η διαφορά στην όλη κατασκευαστική διάταξη είναι το πλωτό σύστημα στο οποίο ενσωματώνεται ο πυλώνας και η τουρμπίνα. Το πλωτό σύστημα είναι μερικώς βυθισμένο για την αποφυγή έντονων διακυμάνσεων στην θαλάσσια επιφάνεια και έτσι επιτυγχάνεται μεγαλύτερη πλευσιμότητα της όλης κατασκευής. Το πλωτό μέρος στις δοκιμές που έγιναν είχε διάμετρο από 80 μ. έως 120 μ. και με κυμαινόμενο φορτίο της τάξεως του 12,000 και 40,000 τόνους. Έρευνα στον τομέα των πλωτών κατασκευών θα συμβάλει στον σχεδιασμό και ανάπτυξη πλωτών αιολικών πάρκων.

Τα ενδεχόμενα εμπόδια για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας είναι ο θόρυβος από τη λειτουργία των ανεμογεννητριών, οι ούτως ή άλλως σπάνιες ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές στο ραδιόφωνο, την τηλεόραση και τις τηλεπικοινωνίες, που επιλύονται όμως με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, καθώς επίσης και πιθανά προβλήματα αισθητικής.



Σχήμα 2.14 Ο τέταρτος τύπος με πλωτό σύστημα αιολικής ενέργειας

Στην Ελλάδα σημαντικό εμπόδιο στην ακόμη μεγαλύτερη ανάπτυξη αποτελεί η ανεπάρκεια της υποδομής του δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας το οποίο κατασκευάστηκε πολύ πριν αναδυθεί η ανανεώσιμη ενέργεια ως βιώσιμη εναλλακτική λύση. Έτσι, στις ηπειρωτικές περιοχές υψηλού φυσικού δυναμικού, οι δυνατότητες επενδύσεων αιολικής ενέργειας έχουν περιοριστεί από τις δυνατότητες διείσδυσης στο ηλεκτρικό δίκτυο και παρόμοιοι περιορισμοί υφίστανται και στα νησιά εμποδίζοντας την περαιτέρω διείσδυση της συγκεκριμένης ΑΠΕ.

### 2.3.3 Αιολικά Πάρκα

Ένα αιολικό πάρκο είναι μία ομάδα ανεμογεννητριών που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Ένα μεγάλο αιολικό πάρκο μπορεί να αποτελείται από εκατοντάδες επιμέρους ανεμογεννήτριες και καλύπτει μια έκταση από εκατοντάδες τεταγωνικά χιλιόμετρα αλλά το έδαφος μεταξύ των ανεμογεννητριών μπορεί να εκμεταλευτεί από γεωργικούς ή άλλους σκοπούς, επίσης ένα αιολικό πάρκο μπορεί να βρίσκεται και σε ανοιχτή θάλασσα ή λίμνη. Οι μεμονομένοι στρόβιλοι διασυνδέονται με το δίκτυο μέσης τάσης. Στον υποσταθμό της μέσης τάσης συνδέεται με έναν μεταχηματιστή ο οποίος αυξάνει την τάση για την σύνδεσή τους στο δίκτυο μεταφοράς υψηλής τάσης. Κατά γενικό κανόνα οι ανεμογεννήτριες μπορούν να χρησιμοποιηθούν καλύτερα αν η ταχύτητα του ανέμου είναι περίπου 16 km/h ή μεγαλύτερη. Μια ιδανική τοποθεσία είναι όταν υπάρχει σχεδόν συνεχή ροή μη ταραχώδη ανέμου όλο το χρόνο με ελάχιστες πιθανότητες ξαφνικής ισχυρής "έκρηξης" του ανέμου. Ένας σημαντικός παράγοντας της χωροθέτησης των ανεμογεννητριών είναι η τοπική ζήτηση και η μεταφορά της αποθηκευμένης ενέργειας.

Συνήθως οι περιοχές εγκατάστασης είναι περιοχές που βρίσκονται σε χάρτη διαθέσιμες αιολικής ενέργειας και επικυρώνονται με μετρήσεις ανέμου. Τα μετεωρολογικά δεδομένα περί ανέμου συνήθως δεν αρκούν για την ακριβή χωροθέτηση ενός μεγάλου αιολικού πάρκου. Η συγκέντρωση των στοιχείων αυτών καθώς επίσης η ταχύτητα και η κατεύθυνση του ανέμου είναι ζωτικής σημασίας για τον καθορισμό της μέγιστης αξιοποίησης του χώρου για την αποδοτικότερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι τοπικοί άνεμοι συνήθως καταγράφονται λεπτομερώς για περίπου ένα χρόνο πριν από την τοποθέτηση της εγκατάστασης.

#### 2.3.3.1 Κατηγορίες αιολικών πάρκων

Υπάρχουν τρία βασικά είδη αιολικών πάρκων τα χερσαία (onshore), τα πάρκα που βρίσκονται κοντά στην ακτή (nearshore) και τα παράκτια (offshore).

Τα χερσαία αιολικά πάρκα (onshore), ονομάζονται αυτά που κατασκευάζονται στις κορυφογραμμές περιοχών με μεγάλο σχετικά υψόμετρο τουλάχιστον τρία χιλιόμετρα προς το εσωτερικό από την πλησιέστερη ακτογραμμή. Αυτό συμβαίνει για την εκμετάλλευση της λεγόμενης τοπογραφικής επιτάχυνσης, την επιτάχυνση δηλαδή του ανέμου καθώς διασχίζει μια κορυφογραμμή. Η αύξηση της ταχύτητας του ανέμου οδηγεί και σε αύξηση της παραγόμενης ενέργειας. Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στην ακριβή τοποθεσία των ανεμογεννητριών, η οποία γίνεται μετά από ανλυτική παρακολούθηση των τοπικών ανέμων για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα πριν την εγκατάσταση.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι η περιοχή στην οποία εγκαθίσταται το αιολικό πάρκο, αλλοιώνεται μόνο οπτικά και παραμένει αξιοποιήσιμη για γεωργία ή κτηνοτροφία.





*Εικόνα 2.7 Χερσαίο αιολικό πάρκο (onshore)*

Τα αιολικά πάρκα κοντά στην ακτή είναι τα πάρκα (nearshore) που βρίσκονται στην ξηρά εντός της ζώνης των τριών χιλιομέτρων από την ακτογραμμή ή στην θάλασσα εντός της ζώνης των δέκα χιλιομέτρων από την ακτογραμμή. Αυτές οι τοποθεσίες είναι αποδοτικές για εγκατάσταση λόγω του ανέμου που δημιουργείται από την θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ θάλασσας και ξηράς.



*Εικόνα 2.8 Αιολικό πάρκο κοντά στην ακτή (nearshore)*

Τα παράκτια αιολικά πάρκα (Offshore), είναι εγκαταστημένα σε θαλάσσιες περιοχές πέραν των δέκα χιλιομέτρων από την ακτή, ακριβώς γιατί η επιφάνεια του νερού είναι ομαλότερη από αυτή του εδάφους και η ταχύτητα του ανέμου είναι υψηλότερη από την ξηρά με αυτόν τον τρόπο πετυχαίνουμε υψηλότερο συντελεστή χρησιμοποίησης ή συντελεστή εκμετάλλευσης έναντι των δύο άλλων τύπων αιολικών πάρκων. Το κόστος της εγκατάστασης και της συντήρησης είναι μεγαλύτερο καθώς επίσης οι πύργοι που χρησιμοποιούνται είναι

υψηλότεροι των χερσαίων. Η μεταφορά της ενέργειας γίνεται με υποθαλάσσιο καλώδιο όπου σε περιπτώσεις μεγάλων αποστάσεων από την ακτή χρησιμοποιείται μεταφορά με συνεχές ρεύμα υψηλής τάσης (HVDC) για ελαχιστοποίηση των απωλείων κατά την μεταφορά.



*Εικόνα 2.9 Παράκτιο αιολικό πάρκο (offshore)*

### **2.3.3.2 Σύγκριση Onshore - Offshore Αιολικών Πάρκων.**

Το ενδιαφέρον για τη χρήση “offshore” (παράκτιων) αιολικών πάρκων αυξάνεται σημαντικά διεθνώς . Ο λόγος είναι πως η ταχύτητα του ανέμου κοντά στην ακτή είναι υψηλότερη από ότι “onshore”(χερσαία πάρκα) , κάτι που σημαίνει πολύ υψηλότερη παραγωγή ισχύος. Ένα 10% αύξηση στην ταχύτητα του ανέμου αντιστοιχεί σε 30 % αύξηση στην παραγωγή ισχύος. Εντούτοις , το κόστος εγκατάστασης είναι πολύ μεγαλύτερο για “offshore” σε σχέση με “onshore” αιολικά πάρκα.

Το εσωτερικό ηλεκτρικό σύστημα ενός “offshore” αιολικού πάρκου και η σύνδεσή του με το κύριο σύστημα ισχύος θέτει νέες προκλήσεις . Στο “onshore” , η συνηθισμένη λύση είναι ένα a.c. δίκτυο μέσα στο αιολικό πάρκο , το οποίο συλλέγει την παραγωγή ισχύος από κάθε ανεμογεννήτρια. Το επίπεδο της τάσης μέσα σε ένα αιολικό πάρκο είναι συχνά το ίδιο με το μέσο επίπεδο της τάσης στο σημείο διανομής του δικτύου . Όπως οι περισσότερες γεννήτριες σε αιολικά συστήματα λειτουργεί σε ένα επίπεδο τάσης των 690V . Μετασχηματιστές οι οποίοι έχουν εγκατασταθεί απευθείας ή κοντά στη βάση κάθε ανεμογεννήτριας χρησιμοποιούνται για να αυξήσουν το επίπεδο τάσης της γεννήτριας στο επίπεδο τάσης του δικτύου του αιολικού πάρκου. Το υψηλότερο επίπεδο τάσης που χρησιμοποιείται σε ένα “onshore” αιολικό πάρκο κινείται συνήθως μεταξύ 33 και 36kV.

Εντούτοις , τα “offshore” αιολικά πάρκα τείνουν να γίνουν μεγαλύτερα και η απόσταση ανάμεσα στις ανεμογεννήτριες είναι συνήθως μεγαλύτερη από ότι σε “onshore” αιολικά πάρκα. Για μεγάλα offshore αιολικά πάρκα με a.c. δίκτυο, υψηλότερα επίπεδα τάσης είναι χρήσιμα για την ελαχιστοποίηση των απωλειών ισχύος, αλλά από την άλλη μπορεί να έχουν ως

αποτέλεσμα μεγαλύτερους μετασχηματιστές και υψηλότερα κόστη μετασχηματιστών. Οι μετασχηματιστές τοποθετούνται στην άτρακτο , τον πύργο ή σε ένα κιβώτιο μετά την ανεμογεννήτρια. Για αυτό το λόγο το μέγεθος του μετασχηματιστή μπορεί να είναι πρόβλημα. Σήμερα, μια τάση συλλογής των 36kV θεωρείται κλασική επιλογή. Μικρότερα “offshore” αιολικά πάρκα επιλέγονται για συγκριτικά χαμηλά επίπεδα τάσης. Ο λόγος είναι ότι η μείωση των απωλειών φόρτισης δεν είναι επαρκής για να δικαιολογηθεί το κόστος του απαιτούμενου εξοπλισμού για υψηλότερα επίπεδα τάσης. Το ίδιο εφαρμόζεται σε μικρότερα “offshore” αιολικά πάρκα που σχεδιάζονται τελευταία. Ο σχεδιασμός δικτύου ενός “offshore” αιολικού πάρκου δεν αντιστοιχεί απαραίτητα στο πιο ενεργειακά αποδοτικό δίκτυο (δηλ. με τις χαμηλότερες απώλειες). Ο λόγος είναι ότι οι offshore σταθμοί μετασχηματισμού είναι πιο σύνθετοι και περιλαμβάνουν μεγάλες δομές υποστήριξης. Έτσι, οι offshore σταθμοί μετασχηματισμού είναι πολύ ακριβοί ενώ δεν είναι εξακριβωμένη ακόμα η αξιοπιστία τους. Για τη μεταφορά στην ακτή, χρησιμοποιούνται είτε HVAC (υψηλής τάσης εναλλασσόμενο ρεύμα) είτε HVDC (υψηλής τάσης συνεχές ρεύμα) συνδέσεις. Για HVDC υπάρχουν δυο τεχνικές : ο “LCC” (line commutated converter) βασισμένος στην HVDC τεχνολογία και ο “VSC” (voltage source converter) βασισμένος στο HVDC . Όλα τα offshore αιολικά πάρκα που λειτουργούν τελευταία έχουν αποδεχτεί την a.c. επιλογή, καθώς και όλα όσα προγραμματίζεται να εγκατασταθούν στο άμεσο μέλλον θα χρησιμοποιούν επίσης την a.c. λύση . Αυτό γίνεται εξαιτίας του συγκριτικά μικρού μεγέθους και / ή της μικρής απόστασης ανάμεσα στην ακτή και τα υπαρκτά αιολικά πάρκα . Καθώς το μέγεθος των μελλοντικών αιολικών πάρκων και η απόσταση από την ακτή φαίνεται να αυξάνονται, αυτό μπορεί να αλλάξει .Υπάρχουν 3 διαφορετικοί τρόποι σύνδεσης των offshore αιολικών πάρκων με την ακτή: HVAC μεταφορά, LCC βασισμένη σε HVDC μεταφορά και VSC βασισμένη σε HVDC μεταφορά.

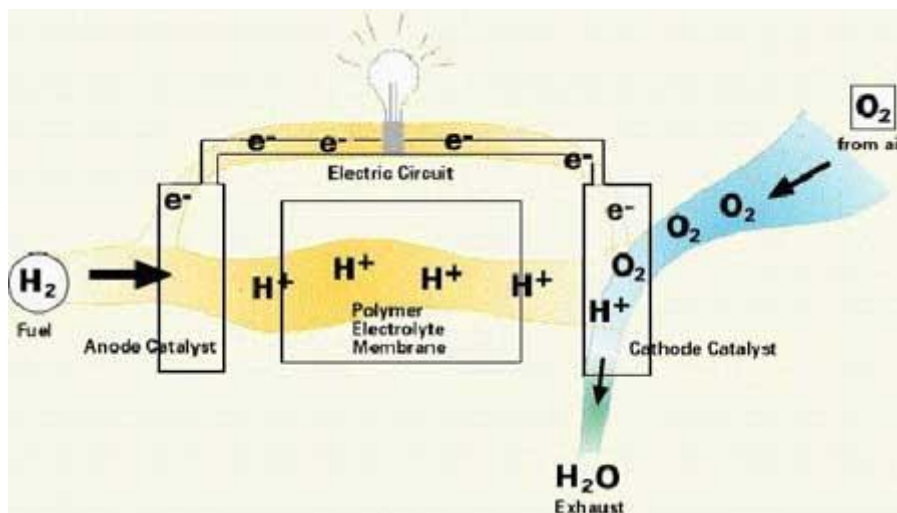
## 2.4 Κυψέλες Καυσίμου (Fuel Cells)

Οι [21] κυψέλες καυσίμου είναι συσκευές που είναι σε θέση να μετατρέπουν τη χημική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω μιας ηλεκτροχημικής αντίδρασης. Οι κυψέλες καυσίμου παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα συνεχώς υπό την προϋπόθεση ότι υπάρχει επάρκεια καυσίμων και διαθέσιμο οξειδωτικό. Ο όρος κυψέλες καυσίμου χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1889 από τον Charles Langer και Ludwig Mond που περιγράφει την ανάπτυξη ενός κυττάρου που χρησιμοποιεί φυσικό αέριο και ατμοσφαιρικό άνθρακα. Λόγω της ικανότητά τους να λειτουργούν με μειωμένο ή ακόμη και με μηδενικές εκπομπές, οι κυψέλες καυσίμου θεωρούνται ως μία ελκυστική εναλλακτική λύση βιώσιμης ενέργειας. Οι κυψέλες καυσίμου είναι σε θέση να χρησιμοποιήσουν έναν αριθμό διαφορετικών καυσίμων ανάλογα με την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία κυψελών καυσίμου. Τυπικά καύσιμα είναι: υδρογόνο, μεθανόλη, φυσικό αέριο, ντίζελ ή βενζίνη.

Με το πλεονέκτημα ότι οι κυψέλες καυσίμου είναι φορητές πηγές ενέργειας, παράγουν ενέργεια, σε μεγαλύτερη απόδοση από μια κλασική πηγή, π.χ μηχανή εσωτερικής καύσης, και τα ποσοστά των εκπομπών δεν έχουν σχέση με τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας ενώ παράλληλα μπορούν να παρέχουν μια αξιόπιστη τροφοδοσία και ισχύ. Η πρώτη κυψέλη καυσίμων φτιάχτηκε το 1839 από τον Sir William Grove, έναν Ουαλλέζο δικαστή και πειραματικό επιστήμονα. Σε ένα πείραμα του περίπου το 1839, ανακάλυψε ότι ήταν δυνατή η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αντιστρέφοντας την ηλεκτρόλυση του νερού. Το υδρογόνο που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού είναι αυτό για τη δημιουργία του νερού.

Το υδρογόνο είναι μεταφορέας και όχι πηγή ενέργειας. Αποθηκεύει και απελευθερώνει ενέργεια σε χρησιμοποιήσιμη μορφή ενώ παράγεται από ορυκτούς πόρους όπως είναι ο άνθρακας (με δέσμευση CO<sub>2</sub>) και το φυσικό αέριο. Παράγεται επίσης από πυρηνική ενέργεια ή από ανανεώσιμες πηγές όπως η αιολική, η ηλιακή, η γεωθερμική και υδροηλεκτρική ενέργεια. Αυτή ακριβώς η ποικιλία των πηγών προμήθειας του υδρογόνου είναι και ο σημαντικότερος λόγος που το υδρογόνο προδιαγράφει ένα πολλά υποσχόμενο μέλλον στη μεταφορά ενέργειας.

Γενικά, οι κυψέλες καυσίμου αποτελούνται από δύο ηλεκτρόδια (ένα ανόδου και ένα καθόδου), καθώς και από ηλεκτρολύτες που χωρίζουν τα ηλεκτρόδια και ένα εξωτερικό κύκλωμα. Η ηλεκτροχημική αντίδραση που λαμβάνει χώρα περιλαμβάνει μία οξείδωση στη μισή αντίδραση και μία οξείδωση στην άλλη μισή αντίδραση. Οι κυψέλες καυσίμων σήμερα λειτουργούν με πολλά διαφορετικά καύσιμα, ακόμη και με αέριο από τις εγκαταστάσεις σκουπιδιών και της επεξεργασίας υγρού αποβλήτου. Επίσης, η δύναμη του αέρα, οι παλίρροιες και οι υδροηλεκτρικοί στρόβιλοι μπορούν επίσης να δημιουργήσουν ηλεκτρική ενέργεια για να χωρίσουν το νερό σε υδρογόνο και οξυγόνο. Όταν το υδρογόνο παράγεται από τον ήλιο ή άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η διαδικασία αυτή καλείται «ηλιακό-υδρογόνο».



Σχήμα 2.15 Κυψέλη καυσίμου

Υπάρχουν πολλοί τύποι κυψελών καυσίμου που διατίθενται και συνήθως περιγράφονται από τους ηλεκτρολύτες που χρησιμοποιούν.

#### 1) Κυψέλη καυσίμου πολυμερισμένης μεμβράνης (PEM)

Αυτές οι κυψέλες (κυψέλες καυσίμου ανταλλαγής πρωτονίων (proton exchange membrane fuel cells, PEM) λειτουργούν σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες και παράγουν ισχύ αρκετή για την εφαρμογή τους για την ικανοποίηση καθημερινών ενεργειακών αναγκών, όπως αυτή για την κίνηση ενός οχήματος. Σε αυτό βοηθά η ικανότητα τους να προσαρμόζονται σε γρήγορες αυξομειώσεις στην απαίτηση ισχύος. Η ισχύς που παράγει μια τέτοια κυψέλη κυμαίνεται μεταξύ των 50 και 250 kW. Ο συγκεκριμένος τύπος κυψέλης είναι αρκετά ευαίσθητος σε μη καθαρά καύσιμα. Η έρευνα πάνω στις κυψέλες καυσίμου όσον αφορά

εφαρμογές τους στην τροφοδότηση οχημάτων αυτή τη στιγμή είναι επικεντρωμένη κυρίως σε αυτόν τον τύπο.

## 2) Κυψέλη καυσίμου τηγμένου άνθρακα (MCFC)

Αυτές οι κυψέλες (molten carbonate fuel cells, MCFC) χρησιμοποιούν για ηλεκτρολύτη ενώσεις του άνθρακα με λίθιο, νάτριο και κάλιο σε υγρή μορφή εμποτισμένες σε κατάλληλο υλικό. Ενώ χαρακτηρίζονται από πολύ υψηλά επίπεδα απόδοσης λόγω των θερμοκρασιών όπου λειτουργούν (περίπου 650 C) δεν προσφέρονται για καθημερινή χρήση. Ωστόσο, αυτή η υψηλή θερμοκρασία, η οποία απαιτείται προκειμένου ο ηλεκτρολύτης να γίνει ιοντικά αγωγίμος, επιτρέπει τη χρήση φτηνών καταλυτών αφού οι χημικοί δεσμοί καταστρέφονται και δημιουργούνται πολύ πιο εύκολα σε τέτοιες θερμοκρασίες. Η ίδια όμως υψηλή θερμοκρασία ευθύνεται για την αυξημένη διάβρωση και καταστροφή των μελών της κυψέλης. Ως καύσιμο μπορεί να χρησιμοποιηθεί υδρογόνο, μονοξειδίο του άνθρακα, φυσικό αέριο, προπάνιο και άλλα. Η ισχύς η οποία χαρακτηρίζει αυτόν τον τύπο κυψέλης κυμαίνεται ανάλογα τη χρήση από 10 kW μέχρι και 2 MW.

## 3) Κυψέλη καυσίμου μεθανόλης (DMFC)

Σε όλες τις παραπάνω κυψέλες ως καύσιμο χρησιμοποιείται το υδρογόνο. Ωστόσο, ο συγκεκριμένος τύπος κυψελών (direct methanol fuel cells, DMFC) χρησιμοποιεί ως καύσιμο μεθανόλη χωρίς να απαιτεί τη μετατροπή της σε υδρογόνο. Σε αυτή την περίπτωση η μεθανόλη είναι αυτή που οξειδώνεται στην άνοδο. Η κατηγορία αυτή είναι πιο πρόσφατη των κυψελίδων PEM με αρκετά ακόμα προβλήματα προς επίλυση όπως η μεγάλη ποσότητα καταλύτη που απαιτείται. Ωστόσο, εάν η συγκεκριμένη τεχνολογία επρόκειτο να χρησιμοποιηθεί στη θέση των PEM κυψελών δε θα υπήρχε η ανάγκη αναζήτησης εναλλακτικών τρόπων αποθήκευσης του καυσίμου όπως γίνεται στη δεύτερη περίπτωση με το υδρογόνο ενώ δε θα ήταν αναγκαία και η ανάπτυξη αναμορφωτών.

## 4) Κυψέλη καυσίμου στερεού οξειδίου (SOFC)

Ο συγκεκριμένος τύπος κυψελών (solid oxide fuel cells, SOFC), όπως και ο προηγούμενος, ενδείκνυται για αυξημένες ενεργειακές ανάγκες, με απόδοση στο 60% και παραγόμενη ισχύ μέχρι και 100kW. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν συνήθως ως ηλεκτρολύτη ένα σκληρό κεραμικό υλικό στερεού οξειδίου ζirkονίου και μια μικρή ποσότητα νατρίου, αντί για ηλεκτρολύτη υγρής μορφής, επιτρέποντας έτσι θερμοκρασίες μέχρι και 1000 C.

## 5) Κυψέλες του τύπου PAFC

Οι κυψέλες του τύπου φωσφορικού οξέος -PAFC, είναι από τις πιο προηγμένες τεχνολογικά και εμπορικά. Μπορούν να λειτουργούν σε υψηλή θερμοκρασία και ταιριάζουν έτσι με τις συνθήκες που επικρατούν συνήθως. Το φωσφορικό οξύ είναι σε υψηλή συγκέντρωση το οποίο ενώνεται με ένα ζελ που παίζει το ρόλο του καταλύτη. Το PAFC θέλει ατμοσφαιρικό οξυγόνο και υδρογόνο σαν αέρια αναγωγής. Υπάρχει όμως ένα μειονέκτημα. Το φωσφορικό οξύ χαλάει όταν η θερμοκρασία βρίσκεται κάτω από τους 42°. Τότε δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ενεργειακή κυψέλη. Η ενεργειακή κυψέλη στην παρακάτω μορφή αποτελείται από δύο ξεχωριστά τμήματα --τους δύο καταλύτες-- ανάμεσά στα οποία υπάρχει ένας ηλεκτρολύτης (διάλυμα υδροξειδίου του καλίου). Οι καταλύτες περιέχουν πλατίνα, για την διευκόλυνση των χημικών αντιδράσεων που ακολουθούν. Το τμήμα που εισάγεται το υδρογόνο θα αποτελέσει την άνοδο και στο τμήμα που εισάγεται το οξυγόνο θα αποτελεί την κάθοδο. Στους δύο πόλους συνδέεται η συσκευή που θέλουμε να λειτουργήσει.

Τα οφέλη από πιθανή χρήση είναι πολλά, μερικά από αυτά είναι : η υψηλή απόδοση λόγω ότι μετατρέπουν τη χημική ενέργεια άμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια έχει ως αποτέλεσμα να παράγουν περισσότερη ενέργεια, η βελτίωση της αποτελεσματικότητας μπορεί να φθάσει και

το 90%, οι χαμηλές εκπομπές και η ασφάλεια που παρέχει σαν παραγωγή. Ένα μεγάλο μειονέκτημα τους είναι το κόστος. Οι κυνέλες καυσίμου έχουν υψηλό κόστος σε σύγκριση με τις παραδοσιακές πηγές, είναι μια νέα αναπτυσσόμενη τεχνολογία χρησιμοποιούν ακριβά υλικά, που έχουν σαν αποτέλεσμα υψηλό κόστος παραγωγής. Επίσης σαν νέα τεχνολογία δεν έχουν δείξει την ικανότητά τους να λειτουργούν με αξιόπιστο τρόπο για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

## 2.5 Βιομάζα

Γενικά, [22] ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Πρακτικά, στον όρο βιομάζα εμπεριέχεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, σ' αυτήν περιλαμβάνονται:

- 1) οι φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα, όπως π.χ. τα αυτοφυή φυτά και δάση, είτε από τις ενεργειακές καλλιέργειες (έτσι ονομάζονται τα φυτά που καλλιεργούνται ειδικά με σκοπό την παραγωγή βιομάζας για παραγωγή ενέργειας) γεωργικών και δασικών ειδών, όπως π.χ. το σόργο το σακχαρούχο, το καλάμι, ο ευκάλυπτος κ.ά.
- 2) τα υποπροϊόντα και κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, όπως π.χ. τα άχυρα, στελέχη αραβόσιτου, στελέχη βαμβακιάς, κλαδοδέματα, κλαδιά δένδρων, φύκη, κτηνοτροφικά απόβλητα, οι κληματίδες κ.ά.
- 3) τα υποπροϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση ή επεξεργασία των υλικών αυτών, όπως π.χ. τα ελαιοπυρηνόξυλα, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, το πριονίδι κ.ά.
- 4) το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών.

Η βιομάζα αποτελεί μία δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Κατ' αυτήν, η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών, χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα καθώς και νερό και ανόργανα συστατικά από το έδαφος.

Η διεργασία αυτή μπορεί να παρασταθεί σχηματικά ως εξής: Νερό + Διοξείδιο του άνθρακα + Ηλιακή ενέργεια (φωτόνια) + Ανόργανα στοιχεία  $\Rightarrow$  Βιομάζα + Οξυγόνο. Από τη στιγμή που σχηματίζεται η βιομάζα, μπορεί πλέον κάλλιστα να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας. Η βιομάζα αποτελεί μια σημαντική, ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, η οποία είναι δυνατό να συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή επάρκεια, αντικαθιστώντας τα συνεχώς εξαντλούμενα αποθέματα ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο κ.ά.). Η χρήση της βιομάζας ως πηγής ενέργειας δεν είναι νέα. Σ' αυτήν, εξάλλου, συγκαταλέγονται τα καυσόξυλα και οι ξυλάνθρακες που, μέχρι το τέλος του περασμένου αιώνα, κάλυπταν το 97% των ενεργειακών αναγκών της χώρας.

Στην πράξη υπάρχουν δύο τύποι βιομάζας. Πρώτον, οι υπολειμματικές μορφές (τα κάθε είδους φυτικά υπολείμματα και ζωικά απόβλητα και τα απορρίμματα) και δεύτερον η βιομάζα που παράγεται από ενεργειακές καλλιέργειες. Η βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (παραγωγή θερμότητας, ψύξης, ηλεκτρισμού κ.λ.π.) είτε με απ' ευθείας καύση, είτε με μετατροπή της σε αέρια, υγρά ή/και στερεά καύσιμα μέσω θερμοχημικών ή βιοχημικών διεργασιών. Επειδή η αξιοποίηση της βιομάζας αντιμετωπίζει συνήθως τα μειονεκτήματα της μεγάλης διασποράς, του μεγάλου όγκου και των δυσχερειών συλλογής, μεταποίησης, μεταφοράς, αποθήκευσης, επιβάλλεται η αξιοποίησή της να γίνεται



όσο το δυνατόν πλησιέστερα στον τόπο παραγωγής της. Έτσι, αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευχερέστατα σε μια πληθώρα εφαρμογών:

#### 1) Κάλυψη των αναγκών θέρμανσης-ψύξης ή και ηλεκτρισμού σε γεωργικές και άλλες βιομηχανίες

Σε περιοχές της χώρας όπου υπάρχουν μεγάλες ποσότητες διαθέσιμης βιομάζας, χρησιμοποιείται η βιομάζα σαν καύσιμο σε κατάλληλους λέβητες για τη θέρμανση θερμοκηπίων. Με τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας, μεγάλες ποσότητες θερμότητας απορρίπτονται στο περιβάλλον, είτε μέσω των ψυκτικών κυκλωμάτων, είτε μέσω των καυσαερίων. Με τη συμπαραγωγή, όπως ονομάζεται η συνδυασμένη παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας από την ίδια ενεργειακή πηγή, το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας αυτής ανακτάται και χρησιμοποιείται επωφελώς. Έτσι, αφ' ενός επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς αυξάνεται ο βαθμός ενεργειακής μετατροπής του καυσίμου σε ωφέλιμη ενέργεια, αφ' ετέρου μειώνονται αντίστοιχα και οι εκπομπές ρύπων. Επίσης, ελαττώνονται οι απώλειες κατά τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς τα συστήματα συμπαραγωγής είναι συνήθως αποκεντρωμένα και βρίσκονται πιο κοντά στους καταναλωτές απ' ότι οι κεντρικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής. Οι συμβατικοί σταθμοί παρουσιάζουν βαθμό απόδοσης 15-40%, ενώ στα συστήματα συμπαραγωγής αυτός φθάνει μέχρι και 75-85%.

#### 2) Τηλεθέρμανση κατοικημένων περιοχών

Τηλεθέρμανση ονομάζεται η εξασφάλιση ζεστού νερού τόσο για τη θέρμανση των χώρων, όσο και για την απευθείας χρήση του σε ένα σύνολο κτιρίων, έναν οικισμό, ένα χωριό ή μία πόλη, από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας. Η παραγόμενη θερμότητα μεταφέρεται με δίκτυο αγωγών από το σταθμό προς τα θερμαινόμενα κτίρια. Η τηλεθέρμανση παρουσιάζει μεγάλη ανάπτυξη σε πολλές χώρες, καθώς εμφανίζει σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως είναι η επίτευξη υψηλότερου βαθμού απόδοσης, ο περιορισμός της ρύπανσης του περιβάλλοντος και η δυνατότητα αξιοποίησης μη συμβατικών καυσίμων, οπότε προκύπτουν επιπλέον οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη.

#### 3) Θέρμανση θερμοκηπίων

Σε περιοχές της χώρας όπου υπάρχουν μεγάλες ποσότητες διαθέσιμης βιομάζας, χρησιμοποιείται η βιομάζα σαν καύσιμο σε κατάλληλους λέβητες για τη θέρμανση θερμοκηπίων. Η αξιοποίηση της βιομάζας σε μονάδες παραγωγής θερμότητας για τη θέρμανση θερμοκηπίων αποτελεί μία ενδιαφέρουσα και οικονομικά συμφέρουσα προοπτική για τους ιδιοκτήτες τους. Ήδη, στο 10% περίπου της συνολικής έκτασης των θερμαινόμενων θερμοκηπίων της χώρας, αξιοποιούνται διάφορα είδη βιομάζας.

#### 4) Παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική μετατροπή βιομάζας

Η παραγωγή υγρών καυσίμων με βιοχημική διεργασία επικεντρώνεται, κυρίως, στην παραγωγή βιοαιθανόλης (οινοπνεύματος) με ζύμωση σακχάρων, αμύλου, κυτταρινών και ημικυτταρινών που προέρχονται από διάφορα είδη βιομάζας (αραβόσιτος, σόργο το σακχαρούχο κ.ά.). Η τεχνολογία ζύμωσης των σακχάρων είναι σήμερα γνωστή και ανεπτυγμένη, ενώ εκείνη της ζύμωσης των κυτταρινών και ημικυτταρινών βρίσκεται υπό εξέλιξη. Η βιοαιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κινητήρες οχημάτων, ως έχει ή σε πρόσμιξη με βενζίνη, ως καύσιμο κίνησης. Παρά το γεγονός ότι, εκτός ελαχίστων περιπτώσεων (π.χ. αντικατάσταση αεροπορικής βενζίνης), το κόστος της βιοαιθανόλης είναι υψηλότερο εκείνου της βενζίνης, η χρήση της ως καύσιμο κίνησης αυξάνει συνεχώς ανά τον κόσμο, με προεξάρχουσες τη Βραζιλία και τις ΗΠΑ. Αυτό συμβαίνει διότι αφ' ενός η

βιοαιθανόλη είναι καθαρότερο καύσιμο από περιβαλλοντικής πλευράς και αφ' ετέρου δίνει διέξοδο στα γεωργικά προβλήματα. Για τους λόγους αυτούς η παραγωγή και χρήση της βιοαιθανόλης παρουσιάζουν εξαιρετικά ευνοϊκές προοπτικές για το μέλλον.

#### 5) Παραγωγή υγρών καυσίμων με θερμοχημική μετατροπή βιομάζας

Η θερμοχημική μετατροπή της βιομάζας οδηγεί είτε στην απ'ευθείας παραγωγή ενέργειας (καύση), είτε στην παραγωγή καυσίμου, το οποίο στη συνέχεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτόνομα. Η τεχνολογία της αστραπιαίας πυρόλυσης αποτελεί μία από τις πολλά υποσχόμενες λύσεις για την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας. Κατ'αυτήν, τα ογκώδη δασικά και αγροτικά υπολείμματα, αφού ψιλοτεμαχισθούν, μετατρέπονται, με τη βοήθεια ειδικού αντιδραστήρα, σε υγρό καύσιμο υψηλής ενεργειακής πυκνότητας, το βιοέλαιο. Το βιοέλαιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο του πετρελαίου (έχει λίγο μικρότερη από τη μισή θερμογόνο δύναμη του πετρελαίου) σε εφαρμογές θέρμανσης (λέβητες, φούρνους κ.λ.π.) αλλά και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (μηχανές εσωτερικής καύσης κ.ά.).

Η αστραπιαία πυρόλυση της βιομάζας αποτελεί την οικονομικότερη διεργασία ηλεκτροπαραγωγής, ιδίως στην περιοχή μικρής κλίμακας ισχύος (<5MWe). Με την αεριοποίηση παράγεται αέριο καύσιμο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε καυστήρες αερίου για την παραγωγή ενέργειας. Οι σχετικές τεχνολογίες όμως βρίσκονται ακόμη σε ερευνητικό στάδιο και θα απαιτηθεί σημαντική περαιτέρω προσπάθεια προκειμένου να μπορέσουν τα πιλοτικά προγράμματα να φτάσουν σε σημείο να είναι οικονομικά συμφέρουσα η εφαρμογή τους σε ευρεία κλίμακα.

## 2.5.1 Υπολειμματικές μορφές βιομάζας

Η [23] βιομάζα με την ευρύτερη έννοια του όρου περιλαμβάνει οποιοδήποτε υλικό προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς. Ειδικότερα, η βιομάζα για ενεργειακούς σκοπούς, περιλαμβάνει κάθε τύπο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή στερεών, υγρών και/ ή αέριων καυσίμων. Στην πράξη υπάρχουν δύο τύποι βιομάζας, οι υπολειμματικές μορφές (τα κάθε είδους φυτικά υπολείμματα, ζωικά απόβλητα και τα απορρίμματα) και η βιομάζα που παράγεται από ενεργειακές καλλιέργειες. Οι υπολειμματικές μορφές βιομάζας διακρίνονται σε τέσσερις κύριες κατηγορίες:

- 1) Βιομάζα γεωργικής προέλευσης. Η γεωργική βιομάζα που θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας διακρίνεται στη βιομάζα των υπολειμμάτων των γεωργικών καλλιεργειών (στελέχη, κλαδιά, φύλλα, άχυρο κλπ.) και στη βιομάζα των υπολειμμάτων επεξεργασίας γεωργικών προϊόντων (υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, πυρηνόξυλο, πυρήνες φρούτων κ.λ.π.).
- 2) Βιομάζα ζωϊκής προέλευσης. Το διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας ζωϊκής προέλευσης, περιλαμβάνει κυρίως απόβλητα εντατικής κτηνοτροφίας από πτηνοτροφεία, χοιροστάσια, βουστάσια και σφαγεία. Η εκτροφή προβάτων, αγρών κι αρνιών είναι εκτατική (η οποία είναι επί το πλείστον ποιμενικής μορφής) και τα παραγόμενα απόβλητα διασκορπίζονται σε όλο το βοσκότοπο.
- 3) Βιομάζα δασικής προέλευσης. Η βιομάζα δασικής προέλευσης που αξιοποιείται ή μπορεί να αξιοποιηθεί για ενεργειακούς σκοπούς συνίσταται στα καυσόξυλα, στα υπολείμματα καλλιέργειας των δασών (αραιώσεων, υλοτομιών), στα προϊόντα



καθαρισμών για την προστασία τους από πυρκαγιές καθώς και στα υπολείμματα επεξεργασίας του ξύλου.

- 4) Αστικά απόβλητα που είναι το οργανικό τμήμα των αστικών αποβλήτων.

## 2.5.2 Ενεργειακές καλλιέργειες

Οι [23] ενεργειακές καλλιέργειες είναι καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη, παραδοσιακά ή νέα, τα οποία παράγουν βιομάζα ως κύριο προϊόν που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς. Η βιομάζα που παράγεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί για καύση ή συμπαραγωγή ηλεκτρισμού με γαιάνθρακες, για ηλεκτροπαραγωγή και θέρμανση, σαν πρώτη ύλη για θερμοχημικές διεργασίες όπως πυρόλυση και αεριοποίηση για παραγωγή μεθανόλης, βιοαερίου και πυρολυτικών ελαίων και για βιοχημικές διεργασίες (πχ ζύμωση) για παραγωγή αιθανόλης ή μεθανίου.

Οι παραδοσιακές καλλιέργειες των οποίων το τελικό προϊόν χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων θεωρούνται επίσης ενεργειακές καλλιέργειες και τέτοιες είναι το σιτάρι, το κριθάρι, ο αραβόσιτος, τα ζαχαρότευτλα, ο ηλίανθος κ.α. Οι "νέες" ενεργειακές καλλιέργειες είναι είδη με υψηλή παραγωγικότητα σε βιομάζα, ανά μονάδα γης και διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τις γεωργικές και τις δασικές. Οι γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες διακρίνονται περαιτέρω σε ετήσιες και πολυετείς. Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι παραδοσιακές καλλιέργειες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων είτε φυτά που δεν καλλιεργούνται, προς το παρόν, εμπορικά όπως ο μίσχανθος, η αγριαγκινάρα και το καλάμι που το τελικό προϊόν τους προορίζεται για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων. Οι ενεργειακές καλλιέργειες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες οι οποίες είναι:

- 1) Ετήσιες: σακχαρούχο ή γλυκό σόργο (*Sorghum bicolor* L . Moench ), ινώδες σόργο (*Sorghum bicolor* L . Moench ), κενάφ (*Hibiscus cannabinus* L .), ελαιοκράμβη (*Brassica napus* L .), βρασσική η αιθίοπια (*Brassica carinata* L . Braun )
- 2) Γεωργικές: Αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus* ), καλάμι (*Arundo donax* L.), μίσχανθος (*Miscanthus x giganteus*), switchgrass (*Panicum virgatum* )
- 3) Δασικές : Ευκάλυπτος (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. & *E. Globulus* Labill.), ψευδακακία (*Robinia pseudoacacia*)

### 2.5.3 Υγρά βιοκαύσιμα και βιοαέριο

Σήμερα, [23] ο όρος **βιοκαύσιμα** χρησιμοποιείται συνήθως για υγρά καύσιμα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον τομέα των μεταφορών. Τα πιο συνηθισμένα στο εμπόριο είναι το **βιοντήζελ**, μεθυλεστέρας ο οποίος παράγεται κυρίως από ελαιούχους σπόρους (ηλίανθος, ελαιοκράμβη, κ.ά) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε μόνο του ή σε μίγμα με πετρέλαιο κίνησης σε πετρελαιοκινητήρες και η **βιοαιθανόλη** η οποία παράγεται από σακχαρούχα, κυταρινούχα κι αμυλούχα φυτά (σιτάρι, καλαμπόκι, σόργο, τεύτλα, κ.ά.) και χρησιμοποιείται είτε ως έχει σε βενζινοκινητήρες που έχουν υποστεί μετατροπή είτε σε μίγμα με βενζίνη σε κανονικούς βενζινοκινητήρες είτε τέλος να μετατραπεί σε ETBE (πρόσθετο βενζίνης). Τα βιοκαύσιμα είναι φιλικότερα προς το περιβάλλον από τα συμβατικά καύσιμα γιατί έχουν λιγότερες εκπομπές και χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Συμβάλλουν στη μείωση των εισαγωγών και στην ενεργειακή αυτονομία της χώρας.

Σημαντικές ενεργειακές ανάγκες μπορούν επίσης να καλυφθούν με τη χρήση του βιοαερίου ως καυσίμου σε μηχανές εσωτερικής καύσης, για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Αυτό αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα και παράγεται από την αναερόβια χώνευση κτηνοτροφικών κυρίως αποβλήτων, όπως είναι τα λύματα των χοιροστασιών, πτηνοτροφίων, βουστασιών καθώς και βιομηχανικών και αστικών οργανικών απορριμμάτων. Στην περίπτωση των κτηνοτροφικών αποβλήτων, η παραγωγή του βιοαερίου γίνεται σε ειδικές εγκαταστάσεις, απλούστερες ή συνθετότερες, ανάλογα με το είδος της εφαρμογής. Σ' αυτές, εκτός από το βιοαέριο, παράγεται και πολύ καλής ποιότητας οργανικό λίπασμα, του οποίου η διάθεση στην αγορά μπορεί να συμβάλλει στην οικονομική βιωσιμότητα μίας εφαρμογής αυτού του είδους. Στην περίπτωση των αστικών απορριμμάτων, το βιοαέριο παράγεται στους Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ). Η μάζα του μπορεί να αρχίσει μετά από το δεύτερο ή τρίτο χρόνο της απόθεσης των απορριμμάτων αυτών και εξαρτάται από την ποσότητά τους. Από την άλλη πλευρά, η ποσότητα του βιοαερίου που μαστεύεται εξαρτάται κυρίως από την περιεκτικότητα των αποτιθεμένων απορριμμάτων σε οργανικά υλικά, καθώς και από την ποιότητα του υλικού επικάλυψης των στρώσεων. Αυτό θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο στεγανό, ώστε να επιτυγχάνεται η αναερόβια χώνευση, εμποδίζοντας ταυτόχρονα την απαέρωση του παραγόμενου βιοαερίου.

## 2.6 Γεωθερμία.

Η [23] γεωθερμική ισχύς είναι η θερμική σε αρχικό στάδιο και η ηλεκτρική σε μετέπειτα στάδιο ισχύς που παράγεται από την περιεχόμενη στη γη θερμική ενέργεια. Η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας από θερμοδυναμικής πλευράς βασίζεται στη διαφορά της θερμοκρασίας μεταξύ μιας μάζας υπόγειου πετρώματος και νερού και μιας μάζας νερού ή αέρα στην επιφάνεια της γης. Αυτή η διαφορά θερμοκρασίας επιτρέπει την παραγωγή θερμικής ενέργειας που μπορεί είτε να χρησιμοποιηθεί άμεσα είτε να μετατραπεί σε μηχανική ή ηλεκτρική ενέργεια.

Γενικά, οι θερμοκρασίες στη γη αυξάνονται ανάλογα το βάθος, σε 200-1000C στη βάση του φλοιού και πιθανώς μέχρι 3500-4000 C στο κεντρο της γης. Η θερμότητα που παράγει γεωθερμικές βαθμίδες προέρχεται από δύο πηγές, η ροή θερμότητας από τον κατώτερο φλοιό

και το μανδύα και τη θερμική ενέργεια που παράγεται στον άνω φλοιό από τη ραδιενεργό διάσπαση ισότοπων του ουρανίου, θορίου και καλίου. Οι θερμικές βαθμίδες υπολογίζονται καθώς η θερμότητα κινείται προς την επιφάνεια της γης μόνο με τη θερμική αγωγή μέσω στερεών πετρωμάτων, επιπλέον, η θερμική ενέργεια μεταδίδεται προς την επιφάνεια με μετακίνηση τετηγμένων πετρωμάτων (μάγμα) και με την κυκλοφορία νερού μέσω επικοινωνούντων πόρων και ρωγμών. Αυτές οι διαδικασίες υπερθέτονται στις περιφεριακές βαθμίδες όπου επικρατεί η αγωγή και προκαλούν πολύ υψηλές θερμοκρασίες κοντά στην επιφάνεια, αυτές οι περιοχές χαρακτηρίζονται από υψηλές θερμοκρασίες και είναι οι βασικοί υποψήφιοι για γεωθερμική διερεύνηση και ανάπτυξη.

Η εμπορική διερεύνηση και ανάπτυξη της γεωθερμικής ενέργειας μέχρι σήμερα έχει εστιαστεί σε φυσικούς γεωθεμικούς ταμιευτήρες- όγκους πετρωμάτων με θερμοκρασίες έως 350 C, με υψηλό πορώδες και υψηλή περατότητα. Η θερμική ενέργεια ανλείται με γεωτρήσεις στις οποίες έχουμε μεταφορά του ρευστού το οποίο στη συνέχεια ρέει προς την επιφάνεια της γης.

Η γεωθερμική ενέργεια, υπό την ευρύτερη έννοια, είναι η φυσική θερμότητα της γης. Η θεωρητικά κατάλληλη για άμεση εφαρμογή ανακτήσιμη θερμική ενέργεια εκτιμάται σε  $2,9 \cdot 10^{24}$  Joule, δηλαδή 10000 φορές περίπου την υφιστάμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας παγκοσμίως. Πάντως, το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας αυτής βρίσκεται πολύ πιο κάτω από το βάθος των γεωτρήσεων, ακόμη και με τις πιο αισιόδοξες προβλέψεις τεχνολογικής ανάπτυξης. Η γεωθερμική ενέργεια έχει προς το παρόν ιδιαίτερο οικονομικό δυναμικό μόνο σε περιοχές όπου συγκεντρώνεται θερμό νερό ή ατμός σε βάθη μικρότερα των 3 km σε περιορισμένους όγκους, κατ' αναλογία με το πετρέλαιο στους εμπορικούς ταμιευτήρες πετρελαίου.

Η τεχνολογία των γεωτρήσεων για τα γεωθερμικά ρευστά είναι παρόμοια με αυτή του πετρελαίου. Εντούτοις, καθώς το ενεργειακό περιεχόμενο ενός βαρελιού πετρελαίου είναι πολύ μεγαλύτερο από μία ισοδύναμη ποσότητα θερμού νερού, οι οικονομικές απαιτήσεις για διαπερατότητα των διατάξεων και παραγωγικότητα των γεωθερμικών γεωτρήσεων είναι πολύ υψηλότερες απ' ό,τι για τις πετρελαιοπηγές. Τα γεωθερμικά φρέατα παραγωγής προς το παρόν έχουν βάθη συνήθως 2km, και σπάνια πάνω από 3km. Τα υψηλής θερμοκρασίας πεδία που χρησιμοποιούνται για συμβατική παραγωγή ισχύος (με θερμοκρασία πάνω από 150°C) κατά ένα μεγάλο μέρος περιορίζονται σε περιοχές με νέα ηφαιστειακή, σεισμική και μαγματική δραστηριότητα. Από την άλλη, οι χαμηλής θερμοκρασίας πηγές βρίσκονται στις περισσότερες χώρες, διαμορφούμενες από τη βαθιά κυκλοφορία του επιφανειακού νερού κατά μήκος των ρηγμάτων και των ρωγμών και από νερό που βρίσκεται σε πετρώματα υψηλού πορώδους, όπως είναι ο ψαμμίτης και ο ασβεστόλιθος, σε ικανοποιητικά βάθη ώστε να θερμαίνεται από τη γήινη γεωθερμική βαθμίδα. Οι πηγές θερμότητας σε θερμούς αλλά ξηρούς (χαμηλού πορώδους) σχηματισμούς πετρωμάτων βρίσκονται στις περισσότερες χώρες, αλλά δεν είναι ακόμα οικονομικά εκμεταλλεύσιμες.

## 2.6.1 Γεωθερμικές πηγές.

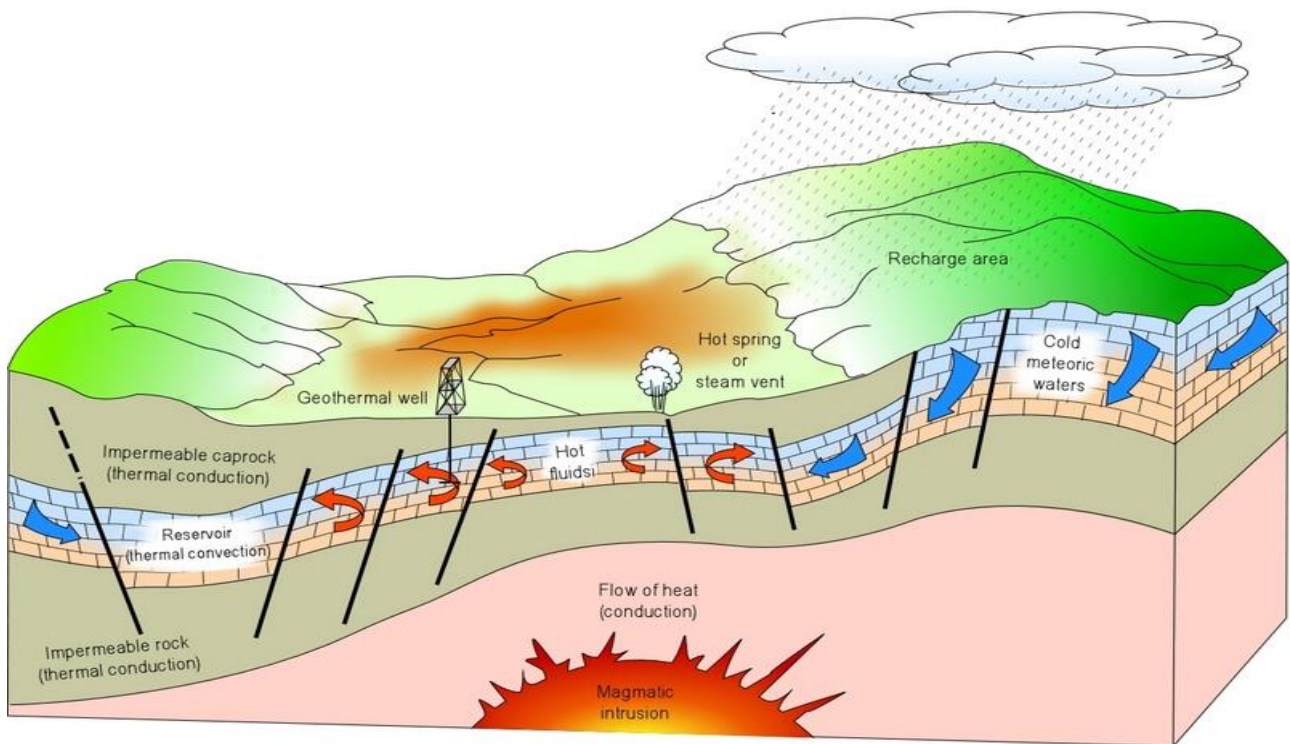
Υπάρχουν [23] τέσσερις τύποι γεωθερμικών πηγών, πιο συγκεκριμένα είναι οι: υδροθερμικές πηγές, οι γεωπεπιεσμένες πηγές, τα θερμά ξηρά πετρώματα και το μάγμα. Από αυτές μόνο οι υδροθερμικές πηγές αξιοποιούνται προς το παρόν εμπορικά.

### 1) Υδροθερμικές πηγές

Όλοι οι ταμιευτήρες που έχουν αναπτυχθεί μέχρι σήμερα για παραγωγή ηλεκτρισμού ονομάζονται υδροθερμικά συστήματα συναγωγής και χαρακτηρίζει τη κυκλοφορία του επιφανειακού νερού σε μικρά ή μεσαία βάθη (100 μ έως 4,5 χιλ.). Η κινητήρια δύναμη των συστημάτων αυτών είναι η βαρύτητα, λόγω της διαφοράς πυκνότητας μεταξύ κρύου νερού αναπλήρωσης που κινείται προς τα κάτω και του ζεστού θερμικού νερού που κινείται προς τα πάνω. Τα υδροθερμικά συστήματα μπορεί να οδηγούνται είτε από ένα νέο πυριγενές έγκλεισμα είτε από την κυκλοφορία του νερού σε βάθος μέσω ρωγμών και καταγμάτων. Οι υδροθερμικές πηγές απαιτούν τρία βασικά συστατικά, ειδικότερα μια θερμική πηγή ( κρυσταλλωμένο μάγμα), έναν υδροφόρο ορίζοντα που περιέχει προσπελάσιμο νερό και ένα στεγανό πέτρωμα που σφραγίζει στεγανά τον υδροφόρο ορίζοντα. Η γεωθερμική ενέργεια αντλείται με τη διατήρηση του υδροφόρου ορίζοντα και την εξαγωγή του θερμυ νερού ή ατμού. Οι υψηλές θερμοκρασίες στις υδροθερμικές πηγές , με θερμοκρασίες από 180-350 C, συνήθως θερμαίνονται από θερμό τηγμένο πέτρωμα, ενώ οι χαμηλής θερμοκρασίας πηγές (100C έως 180C) χρησιμοποιούνται για την οποιαδήποτε άλλη διαδικασία.

Ανάλογα με τη φυσική κατάσταση του ρευστού των πόρων, υπάρχουν δύο είδη υδροθερμικών συστημάτων που μπορούν να διακριθούν, αυτά είναι τα:

1. υπερίσχυση υγρού στα οποία όλοι οι πόροι και οι ρωγμές γεμίζουν με νερό που βρίσκεται σε θερμοκρασίες αρκετά υψηλότερες από αυτή του βρασμού υπό ατμοσφαιρική πίεση εξαιτίας της πίεσης του υπερκείμενου νερού.
2. υπερίσχυση ατμού, όπου οι μεγαλύτεροι πόροι και ρωγμές είναι πλήρεις ατμού. Οι ταμιευτήρες υπερίσχυσης υγρού παράγουν είτε νερό είτε μίγμα νερού και ατμού ενώ οι ταμιευτήρες υπερίσχυσης ατμού παράγουν υπέρθερμο ατμό.



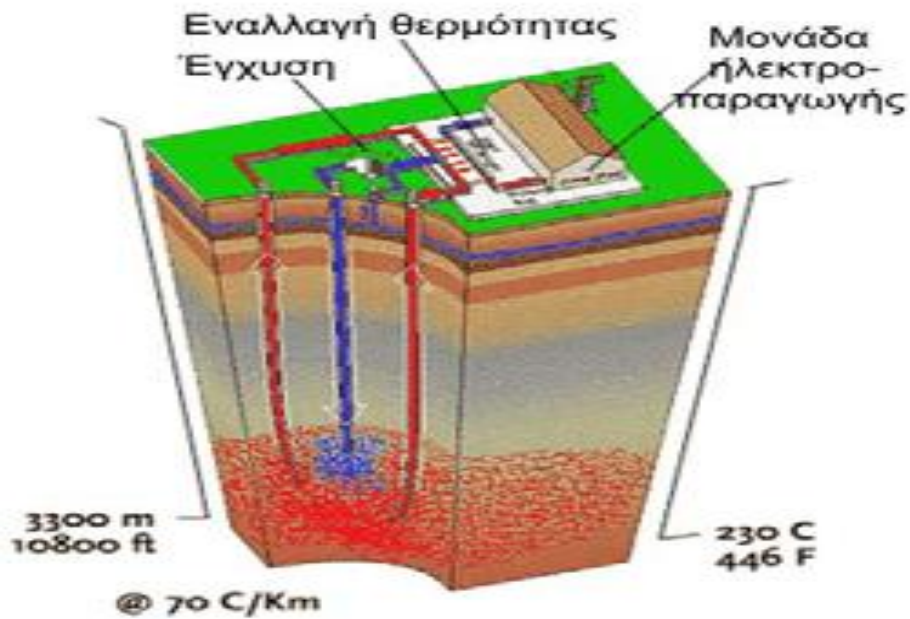
Σχήμα 2.16 Αναπαράσταση των κύριων χαρακτηριστικών μιας γεωθερμικής περιοχής.

## 2) Γεωπεπισμένες πηγές

Σε μερικές ταχέως καθιζάνουσες νέες ιζηματογενείς λεκάνες, όπως η βόρεια λεκάνη του Κόλπου του Μεξικού, οι πορώδεις ψαμμίτες των ταμιευτήρων διαιρούνται από επεκτάσεις ρηγμάτων σε μεμονωμένους ταμιευτήρες σε βάθος περίπου 3-6km, όπου μπορεί η πίεση του ρευστού να υπερβαίνει αυτήν της στήλης ύδατος, πλησιάζοντας αυτήν του υπερκείμενου πετρώματος. Ο στεγανός σχιστόλιθος που περιβάλλει τον διακεκομμένο ψαμμίτη εμποδίζει τη διαφυγή του νερού των πόρων και η θερμοκρασία του κυμαίνεται μεταξύ 90 και 200°C. Στους πεπισμένους ταμιευτήρες η ενέργεια δεν είναι μόνο θερμική, αλλά περιλαμβάνει ένα ίσο ποσό ενέργειας λόγω του διαλυμένου στο νερό μεθανίου (χημική ενέργεια), συν ένα μικρό ποσό μηχανικής/υδραυλικής ενέργειας λόγω των υψηλών πιέσεων των ρευστών.

## 3) Θερμά ξηρά πετρώματα

Τα θερμά ξηρά πετρώματα (HDR) είναι ένας θερμαινόμενος γεωλογικός σχηματισμός που δημιουργείται με τον ίδιο τρόπο όπως οι υδροθερμικές πηγές, αλλά δεν περιέχει νερό αφού δεν υπάρχουν οι υδροφόροι ορίζοντες ή οι ρωγμές που απαιτούνται για να οδηγήσουν το νερό στην επιφάνεια. Το νερό αντλείται προς τα κάτω με μια γεώτρηση για να προκληθεί υδραυλική ρωγή και να σχηματισθεί ταμιευτήρας. Έπειτα, το νερό κυκλοφορεί υπό πίεση μέσα στις ρωγμές απορροφώντας θερμότητα, πριν επανέλθει στην επιφάνεια μέσω ενός ή περισσότερων φρεατίων παραγωγής. Η πηγή αυτή είναι πρακτικά απεριόριστη και πιο προσιτή από τις υδροθερμικές πηγές.



Σχήμα 2.17 Η τεχνολογία των θερμών ξηρών πετρωμάτων *Μάγμα*.

**Το μάγμα είναι η μεγαλύτερη γεωθερμική πηγή, είναι τηγμένο πέτρωμα που βρίσκεται σε βάθη 3 – 10km και παραπάνω, και άρα δεν είναι προσπελάσιμο. Η θερμοκρασία του κυμαίνεται από 700 έως 1200°C.**

### 3. ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

#### 3.1 Σύστημα μεταφοράς

Είναι [1] απαραίτητο, τα δίκτυα που μεταφέρουν ηλεκτρική ενέργεια να λειτουργούν με υψηλή τάση, πολύ μεγαλύτερη από την παραγόμενη τάση από τις γεννήτριες. Ο βασικός λόγος είναι η μείωση του ρεύματος μεταφοράς ώστε έτσι να μειωθούν οι απώλειες μεταφοράς και η πτώση τάσης στις γραμμές μεταφοράς. Για τον λόγο αυτό οι γεννήτριες συνδέονται σε σειρά με μετασχηματιστές, συνήθως κάθε γεννήτρια συνδέεται σε ένα μετασχηματιστή ώστε να είναι δυνατή η ανεξάρτητη λειτουργία τους.

Πριν από κάθε μετασχηματιστή τοποθετούνται οι αυτόματοι διακόπτες προστασίας που προστατεύουν την γεννήτρια σε περίπτωση βραχυκυκλώματος. Μετά την ανύψωση της τάσης δεν μένει παρά η σύνδεση του σταθμού στο δίκτυο και το βασικό πρόβλημα είναι ο παραλληλισμός των γεννητριών του σταθμού με το δίκτυο ώστε να αποδίδεται η ίδια τάση και συχνότητα με εκείνα του δικτύου. Κάθε γεννήτρια με τον μετασχηματιστή της συνδέεται σε ένα κοινό σύστημα ζυγών του σταθμού το οποίο συνδέεται με το εθνικό δίκτυο. Αμέσως μετά τους ζυγούς υπάρχει ένας αυτόματος διακόπτης με σκοπό να προστατεύει τον σταθμό από κάθε μη ομαλή κατάσταση της γραμμής μεταφοράς.

Ενα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της ηλεκτρικής ενέργειας είναι η δυνατότητα μεταφοράς της εύκολα σε μεγάλες αποστάσεις με μικρές απώλειες. Η μεταφορά αυτή είναι απαραίτητη λόγω των μεγάλων αποστάσεων των ενεργειακών κέντρων παραγωγής (υδροηλεκτρικοί σταθμοί σε λίμνες ή ποτάμια, ατμοηλεκτρικοί σταθμοί κοντά σε ορυχεία λιγνίτη, αιολικά πάρκα σε περιοχές με ισχυρό άνεμο, σταθμοί diesel κοντά σε λιμάνια και μακριά από κατοικημένες περιοχές λόγω πιθανής μόλυνσης) από τα μεγάλα κέντρα ηλεκτρικής κατανάλωσης (μεγάλες πόλεις, βιομηχανικά συγκροτήματα). Για την μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας από τα σημεία παραγωγής στα σημεία κατανάλωσης χρησιμοποιούνται οι ηλεκτρικές γραμμές μεταφοράς, το μήκος των οποίων μπορεί να φτάσει μέχρι μερικές εκατοντάδες χιλιόμετρα. Οι γραμμές αυτές εκτός από την μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται και για την πολλαπλή σύνδεση των σταθμών παραγωγής με τις καταναλώσεις ώστε σε περίπτωση που κάποιες μονάδες δεν λειτουργούν (βλάβη, προγραμματισμένη συντήρηση, έλλειψη καυσίμου) οι άλλες μονάδες του δικτύου να καλύπτουν την ζήτηση ενέργειας.

Οι γραμμές μεταφοράς δεν μπορούν να τροφοδοτήσουν άμεσα τους καταναλωτές που χρησιμοποιούν χαμηλές τάσεις (220/380V) αλλά φθάνουν μέχρι ορισμένα σημεία όπου γίνεται υποβιβασμός της τάσης του δικτύου. Από αυτά τα σημεία στα οποία βρίσκονται οι υποσταθμοί μεταφοράς αρχίζουν οι γραμμές διανομής που καταλήγουν στους υποσταθμούς διανομής όπου γίνεται υποβιβασμός της τάσης στην τάση που χρησιμοποιούν οι καταναλωτές χαμηλής τάσης. Η διάκριση μεταξύ των δύο τύπων δικτύων γίνεται από την περιοχή των τιμών της τάσης της ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ηλεκτρική ενέργεια κατά την μεταφορά της πρέπει να παρουσιάζει σταθερή τάση και συχνότητα και τις ελάχιστες δυνατές απώλειες. Για να επιτευχθούν τα παραπάνω χαρακτηριστικά η γραμμή μεταφοράς πρέπει να παρουσιάζει κατάλληλα χαρακτηριστικά. Κατά την μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις εμφανίζεται πάνω στη γραμμή πτώση τάσης που οφείλεται στην σύνθετη αντίσταση της (ωμική, επαγωγική,

χωρητική) και εξαρτάται από την ένταση του ρεύματος, δηλαδή την μεταφερόμενη ισχύ. Η σύνθετη αντίσταση της γραμμής εξαρτάται μόνο από τον τρόπο που είναι κατασκευασμένη η γραμμή. Πρόβλημα όσον αφορά την συχνότητα δεν υπάρχει αφού αυτή δεν μεταβάλλεται κατά την μεταφορά της ενέργειας.

Για την ομαλή λειτουργία ενός τριφασικού δικτύου έχει σημασία η εξασφάλιση εξισορροπημένης λειτουργίας, δηλαδή πρέπει τα μονοφασικά συνήθως φορτία να ισοκατανέμονται στις τρεις φάσεις ώστε οι τριφασικοί καταναλωτές να έχουν συμμετρικές τάσεις τροφοδοσίας. Πρέπει να αποφεύγεται με κάθε τρόπο η διακοπή τροφοδοσίας οποιουδήποτε αριθμού καταναλωτών έστω και για μικρό χρονικό διάστημα διότι αυτό συνεπάγεται μεγάλες οικονομικές ή άλλου είδους ζημιές. Αυτό πραγματοποιείται με τις πολλαπλές συνδέσεις και την τοποθέτηση οργάνων ελέγχου και διακοπών που επισημαίνουν και εντοπίζουν κάθε βλάβη που θα μπορούσε να οδηγήσει σε δυσάρεστο αποτέλεσμα. Μιά τέτοια περίπτωση είναι η χρήση γραμμών με παράλληλα κυκλώματα οπότε σε περίπτωση βλάβης του ενός θα χρησιμοποιείται το άλλο.

Ενας τελευταίος τομέας είναι η ασφαλής λειτουργία των γραμμών μεταφοράς, δηλαδή πρέπει οι τιμές των ηλεκτρικών μεγεθών να μην ξεπερνούν ορισμένες προκαθορισμένες χαρακτηριστικές τιμές για την ακίνδυνη λειτουργία της γραμμής, πράγμα που επιτυγχάνεται με την βοήθεια μετρητικών και ρυθμιστικών οργάνων που βρίσκονται σε κατάλληλα σημεία.

### **3.1.1 Τάσεις μεταφοράς**

Η [1] μεταφερόμενη ενέργεια χαρακτηρίζεται από την τάση και την συχνότητα ενώ η μεταφερόμενη ισχύς καθορίζει την ένταση που διαρρέει την γραμμή. Τα πλεονεκτήματα της μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας με υψηλή τάση είναι κύρια οικονομικά διότι η ισχύς μεταφέρεται με χαμηλή ένταση οπότε χρειάζονται αγωγοί μικρότερης διατομής με αποτέλεσμα οικονομία υλικού και μικρότερες απώλειες ισχύος λόγω του μικρότερου ρεύματος. Έχει επικρατήσει η χρησιμοποίηση συχνότητας 50 ή 60 Hz. Οι χρησιμοποιούμενες τάσεις μεταφοράς δεν είναι τυποποιημένες και η ΔΕΗ χρησιμοποιεί γραμμές 400KV (υπερυψηλή τάση), 150KV(υψηλή τάση) και σε ορισμένες πυκνοκατοικημένες περιοχές 66 KV. Στην διανομή υπάρχει η τυποποιημένη τιμή των 20KV αλλά υπάρχουν ακόμα τάσεις 22KV, 15KV και 11KV. Κάθε τάση μεταφοράς παρουσιάζει ορισμένη εμβέλεια, δηλαδή απόσταση στην οποία συμφέρει από οικονομική άποψη να χρησιμοποιηθεί. Έτσι με 15KV είναι σωστό να μεταφέρεται ισχύς μέχρι 1000KW το πολύ μέχρι 50 χιλιόμετρα. Αν η απόσταση ή ισχύς αυξηθούν, η τάση αυτή δεν είναι πιά κατάλληλη.



### 3.1.2 Αγωγοί, Στύλοι, Μονωτήρες Γραμμών Μεταφοράς.

Οι [1] αγωγοί αποτελούν το μέσο μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας. Ανάλογα με την κατασκευή τους διακρίνονται σε μονόκλωνους (από ένα σύρμα) και σε πολύκλωνους (από περισσότερα του ενός συνεστραμμένα σύρματα με συνολική διατομή μεγαλύτερη από  $6 \text{ mm}^2$ ). Οι πολύκλωνοι αγωγοί είναι πιο ακριβοί αλλά χρησιμοποιούνται περισσότερο λόγω της μεγαλύτερης ευκαμψίας τους και της μεγαλύτερης μηχανικής αντοχής τους.

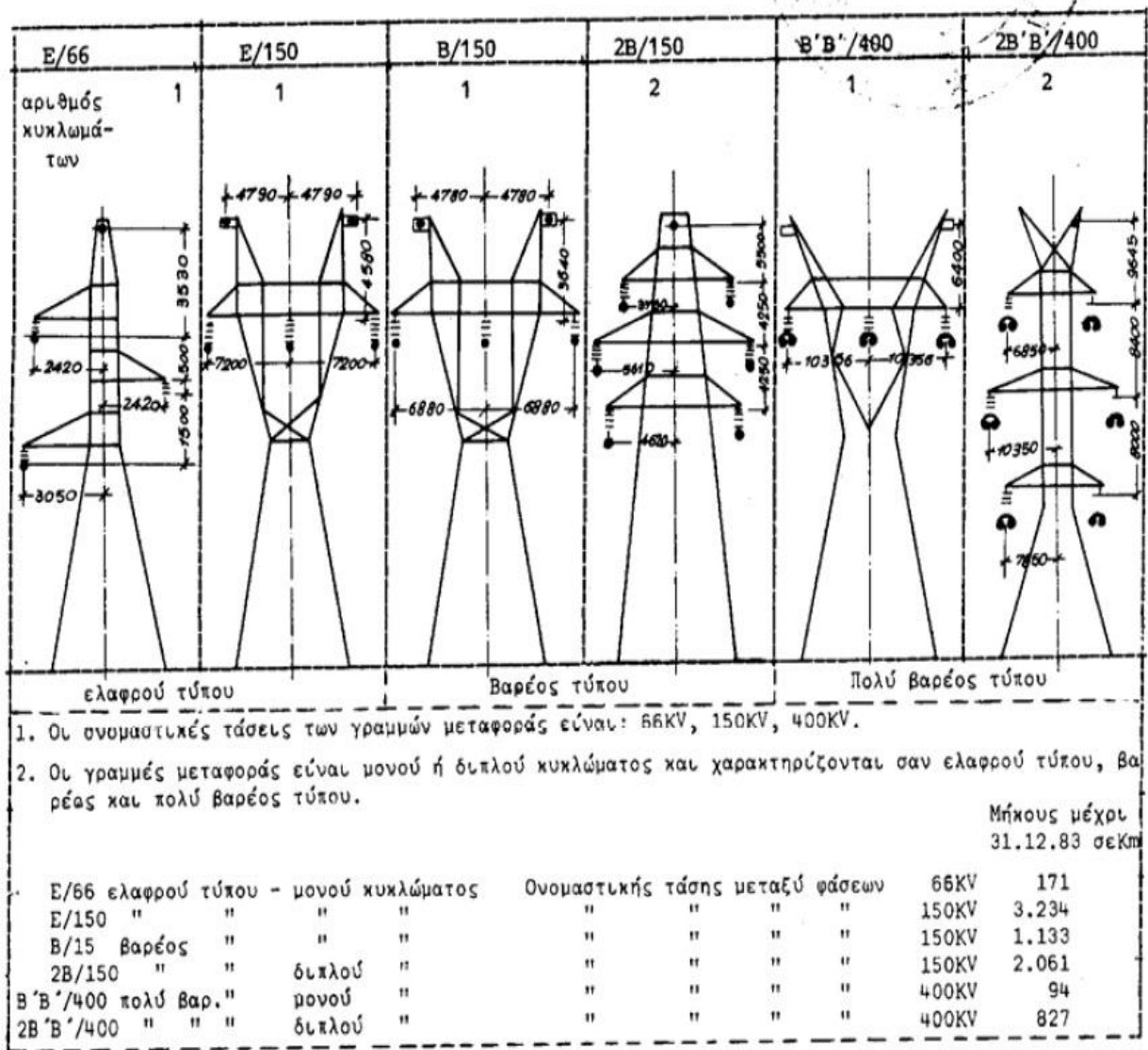
Τα υλικά κατασκευής των αγωγών είναι ο χαλκός και το αλουμίνιο. Ο πρώτος παρουσιάζει μεγαλύτερη ηλεκτρική αγωγιμότητα και αρκετά μεγάλη μηχανική αντοχή, έχει όμως μεγάλο κόστος και μεγάλο βάρος. Έτσι χάλκινοι αγωγοί χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά στις γραμμές διανομής. Το αλουμίνιο με την μορφή κραμάτων έχει μικρό βάρος και παρά την μικρότερη ηλεκτρική αγωγιμότητά του χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά στις γραμμές μεταφοράς. Για να αυξηθεί η μηχανική αντοχή οι πολύκλωνοι αγωγοί από αλουμίνιο έχουν ένα εσωτερικό χαλύβδινο αγωγό υψηλής αντοχής γύρω από τον οποίο είναι συνεστραμμένοι οι αγωγοί από αλουμίνιο. Οι αγωγοί κατασκευάζονται σε κομμάτια ορισμένου μήκους και για να σχηματισθεί γραμμή μήκους πολλών χιλιομέτρων πολλά τέτοια κομμάτια ενώνονται μεταξύ τους με την βοήθεια συνδετήρων ή σφιγκτήρων.



*Εικόνα 3.1 Υψηλής Τάσεως Καλώδιο 110~220KV XLPE.*

*Εικόνα3.2 Συνδετήρας καλωδίου Υψηλής Τάσης.*

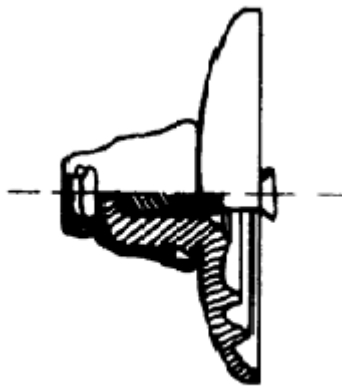
Οι στύλοι που χρησιμοποιούνται είναι κατασκευασμένοι είτε από οπλισμένο σκυρόδεμα ή από μεταλλικά τμήματα (πυλώνες) ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και ξύλινοι στύλοι. Οι τσιμεντένιοι στύλοι είναι πιο ανθεκτικοί από τους ξύλινους που είναι εκτεθειμένοι σε φθορά, αλλά είναι πιο εύθραυστοι σε απότομα κτυπήματα. Στις γραμμές υψηλής τάσης χρησιμοποιούνται μεταλλικοί στύλοι (πυλώνες) με κατασκευή σε κομμάτια υπό μορφή δικτυωμάτων. Στο Σχήμα 3.3 φαίνονται οι συνηθισμένοι τύποι πυλώνων που χρησιμοποιεί η ΔΕΗ



Σχήμα 3.1 Τύποι πυλώνων που χρησιμοποιεί η ΔΕΗ.

Οι διαστάσεις των στύλων καθορίζονται ανάλογα με την αποστολή τους. Έτσι οι πυλώνες πρέπει να είναι ψηλοί ώστε οι αγωγοί να απέχουν πολύ από το έδαφος και μεταξύ τους. Οι ελάχιστες αποστάσεις αγωγού γής και αγωγού αγωγού καθορίζονται σε τρόπο που να μην υπάρχει κίνδυνος ηλεκτρικού τόξου και επομένως βραχυκυκλώματος. Στον υπολογισμό των αποστάσεων παίρνεται υπόψη τόσο η καμπύλη που σχηματίζει ο αγωγός λόγω του βάρους του αλλά και η διαμόρφωση του εδάφους στην περιοχή που περνά η γραμμή και η επίδραση του ανέμου. Οι στύλοι διακρίνονται ανάλογα με την θέση τους στους κανονικούς που τοποθετούνται ενδιάμεσα σε ευθύγραμμα τμήματα, στους γωνιακούς που τοποθετούνται στα σημεία όπου αλλάζει κατεύθυνση η γραμμή και στους τερματικούς που μπαίνουν στα άκρα της γραμμής. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται στην θεμελίωση γωνιακών ή τερματικών στύλων.

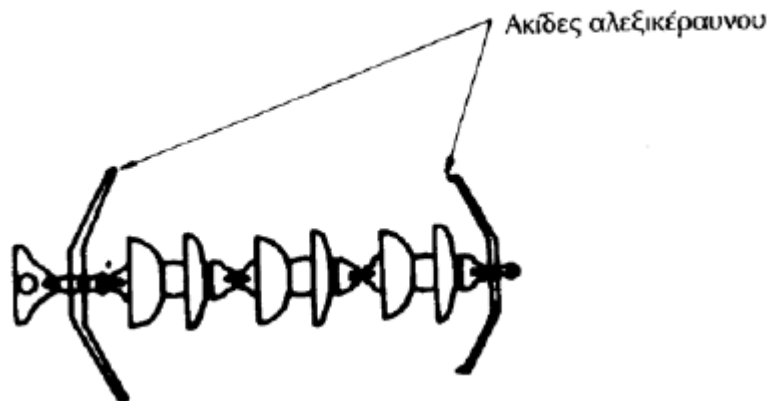
Οι μονωτήρες γραμμών μεταφοράς είναι τα εξαρτήματα που χρησιμεύουν για την στερέωση των αγωγών των εναέριων γραμμών πάνω στους στύλους. Στο Σχ. 3.4 φαίνεται η μορφή ενός μονωτήρα σε ημιτομή. Οι μονωτήρες πρέπει να έχουν αρκετή ηλεκτρική αντοχή ώστε να εξασφαλίζουν τέλεια μόνωση μεταξύ αγωγού και στύλου και μηχανική αντοχή ώστε να αντέχουν το βάρος του αγωγού μαζί με όλες τις καταπονήσεις όπως το χιόνι, ο αέρας κλπ.



Σχήμα 3.2 Μορφή μονωτήρα.

Οι μονωτήρες κατασκευάζονται από πορσελάνη σε μεγέθη που σχετίζονται με την τάση της γραμμής και σχήμα που εμποδίζει την επικάλυψη υγρασίας και σκόνης. Σαν ηλεκτρική αντοχή του μονωτήρα ονομάζεται η ελάχιστη τάση που είναι απαραίτητη για να δημιουργηθεί ηλεκτρικός σπινθήρας μεταξύ των άκρων του και στην περίπτωση αυτή προκαλείται υπερπήδηση και τοπικό βραχυκύκλωμα γραμμής. Η ηλεκτρική αντοχή του μονωτήρα μειώνεται σημαντικά από οποιαδήποτε ανωμαλία στην επιφάνεια του μονωτήρα (ακαθαρσία, ράγισμα, σπάσιμο, υγρασία). Οι μονωτήρες των γραμμών μεταφοράς συνήθως κρέμονται από τους στύλους και έχουν την μορφή αλυσσοειδών (Σχ. 3.5) αποτελούμενων από σειρά μονωτήρων που συνδέονται μεταξύ τους με μεταλλικούς συνδετήρες και ο αριθμός τους εξαρτάται από την τάση της γραμμής (πχ 10 για γραμμές 150 KV).

Η κατανομή της τάσης σε κάθε δίσκο της αλυσσοειδούς δεν γίνεται ομοιόμορφα αλλά ο πλησιέστερος στον αγωγό δέχεται τα 23/100 της συνολικής τάσης και για να εξασφαλίζεται ομοιομορφία χρησιμοποιούνται δίσκοι που αντέχουν την μέγιστη τάση ανεξάρτητα από την θέση τους στην αλυσίδα.



Σχήμα 3.3 Αλυσσοειδής μονωτήρας.

## 3.2 Δίκτυο Διανομής

### 3.2.1 Εισαγωγή

Τα [2] δίκτυα διανομής αποτελούν τμήμα των σύγχρονων Συστημάτων Ηλεκτρική Ενέργειας και μέσω αυτών διανέμεται η ηλεκτρική ενέργεια στους καταναλωτές. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά τους είναι το μεγάλο πλήθος στοιχείων από το οποίο αποτελούνται. Ως εκ τούτου προκύπτει μια τυποποίηση του τρόπου σχεδιασμού τους και των κατασκευαστικών τους στοιχείων, καθώς πρόκειται για επαναλαμβανόμενες κατασκευές εκτεινόμενες σε όλη τη χώρα. Συνεπώς η κατασκευαστική διαμόρφωση των δικτύων διανομής συνδέεται άμεσα με τα χαρακτηριστικά της εκάστοτε πόλης ή περιοχής και γενικότερα ολόκληρης της χώρας. Τα συστήματα διανομής σχεδιάζονται ώστε να λειτουργούν υπό ορισμένους λειτουργικούς περιορισμούς. Το σύστημα καλείται να εξυπηρετεί τις απαιτήσεις τροφοδότησης φορτίου των καταναλωτών, ενώ λειτουργεί μέσα στα αποδεκτά όρια, όπως τα όρια φορτίσεως στοιχείων του συστήματος ή τα όρια τάσεως τροφοδότησης των καταναλωτών. Λόγω όμως γεγονότων, τα οποία είναι αδύνατον να προβλεφθούν, το σύστημα μπορεί να οδηγηθεί σε μια έκτακτη κατάσταση όπου μέρος των περιορισμών δεν ικανοποιείται. Τα λειτουργικά όρια μπορούν τα ταξινομηθούν σε όρια κανονικής λειτουργίας και σε όρια έκτακτων καταστάσεων, τα οποία είναι ελαστικότερα αλλά η παραβίασή τους απαιτεί τη λήψη έκτακτων μέτρων.

Παραβίαση ορίων κανονικής λειτουργίας έχουμε όταν η τάση τροφοδότησης κάποιων καταναλωτών τις ώρες μέγιστου φορτίου είναι χαμηλή, ενώ παραβίαση των ορίων έκτακτης καταστάσεως έχουμε όταν μια περιοχή του δικτύου έχει αποκοπεί λόγω βλάβης.

Το σύστημα βρίσκεται σε κανονική κατάσταση αν όλα τα φορτία τροφοδοτούνται και τα όρια εκτάκτου καταστάσεως δεν παραβιάζονται. Στην αντίθετη περίπτωση, στο σύστημα βρίσκεται σε έκτακτη κατάσταση και μέρος του δικτύου έχει αποσυνδεθεί για την απομόνωση ενός σφάλματος. Οι δυνατότητες μετάβασης μεταξύ των καταστάσεων αυτών είναι οι εξής:

1) Κανονική κατάσταση→Κανονική κατάσταση.

Όταν το σύστημα βρίσκεται σε κανονική κατάσταση λειτουργίας, δηλαδή τα όρια εκτάκτου καταστάσεως ικανοποιούνται, τα όρια κανονικής λειτουργίας μπορεί να παραβιάζονται. Εάν αυτό συμβαίνει, η λειτουργία μπορεί να διορθωθεί μέσω της αναδιάταξης του συστήματος, στοχεύοντας στην εύρεση μιας διάταξης λειτουργίας όπου οι περιορισμοί κανονικής κατάστασης ικανοποιούνται, πχ. με ισοκατανομή του φορτίου των γραμμών.

2) Κανονική κατάσταση→Μεταβατική φάση.

Η μεταβατική φάση προκύπτει όταν εμφανίζεται ένα σφάλμα. Τα μεγάλα ρεύματα βραχυκύκλωσης διακόπτονται από τα μέσα προστασίας ώστε να αποφευχθούν καταστροφές στον εξοπλισμό.

3) Μεταβατική φάση→Κανονική κατάσταση.

Εάν το σφάλμα είναι παροδικό, μια ταχεία παροδική απόζευξη της γραμμής από τον αυτόματο διακόπτη ισχύος μπορεί να επαναφέρει το σύστημα στην κανονική κατάσταση.

1) Μεταβατική φάση→Έκτακτη κατάσταση

Ένα μόνιμο σφάλμα επιφέρει τη λειτουργία των μέσων προστασίας και το σύστημα οδηγείται σε έκτακτη κατάσταση όπου η τροφοδότηση κάποιων φορτίων έχει διακοπεί και παραβιάζονται τα αντίστοιχα όρια.

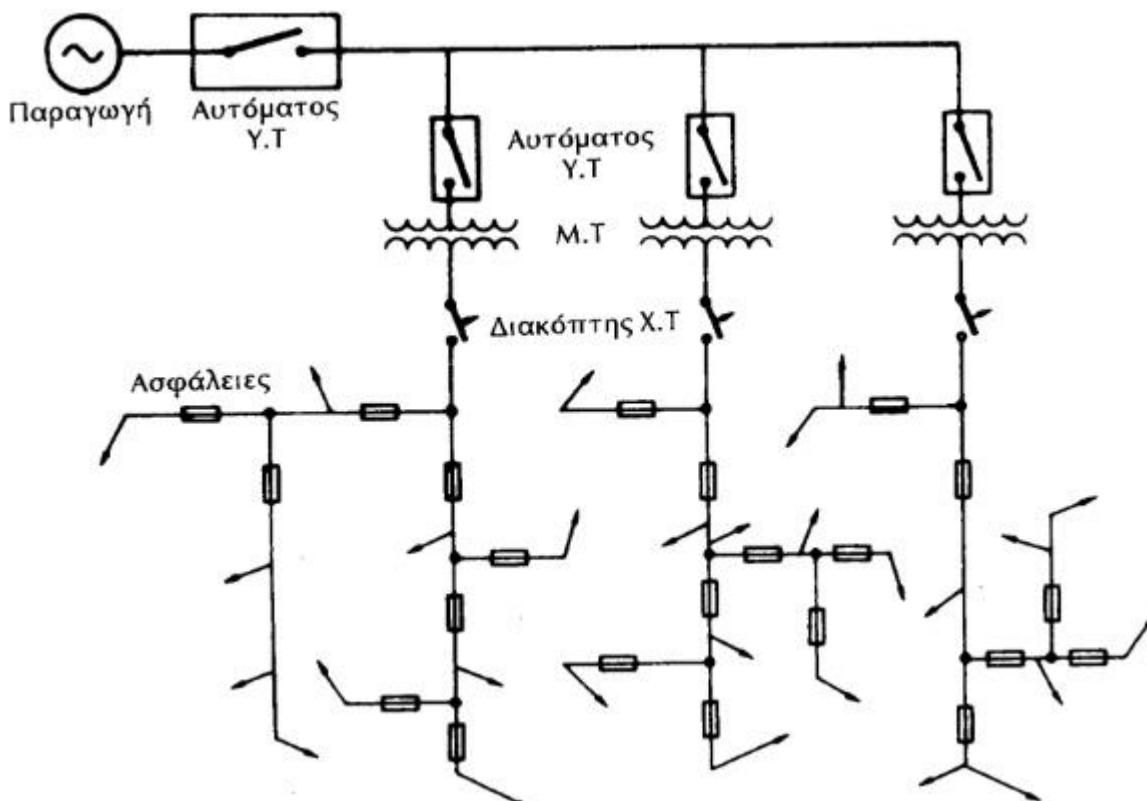
2) Έκτακτη κατάσταση→Κανονική κατάσταση

Το σύστημα διανομής μπορεί να επανέλθει στην κανονική κατάσταση λειτουργίας μετά την αποκατάσταση της λειτουργίας των βλαβέντων στοιχείων και την επανατροφοδότηση της ζώνης σφάλματος.

3) Έκτακτη κατάσταση→Έκτακτη κατάσταση

Μετά τη διακοπή του ρεύματος βραχυκύκλωσης από το σύστημα προστασίας είναι απαραίτητος ο καθορισμός και η απομόνωση της ζώνης του σφάλματος. Έτσι μερική αποκατάσταση της τροφοδότησης είναι εφικτή μέσω της λειτουργίας διακοπών του δικτύου.

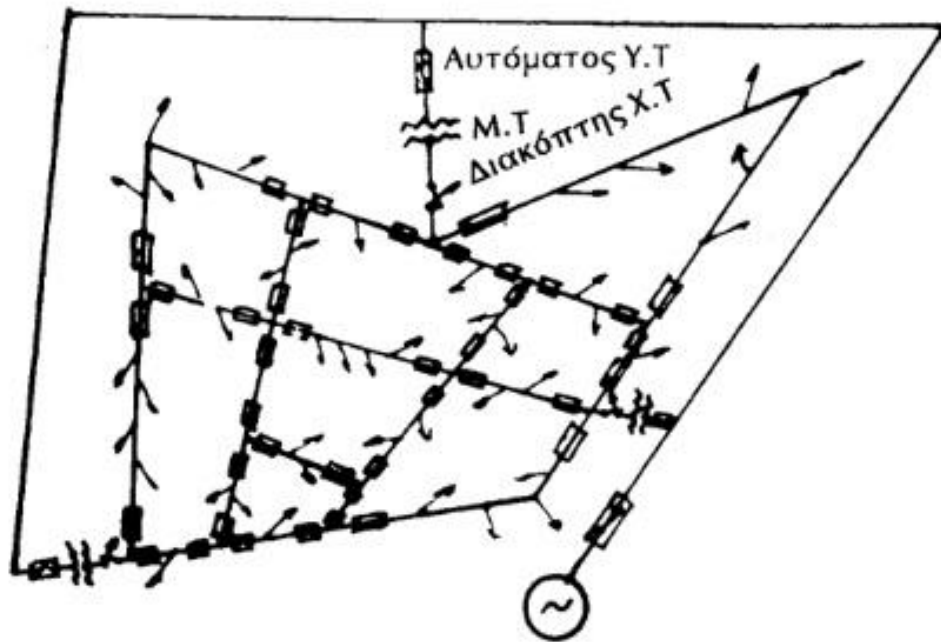
Λόγω της πολυπλοκότητας και του μεγάλου πλήθους των στοιχείων τους, η μελέτη της βέλτιστης λειτουργίας και της ανάπτυξής τους γίνεται μέσω Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, μικροεπεξεργαστών και μέσων επικοινωνίας.



Σχήμα 3.4 Ανοιχτό Δίκτυο Διανομής.

Στο κλειστό δίκτυο διανομής, μια μορφή του οποίου φαίνεται στο Σχ. 3.7, κάθε καταναλωτής μπορεί να τροφοδοτηθεί από τουλάχιστον δύο σημεία με αποτέλεσμα την δυνατότητα

εναλλακτικής τροφοδοσίας σε περίπτωση βλάβης. Τα κλειστά δίκτυα κατασκευάζονται σε πυκνοκατοικημένες περιοχές και κοστίζουν περισσότερο από τα ανοικτά δίκτυα.



Σχήμα 3.5 Κλειστό Δίκτυο Διανομής.

## 3.2.2 Βελτιστοποίηση Λειτουργίας Δικτύων Διανομής

### 3.2.2.1 Κανονική Κατάσταση

Τα [2] δίκτυα διανομής ελέγχονται με τους συμβατικούς τρόπους ώστε να λειτουργούν σε κανονική κατάσταση εντός συγκεκριμένων ορίων τάσης στους κόμβους σύνδεσης των φορτίων, και φορτίσεως των αγωγών, και των μετασχηματιστών. Τα τελευταία χρόνια, χάρη στην εξέλιξη τόσο του λογισμικού όσο και του υλικού είναι δυνατόν, εκτός της τήρησης των ορίων αυτών, να επιτυγχάνεται και βελτιστοποίηση της λειτουργίας.

Η βέλτιστη λειτουργία υπό κανονικές συνθήκες, καθορίζεται από τις ακόλουθες λειτουργικές παραμέτρους:

- 1) Απώλειες
- 2) Αποκλίσεις της τάσης στα σημεία τροφοδότησης των καταναλωτών
- 3) Αξιοπιστία τροφοδότησης

Τα μέσα που συνήθως χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της λειτουργίας των δικτύων διανομής είναι:

1. Η αναδιάταξη του δικτύου, δηλαδή η επιλογή της κατάλληλης τοπολογικής διάταξης και συνδεσμολογίας του. Τα δίκτυα διανομής ενώ λειτουργούν ακτινικά, δύναται να μπορούν να διασυνδεθούν. Σκοπός της αναδιάταξης του δικτύου είναι η ο καθορισμός των τομών, ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη συνδεσμολογία.
2. Ο έλεγχος της ροής άεργου ισχύος και των τάσεων μέσω της εγκατάστασης πυκνωτών αντιστάθμισης και ρυθμιστών τάσης. Εγκαθιστώντας πυκνωτές κοντά στα φορτία του δικτύου, μειώνονται οι ροές άεργου ισχύος και συνεπώς και οι τάσεις και οι απώλειες.
3. Η κατάλληλη σχεδίαση της προστασίας του δικτύου. Αφορά κυρίως την επιλογή των μέσων προστασίας και των ρυθμίσεών τους όπως ασφαλειών ηλεκτρονόμων κλπ, στα δίκτυα της ΜΤ.

### 3.2.2.2 Έκτακτη Κατάσταση

Κατά [2] την λειτουργία των δικτύων διανομής συμβαίνουν εξαναγκασμένες (λόγω βλαβών) ή και προγραμματισμένες (για λόγους εργασιών) θέσεις εκτός λειτουργίας κάποιων στοιχείων τους, οι οποίες μπορεί να συνεπάγονται αντίστοιχες διακοπές τροφοδότησης καταναλωτών. Στις περιπτώσεις αυτές η προκύπτουσα έκτακτη κατάσταση πρέπει να αντιμετωπιστεί με ενέργειες ελέγχου για την απομόνωση τμήματος του συστήματος που περιλαμβάνει τα βλαβέντα στοιχεία και την ταχύτερη δυνατή επανατροφοδότηση των καταναλωτών.

Στα ακτινικά δίκτυα, πρακτικά, σε περίπτωση βλάβης η λειτουργία των μέσων προστασίας οδηγεί στην απομόνωση τμήματος του δικτύου. Εάν η συνεργασία των μέσων προστασίας του δικτύου είναι πλήρης, αποκόπτεται το τμήμα που έπεται του πρώτου μέσου προστασίας από τη θέση του σφάλματος προς τους ζυγούς του υποσταθμού ΥΤ/ΜΤ. Πριν τη μετάβαση του δικτύου σε κανονική κατάσταση λειτουργίας (πλήρης επαναφορά), μπορεί να αποκατασταθεί η τροφοδότηση ενός μεγάλου μέρους των καταναλωτών που υπέστησαν διακοπή (μερική επαναφορά). Η διαδικασία μερικής επαναφοράς περιλαμβάνει δυο στάδια:

- 1) Τον περιορισμό της απομονωμένης περιοχής γύρω από την θέση του σφάλματος (ζώνη του σφάλματος). Συνήθως είναι δυνατή η επανασύνδεση μέρους του τμήματος του δικτύου που αποσυνδέθηκε από τα μέσα προστασίας, σε άλλες γραμμές και η μεταφορά φορτίων από τη ζώνη του σφάλματος.
- 2) Την επίτευξη κατάλληλης λειτουργίας υγιούς δικτύου (το υπόλοιπο δίκτυο εκτός από τη ζώνη του σφάλματος), ώστε να επανατροφοδοτηθούν κατά το δυνατόν περισσότεροι καταναλωτές. Κατά την προσπάθεια μεταφοράς φορτίων σε άλλες γραμμές είναι όμως πιθανό να προκύψουν υπερφορτίσεις στοιχείων του υγιούς τμήματος του δικτύου. Η τροφοδότηση των καταναλωτών εκτός της ζώνης του σφάλματος μπορεί να επιτευχθεί συνήθως με αναδιάταξη του δικτύου ώστε να ανακαταμεμηθεί το φορτίο των στοιχείων του. Εάν όμως η βλάβη είναι σοβαρή, πχ.σε κλάδο του κορμού, είναι πολλές φορές απαραίτητη εκτός από την αναδιάταξη και η αποκοπή κάποιων επιπρόσθετων φορτίων.

Αντίστοιχα ισχύουν και στην περίπτωση απομόνωσης τμήματος του δικτύου για την εκτέλεση εργασιών, με τη βασική διαφορά ότι το προς απομόνωση τμήμα και οι σχετικές ενέργειες μπορούν να προμελετηθούν.

Στην πράξη, οι χειριστές του κέντρου διανομής είναι αυτοί που καλούνται να αποκαταστήσουν την τροφοδότηση των καταναλωτών του δικτύου όσο το δυνατόν συντομότερα. Αυτό προϋποθέτει τον ταχύτατο καθορισμό όλων των αναγκαίων χειρισμών διακοπών ώστε να αποκοπεί η κατάλληλη ζώνη γύρω από το σφάλμα και να αποκατασταθεί η τροφοδότηση σε όσο το δυνατόν περισσότερους από τους υπόλοιπους καταναλωτές .

### **3.2.3 Προγραμματισμός Ανάπτυξης Των Δικτύων Διανομής**

Τα [2] δίκτυα διανομής για να μπορέσουν να σχεδιαστούν και στην συνέχεια να υλοποιηθούν καλείται απαραίτητος ο προγραμματισμός της ανάπτυξης αυτών. Όμως το πρόβλημα του προγραμματισμού των δικτύων MT μπορεί να οριστεί με διαφορετικούς τρόπους :

- 1) Το καθορισμό του τύπου, του μεγέθους, της θέσης, των διαδρομών, των διασυνδέσεων και του χρόνου εγκατάστασης των μελλοντικών πυκνωτών, γραμμών και υποσταθμών ΥΤ/ΜΤ καθώς και του σχετικού εξοπλισμού.
- 2) Με δεδομένα
  - i) την ανάπτυξη των φορτίων (υπάρχοντων και νέων ), όπως αυτή προκύπτει από τις μελέτες πρόβλεψης φορτίου
  - ii) τις θέσεις και το μέγεθος των υπάρχοντων και μελλοντικών υποσταθμών διανομής ΜΤ/ΧΤ, όπως προκύπτουν από τις μελέτες ανάπτυξης του δικτύου διανομής ΧΤ.
- 3) Την ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους του συστήματος για όλη τη θεωρούμενη περίοδο, λαμβάνοντας υπόψη το κόστος κεφαλαίου και το κόστος λειτουργίας.

### **3.2.4 Ανάλυση Λειτουργίας Δικτύων Διανομής**

Για [2] την ομαλή λειτουργία των δικτύων διανομής τα χαρακτηριστικά των φορτίων που είναι συνδεδεμένα σε αυτό παίζουν σημαντικό ρόλο. Από αυτά ιδιαίτερα σημαντικά είναι τα ακόλουθα δυο χαρακτηριστικά:

- 1) Η εξάρτησή τους από τη τάση τροφοδότησης.
- 2) Τη διακύμανση τους κατά τη διάρκεια της ημέρας, της εβδομάδας και του έτους. Η περιοδικότητα των διακυμάνσεων αυτών είναι απαραίτητη, για τις αναλύσεις φορτίων.



Τα δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας MT και XT, δημόσια και ιδιωτικά λειτουργούν συνήθως «ακτινικά», δηλαδή κάθε καταναλωτής τους τροφοδοτείται από ένα μόνο Υ/Σ ΥΤ/ΜΤ . Παρότι η βροχοειδής λειτουργία των δικτύων διανομής οδηγεί σε χαμηλότερες πτώσεις τάσης και απώλειες, η ακτινική λειτουργία έχει καθιερωθεί διεθνώς καθώς οι διατάξεις προστασίας απλοποιούνται, τα επίπεδα σφάλματος είναι χαμηλότερα και γενικότερα το κόστος κατασκευής μειώνεται.

Τόσο στα υπόγεια όσο και στα εναέρια δίκτυα διανομής, υπάρχουν όμως διασυνδεδετικοί κλάδοι μεταξύ διαφορετικών γραμμών ή πλευρικών διακλαδώσεων μιας γραμμής για λόγους αξιοπιστίας και συνέχειας της τροφοδότησης. Επί των διασυνδέσεων αυτών υπάρχουν διακόπτες οι οποίοι σε κανονική κατάσταση λειτουργίας είναι ανοικτοί, ενώ το κλείσιμό τους οδηγεί στη δημιουργία βρόχων. Παρότι η βροχοειδής λειτουργία αποτελεί εξαίρεση, αποτελεί συνάμα απαραίτητη για μελέτες βελτιστοποίησης της λειτουργίας τους. Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια της μετάβασης από μια διάταξη του δικτύου σε άλλη είναι δυνατή η προσωρινή εμφάνιση βρόχων, ώστε να μην διακοπεί η τροφοδότηση τμημάτων του δικτύου. Στην κατάσταση αυτή τα δίκτυα διανομής μπορούν να χαρακτηριστούν ως “αραιώς βροχοειδή” λόγω του ότι, δεδομένης της εκτάσεώς τους παρουσιάζεται μικρός αριθμός βρόχων.

Για την ανάλυση ροής φορτίου στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται συνήθως τρεις μέθοδοι.

- 1) Η Gauss-Seidel
- 2) Η Newton-Raphson (συνήθως στην ταχεία αποζευγμένη διατύπωση)
- 3) Οι μέθοδοι ρευμάτων βρόχων

Οι δυο πρώτες μέθοδοι βασίζονται σε εξισώσεις τάσεων κόμβων, ενώ η τρίτη βασίζεται σε εξισώσεις ρευμάτων βρόχων. Κάθε μια από τις μεθόδους αυτές είναι κατάλληλη για ένα ειδικό τύπο δικτύου.

Η μέθοδος Gauss-Seidel παρουσιάζει προβλήματα σύγκλισης όταν ο αριθμός των κλειστών βρόχων είναι μικρός και υπάρχουν μακριές γραμμές με μεγάλα φορτία στο δίκτυο. Για το λόγο αυτό η μέθοδος αυτή σπάνια εφαρμόζεται στα δίκτυα διανομής. Η μέθοδος Newton-Raphson στην ταχεία αποζευγμένη διατύπωσή της αντιμετωπίζει προβλήματα σύγκλισης όταν η ωμική αντίσταση των γραμμών είναι μεγαλύτερη από την αντίδρασή τους. Το δεύτερο πρόβλημα της μεθόδου Newton-Raphson σχετίζεται με την αντιστροφή της πλήρους Ιακωβιανής μήτρας. Η μήτρα αυτή πρέπει να επαναυπολογίζεται κάθε φορά που το δίκτυο αναδιατάσσεται.

### 3.2.5 Σχεδίαση Προστασίας

Η [2] αξιοπιστία των δικτύων διανομής επηρεάζεται καθοριστικά από τη σχεδίαση και λειτουργία της προστασίας τους.

Για την προστασία των γραμμών διανομής είναι επαρκής η εγκατάσταση μέσω υπερεντάσεως. Οι βασικοί στόχοι κατά το σχεδιασμό της είναι η ελαχιστοποίηση της διάρκειας ενός σφάλματος και η ελαχιστοποίηση των καταναλωτών που επηρεάζονται από το σφάλμα.

Τα εναέρια δίκτυα διανομής υπόκεινται σε δυο τύπους σφαλμάτων, τα “μεταβατικά ή παροδικά” και τα “μόνιμα σφάλματα”. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του κάθε συστήματος περίπου το 75% έως 90% του συνολικού αριθμού των σφαλμάτων είναι παροδικά. Τα σφάλματα αυτά μπορεί να απαλείφονται με μικρές διακοπές της τροφοδότησης της γραμμής, από αυτόματους διακόπτες ισχύος και πραγματοποιούν το κύκλο των αποζεύξεων και επαναζεύξεων, για χρονικό διάστημα αρκετό ώστε να αποσβεστεί το τόξο. Η ταχύτητα του διακόπτη ισχύος, οι ρυθμίσεις των Η/Ν του και τα άλλα χαρακτηριστικά του, επιλέγονται ώστε να διακόπτουν το ρεύμα σφάλματος πριν από τη τήξη κάποιας ασφάλειας, η οποία θα μετέτρεπε το παροδικό σφάλμα σε μόνιμο. Μόνιμα σφάλματα είναι αυτά για την αποκατάσταση των οποίων απαιτούνται ειδικές μη-αυτόματες ενέργειες. Το πλήθος των καταναλωτών που επηρεάζονται από το σφάλμα ελαχιστοποιείται μέσω της κατάλληλης επιλογής και τοποθέτησης του εξοπλισμού προστασίας.

Στα υπόγεια δίκτυα σχεδόν όλα τα σφάλματα είναι μόνιμα και αρκεί απλή διαβάθμιση των προστασιών υπερεντάσεως. Παρότι ο αριθμός των σφαλμάτων που εμφανίζονται στα υπόγεια δίκτυα είναι μικρότερος απ’ ότι στα εναέρια, συχνά επηρεάζουν μεγαλύτερο αριθμό καταναλωτών.

### 3.2.6 Βασικές Αρχές Σχεδίασης Προστασίας Δικτύων Διανομής

Η [2] βασική αρχή της σχεδίασης της προστασίας ενός εναέριου δικτύου διανομής είναι η επιλογική συνεργασία ή διαβάθμιση των μέσων προστασίας. Η διαβάθμιση των μέσων προστασίας συνίσταται στην διαδικασία επιλογής των μέσων προστασίας από υπερεντάσεις με καθορισμένα χαρακτηριστικά χρόνου-έντασης και των θέσεων εγκατάστασής τους, ώστε να αποκαθιστούν τα πιθανά σφάλματα με συγκεκριμένη σειρά λειτουργίας. Όταν δυο σε σειρά εγκατεστημένα μέτρα προστασίας έχουν χαρακτηριστικά που παρέχουν λειτουργία σύμφωνα με μια καθορισμένη σειρά, ονομάζονται “συνεργαζόμενα ή διαβαθμισμένα”. Κατάλληλα διαβαθμισμένα μέσα προστασίας βοηθούν:

- 1) Στη μείωση των διακοπών τροφοδότησης λόγω παροδικών σφαλμάτων
- 2) Στη μείωση της έκτατης επίδρασης των σφαλμάτων, ώστε να μειώνεται ο αριθμός των επηρεαζόμενων καταναλωτών
- 3) Στον εντοπισμό του σφάλματος μειώνοντας αντίστοιχα τη διάρκεια αποκοπών φορτίων

Συνεπώς, η διαβάθμιση έγκειται στην επιλογή των μέσων προστασίας και τη ρύθμισή τους ώστε να αναπτυχθούν ζώνες που παρέχουν προστασία από παροδικά σφάλματα και μειώνουν κατά το δυνατό το μέγεθος της επηρεαζόμενης περιοχής εάν ένα σφάλμα είναι μόνιμο.

## 3.2.7 Μέσα Προστασίας

### 3.2.7.1 Εναέρια Δίκτυα

Τα [2] μέσα προστασίας που χρησιμοποιούνται στα εναέρια δίκτυα διανομής συνδέονται με τα εκάστοτε χαρακτηριστικά της λειτουργίας των γραμμών και περιλαμβάνουν:

- 1) Ασφαλειοαποζεύκτες (A/Z) ταχείας τήξης (τύπου K), οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την προστασία των Υ/Σ διανομής.
- 2) Ασφαλειοαποζεύκτες βραδείας τήξης (τύπου T), οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την προστασία όλων των διακλαδώσεων από τον κορμό της γραμμής.
- 3) Διακόπτες απομονώσεως (Δ/Α), οι οποίοι χρησιμοποιούνται εναλλακτικά για την προστασία των διακλαδώσεων, όταν δεν επιτυγχάνεται ικανοποιητική διαβάθμιση με τη χρήση A/Z βραδείας τήξης.
- 4) Αυτόματος διακόπτης ισχύος (Δ/Ι) με δυνατότητα κυκλου ζεύξεων-αποζεύξεων, ο οποίος τοποθετείται στον Υ/Σ ΥΤ/ΜΤ για την προστασία του κορμού της γραμμής. Η λειτουργία του ελέγχεται από τους εξής ηλεκτρονόμους (H/N) :
  1. H/N Στιγμιαίας Λειτουργίας για σφάλματα Φάσεων (ΣΛΦ)
  2. H/N Στιγμιαίας Λειτουργίας για σφάλματα Γης (ΣΛΓ)
  3. H/N Χρονικής Καθυστέρησης Φάσεων (ΧΚΦ)
  4. H/N Χρονικής Καθυστέρησης Γης (ΧΚΓ)

Οι H/N φάσεων εγκαθίστανται στις τρεις φάσεις ενώ οι H/N γης στον ουδέτερο κόμβο των Μ/Σ έντασης.

### 3.2.7.2 Υπόγεια Δίκτυα

Η προστασία των υπόγειων δικτύων διανομής είναι σημαντικά απλούστερη, καθώς σχεδόν όλα τα σφάλματα είναι μόνιμα. Για την προστασία τους, επαρκεί η εγκατάσταση ασφαλειών στους Υ/Σ διανομής, η οποία θα είναι φυσικά ανάλογη με την ισχύ των Μ/Σ, καθώς και Δ/Ι ελεγχόμενων από H/N Στιγμιαίας Λειτουργίας στον Υ/Σ ΥΤ/ΜΤ.

### 3.2.8.1 Απαιτήσεις Αξιοπιστίας Δικτύων Διανομής

Οι [2] ηλεκτρικές επιχειρήσεις οφείλουν να παρέχουν συνεχή, καλής ποιότητας τροφοδότηση στους καταναλωτές τους, κάνοντας οικονομική χρήση του συστήματος και του εξοπλισμού τους. Με τον όρο συνεχή τροφοδότηση εννοείται η εξυπηρέτηση των αναγκών των καταναλωτών, συνοδευόμενη από συνθήκες ασφάλειας για το προσωπικό και τον εξοπλισμό. Με τον όρο τροφοδότηση καλής ποιότητας εννοείται η εξυπηρέτηση μέσα σε προκαθορισμένα όρια της τάσης και της συχνότητας.

Η διατήρηση της συνεχούς τροφοδότησης ή αξιοπιστίας τροφοδότησης των καταναλωτών αποτελεί βασικό κριτήριο κατά τη σχεδίαση των δικτύων διανομής. Το κόστος των διακοπών τροφοδότησης προκύπτει κυρίως από τη ζημιά που υφίστανται οι καταναλωτές και όχι από τη μη πώληση της ενέργειας από την ηλεκτρική επιχείρηση. Εξαρτάται δε, από το είδος των καταναλωτών, οικιακοί, βιομηχανικοί, κλπ., από τη διάρκεια των διακοπών και τη συχνότητά τους.

### 3.2.8.2 Δείκτες Αξιοπιστίας

Ευρέως [2] αποδεκτές διαδικασίες για την καταγραφή των διακοπών τροφοδότησης δεν υπάρχουν. Κάθε ηλεκτρική επιχείρηση διαθέτει περισσότερο ή λιγότερο τους δικούς της κανονισμούς για την καταγραφή των στοιχείων της λειτουργίας της, και εφαρμόζει αντίστοιχες στατιστικές μεθόδους για την επεξεργασία των στοιχείων της. Οι δείκτες που χρησιμοποιούνται ως μέτρο μέτρησης της αξιοπιστίας (με πιθανές διαφορές στην ορολογία τους) είναι οι ακόλουθοι:

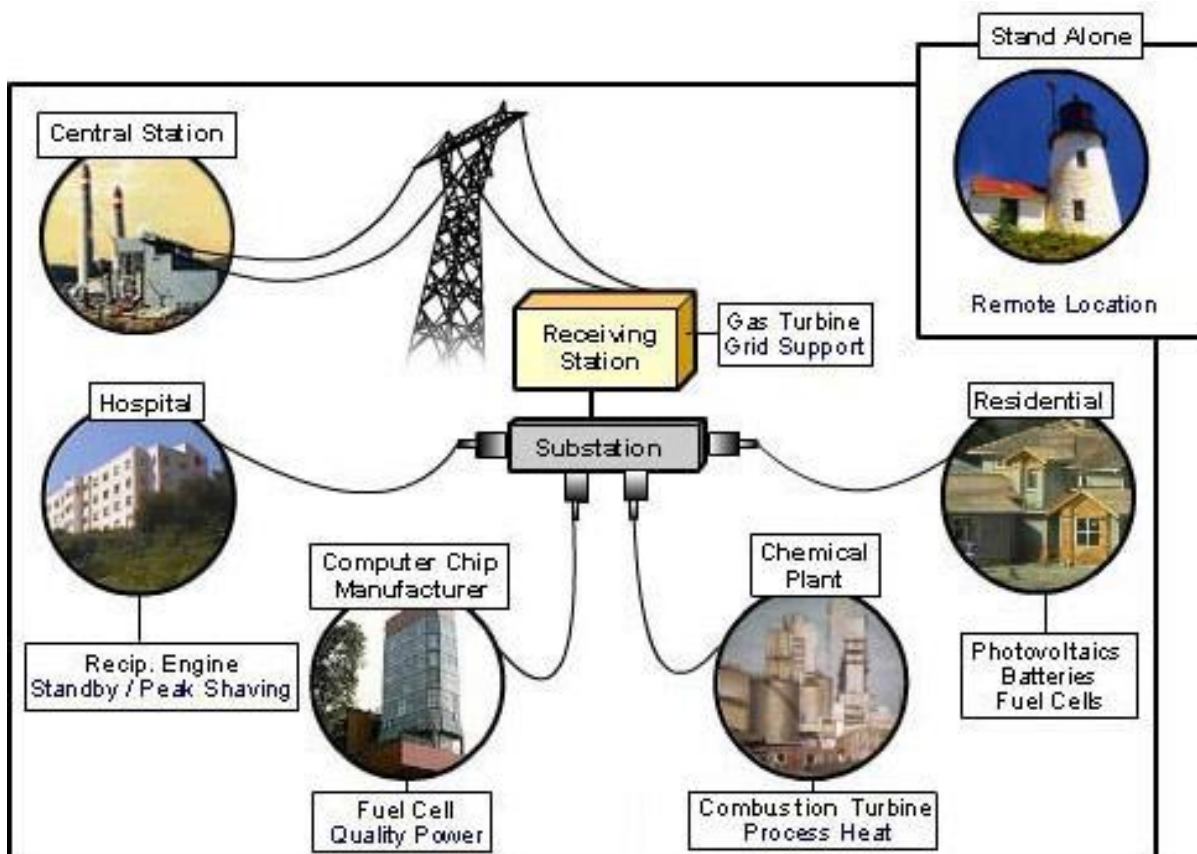
- 1) Συχνότητα διακοπών συστήματος-ΣΔΣ: ορίζεται ως ο μέσος αριθμός των διακοπών στη μονάδα του χρόνου, συνήθως χρησιμοποιείται το 1 έτος.
- 2) Μέση συχνότητα διακοπών καταναλωτών-ΣΔΚ: ορίζεται ως ο μέσος αριθμός των διακοπών ανά επηρεαζόμενο καταναλωτή, στη μονάδα του χρόνου.
- 3) Μέσο διακοπτόμενο φορτίο-ΔΦ: ορίζεται ως η μέση ισχύς (kVA) διακοπτόμενου φορτίου ανά μονάδα συνδεδεμένου φορτίου, στη μονάδα του χρόνου.
- 4) Μη διανεμόμενη ενέργεια συστήματος-ΜΔΕΣ: ορίζεται ως τη ζήτηση ενέργειας που δεν καλύπτεται ετησίως λόγω διακοπών τροφοδότησης. Υπολογίζεται ως το άθροισμα ΜΔΕ όλων των καταναλωτών. Η ΜΔΕ κάθε καταναλωτή υπολογίζεται από το συνολικό αναμενόμενο χρόνο αποκοπής του και τη μέση ζήτηση ισχύος του.
- 5) Μέση μη διανεμόμενη ενέργεια καταναλωτών-ΜΔΕΚ: ορίζεται ως η μέση ζήτηση ενέργειας που δεν καλύπτεται ετησίως λόγω διακοπών τροφοδότησης, ανά επηρεαζόμενο καταναλωτή.
- 6) Μέση διάρκεια διακοπής καταναλωτή-ΔΔΚ: ορίζεται ως η μέση διάρκεια διακοπής τροφοδότησης ανά επηρεαζόμενο καταναλωτή στη μονάδα του χρόνου.

## 4. ΔΙΕΣΠΑΡΜΕΝΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

### 4.1 Εισαγωγή

Οι αυξημένες απαιτήσεις από το εθνικό σύστημα ηλεκτρικής ισχύος σε συνδυασμό με περιστατικά έλλειψης ηλεκτρικής ενέργειας, προβλήματα ποιότητας ισχύος, συνεχόμενα blackout και απότομες αυξήσεις των τιμών έχουν οδηγήσει πολλούς πελάτες του οργανισμού παροχής, δηλαδή του μακροδικτύου, στην αναζήτηση άλλων πηγών υψηλής ποιότητας και αξιοπιστίας ηλεκτρικής ενέργειας. Οι τεχνολογίες διασπαρμένης παραγωγής (Distributed Energy Resources - DER), δηλαδή πηγές παραγωγής ισχύος μικρής κλίμακας που βρίσκονται κοντά στο μέρος που χρησιμοποιείται η ηλεκτρική ενέργεια (δηλαδή ένα σπίτι ή μια επιχείρηση), προσφέρουν μια εναλλακτική και βελτιωμένη έκδοση του παραδοσιακού δικτύου ηλεκτρικής ισχύος.

Η διασπαρμένη παραγωγή είναι μια ταχύτερη και πιο οικονομική επιλογή σε σχέση με την κατασκευή μεγάλων, κεντρικών εργοστασίων παραγωγής ενέργειας και γραμμών διανομής υψηλής τάσης. Προσφέρει στους καταναλωτές την προοπτική μικρότερου κόστους, μεγαλύτερη αξιοπιστία υπηρεσιών, καλύτερη ποιότητα ισχύος, αυξημένη ενεργειακή απόδοση και ενεργειακή ανεξαρτησία. Η χρήση ανανεώσιμων τεχνολογιών διασπαρμένης παραγωγής και «πράσινης ενέργειας» όπως ο άνεμος, η ηλιακή ενέργεια, η γεωθερμία, η βιομάζα και η υδροηλεκτρική ενέργεια μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικό περιβαλλοντικό όφελος.



Σχήμα 4.1 Τύποι διασπαρμένων ενεργειακών πηγών και τεχνολογιών  
(Courtesy of the California Energy Commission)

Οι τεχνολογίες διασπαρμένης παραγωγής (DER) είναι μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας εύρους 3 kW έως 50 MW τοποθετημένες μέσα στο ηλεκτρικό σύστημα διανομής ακριβώς στον τελικό χρήστη ή κοντά σε αυτόν. Μπορούν να είναι συνδεδεμένες παράλληλα στο κεντρικό παροχέα ή να είναι ανεξάρτητες μονάδες. Οι τεχνολογίες DER είναι διαθέσιμες εδώ και πολλά χρόνια με διάφορες ονομασίες.

## 4.2 Τύποι των τεχνολογιών τύπου DER

Οι [3] τεχνολογίες DER αποτελούνται κυρίως από συστήματα παραγωγής ενέργειας και συστήματα αποθήκευσης που τοποθετούνται στον τελικό χρήστη ή κοντά σε αυτόν. Περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα τεχνολογιών όπως κυψέλες καυσίμου, μικροτουρμπίνες, εμβολοφόρες μηχανές και άλλες τεχνολογίες διαχείρισης ενέργειας. Επίσης διαθέτουν διατάξεις ηλεκτρονικών ισχύος και συσκευές επικοινωνίας και ελέγχου για την αποδοτική λειτουργία των ανεξάρτητων μονάδων παραγωγής και του μακροδικτύου.

Το συνηθέστερο καύσιμο που χρησιμοποιούν τα συστήματα διασπαρμένης παραγωγής είναι το φυσικό αέριο. Και το υδρογόνο όμως μπορεί να παίζει ένα πολύ σημαντικό ρόλο στο μέλλον. Τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως η ηλιακή ενέργεια, η βιομάζα και ο άνεμος είναι επίσης διαδεδομένες.

Ο παρακάτω πίνακας 4.2.1 του California Distributed Energy Resources Guide παρουσιάζει πληροφορίες που αφορούν σε τεχνολογίες DER που είναι διαθέσιμες στην αγορά και σε τεχνολογίες που ακόμη αναπτύσσονται. Κάποιες τεχνολογίες ανήκουν και στις δύο κατηγορίες γιατί, αν και είναι διαθέσιμες στην αγορά, αποτελούν αντικείμενο έρευνας και αναπτύσσονται διαρκώς.

Τεχνολογίες DER	Διαθέσιμες στην αγορά	Αναπτυσσόμενες τεχνολογίες
<p><b>Μικροτουρμπίνες</b></p> <p>Οι μικροτουρμπίνες είναι μικρές τουρμπίνες που παράγουν ισχύ μεταξύ 25 και 500 kW. Οι μικροτουρμπίνες προήλθαν από τεχνολογίες που υπήρχαν σε μεγάλα φορτηγά ή στις τουρμπίνες των αεροσκαφών.</p>	X	X
<p><b>Τουρμπίνες εσωτερικής καύσης</b></p> <p>Οι παραδοσιακές τουρμπίνες παράγουν ισχύ μεταξύ 500 kW και 25 MW για DER, και μέχρι 250 MW για κεντρική παραγωγή ισχύος. Το καύσιμο που χρησιμοποιούν είναι φυσικό αέριο, πετρέλαιο ή ένας συνδυασμός καυσίμων. Οι σύγχρονες τουρμπίνες μονού κύκλου τυπικά έχουν αποδόσεις που κυμαίνονται από 20 έως 45% στο πλήρες φορτίο.</p>	X	
<p><b>Μηχανές εσωτερικής καύσης</b></p> <p>Μια μηχανή εσωτερικής καύσης μετατρέπει την ενέργεια που περιέχεται σε κάποιο καύσιμο σε μηχανική ενέργεια. Αυτή η μηχανική ενέργεια χρησιμοποιείται για την περιστροφή ενός άξονα μέσα στη μηχανή. Μια γεννήτρια συνδέεται με τη μηχανή εσωτερικής καύσης για τη μετατροπή της</p>	X	

<p>περιστροφικής κίνησης σε ηλεκτρική ενέργεια. Είναι διαθέσιμες από μικρά μεγέθη (5kW για εφεδρική γεννήτρια σε κατοικίες) μέχρι μεγάλες γεννήτριες (7 MW). Οι μηχανές εσωτερικής καύσης χρησιμοποιούν διαθέσιμα καύσιμα όπως βενζίνη, φυσικό αέριο και diesel.</p>		
<p><b>Μηχανές Stirling</b> Οι μηχανές Stirling έχουν κατηγοριοποιηθεί ως μηχανές εξωτερικής καύσης. Είναι σφραγισμένα συστήματα με ένα αδρανές αέριο που θέτει σε λειτουργία τη μηχανή, συνήθως ήλιο ή υδρογόνο. Συνήθως είναι διαθέσιμες σε μικρά μεγέθη (1-25 kW) και προς το παρόν παράγονται σε μικρές ποσότητες για εξειδικευμένες εφαρμογές στη διαστημική και τη θαλάσσια βιομηχανία.</p>		X
<p><b>Κυψέλες καυσίμου</b> Τα συστήματα ισχύος με κυψέλες καυσίμου είναι αθόρυβα, καθαρά και αποδοτικά τοπικά συστήματα παραγωγής που χρησιμοποιούν μια ηλεκτροχημική διεργασία – όχι καύση – για τη μετατροπή του καυσίμου σε ηλεκτρισμό. Επιπροσθέτως της παροχής ενέργειας, μπορούν να προσφέρουν μια πηγή θερμικής ενέργειας για τη θέρμανση του χώρου και του νερού ή για ψύξη απορρόφησης. Σε κάποιες έρευνες έχει αποδειχθεί ότι οι κυψέλες καυσίμου μειώνουν το κόστος για τις υπηρεσίες ηλεκτρισμού 20 με 40%.</p>	X	X
<p><b>Αποθήκευση ενέργειας / Συστήματα UPS</b> Οι τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας δεν παράγουν καθαρή ενέργεια αλλά μπορούν να προμηθεύουν ηλεκτρική ενέργεια για μικρά χρονικά διαστήματα. Χρησιμοποιούνται για τη διόρθωση πτώσεων τάσης, flicker και έντονης κυμάτωσης που συμβαίνουν όταν η εταιρία παροχής ή οι πελάτες αλλάζουν προμηθευτές ή φορτία. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως Συστήματα Αδιαλείπτου Τροφοδοσίας (UPS). Σαν τέτοια, οι τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας θεωρούνται τεχνολογίες διασπαρμένης παραγωγής.</p>	X	X
<p><b>Φωτοβολταϊκά Συστήματα</b> Τα φωτοβολταϊκά κελιά (PV), ή αλλιώς ηλιακά κελιά, μετατρέπουν απευθείας το φως του ήλιου σε ηλεκτρική ενέργεια. Συγκεντρώνονται σε επίπεδα πάνελ τα οποία μπορούν να τοποθετηθούν σε ταράτσες ή άλλες ηλιόλουστες περιοχές. Παράγουν ηλεκτρισμό χωρίς να έχουν κινούμενα μέρη, λειτουργούν αθόρυβα και χωρίς εκπομπές και δεν απαιτούν μεγάλη συντήρηση.</p>	X	
<p><b>Αιολικά συστήματα</b> Οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούν τον άνεμο για την</p>	X	

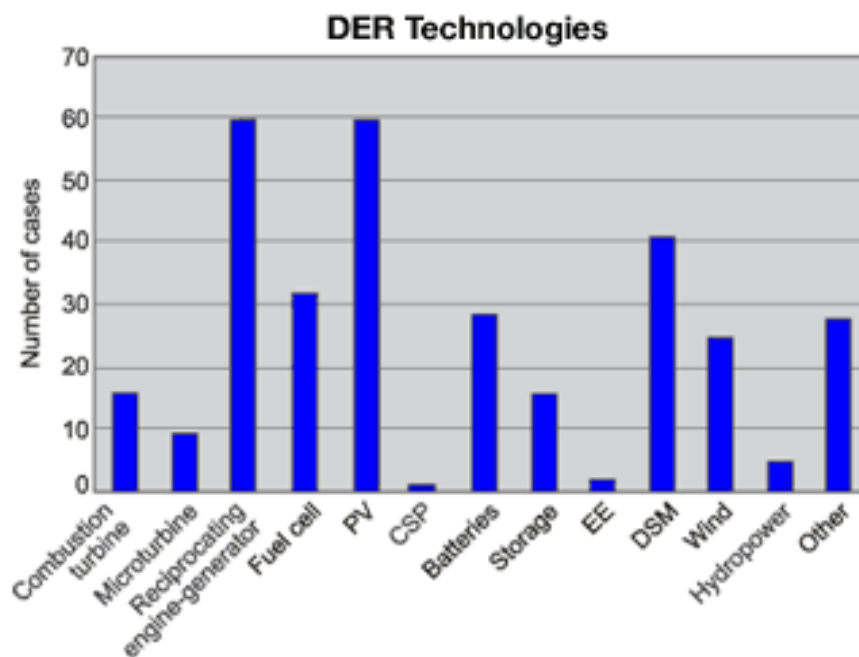
<p>παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Μια τουρμπίνα με πτερωτές τοποθετείται στην κορυφή ενός ψηλού πύργου. Ο πύργος είναι ψηλός ούτως ώστε να εκμεταλλευόμαστε τη μεγαλύτερη ταχύτητα του ανέμου, απαλλαγμένη από τις αναταράξεις που προέρχονται από τη μεσολάβηση εμποδίων όπως δέντρα, λόφοι και κτίρια. Όπως περιστρέφεται η τουρμπίνα με τον άνεμο, μια γεννήτρια παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Μια ανεμογεννήτρια μπορεί να ποικίλλει σε μέγεθος από λίγα kW σε οικιακές εφαρμογές έως πάνω από 5 MW.</p>	
<p><b>Υβριδικά συστήματα</b>          Παραγωγοί και κατασκευαστές τεχνολογιών διασπαρμένης παραγωγής αναζητούν τρόπους να συνδυάσουν τεχνολογίες για να βελτιώσουν τις επιδόσεις και την απόδοση του εξοπλισμού διασπαρμένης παραγωγής. Κάποια παραδείγματα υβριδικών συστημάτων είναι τα ακόλουθα:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Μηχανή Stirling συνδυασμένη με ένα ηλιακό πιάτο</li> <li>• Κυψέλη καυσίμου στερεού οξειδίου συνδυασμένη με μια τουρμπίνα αερίου ή μικροτουρμπίνα</li> <li>• Ανεμογεννήτριες με μπαταρία αποθήκευσης και εφεδρικές γεννήτριες diesel</li> <li>• Μηχανές συνδυασμένες με συσκευές αποθήκευσης ενέργειας</li> </ul>	X

*Πίνακας 4.1 Τεχνολογίες DER*

Σε μια έρευνα που διεξήγαγε το Υπουργείο Ενέργειας των Η.Π.Α. το 1999 με τίτλο "Distributed Utility Perspectives," εξετάστηκαν 275 έργα διασπαρμένης παραγωγής στις Η.Π.Α. υπό τη διαχείριση 121 διαφορετικών εταιριών για να αναλυθεί ποιες τεχνολογίες DER χρησιμοποιούνται συχνότερα (βλ. Γράφημα 4.2.1). Η έρευνα αυτή έδειξε ότι οι συχνότερα χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες είναι:

- 1) Εμβολοφόρες γεννήτριες που καίνε κυρίως diesel ή πετρέλαιο
- 2) Ηλιακά συστήματα ηλεκτρικής ισχύος (φωτοβολταϊκά, ή PV)
- 3) Τεχνολογίες διαχείρισης ζήτησης (Demand-side management – DSM – technologies) που στοχεύουν στη μείωση της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης.





Διάγραμμα 4.1 Συχνότητα χρησιμοποίησης τεχνολογιών DER  
(Πηγή: Distributed Utility Associates)

Αν και οι εμβολοφόρες μηχανές diesel ή πετρελαίου είναι από τις πιο κοινές τεχνολογίες διεσπαρμένης παραγωγής, ειδικά για εφαρμογές κατανάλωσης ισχύος από ηλεκτρικές συσκευές, προκαλούν σημαντική ρύπανση τόσο από πλευράς εκπομπών αερίων όσο και από πλευράς θορύβου σε σχέση με τεχνολογίες φυσικού αερίου και ανανεώσιμες τεχνολογίες και γι' αυτό η χρήση τους αποθαρρύνεται από πολλές κυβερνήσεις. Τελευταίως έχουν αναπτυχθεί καθαρότερες εμβολοφόρες μηχανές αερίου για να αντιμετωπιστούν αυτές οι ανησυχίες.

### 4.3 Χαρακτηριστικά των τεχνολογιών DER

Γενικότερα, [3] η διασπαρμένη παραγωγή προσφέρει στον καταναλωτή μεγαλύτερη αξιοπιστία, ικανοποιητική ποιότητα ισχύος και τη δυνατότητα να συμμετέχει σε ανταγωνιστικές αγορές ενέργειας. Επιπλέον, ανοίγει προοπτικές για αποσυμφόρηση των υπερφορτωμένων γραμμών διανομής, έλεγχο των διακυμάνσεων των τιμών και ενδυνάμωση της ενεργειακής ασφάλειας και παρέχει μεγαλύτερη σταθερότητα στο δίκτυο. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η εγκατάσταση DER σε διάφορους τομείς.

*Αισθητικά:*

- 1) Βελτιώνει την εικόνα συστημάτων ανεξάρτητων από το δίκτυο εξαλείφοντας την ανάγκη για υπέργεια καλώδια
- 2) Δίνει μεγαλύτερη ποικιλία επιλογών για προμήθεια ενέργειας. Επιτρέπει στους πελάτες να βρουν την καλύτερη λύση για μια συγκεκριμένη τοποθεσία.

#### *Οικονομικά:*

- 1) Οδηγεί σε μείωση του κόστους μειώνοντας τη ζήτηση αιχμής σε μια εγκατάσταση και συνεπώς μειώνοντας τις χρεώσεις ζήτησης.
- 2) Προσφέρει πιο προβλέψιμο ενεργειακό κόστος (μικρότερο ρίσκο) εισάγοντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

#### *Λειτουργικά:*

- 1) Προσφέρει μεγαλύτερη αξιοπιστία και ποιότητα ισχύος, ειδικά σε περιοχές όπου οι διακυμάνσεις τάσης είναι συχνές ή όπου η ενέργεια που παρέχεται από το δίκτυο δεν είναι αξιόπιστη
- 2) Διευκολύνει βελτιώσεις στην απόδοση του εξοπλισμού DER όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με εξοπλισμό συμπαραγωγής για εφαρμογές θέρμανσης, ψύξης και αφύγρανσης.
- 3) Προσφέρει ενέργεια σε απομακρυσμένες περιοχές όπου η επιλογή των παραδοσιακών γραμμών διανομής δεν είναι δυνατή. Τέτοιες περιοχές όπως πύργοι κεραιών, μικρά απομακρυσμένα χωριά ή πλατφόρμες άντλησης πετρελαίου στον ωκεανό βρίσκονται εκτός του ηλεκτρικού δικτύου και επωφελούνται από τη διασπαρμένη παραγωγή ως βασική πηγή ενέργειας.
- 4) Διαθέτει δυνατότητες συμπαραγωγής
- 5) Μειώνει την υπερφόρτωση των γραμμών διανομής
- 6) Αυξάνει την αξιοπιστία του δικτύου
- 7) Η λήψη άδειας για τεχνολογίες DER είναι ταχύτερη συγκριτικά με την αναβάθμιση των γραμμών διανομής
- 8) Προσφέρει κάποια δευτερεύοντα οφέλη όπως σταθερότητα, διασφάλιση από απρόοπτα και δυνατότητα «black start» (η δυνατότητα μιας μονάδας παραγωγής κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης του συστήματος να μεταβεί από απενεργοποιημένη κατάσταση σε κατάσταση λειτουργίας και να αρχίσει να παράγει ενέργεια χωρίς να υποβοηθηθεί από το ηλεκτρικό σύστημα

#### *Στην κατεύθυνση της παραγωγής:*

- 1) Κάποιες τεχνολογίες DER προσφέρουν υψηλής ποιότητας ισχύ για ευαίσθητες εφαρμογές
- 2) Ανταποκρίνεται γρηγορότερα σε νέες απαιτήσεις ισχύος
- 3) Επιτρέπει τη μείωση του κεφαλαίου που είναι δεσμευμένο σε μη παραγωγικούς τομείς – ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της διασπαρμένης παραγωγής είναι ότι οι αυξομειώσεις στην εγκατεστημένη ισχύ μπορούν να γίνουν με μικρές προσαυξήσεις, σε πλήρη συμφωνία με τη ζήτηση σε αντίθεση με την κατασκευή μεγάλων, κεντρικών εργοστασίων ενέργειας κατασκευασμένων για την κάλυψη μελλοντικής κυρίως και όχι τρέχουσας ζήτησης.
- 4) Η ύπαρξη εφεδρικής ενέργειας μειώνει το χρόνο που μια επιχείρηση δε λειτουργεί σε περίπτωση διακοπής, επιτρέποντας στους εργαζομένους να επιστρέψουν συντομότερα στην εργασία τους.

#### *Ασφαλείας:*

- 1) Ενδυναμώνει την ενεργειακή ασφάλεια
- 2) Η εφεδρική ενέργεια προσφέρει γρήγορη ανάκαμψη μετά από κάποιο συμβάν

*Στην κατεύθυνση της αειφόρου ανάπτυξης:*

- 1) Προσφέρει καθαρότερη, πιο αθόρυβη λειτουργία και μειώνει τις εκπομπές για κάποιες τεχνολογίες (π.χ. τεχνολογίες που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια και τον άνεμο και κυψέλες καυσίμου)
- 2) Μειώνει ή αναβάλλει τις αναβαθμίσεις των έργων υποδομής (γραμμές και υποσταθμοί)
- 3) Έχει μεγαλύτερες αποδόσεις στη μετατροπή ενέργειας σε σχέση με την κεντρική παραγωγή
- 4) Επιτρέπει την πιο αποτελεσματική διαχείριση ενέργειας και φορτίου



*Εικόνα 4.1 Η μακέτα μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, τμήματος ενός οικοβιομηχανικού πάρκου στη Βιρτζίνια, που θα αποτρέψει περισσότερους από 6000 τόνους ρυπογόνων ουσιών να απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του. Cape Charles Sustainable Technology Park—Cape Charles, VA (Courtesy PowerLight Corp.)*

Πριν αποφασίσει κανείς να εγκαταστήσει τεχνολογίες διασπαρμένης παραγωγής, είναι σημαντικό να:

- 1) Ξεκαθαρίσει τους λόγους για τους οποίους χρειάζεται τη διασπαρμένη παραγωγή
- 2) Προσδιορίσει τις τωρινές και μελλοντικές τεχνολογικές επιλογές
- 3) Εκτιμήσει το κόστος και την εξοικονόμηση χρημάτων
- 4) Κατανοήσει τους κανονισμούς και τη διαδικασία ανάπτυξης του έργου
- 5) Κατανοήσει το ρίσκο και την αβεβαιότητα

## 4.4 Οικονομικά χαρακτηριστικά των DER

Το [3] κόστος είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας όταν σκεφτόμαστε την αγορά κάποιου προϊόντος, συμπεριλαμβανομένου των τεχνολογιών DER. Όμως, το να καθορίσει κανείς το κόστος μιας τεχνολογίας DER συχνά είναι πιο πολύπλοκο από την αγορά κάποιου προϊόντος σε μια προκαθορισμένη τιμή. Εκτός από το κόστος εξοπλισμού ή κεφαλαίου, υπάρχουν εργατικά και άλλα έξοδα που σχετίζονται με την εγκατάσταση του εξοπλισμού. Το κόστος του ηλεκτρισμού που παράγεται από την τεχνολογία DER μπορεί να υπολογιστεί και να συγκριθεί με το κόστος αγοράς του ηλεκτρισμού από την εταιρία παροχής.

Κόστος κεφαλαίου του επιλεγμένου εξοπλισμού DER		Κόστος λειτουργίας και συντήρησης του επιλεγμένου εξοπλισμού DER	
Εξοπλισμός DER	Κόστος κεφαλαίου (\$/kW)	Χρόνος που απαιτείται μέχρι να χρειαστεί συντήρηση (ώρες λειτουργίας)	Μέσο κόστος συντήρησης (€/kWh)
Μικροτουρμπίνες	700-1,100	5,000-8,000	0.5-1.6 (εκτίμηση)
Τουρμπίνες καύσης	300-1,000	4,000-8,000	0.4-0.5
Μηχανές εσωτερικής καύσης	300-800	750-1,000: αλλαγή λαδιών και φίλτρου λαδιών 8,000: ανακατασκευή κεφαλής μηχανής 16,000: ανακατασκευή σώματος μηχανής	0.7-1.5 (φυσικό αέριο) 0.5-1.0 (diesel)
Κυψέλες καυσίμου	700-1,100	Ετησίως: έλεγχος συστήματος παροχής καυσίμου Ετησίως: έλεγχος συστήματος διαμορφωτή καυσίμου 40,000: αντικατάσταση της «στοίβας» κελιών	0.5-1.0 (εκτίμηση)
Φωτοβολταϊκά	4,500-6,000	Έλεγχος συντήρησης ετησίως	1% της αρχικής επένδυσης κάθε χρόνο
Ανεμογεννήτριες	800-3,500	Έλεγχος συντήρησης ετησίως	1.5-2% της αρχικής επένδυσης κάθε χρόνο

Πίνακας 4.2 Κόστος εξοπλισμού DER

Οι χρήστες των τεχνολογιών DER έχουν διαφορετικές ενεργειακές ανάγκες. Τα νοσοκομεία χρειάζονται υψηλή αξιοπιστία (εφεδρική ισχύ) και ποιότητα ισχύος (καλής ποιότητας ενέργεια) λόγω ευαισθησίας του εξοπλισμού. Οι βιομηχανίες συνήθως έχουν υψηλούς λογαριασμούς ρεύματος, πολλές ώρες παραγωγής και θερμικές διεργασίες και γι' αυτό χρειάζονται εφαρμογές DER που περιλαμβάνουν ενέργεια χαμηλού κόστους και συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Τα κέντρα υπολογιστών απαιτούν σταθερή, υψηλής ποιότητας, αδιάλειπτη ισχύ (καλής ποιότητας ενέργεια). Οι τεχνολογίες DER είναι διαθέσιμες σήμερα και αναπτύσσονται διαρκώς για την κάλυψη αυτών των αναγκών.



*Εικόνα 4.3 (Αριστερά): Κυψέλες καυσίμου εγκατεστημένες σε ένα αστρονομικό τμήμα στο Central Park της Νέας Υόρκης. (Courtesy of UTC Fuel Cells)*

*Εικόνα 4.4 (Δεξιά): Μικροτουρμπίνες που χρησιμοποιούνται σε μια εταιρία διανομής φυσικού αερίου για ηλεκτρισμό και θέρμανση και κλιματισμό των χώρων. (Courtesy Capstone)*

Η διασπαρμένη παραγωγή προσφέρει στον καταναλωτή μεγαλύτερη αξιοπιστία, ικανοποιητική ποιότητα ισχύος και τη δυνατότητα να συμμετέχει σε ανταγωνιστικές αγορές ηλεκτρικής ισχύος. Επιπλέον, έχει την προοπτική να αμβλύνει τη συμφόρηση στις γραμμές διανομής, να ελέγξει τις διακυμάνσεις των τιμών, να ενδυναμώσει την ενεργειακή ασφάλεια και να προσφέρει μεγαλύτερη σταθερότητα στο δίκτυο. Η χρήση τεχνολογιών DER μπορεί να οδηγήσει σε μικρότερες εκπομπές και, ειδικότερα στην περίπτωση τεχνολογιών συμπαραγωγής, να αυξήσει την απόδοση.

Η προσδοκία ότι η διασπαρμένη παραγωγή (DER) θα αναπτυχθεί μέσα στην επόμενη δεκαετία για να αλλάξει τα δεδομένα στη προμήθεια ηλεκτρισμού βασίζεται στις παρακάτω υποθέσεις :

- 1) Η ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια θα συνεχίσει να αυξάνεται, με πιο αργούς ρυθμούς όμως από την οικονομική ανάπτυξη
- 2) Οι τεχνολογίες παραγωγής μικρής κλίμακας, ανανεώσιμες και θερμικές, θα βελτιωθούν σημαντικά ως προς το κόστος και τις επιδόσεις τους.
- 3) Διάφοροι τοπικοί περιορισμοί, περιβαλλοντικές ανησυχίες, η έλλειψη ορυκτών καυσίμων και άλλοι περιορισμοί θα εμποδίσουν τη συνεχιζόμενη επέκταση της υπάρχουσας δομής παροχής ηλεκτρισμού, το μακροδίκτυο.
- 4) Η διάδοση της εφαρμογής τεχνολογιών συμπαραγωγής μικρής κλίμακας θα εκτοξεύσει τα οικονομικά παραγωγής ισχύος υπέρ της παραγωγής που εδρεύει κοντά στα θερμικά φορτία.
- 5) Οι απαιτήσεις των πελατών για ποιότητα και αξιοπιστία των υπηρεσιών δε θα μπορούν πλέον να καλυφθούν από μια απλή επέκταση του υπάρχοντος δικτύου.
- 6) Ηλεκτρονικά ισχύος θα επιτρέψουν τη διασύνδεση ασύγχρονων συσκευών με το υπάρχον σύστημα ισχύος και τη λειτουργία ημιαυτόνομων συστημάτων που να επιτρέπουν την αλληλεπίδραση των DER με το κύριο σύστημα ισχύος.

Η τελευταία υπόθεση είναι η κινητήρια δύναμη πίσω από την προσέγγιση του μικροδικτύου. Αυτή η προσέγγιση βασίζεται στο βασική ιδέα του μικροδικτύου, ενός τοπικού δικτύου διασπαρμένων ενεργειακών πηγών, καταλλήλων για την τοπική ενεργειακή ζήτηση, το οποίο θα μπορούσε να οδηγήσει σε ένα πιο αποκεντρωτικό σύστημα ισχύος. Τα μικροδίκτυα θα λειτουργούν σύμφωνα με τα δικά τους πρωτόκολλα και τυποποιήσεις, θα ταιριάζουν την ποιότητα ισχύος και την αξιοπιστία στις ατομικές απαιτήσεις φορτίου και θα ερευνούν τεχνολογίες βελτίωσης αποδοτικότητας, ειδικά αυτές που περιλαμβάνουν συμπαραγωγή θερμότητας και ισχύος (combined heat and power – CHP).

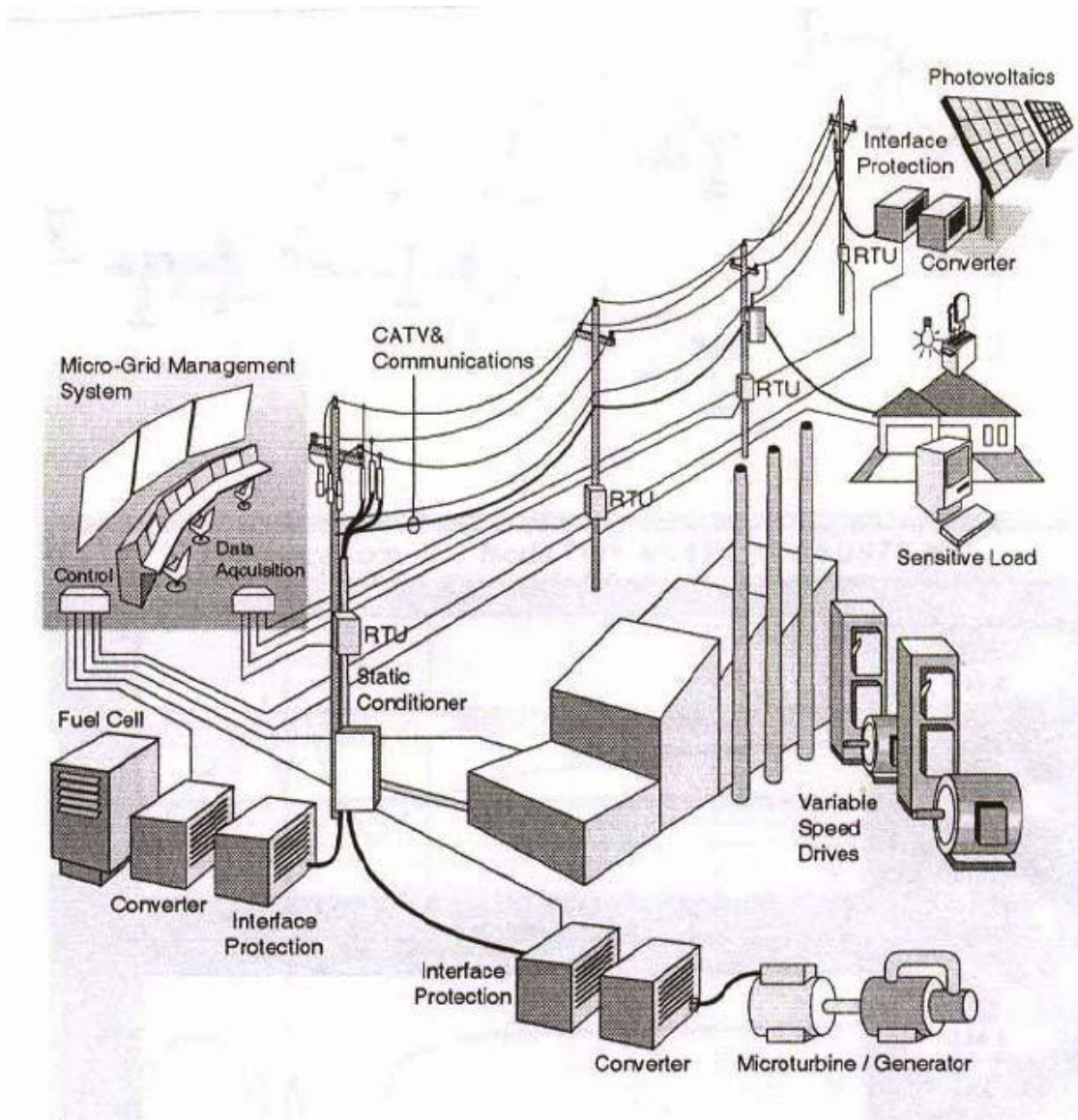
## 5. ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΔΙΕΣΠΑΡΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

### 5.1 Μικροδίκτυα

Μικροδίκτυο [3] ονομάζεται μια ημιαυτόνομη συστοιχία φορτίων και παραγωγής υπό κάποιας μορφής συντονισμένο έλεγχο, διασυνδεδεμένων στο υπάρχον δίκτυο (μακροδίκτυο) αλλά και ικανών να απομονωθούν από αυτό. Το μικροδίκτυο ελαχιστοποιεί το κόστος της κάλυψης των ενεργειακών απαιτήσεων, αποτελούμενων τόσο από ηλεκτρικά, όσο και από θερμικά φορτία, βελτιστοποιώντας την εγκατάσταση και λειτουργία τεχνολογιών DER ενώ αγοράζει την υπόλοιπη ενέργεια από την τοπική υπηρεσία παροχής ηλεκτρισμού. Αντίθετα με το παραδοσιακό σύστημα ισχύος, τα μικροδίκτυα δε βασίζονται στην υπόθεση ότι η επιλογή, ανάπτυξη και χρηματοδότηση των τεχνολογιών παραγωγής πρέπει να υπόκεινται σε κεντρικό έλεγχο αλλά μπορούν να λειτουργήσουν αυτόνομα ή ημιαυτόνομα από το ευρύτερο δίκτυο ισχύος ανάλογα με τα ανεξάρτητα τοπικά συμφέροντα.

Ένα τυπικό μικροδίκτυο είναι μια συστοιχία γεννητριών και φορτίων ικανών να λειτουργούν με συντονισμένο τρόπο αυτόνομα ή ημιαυτόνομα από το ευρύτερο δίκτυο ισχύος. Αυτή η συστοιχία είναι πιθανότερο να αποτελείται από ένα μικρό πυκνό σύνολο συνεχόμενων γεωγραφικών σημείων αλλά θα μπορούσε επίσης να είναι πιο διεσπαρμένη και να μεταφέρει ηλεκτρική ενέργεια μέσω ενός δικτύου διανομής και θερμική ενέργεια μέσω άλλων διόδων μεταφοράς. Οι γεννήτριες και τα φορτία της συστοιχίας τοποθετούνται και συντονίζονται έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται το κόστος παροχής ηλεκτρισμού και θέρμανσης δεδομένων των συνθηκών που κυριαρχούν στην αγορά ενώ λειτουργεί ασφαλώς και διατηρώντας ποιότητα και ισορροπία ισχύος.





Σχήμα 5.1 Δομή ενός τυπικού μικροδικτύου

Ανάμεσα στο μικροδίκτυο και το ευρύτερο δίκτυο ισχύος υπάρχει μια διασύνδεση η οποία, μπορεί μεν να χωρίζει ηλεκτρικά τις δύο πλευρές αλλά τις συνδέει οικονομικά. Από την πλευρά του πελάτη, το μικροδίκτυο πρέπει να εμφανίζεται ως ένα αυτόνομο σύστημα ισχύος το οποίο λειτουργεί βέλτιστα για να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις του πελάτη. Από την πλευρά του ευρύτερου συστήματος ισχύος, το μικροδίκτυο συνδέεται έτσι ώστε να εμφανίζεται στο ευρύτερο δίκτυο ως «καλός πολίτης», δηλαδή να λειτουργεί ως μια νόμιμη οντότητα κάτω από τους κανόνες του δικτύου, είτε λειτουργεί ως καταναλωτής είτε ως μονάδα παραγωγής.

Η ανάπτυξη του μικροδικτύου κατηγοριοποιεί το μέχρι τώρα αυστηρά ιεραρχημένο συγκεντρωτικό έλεγχο του συστήματος ισχύος σε τουλάχιστον δύο στρώματα. Το ανώτερο στρώμα είναι αυτό με το οποίο είναι εξοικειωμένοι σήμερα οι μηχανικοί – αυτό του δικτύου ισχύος υψηλής τάσης. Τα φορτία και οι γεννήτριες μέσα στο μικροδίκτυο, που αποτελούν το κατώτερο στρώμα, δεν εμφανίζονται μόνο ως στοιχεία του συνολικού σχεδίου αγοραπωλησιών του μικροδικτύου, αλλά αναπτύσσουν και περίπλοκες οικονομικές σχέσεις μεταξύ τους μέσω διμερών ή πολύπλευρων συμβολαίων για ηλεκτρισμό, καύσιμα και υπηρεσίες. Το μικροδίκτυο αποτελεί μια «γειτονιά» χαμηλής τάσης του συστήματος που υπακούει στις εντολές του ανώτερου επιπέδου μόνο στο βαθμό που η συμπεριφορά του στον κόμβο συμβαδίζει με τις



αυστηρές απαιτήσεις του δικτύου, δηλαδή συμπεριφέρεται σαν «καλός πολίτης» όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Μέσα στο μικροδίκτυο, τα πρότυπα λειτουργίας και οι μέθοδοι ελέγχου μπορούν να διαφέρουν σημαντικά από τους κανόνες του ανωτέρου επιπέδου και των άλλων μικροδικτύων με στόχο να καλύψει τις απαιτήσεις του σε ποιοτική και αξιόπιστη ενέργεια και ισχύ.

### 5.1.2 Έλεγχος των μικροδικτύων

Ο [3] έλεγχος των στοιχείων παραγωγής και μετάδοσης του μακροδικτύου καθορίζεται από ακριβείς τεχνικές προδιαγραφές που είναι ενιαίες σε τοπική κλίμακα και οι βασικές παράμετροι του δικτύου, όπως η τάση και η συχνότητα παραμένουν μέσα σε αυστηρά όρια. Αυτό το πρότυπο ελέγχου διασφαλίζει τη συνολική σταθερότητα και ασφάλεια και προσπαθεί να εγγυηθεί ότι η διανομή της ενέργειας και των βοηθητικών υπηρεσιών μεταξύ πωλητών και αγοραστών θα είναι όσο αποδοτική και αξιόπιστη είναι δυνατό.

Όμως, πρέπει να αναγνωριστεί ότι οι ενιαίες προδιαγραφές για ποιότητα και αξιοπιστία είναι πιθανό να μην ταιριάζουν με τις μέγιστες απαιτήσεις των διαφορετικών τελικών χρηστών. Τότε, τα μικροδίκτυα επιλέγουν οι προδιαγραφές ποιότητας και αξιοπιστίας να είναι πιο κοντά στις απαιτήσεις των τελικών χρηστών κι έτσι να καλύπτει τις ανάγκες τους πιο αποτελεσματικά. Τα μικροδίκτυα λοιπόν μπορούν να βελτιώσουν τη συνολική απόδοση της διανομής ηλεκτρικού στο σημείο του τελικού χρήστη και, καθώς τα μικροδίκτυα αποκτούν ένα πιο κυρίαρχο ρόλο, οι προδιαγραφές του μακροδικτύου μπορούν τελικά να ταυτιστούν με αυτές του μεγαλύτερου μέρους της διανομής ισχύος.

Συνολικά το μικροδίκτυο αντλεί ένα σημαντικό πλεονέκτημα από το γεγονός ότι όταν οι πελάτες ομαδοποιήσουν τα φορτία τους, το φορτίο που προκύπτει είναι πιο ομαλό κι επίπεδο από τα περισσότερα ατομικά φορτία και συνεπώς, λιγότερο εκτεθειμένο σε χρεώσεις που κυμαίνονται ανάλογα με τη ζήτηση. Το μικροδίκτυο ως σύνολο δε μπορεί να έχει μεγαλύτερη αιχμή από τον πελάτη με τη μεγαλύτερη αιχμή και γενικά τείνει να έχει μικρότερη αιχμή από τον τυπικό πελάτη. Όμως είναι πιθανό ορισμένοι πελάτες ατομικά να έχουν μικρότερη αιχμή από το μικροδίκτυο.

Το πρώτο βήμα προς την εγκατάλειψη του συγκεντρωτικού προτύπου είναι η τρέχουσα απελευθέρωση της παραγωγής, ενώ η ανάδειξη των μικροδικτύων είναι το δεύτερο. Τελικά, το σύστημα ισχύος θα αναπτύσσεται σύμφωνα με διαφορετικούς, ατομικούς και όχι παγκοσμίως συντονισμένους στόχους. Επειδή τα μικροδίκτυα θα αναπτύξουν τις δικές τους, ανεξάρτητες αρχές λειτουργίας και σχέδια επέκτασης, η συνολικά ανάπτυξη του συστήματος θα είναι πολύ διαφορετική. Παρ' όλα αυτά, ανταλλαγή ισχύος ανάμεσα στο μικροδίκτυο και το μακροδίκτυο θα συμβαίνει όποτε υπάρχουν οικονομικά οφέλη από αυτή τη συναλλαγή και είναι τεχνικά και νομικά εφικτό.

Οι Η.Π.Α., που έχουν κάνει μεγάλη πρόοδο στο συγκεκριμένο θέμα, έχουν υιοθετήσει κάποια επιπλέον μέτρα. Το κράτος απαιτεί από τις υπηρεσίες κοινής ωφέλειας το κόστος που απέφυγαν από την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, επιτρέπουν τη συνεχιζόμενη απελευθέρωση της κεντρικής παραγωγής και, το σημαντικότερο για τους πελάτες, τη συνεχιζόμενη εμφάνιση των μικροδικτύων και άλλων, τοπικά ελεγχόμενων συστημάτων.

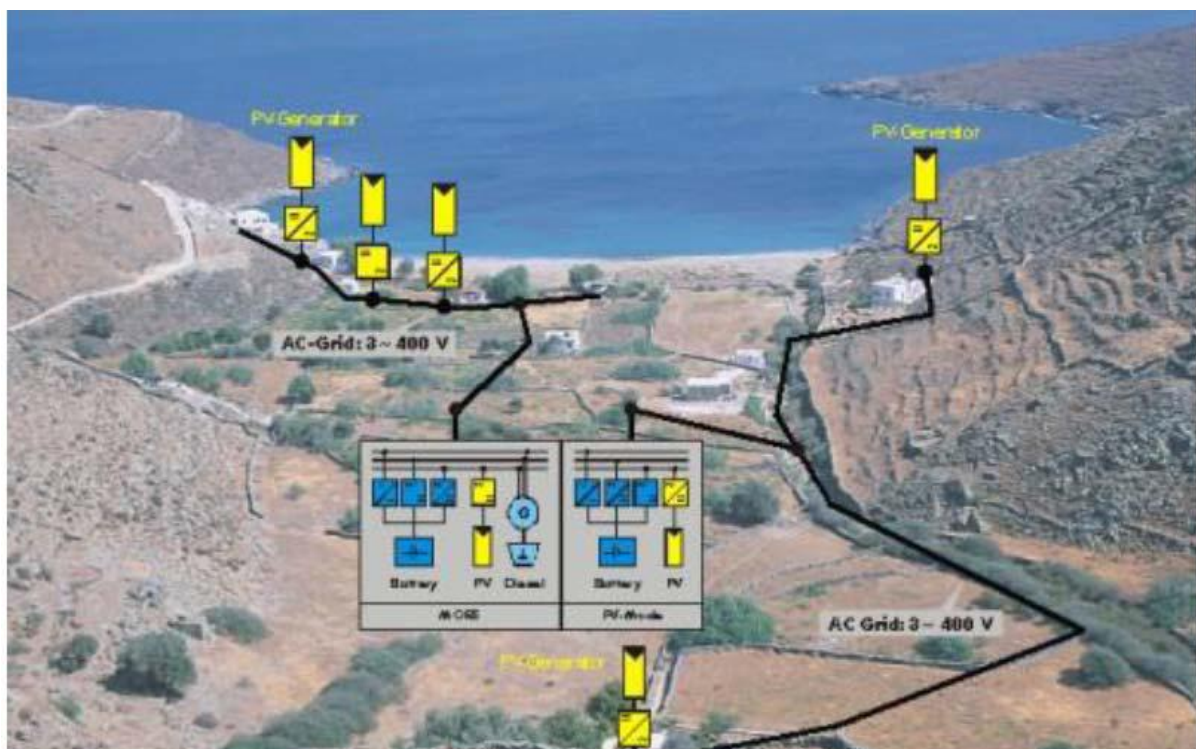
### 5.1.3 Μικροδίκτυα στην Ελλάδα

Τα [4] υβριδικά συστήματα και τα μικροδίκτυα έχουν σκοπό τη μεγάλη διείσδυση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στα ηλεκτρικά δίκτυα. Ιδιαίτερα στην χώρα μας, η εφαρμογή αυτών των συστημάτων παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά, στα οποία η ηλεκτρική ενέργεια εξασφαλίζεται με καύση ορυκτών καυσίμων και ειδικότερα πετρελαίου. Η αξιοποίηση του υψηλού δυναμικού αιολικής και ηλιακής ενέργειας στα νησιά της χώρας μας αποτελεί μεγάλη πρόκληση και υψηλή προτεραιότητα σε συμφωνία με την Ευρωπαϊκή και Εθνική πολιτική για την ενέργεια και το περιβάλλον. Απώτερος στόχος είναι η αξιοποίηση των ΑΠΕ για την κάλυψη των αναγκών των νησιών σε ενέργεια και νερό με την εφαρμογή προηγμένων τεχνολογιών φιλικών στο περιβάλλον.

Το 2008 στην Ελλάδα εγκαταστάθηκαν συνολικά 210,9 MW από ανανεώσιμες πηγές, ανεβάζοντας την συνολική ισχύ στα 1198,33 MW. Από τις 8.200 αιτήσεις για την εγκατάσταση 3,5 GW φωτοβολταϊκών, το 2008 εγκαταστάθηκαν μόλις 9 MW.

Το 2007 εγκαταστάθηκαν στη χώρα μας 125 MW αιολικών πάρκων. Μέχρι το τέλος του 2008 είχαν υποβληθεί 4.397 αιτήσεις για την παραγωγή 47.336 MW. Από αυτά, άδεια λειτουργίας διαθέτουν μόνο 1.038 MW που αντιστοιχούν σε ποσοστό μόλις 13,9%. Επιπλέον, 225 μεγαβάτ διαθέτουν άδεια λειτουργίας στο μη διασυνδεδεμένο νησιωτικό σύστημα (πηγή ΠΑΕ).

Η Κύθνος αποτελεί διεθνώς σημείο αναφοράς στην ανάπτυξη τεχνολογιών για την αξιοποίηση της ηλιακής και αιολικής ενέργειας. Το 2001 το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) σε συνεργασία με το Δήμο Κύθνου εγκατέστησε και λειτουργεί αυτόνομο μικροδίκτυο στην θέση Γαϊδουρομάντρα, το οποίο ηλεκτροδοτεί 12 κατοικίες με διεσπαρμένα φωτοβολταϊκά συστήματα και μπαταρίες μέσω αμφίδρομων μετατροπέων ισχύος, καλύπτοντας όλες τις ανάγκες τους σε φωτισμό, λειτουργία ψυγείου, τηλεόρασης και άλλων μικρών ηλεκτρικών συσκευών.



Εικόνα 5.1 Εφαρμογή Πιλοτικού Μικρο-Δικτύου (Κύθνος)

Σήμερα βρίσκεται σε εξέλιξη μια νέα φάση εγκατάστασης της πλέον σύγχρονης τεχνολογίας στο μικροδίκτυο της Γαϊδουρόμαντρας. Με την τοποθέτηση ευφυών ελεγκτών φορτίων, οι οποίοι διαχειρίζονται μη κρίσιμα φορτία, όπως αντλίες άρδευσης ή συσκευές θέρμανσης νερού, επιτυγχάνεται βέλτιστη διαχείριση της διαθέσιμης ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς κεντρικό έλεγχο. Η τεχνολογία αυτή έχει εξαιρετική σημασία για την εφαρμογή εξελιγμένων τεχνικών διαχείρισης της ζήτησης και εξοικονόμησης ενέργειας (intelligent networks), όχι μόνο για τα ελληνικά νησιά αλλά και τα ενεργειακά συστήματα του μέλλοντος, τα οποία προβλέπεται να περιλάβουν μεγάλη διείσδυση διασπαρμένης παραγωγής.

Η Κύθνος έγινε γνωστή παγκόσμια για την ανάπτυξη της αιολικής και ηλιακής ενέργειας και μπορεί να αποτελέσει μια νέα αφετηρία για την ευρύτερη ανάπτυξη των ΑΠΕ στον νησιωτικό χώρο προς την κατεύθυνση της βιώσιμης ανάπτυξης και του οικολογικού τουρισμού που αποτελεί την μεγάλη πρόκληση του μέλλοντος.

## 5.2 Έξυπνα δίκτυα

Οι νέες [5] προκλήσεις που προέρχονται από την απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας και από τις τεχνολογικές εξελίξεις επιβάλλουν την αναθεώρηση των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας. Τα υπάρχοντα δίκτυα έχουν λειτουργήσει καλά έως τώρα αλλά δεν θα είναι επαρκή στο μέλλον. Θα πρέπει να εξασφαλίσουν ασφάλεια και σταθερότητα στην παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, να εκμεταλλευτούν τις νέες τεχνολογίες και να συμβαδίσουν με τις νέες πολιτικές και τα νέα επιχειρηματικά πλαίσια. Ο τομέας της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη αντιμετωπίζει νέες ευκαιρίες και προκλήσεις και πρέπει να ανταποκριθεί σε ένα νέο όραμα το οποίο περιλαμβάνει :

- 1) Χρηστοκεντρική προσέγγιση.
- 2) Ανανέωση και καινοτομία στα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας.
- 3) Ασφάλεια παροχής ενέργειας.
- 4) Απελευθερωμένες αγορές.
- 5) Διαλειτουργικότητα μεταξύ των Ευρωπαϊκών δικτύων.
- 6) Διεσπαρμένη παραγωγή και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
- 7) Κεντρική παραγωγή.
- 8) Περιβαλλοντικά θέματα.
- 9) Διαχείριση ζήτησης και κάλυψης αυτής.
- 10) Πολιτικά και νομικά θέματα.
- 11) Κοινωνικά και δημογραφικά ζητήματα.

Στην πραγματοποίηση αυτού του οράματος θα συνδράμουν όλοι, απο τους καθημερινούς χρήστες μέχρι τα κυβερνητικά στελέχη. Οι απλοί καταναλωτές, οι πάροχοι ηλεκτρικής ενέργειας, οι ερευνητές και όσοι σχετίζονται με την δημιουργία των νόμων, εμπλέκονται όλοι στην διασφάλιση του μέλλοντος του ηλεκτρισμού στην Ευρώπη. Το μέλλον αυτό προβλέπει τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας να είναι:

- 1) Ευέλικτα, δηλαδή να καλύπτουν τις ανάγκες των καταναλωτών και να ανταποκρίνονται στις αλλαγές και στις προκλήσεις του μέλλοντος.
- 2) Προσβάσιμα, δηλαδή να εγγυούνται την πρόσβαση των χρηστών σε όλα τα δίκτυα, κυρίως σε ΑΠΕ και σε δίκτυα τοπικής παραγωγής με υψηλή απόδοση και χαμηλές ή μηδενικές εκπομπές άνθρακα.

- 3) Αξιόπιστα, δηλαδή να διασφαλίζουν και να βελτιώνουν την ασφάλεια και την ποιότητα της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, συμβαδίζοντας με τις απαιτήσεις της ψηφιακής εποχής.
- 4) Οικονομικά, δηλαδή παροχή της καλύτερης αξίας, μέσω καινοτομιών, αποτελεσματική διαχείριση ενέργειας και ανταγωνισμός επί ίσοις όροις μέσω νομοθετικών ρυθμίσεων.

Η νέα φιλοδοξία είναι τα παγκόσμια δίκτυα ηλεκτρισμού να γίνουν «έξυπνα», βασισμένα πλέον στο Πρωτόκολλο του Ίντερνετ (IP), έτσι ώστε οι καταναλωτές να μπορούν στο μέλλον να παρακολουθούν και να ελέγχουν κατά βούληση την κατανάλωση ενέργειας, μια δυνατότητα που, μεταξύ άλλων, μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση καυσίμων, περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και καλύτερη προστασία του περιβάλλοντος.

### 5.2.1 Ορισμός –Χαρακτηριστικά

Η [5] αναβάθμιση του υπάρχοντος ευρωπαϊκού δικτύου με «έξυπνότερες τεχνολογίες» είναι μία από τις βασικότερες προτεραιότητες ώστε να επιτευχθεί ο τριπλός στόχος που έχει τεθεί ως το 2020 – μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> κατά 20%, χρησιμοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο 20% της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20%. Σκοπός της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι η διασφάλιση της ποιότητας και της αξιοπιστίας της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας υιοθετώντας τις δομές και τις διαδικασίες, λαμβάνοντας υπόψη την νέα προσέγγιση της αγοράς ενέργειας και τις νέες νομοθεσίες, δηλαδή ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο σύστημα και αύξηση της απόδοσης μεταφοράς και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα έξυπνα δίκτυα (smart grids) είναι ένα μέσο που θα συνδράμει στην επίτευξη του τριπλού στόχου το 2020. Ένα έξυπνο δίκτυο είναι ένα ηλεκτρικό δίκτυο που μπορεί να ενσωματώσει ευφυώς την συμπεριφορά και τις δράσεις όλων των χρηστών που συνδέονται με αυτό- παραγωγών, καταναλωτών και όσων κάνουν και τα δύο- με σκοπό να διασφαλιστεί αποτελεσματικά η σταθερότητα, η οικονομία και η ασφάλεια της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα έξυπνο δίκτυο, που περιλαμβάνει ένα συνδυασμό λογισμικού και υλικού επιτρέποντας αποτελεσματικότερη ροή ισχύος και δίνοντας την δυνατότητα στους καταναλωτές να ελέγχουν την ζήτηση ενέργειας, είναι ένα σημαντικό κομμάτι της λύσης για το μέλλον. Τα έξυπνα ή ευφυή δίκτυα έχουν ως κύριους άξονες την:

- 1) “Ευφυή” συνήρπαξη της κεντρικής και διεσπαρμένης παραγωγής με αποτέλεσμα την μείωση της χρήσης άνθρακα και αποδοτικού χειρισμού της ζήτησης.
- 2) Εμπορία ενέργειας και βελτιστοποίηση κόστους μέσω χρονομεταβλητών τιμολογίων και διαφόρων κινήτρων εξαρτώμενων από το μεταβαλλόμενο φορτίο.
- 3) Ενεργό συμμετοχή του πελάτη με βάση την επικοινωνία σε δύο κατευθύνσεις και μεγάλη ροή πληροφορίας.

## 5.2.2 Παράγοντες που οδηγούν στην ανάπτυξη των έξυπνων δικτύων στην Ευρώπη

Η [5] σημερινή εποχή είναι ίσως η πλέον κατάλληλη για την ανάπτυξη των έξυπνων δικτύων. Η απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας σε συνδυασμό με το όλο και αυξανόμενο ενδιαφέρον σε ενεργειακά θέματα καθώς και οι τεχνολογικές εξελίξεις συντελούν προς αυτήν την κατεύθυνση. Οι πολιτικές που ακολουθούνται από τις κυβερνήσεις ενθαρρύνουν τις τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας με μειωμένες εκπομπές άνθρακα καθώς και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Παράλληλα οι εξελίξεις στον τομέα της αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, της διαχείρισης φορτίου και της επικοινωνίας καθώς και η αυξανόμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας καθιστούν επιτακτική ανάγκη την επένδυση στη δημιουργία νέων δικτύων. Όλα αυτά οδηγούν στην δημιουργία ενός κοινού οράματος, τη δημιουργία των έξυπνων δικτύων.

Τα νέα αυτά δίκτυα πρέπει να είναι ασφαλή, φιλικά προς το περιβάλλον και να συμφέρουν οικονομικά. Οι παράγοντες που πρέπει να απασχολήσουν τα δίκτυα ατου μέλλοντος στην Ευρώπη έχουν να κάνουν με:

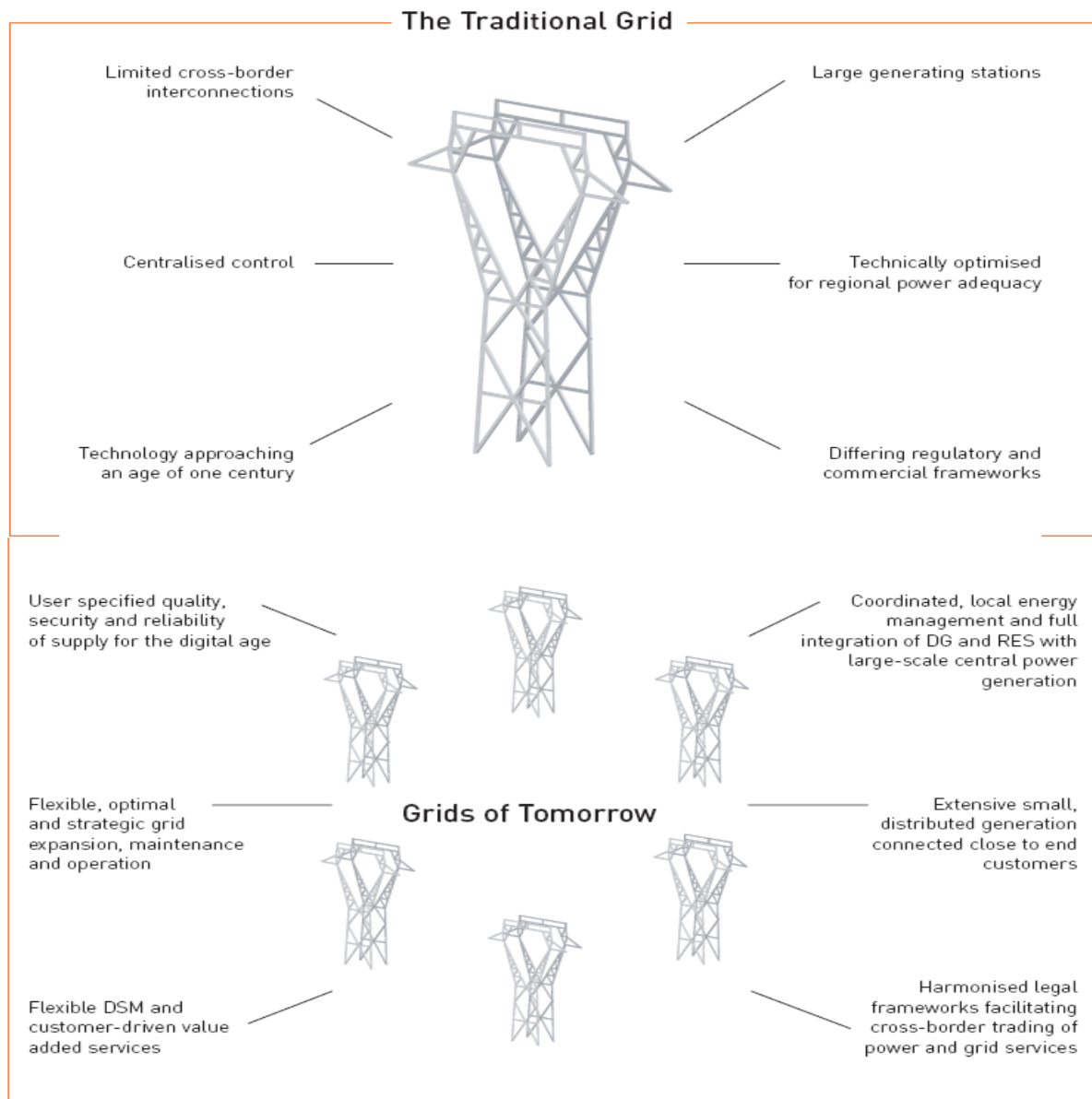
- 1) Την Ευρωπαϊκή εσωτερική αγορά. Η εξέλιξη της αγοράς σε συνδυασμό με ένα αποδοτικό νομοθετικό πλαίσιο θα βοηθήσει στην οικονομική εξέλιξη της Ευρώπης. Ο αυξανόμενος ανταγωνισμός θα οδηγήσει σε νέες τεχνολογικές εξελίξεις και καινοτομίες. Έτσι η εσωτερική αγορά της Ευρώπης αναμένεται να παρέχει πολλά ωφέλη στους Ευρωπαίους πολίτες όπως ένα μεγαλύτερο εύρος υπηρεσιών που θα οδηγήσει σε μείωση τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας.
- 2) Την ασφάλεια και την ποιότητα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Η σύγχρονη κοινωνία εξαρτάται πολύ από την αδιάλειπτη παροχή ενέργειας. Η παλαιότητα των δομών της μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας απειλούν την ασφάλεια, την ποιότητα και την αξιοπιστία της παροχής αυτής. Παράλληλα η μειωμένη διαθεσιμότητα ορυκτών καυσίμων σε αρκετές χώρες είναι ένας ανησυχητικός παράγοντας.
- 3) Το περιβάλλον. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα των ορυκτών καυσίμων είναι ότι η καύση τους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκλύουν τοξικά αέρια(διοξείδιο του άνθρακα και του θείου, νιτρικά οξείδια) βλαβερά για το περιβάλλον. Τα αέρια του θερμοκηπίου, όπως αποκαλούνται, συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή η οποία είναι μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις και απειλές που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα. Υπάρχει μεγάλη ανάγκη για έρευνα με στόχο την ε΄θρεση αποδοτικών τεχνολογιών παραγωγής ενέργειας που θα βοηθήσουν παράλληλα στην επίτευξη των στόχων για το Πρωτόκολλο του Κιότο.

## 5.2.3 Η μετάβαση από το σήμερα στο αύριο

Τα [5] υπάρχοντα δίκτυα βασίζονται κυρίως σε μεγάλους κεντρικούς σταθμούς παραγωγής που συνδέονται με σθστήματα μεταφοράς υψηλής τάσης τα οποία με τη σειρά τους συνδέονται σε συστήματα μέσης και χαμηλής τάσης δικτύων διανομής. Η διανομή και η μεταφορά της ενέργειας γίνεται κατα κύριο λόγο μονοπωλιακά από δημόσιους φορείς ενώ αντίθετα στον τομέα της παραγωγής υπάρχει μεγάλος ανταγωνισμός.

Η παροχή ισχύος και ο έλεγχος του δικτύου γίνονται στα σημερινά δίκτυα από κεντρικές εγκαταστάσεις και έτσι ελέγχονται διάφορες περιοχές από ένα μέρος. Υπάρχει λίγο έως καθόλου συμμετοχή του καταναλωτή και απουσιάζει εντελώς η επικοινωνία. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται υπάρχουν σχεδόν για έναν αιώνα και τα δίκτυα έχουν σχεδιαστεί να λειτουργούν βέλτιστα για τοπική κάλυψη. Οι διασυνδέσεις αναπτύχθηκαν κυρίως για αμοιβαία υποστήριξη μεταξύ χωρών και περιφερειών σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης αλλά

χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο για εμπορικούς λόγους. Στην εικόνα φαίνεται η διαφορά στα υφιστάμενα δίκτυα διανομής και σε αυτά του μέλλοντος

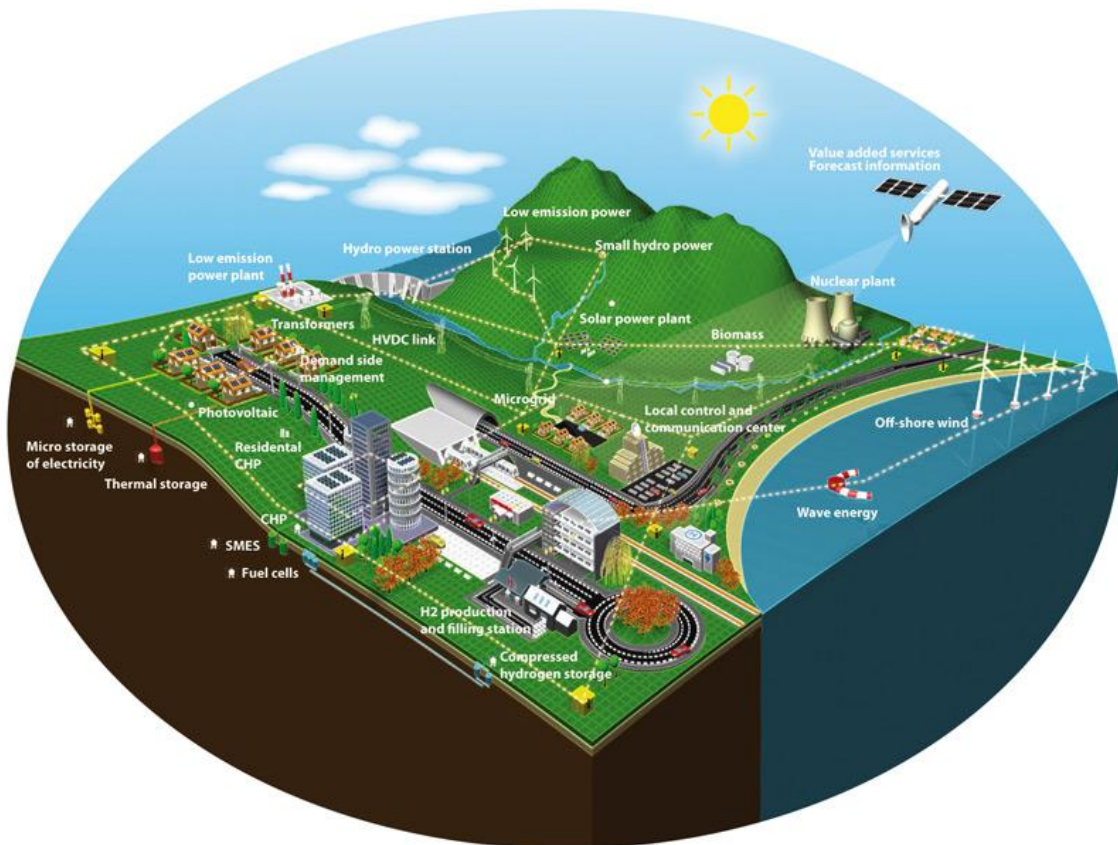


Σχήμα 5.2 Δίκτυα του σήμερα και του αύριο

Τα μελλοντικά δίκτυα διανομής θα έχουν ενεργητικό ρόλο και πρέπει να εξασφαλίζουν αμφίδρομη ροή ισχύος. Τα ευρωπαϊκά συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας λειτουργούν πλέον σε ένα πλαίσιο μοντέλου αγοράς στο οποίο οι μονάδες παραγωγής διανέμονται σύμφωνα με τις δυνατότητες της κάθε αγοράς και το κέντρο ελέγχου του δικτύου αναλαμβάνει ένα γενικό ρόλο εποπτείας (εξισορρόπηση ροής ενέργειάς, έλεγχος σταθεροποίησης τάσης κλπ). Από την άλλη πλευρά, τα δίκτυα διανομής δεν έχουν αλλάξει πολύ και τείνουν να είναι ακτινικά με ροή ισχύος προς μία κατεύθυνση και έχοντας παθητική λειτουργία. Ο κύριος λόγος τους είναι η παροχή ενέργειας στους τελικούς καταναλωτές.



Μία μεγάλη ποσότητα ηλεκτρισμού που παράγεται απο μεγάλους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής θα προέρχεται απο διεσπαρμένη παραγωγή και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Παράλληλα θα πραγματοποιείται και ηλεκτρική αποθήκευση και διαχείριση ζήτησης ενέργειας. Επιπλέον μπορεί να χρειασθεί η ύπαρξη εφεδρείας σε περίπτωση ελλιπούς παραγωγής από ανανεώσιμες πηγές. Ίσως είναι οικονομικά αποδοτικότερο να βρεθεί μία λύση για εξομάλυνση των αιχμών του φορτίου σε πανευρωπαϊκό επίπεδο παρά σε εθνικό. Αυτό όμως προϋποθέτει πολλές αλλαγές στα υπάρχοντα δίκτυα διανομής και μεταφοράς αφού πολλές διασυνδέσεις μεταξύ των χωρών θα είναι απαραίτητες.



Εικόνα 5.3 Έξυπνο δίκτυο του μέλλοντος

## 5.2.4 Δημιουργία έξυπνων δικτύων

Τα [5] ηλεκτρικά δίκτυα του μέλλοντος θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ευφυή για διάφορους λόγους. Πρώτο απ' όλα επιτρέπουν την ενεργό συμμετοχή του καταναλωτή στην παροχή ηλεκτρισμού. Η διαχείριση φορτίου βοηθάει στην εξοικονόμηση ενέργειας η οποία ανταμειβεται. Ακόμημ καθώς γίνονται νέες διασυνδέσεις μεταξύ των Ευρωπαϊκών χωρών καθίσταται δυνατή η αποτελεσματικότερη λειτουργία του δικτύου λόγω της ανταλλαγής ενέργειας μεταξύ των χωρών. Παράλληλα με την χρησιμοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα επιτευχθεί μείωση των περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Ο στόχος των έξυπνων δικτύων είναι η αειφόρος ανάπτυξη με την δημιουργία ενός αποδοτικού δικτύου διανομής δίνοντας έμφαση στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και στη διεσπαρμένη

παραγωγή. Θα διευκολυνθεί η διασύνδεση περοχών που έχουν διαφορετικές αλλά συμπληρωματικές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ( όπως είναι η αιολική ενέργεια και η ενέργεια από αντλιοσταμείωση. Η απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας δίνει ώθηση να εκμεταλλευτούν οι εμπορικές εθκαιρίες που παρουσιάζονται.

Το ηλεκτρικό δίκτυο θα γίνει όπως και το διαδίκτυο (internet). Μέχρι το 2020 οι εταιρίες παροχής ηλεκτρικής ενέργειας θα επιτρέπουν σε όλους να έχουν πρόσβαση στις υπηρεσίες τους όπως είναι η διαχείριση του φορτίου. Οι έξυπνοι μετρητές, τα ηλεκτρονικά ισχύος, τα νέα μέσα επικοινωνίας και η αυξανόμενη συμμετοχή των καταναλωτών θα βοηθήσουν στο να αναπτυχθεί η διαχείριση της κάλυψης ζήτησης σε τοπικό επίπεδο.

Οι υπηρεσίες μέτρησης θα ανοίξουν τον δρόμο για πρόσβαση στο δίκτυο του μέλλοντος και θα διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη του τομέα της διαχείρισης φορτίου. Έτσι ηλεκτρονικοί μετρητές, αυτοματοποιημένα συστήματα διαχείρισης μετρητών και τηλεπικοινωνιακά συστήματα θα βοηθήσουν προς αυτήν την κατεύθυνση. Το σημαντικό πλεονέκτημα των έξυπνων μετρητών είναι όχι μόνο ότι υπολογίζουν τις καταναλώσεις σε πιο ανεπτυγμένο επίπεδο από τους κλασσικούς μετρητές αλλά το ότι επικοινωνούν με το ηλεκτρικό δίκτυο και αποστέλλουν τις πληροφορίες που συλλέγουν για σκοπούς παρακολούθησης (monitoring) και χρεώσεων. Για αυτό τον σκοπό το συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης υιοθέτησε το τρίτο ενεργειακό πακέτο τον Απρίλιο του 2009. Σύμφωνα με αυτό έξυπνοι μετρητές πρέπει να έχουν εγκατασταθεί τουλάχιστον στο 80% των οικιακών καταναλωτών μέχρι το 2020 και στο 100% μέχρι το 2022.

Ανεπτυγμένα ηλεκτρονικά ισχύος θα επιτρέπουν την λειτουργία των ηλεκτρογεννητριών και των κινητήρων σε μεταβλητές στροφές ώστε να αυξηθεί συνολικά η απόδοση και η ποιότητα της παροχής ισχύος. Παράλληλα μπορούν να επεκτείνουν την λειτουργία των γραμμών υψηλής τάσης συνεχούς ρεύματος (HDVC), χρησιμοποιώντας για παράδειγμα υπεραγωγία καλώδια τα οποία θα βελτιώσουν την μεταφορά και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας. Η ευρυζωνική επικοινωνία θα χρησιμοποιηθεί για να υπάρχει εικονική πρόσβαση σε όλους τους σταθμούς παραγωγής και σε όλα τα φορτία σε κάθε επίπεδο ισχύος με πολύ χαμηλό κόστος. Αυτό θα οδηγήσει στην εφαρμογή νέων στρατηγικών, όπως είναι η δημιουργία εικονικών σταθμών παραγωγής ή η καθιέρωση αγορών ακόμη και για μικρούς παραγωγούς ή καταναλωτές.

Για μία επιτυχή μεταβίβαση στα έξυπνα δίκτυα απαραίτητη είναι η συμμετοχή όλων. Κυβερνήσεις, νομοθέτες, καταναλωτές, παραγωγοί, έμποροι, εταιρίες διανομής και μεταφοράς, κατασκευαστές ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και πάροχοι υπηρεσιών πληροφορικής και επικοινωνιών πρέπει όλοι να συμμετέχουν ενεργά. Παράλληλα σημαντική είναι η και η δημιουργία πιλοτικών προγραμμάτων, όχι μόνο σε τεχνικό επίπεδο αλλά και σε οργανωτικό. Για παράδειγμα, οι νομοθετικές διατάξεις πρέπει να ανανεωθούν με τρόπο ώστε να παρέχουν κίνητρα για νέες εξελίξεις. Για την επιτυχή ανάπτυξη των έξυπνων δικτύων πρέπει :

- 1) Οι υποδομές και ο εξοπλισμός που θα τοποθετηθεί να μην χρειάζονται συχνή αντικατάσταση και να αντέχουν στον χρόνο.
- 2) Να γίνει μία εναρμόνιση των αγορών, των τεχνικών προδιαγραφών και των νομοθετικών πλαισίων κάθε χώρας.
- 3) Να αποφευχθεί η δημιουργία απομονωμένων εξελίξεων αφού δεν θα είναι αποτελεσματικές εξαιτίας της πολυπλοκότητας των δικτύων.
- 4) Να αντιμετωπισθεί το ζήτημα της επάρκειας του εξιδεικευμένου προσωπικού που θα βοηθήσει στην ανάπτυξη πρωτοποριακών τεχνολογιών.



## 5.2.5 Έξυπνοι μετρητές (smart meters)

Τα [6] έξυπνα δίκτυα για να είναι υλοποιήσιμα απαιτούν την χρήση των λεγόμενων 'έξυπνων μετρητών (smart meters). Ο έξυπνος μετρητής είναι μια ηλεκτρονική συσκευή μέτρησης με δυνατότητα επικοινωνίας με άλλες συσκευές. Η συσκευή μετράει την ενέργεια που χρησιμοποιείται και στέλνει τις πληροφορίες στο σύστημα και απο κεί καταλήγουν στον πελάτη, ενημερώνοντάς τον για την εκάστοτε κατανάλωση του και το αντίστοιχο κόστος αυτής. Οι έξυπνοι μετρητές έχουν την δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας, συνήθως, δυνατότητα δηλαδή εκτός απο την αποστολή δεδομένων, και την λήψη εντολών. Αποτελούν ένα οικονομικό τρόπο για μέτρηση και παρακολούθηση της κατανάλωσης, που επιτρέπει την καλύτερη ρύθμιση της παραγωγής βασισόμενη σε ημερήσια δεδομένα [πραγματικού χρόνου (εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων-μικρότερες επενδύσεις σε δίκτυα διανομής)].

Σύμφωνα με την Κοινοτική οδηγία, 32006L0032, 2006/32/EK, κεφάλαιο 3, άρθρο 13, παράγραφος 20 και 3 με θέμα «Μετρητές και αναλυτικοί λογαριασμοί για την κατανάλωση ενέργειας», τα κράτη μέλη πρέπει να εξασφαλίζουν ότι, κατά περίπτωση, η χρέωση που πραγματοποιείται απο τους διανομείς ενέργειας, τους διαχειριστές συστημάτων διανομής και τις εταιρίες λιανικής πώλησης ενέργειας, πρέπει να βασίζεται στην πραγματική ενεργειακή κατανάλωση, και να παρουσιάζεται με σαφή και κατανοητό τρόπο. Στο λογαριασμό του τελικού καταναλωτή πρέπει να υπάρχουν κατάλληλες πληροφορίες, ώστε να έχει πλήρη εικόνα του τρέχοντος ενεργειακού του κόστους. Η ενημέρωση για την χρέωση με βάση την πραγματική κατανάλωση ενέργειας πρέπει να είναι αρκετά συχνή, ώστε οι καταναλωτές να μπορούν ρυθμίζουν την ενεργειακή τους κατανάλωση. Επιπλέον, τα κράτη μέλη πρέπει να εξασφαλίζουν ότι, ανάλογα με την περίπτωση, οι διανομείς ενέργειας, οι διαχειριστές συστημάτων διανομής ή οι εταιρίες λιανικής πώλησης ενέργειας πρέπει να παρέχουν στους τελικούς καταναλωτές, ως μέρος ή μαζί με τους λογαριασμούς τους, τις συμβάσεις τους, τις συναλλαγές τους ή/και τις αποδείξεις των σταθμών διανομής τους, τις ακόλουθες πληροφορίες κατά σαφή και κατανοητό τρόπο:

- 1) Τις τρέχουσες πραγματικές τιμές και την πραγματική κατανάλωση ενέργειας.
- 2) Συγκρίσεις της τρέχουσας κατανάλωσης του τελικού καταναλωτή προς την κατανάλωση του κατά την ίδια περίοδο του προηγούμενου έτους, κατά προτίμηση υπό μορφή διαγράμματος.
- 3) Συγκρίσεις με κάποιο μέσο κανονικό ή υποδειγματικό χρήστη ενέργειας της ίδιας κατηγορίας, εφόσον τούτο είναι εφικτό και χρήσιμο.
- 4) Διευθύνσεις κ.λ.π. οργανώσεων καταναλωτών, οργανισμών ενέργειας ή παρόμοιων οργάνων, μαζί με διευθύνσεις ιστοσελίδων, απο τις οποίες μπορούν να λαμβάνονται πληροφορίες για τα διαθέσιμα μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης, συγκρίσεις των διαφόρων κατηγοριών τελικών χρηστών ή/και αντικειμενικές τεχνικές προδιαγραφές για εξοπλισμό που χρησιμοποιεί ενέργεια.

Οι έξυπνοι μετρητές θα έχουν την δυνατότητα να μετρούν άμεσα την κατανάλωση της ηλεκτρικής ισχύος και να μεταδίδουν τις μετρήσεις στις βάσεις δεδομένων στο κέντρο διαχείρισης (EIS). Ο καταναλωτής μπορεί οποιαδήποτε στιγμή να έχει γνώση της πραγματικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Στις συνθήκες της απελευθερωμένης αγοράς, οι εταιρίες ηλεκτρικής ενέργειας θα έχουν την δυνατότητα να επικοινωνούν με τους καταναλωτές μέσω μηνυμάτων πάνω στον Έξυπνο μετρητή και να προσφέρουν μειωμένες χρεώσεις κιλοβατώρας ή να κάνουν προσφορές ώστε να καταρτίσουν ειδικά προγράμματα χρέωσης με βάση τις ώρες κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας. Η α'θξηση της τιμής της κιλοβατώρας σε περιόδους αιχμής είναι μια μέθοδος που μπορεί να μειώσει την αντίστοιχη ζήτηση με αποτέλεσμα τεράστιο όφελος τόσο για τον παραγωγό όσο και την γενικότερη πολιτική εξοικονόμησης.

Αυτό είναι γνωστό με τον όρο Απόκριση της Ζήτησης. Με την αυτόματη αναγνώριση μετρητή, ο διαχειριστής θα είναι σε θέση να γνωρίζει σε πραγματικό χρόνο την κατανάλωση ενέργειας κάθε οικίας, επιχείρησης, βιομηχανίας κ.τ.λ, γεγονός που αποτελεί τεράστιο όφελος και εξοικονόμηση οικονομικών και ανθρωπίνων πόρων, αφού μεγάλος αριθμός υπαλλήλων της εκάστοτε εταιρίας διανομής (π.χ ΔΕΗ για την Ελλάδα) απασχολείται για τη μέτρηση της ηλεκτρικής ενέργειας στους μετρητές ή υποθέτει ένα ποσό ακατανάλωσης με βάση στατιστικά δεδομένα και σε επόμενους λογαριασμούς διορθώνει τις αποκλίσεις από την [πραγματικότητα. Αυτό το γεγονός μειώνει τη αξιοπιστία του παρόχου και προβληματίζει τους πελάτες ως προς το ύψος των λογαριασμών τους.

**«On line» έλεγχος της κατανάλωσης**

Ο ηλεκτρονικός μετρητής θα βρίσκεται μέσα στο σπί και θα αντικαταστήσει το παραδοσιακό ρολόι

Παλιό ρολόι

Ψηφιακός μετρητής

Στην ψηφιακή του οθόνη, ο πελάτης της ΔΕΗ θα μπορεί να βλέπει ανά πάσα στιγμή τις κιλοβατώρες που καταναλώνει, και άρα να ρυθμίζει την κατανάλωσή του

Τα στοιχεία του κάθε μετρητή θα αποστέλλονται σε κεντρικό υπολογιστή στη ΔΕΗ μέσω ενός ασύρματου δικτύου κινητής τηλεφωνίας, με την οποία η ΔΕΗ θα συνάψει σύμβαση

- Έτσι, εκτός του χρήστη και η ΔΕΗ θα γνωρίζει ανά πάσα στιγμή την κατανάλωση του πελάτη της
- Σε πρώτη φάση οι ψηφιακοί μετρητές θα τοποθετηθούν σε **60.000 καταναλωτές** χαμηλής τάσης

TA NEA

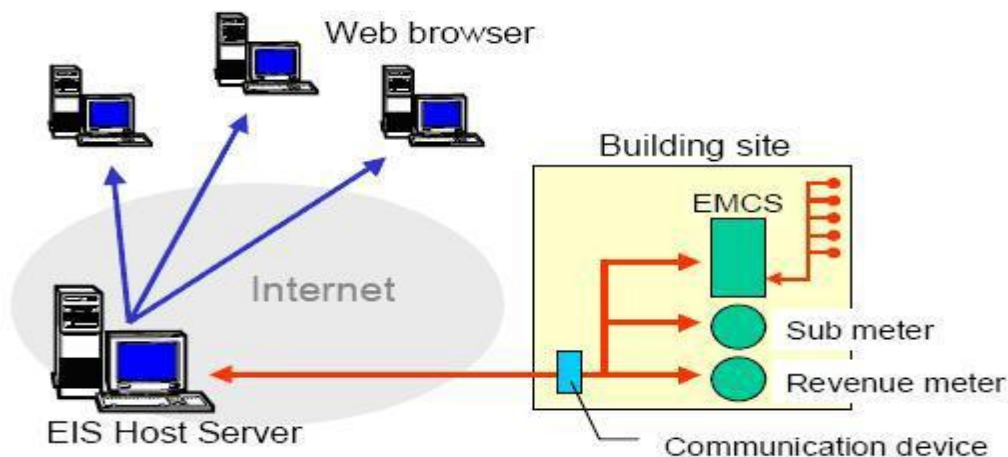
Εικόνα 5.4 Έξυπνος μετρητής.

## 5.2.6 Αυτοματοποιημένη διαδικασία μέτρησης – Automatic Meter Reading (AMR)

Ο [6]συνεχώς αυξανόμενος αριθμός των καταναλωτ'ν έχει οδηγήσει τις εταιρίες στην αναζήτηση ενός αποδοτικού τρόπου υπολογισμού της ενέργειας που καταναλώνεται απο τους συνδρομητές. Το AMR αναφέρεται στην αυτοματοποιημένη διαδικασία μέτρησης της ενέργειας που καταναλώνεται, και όχι μόνο της ηλεκτρικής γιατί μπορεί να ενσωματώσει και άλλους μετρητές όπως φυσικού αερίου και νερού.

Εκτός από την αυτοματοποίηση της διαδικασίας μέτρησης και υπολογισμού της καταναλισκόμενης ενέργειας το AMR σύστημα παρέχει ένα σύνολο ολοκληρωμένων υπηρεσιών. Καταρχήν μπορεί να απεικονίσει την κατανάλωση ενέργειας σε πραγματικό χρόνο καθώς οι μετρήσεις λαμβάνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Έτσι μπορεί ο πελάτης να ξέρει ακριβώς τι καταναλώνει και τι πληρώνει και επιπλέον μπορεί να δημιουργηθεί ένα ενεργειακό προφίλ του πελάτη (κτιρίου). Το προφίλ αυτό αποτελεί ένα πολύ σημαντικό ποιστοποιητικό που του δίνει αγοραστική δύναμη απέναντι σε μια απελευθερωμένη αγορά ενέργειας. Το προφίλ αυτό δείχνει τι καταναλώνει ο πελάτης και ποιά χρονική στιγμή, συνεπώς αυτό μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων, τόσο με εντοπισμό «αχρηστων» φορτίων όσο και από αποφυγή ποτινών λόγω υψηλών αιχμών στην κατανάλωση. Επιπλέον μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στην ορθή πρόβλεψη φορτίου από την ρυθμιστική αρχή ενέργειας και την αποδοτικότερη ένταξη μονάδων παραγωγής. Το αυτοματοποιημένο αυτό σύστημα μπορεί να προσφέρει ακόμα δυνατότητες χειρισμού φορτίου, ανίχνευσης σφαλμάτων στο δίκτυο και έγκαιρης ενημέρωσης του συστήματος αλλά και αξιοπιστία στις μετρήσεις.

Το AMR είναι ένα σύστημα αυτοματισμού που συλλέγει δεδομένα (μετρήσεις- καταναλώσεις) και τα στέλνει σε μια κεντρική βάση δεδομένων όπου γίνεται η αποθήκευση και η επεξεργασία αυτών των στοιχείων. Η επικοινωνία γίνεται μέσω τηλεπικοινωνιακού διαύλου-ενσύρματου ή ασύρματου ή μέσω της γραμμής μεταφοράς με φέροντα κύματα και πραγματοποιείται είτε με μονομερή αποστολή δεδομένων από το σύστημα στο διακομιστή σε τακτά χρονικά διαστήματα, είτε με αποστολή κατόπιν αίτησης του διακομιστή είτε με συνδυασμό των δύο παραπάνω.



Σχήμα 5.3 Απεικόνιση AMR –Αυτοματοποιημένη διαδικασία μέτρησης.

## 5.2.7 Μοντέλο ίντερνετ

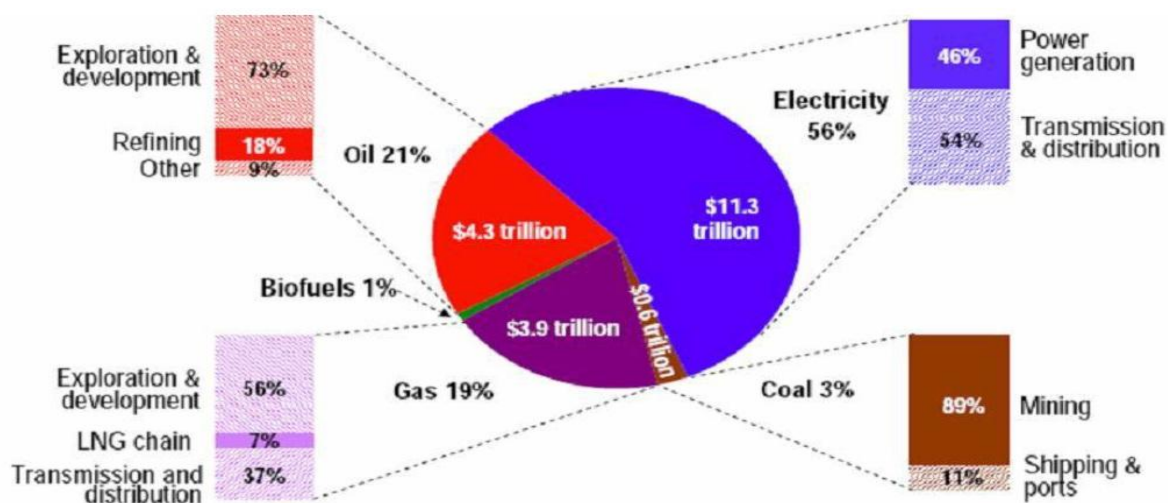
Ένα [6] πιθανο μοντέλο ανάπτυξης των ηλεκτρικών δικτύων του μέλλοντος είναι ανάλογο με αυτό του διαδικτύου, με την έννοια ότι η λήψη αποφάσεων είναι κατανεμημένη και ότι υπάρχει ροή προς όλες τις κατευθύνσεις. Έτσι όχι μόνο ο πάροχος ηλεκτρικής ενέργειας για έναν καταναλωτή μπορεί να ποικίλει από τη μία χρονική περίοδο στην άλλη αλλά και η λειτουργία του δικτύου μπορεί να ποικίλει καθώς το δίκτυο αποφασίζει από μόνο του για τη διαμόρφωση του. Ένας τέτοιο σύστημα έχει τεχνολογικές απαιτήσεις σε υλικό και λογισμικό καθώς και σε πρωτόκολλα διαχείρισης επικοινωνιών.

Τα νέα αυτά δίκτυα θα διευκολύνουν την διεσπαρμένη παραγωγή, την διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τη διαχείριση φορτίου καθώς και την ευέλικτη ηλεκτρική αποθήκευση. Παράλληλα θα δημιουργήσουν ευκαιρίες για νέα είδη εξοπλισμού και υπηρεσιών καθώς και νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες που θα στηρίζονται στις νέες πηγές ενέργειας, στις νέες καταναλωτικές συνήθειες και στην καινούργια νομοθεσία σχετικά με τα ενεργειακά θέματα.

Για να είναι ευκολότερη η προσέγγιση του διαδικτυακού μοντέλου είναι απαραίτητο να επικεντρωθούμε σε διάφορες μελέτες που πραγματοποιούνται ανά Ευρώπη, όπως είναι τα ενεργά δίκτυα διανομής. Η βασική λειτουργία αυτών των δικτύων είναι να ενώσει τους σταθμούς παραγωγής με τις ανάγκες των καταναλωτών με τρόπο ώστε να επιτρέπει και στους δύο να αποφασίζουν για το πώς θα λειτουργούν πιο αποτελεσματικά σε συνθήκες πραγματικού χρόνου. Για να πραγματοποιηθεί κάτι τέτοιο χρειάζεται συνεχής έλεγχος ροής ισχύος και έλεγχος τάσης καθώς και νέα εξελιγμένα συστήματα επικοινωνίας.

### 5.2.8 Επενδύσεις για την ανάπτυξη των έξυπνων δικτύων

Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (IEA – International Energy Agency) οι επενδύσεις για τις υποδομές στον ενεργειακό τομέα από το 2005 έως το 2030 ανέρχονται στα 20,2 τρισεκατομμύρια δολάρια εκ των οποίων πάνω από τα μισά θα διατεθούν για τον τομέα του ηλεκτρισμού. Στην εικόνα φαίνεται αναλυτικά πώς θα κατανεμηθούν αυτά τα κεφάλαια.



Διάγραμμα 5.1 Επενδύσεις στον ενεργειακό τομέα

### 5.2.9 Τα έξυπνα δίκτυα ανά τον κόσμο

Η [7] ανάπτυξη των ευφύων δικτύων δεν γίνεται μόνο στην Ευρώπη αλλά σε όλον τον κόσμο. Σε αυτόν τον τομέα δραστηριοποιείται η γιγάντια αμερικανική εταιρία Cisco, ο κυριότερος στον κόσμο παραγωγός και πάροχος τεχνολογίας και εξοπλισμού για τα δίκτυα Ίντερνετ σε όλο τον κόσμο. Στο Κολοράντο στην πόλη Μπούλντερ πραγματοποιείται πιλοτικό πρόγραμμα για την δημιουργία μιας έξυπνης πόλης. Βασικό συστατικό αυτής της πόλης είναι τα έξυπνα σπίτια, όπως φέρεται στην εικόνα .



Εικόνα 5.4 Έξυπνο σπίτι (smart home).

Κύριο όραμα για τα έξυπνα σπίτια είναι η επικοινωνία με το δίκτυο ώστε να λαμβάνουν οι καταναλωτές τον ηλεκτρισμό βάσει των προσωπικών τους αναγκών. Θα έχουν την δυνατότητα να επιλέξουν αν θέλουν να τροφοδοτούνται τα σπίτια τους από 100% πράσινη ενέργεια ή από ένα μίγμα διαφόρων πηγών ενέργειας ή από την φθηνότερη μορφή ενέργειας με το πάτημα ενός ποντικιού. Τεχνολογίες όπως οι έξυπνοι μετρητές, που δίνει στον πελάτη την δυνατότητα να επιλέξει ανάμεσα σε διάφορα τιμολόγια πραγματικού χρόνου, καθώς και οι έξυπνες συσκευές, οι οποίες επικοινωνούν με το δίκτυο και αυτό,ατα τίθενται εντός και εκτός λειτουργίας είναι απαραίτητες για την λειτουργία των έξυπνων σπιτιών. Τα υβριδικά ηλεκτρικά αυτοκίνητα μπορούν επίσης να διαδραματίσουν ένα σημαντικό ρόλο για την ανάπτυξη της έξυπνης πόλης. Γίνονται μελέτες για το πώς μπορούν τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα να αποθηκεύσουν ενέργεια και να το δίνουν στο σπίτι σε ώρες αιχμής φορτίου. Τέλος εξελιγμένοι αισθητήρες σε όλο το δίκτυο καθώς και ένα σύστημα γρήγορης επικοινωνίας κάνουν το όλο σύστημα να λειτουργεί αποτελεσματικά.

Και [8] άλλες πόλεις ανά τον κόσμο έχουν δραστηριοποιηθεί στον τομέα των έξυπνων δικτύων. Το πρώτο και μεγαλύτερο παράδειγμα είναι στην Ιταλία όπου ολοκληρώθηκε το 2005. Το έργο αυτό στο οποίο για πρώτη φορά χρησιμοποιήθηκαν σε εμπορική κλίμακα οι τεχνολογίες των έξυπνων δικτύων εξοικονομεί ετησίως 500 εκατομμύρια € και το κόστος του ήταν 2,1 δισεκατομμύρια €. Στις ΗΠΑ, στην πόλη Όστιν του Τέξας, γίνονται προσπάθειες για την δημιουργία έξυπνου δικτύου από το 2003, όπου το ένα τρίτο των χειροκίνητων μετρητών του δικτύου αντικαταστάθηκε με έξυπνους μετρητές οι οποίοι επικοινωνούν μέσω ενός ασύρματου δικτύου. Το ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης διαχειρίζεται 200000 συσκευές σε πραγματικό χρόνο ( αισθητήρες με έξυπνους μετρητές και θερμοστάτες) και σύμφωνα με τους υπολογισμούς αναμένουν οι συσκευές να ξεπεράσουν τις 500000.



## 6. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΑΙ ΔΙΕΘΝΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ

Συνολικά [9] 76 εκατομμύρια έξυπνοι μετρητές είναι εγκατεστημένοι σήμερα σε όλο τον κόσμο, σε κατοικίες και επιχειρήσεις, σύμφωνα με τον ξένο οίκο ABI Research, και ο αριθμός τους προβλέπεται να αυξηθεί σε 155 εκατομμύρια μέχρι το 2013. Τα σκήπτρα παγκοσμίως κρατά η Ιταλία, όπου η εταιρεία ηλεκτρισμού ENEL (αντίστοιχη της ΔΕΗ) έχει εγκαταστήσει γύρω στα 32 εκατομμύρια έξυπνους μετρητές σε πελάτες της από το 2001 μέχρι σήμερα. Σχεδόν 12 εκατ. τέτοιοι μετρητές θα εγκατασταθούν στην Καλιφόρνια στα επόμενα χρόνια, ενώ στον Καναδά, η επαρχία του Οντάριο έχει θέσει ως στόχο κάθε πελάτη της να διαθέτει έναν έξυπνο μετρητή εντός του 2010. Από τη στιγμή που εγκατασταθεί ένας έξυπνος μετρητής, η εταιρεία ενέργειας μπορεί να προσδιορίσει την τοποθεσία της βλάβης πιο εύκολα, ενώ δεν χρειάζεται πλέον να στέλνει υπαλλήλους για να "διαβάσουν" τις ενδείξεις του μετρητή ή για να "ανοίξουν" και να "κλείσουν" την τροφοδοσία κάποιας ιδιοκτησίας. Οι έξυπνοι μετρητές βοηθούν επίσης στον περιορισμό της κλοπής του ρεύματος.

Στην [9] Ελλάδα, και παρά τις κατά καιρούς εξαγγελίες, δεν έχει προχωρήσει η εγκατάσταση μετρητών, λόγω κόστους. Για την ώρα έχουν γίνει μόνο τρία- τέσσερα πιλοτικά προγράμματα (π.χ. σε καταστήματα και κατοικίες στον Κορυδαλλό), διότι το κόστος αντικατάστασης των 7,5 εκατομμυρίων ηλεκτρομηχανολογικών μετρητών με ηλεκτρονικούς, μαζί με την εγκατάσταση ενός συστήματος σύνδεσής τους με ένα τηλεπικοινωνιακό κέντρο, κρίθηκε υπέρογκο για να το αναλάβει από μόνη της η ΔΕΗ. «Το κόστος αυτό έχει υπολογιστεί στα 700 εκατ. ευρώ - ή 100-120 ευρώ ανά μετρητή- και ανέκαθεν η ΔΕΗ εκτιμούσε ότι θα πρέπει να το μοιραστεί καταρχήν με την πολιτεία, διότι θα υπάρξουν μεγάλα οφέλη σε επίπεδο εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς επίσης με τους ιδιώτες ανταγωνιστές της», σημειώνει ο κ. Δημήτρης Λαθούρης, γενικός διευθυντής διανομής της επιχείρησης.

Ειδικά, η πολιτεία, με την τοποθέτηση έξυπνων μετρητών στον οικιακό τομέα, θα μπορέσει να εξοικονομήσει εκατομμύρια ευρώ, καθώς θα έχει τη δυνατότητα να γνωρίζει πότε γίνεται υψηλή κατανάλωση και κατά συνέπεια θα μπορεί να προχωρήσει σε διαφορετική τιμολόγηση ανά ώρα (σήμερα εκτός από το ημερήσιο, δεν υπάρχει παρά μόνο το νυχτερινό τιμολόγιο). Αξίζει να σημειωθεί ότι το 2008, ο κ. Πιέρο Γκνούντι, πρόεδρος της ιταλικής ENEL, είχε υποβάλει πρόταση στον τότε υπουργό Ανάπτυξης κ. Χρήστο Φώλια, εκφράζοντας το ενδιαφέρον της εταιρείας του να πουλήσει στη ΔΕΗ μετρητές και κέντρα τηλεμέτρησης. Το κόστος του προγράμματος είχε υπολογιστεί σε 1 δισ. ευρώ, ανεξαρτήτως της πηγής προέλευσης των ηλεκτρονικών μετρητών, αλλά εν συνεχεία "πάγωσε" για τους λόγους που προαναφέραμε.

Βέβαια,[9] η ΔΕΗ, έχει δίκιο όταν επικαλείται το μεγάλο κόστος ενός τόσο φιλόδοξου προγράμματος. Ένας έξυπνος μετρητής, κοστίζει όπως είπαμε ανάμεσα στα 100-120 ευρώ, αλλά η εγκατάστασή του μπορεί να απαιτήσει μερικές εκατοντάδες ευρώ ακόμη, αν λάβει κανείς υπόψη ότι θα πρέπει επίσης να τοποθετηθεί το λογισμικό και ένα ολόκληρο δίκτυο τηλεπικοινωνιών (τα στοιχεία μεταφέρονται με σήμα κινητής τηλεφωνίας). Επιπλέον, επειδή οι έξυπνοι μετρητές συλλέγουν τις καταγραφές της κατανάλωσης κάθε 15 λεπτά της ώρας -αντί για κάθε μήνα, όπως γίνεται σήμερα- οι εταιρείες ηλεκτρισμού θα χρειαστούν καινούργιο λογισμικό για να διαχειριστούν την πληθώρα των νέων δεδομένων.

Ωστόσο, η απόσβεση τέτοιων επενδύσεων είναι εφικτή. Για παράδειγμα, στην Ιταλία, η ENEL μπορεί να έχει ξοδέψει πάνω από 2 δισ. ευρώ για την εγκατάσταση 30 και πλέον εκατομμυρίων

έξυπνων μετρητών, ωστόσο σήμερα εξοικονομεί περί τα 500 εκ. ευρώ το χρόνο, και έτσι η επένδυσή της έχει βγάλει τα λεφτά της μέσα σε πέντε μόλις χρόνια.

Πάντως, το πρόβλημα του κόστους γίνεται ακόμη πιο κατανοητό αν αναλογιστεί κανείς τα ποσά που θα ξοδέψει η αμερικανική κυβέρνηση σε έξυπνα δίκτυα. Από το πακέτο τόνωσης της οικονομίας των ΗΠΑ, το οποίο ο πρόεδρος Ομπάμα είχε ανακοινώσει πριν από περίπου ένα χρόνο, σχεδόν 4 δισ. δολάρια θα δαπανηθούν σε παρόμοιες τεχνολογίες, χωρίς στα κεφάλαια αυτά να προσμετρώνται όσα δαπανήσουν οι ιδιωτικές επιχειρήσεις ηλεκτρισμού. Μόνο στην Καλιφόρνια, οι ιδιωτικές εταιρείες ηλεκτρικής ενέργειας θα ξοδέψουν 4,5 εκατ. δολάρια για την εγκατάσταση έξυπνων μετρητών τα επόμενα χρόνια. Μελέτες στις ΗΠΑ εκτιμούν ότι μια πανεθνική εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων θα κοστίσει περί τα 50 δισ. δολάρια, όταν ούτως ή άλλως απαιτείται η διοχέτευση περί των 450 δισ. δολαρίων σε βελτίωση των συμβατικών υποδομών, προκειμένου να καλυφθεί η αναμενόμενη ανάπτυξη των ΗΠΑ τα επόμενα χρόνια! Το ερώτημα, επομένως, που διατυπώνουν πολλοί αναλυτές είναι κατά πόσο αντέχει η οικονομία των ΗΠΑ να σηκώσει ένα τέτοιο κόστος εν μέσω της οικονομικής κρίσης ή αν πρόκειται απλώς για μία "πολυτέλεια"..

## 7. ΣΥΝΟΨΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα Πτυχιακή Εργασία αναλύθηκαν διάφορες μορφές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, συμβατικές και Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, οι οποίες έχουν μπει στην ζωή μας εδώ και αρκετά χρόνια, και παράλληλα οι τεχνολογίες τους έχουν εξελιχθεί σημαντικά, ως προς την λειτουργικότητα τους, όπως και την μείωση του κόστους κατασκευής τους συνεχώς με νέα υλικά. Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας μπορούν να καλύψουν ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς είναι και φιλικές προς το περιβάλλον.

Τα δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας δεν έχουν αλλάξει εδώ και αρκετά χρόνια, και στηρίζονται πάνω στο ίδιο μοτίβο. Σήμερα έρχονται νέες τεχνολογίες να δώσουν το πράσινο φως σε μια αποδοτικότερη και οικονομικότερη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, τεχνολογίες σαν και αυτές είναι λοιπώς αναφέραμε τα μικροδίκτυα τα οποία συνεργάζονται με τεχνολογίες DER, τα οποία μπορούν να είναι αυτόνομα, σε διάφορες τοποθεσίες χωρίς περιορισμό, αφού δεν χρειάζεται να είναι συνδεδεμένα στο κεντρικό δίκτυο, προσφέροντας έτσι καθαρή ηλεκτρική ενέργεια, απόδοση, και οικονομικά ωφέλη. Επίσης αναφέραμε τα έξυπνα δίκτυα, η νέα μορφή τεχνολογίας του μέλλοντος, τα οποία με συνδυασμό εξελιγμένων τεχνολογιών και την άμεση συνεργασία του διαδικτύου ή ασύρματα, μπορούν να προσφέρουν στον παραγωγό – πελάτη τον πλήρη έλεγχο την παραγόμενη και καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια. Ήδη σε αρκετές χώρες έχουν αρχίσει να εφαρμόζονται τα έξυπνα δίκτυα, βέβαια το κόστος είναι αρκετό για να εγκατασταθεί ένα τέτοιο δίκτυο σε μια πόλη ή χώρα, αλλά η οικονομική τους απόδοση σε σχέση με το κόστος είναι αρκετά μεγαλύτερη.

Με τα έξυπνα δίκτυα κάθε μορφή ενέργειας μπορεί να φτάνει στον καταναλωτή, αιολική, φωτοβολταϊκά, υδροηλεκτρική κ.λ.π. Με ένα απλό συμβατικό δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, οι διύσδειση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δεν είναι αποδοτική και για τον παραγωγό και για τον πελάτη, όπως και ο έλεγχός τους σε πραγματικό χρόνο.

Δυστυχώς στην Ελλάδα λόγω του μονοπόλιου, κάτι που επηρεάζει οικονομικά τους πελάτες, δεν έχει εφαρμοστεί η τεχνολογία του έξυπνου δικτύου, λόγω του μεγάλου κόστους. Αν υπήρχαν περισσότερες απο μία εταιρία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τότε η επίτευξη του σημαντικού αυτού έργου για την Ελλάδα θα γινόταν πραγματικότητα, με αποδόσεις πολύ σημαντικές στους καταναλωτές όσο και στην οικονομία η οποία πλείτεται αυτήν την στιγμή.





## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

- [1] «ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ» ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΤΕΙ ΚΑΒΑΛΑΣ. [http://iiu.teikav.edu.gr/iiv/courses/eksamino\\_04/ilisxios/BIOM\\_SYST\\_HL\\_EN/Theory/metafora01.pdf](http://iiu.teikav.edu.gr/iiv/courses/eksamino_04/ilisxios/BIOM_SYST_HL_EN/Theory/metafora01.pdf) . 20/12/11.
- [2] «ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ» ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΥΛΒΙΑΣ ΠΑΝΤΑΖΟΠΟΥΛΟΥ Ε.Μ.Π 2007. [artemis.cslab.ntua.gr/el\\_thesis/artemis.ntua.ece/.../DT2007-0137.doc](http://artemis.cslab.ntua.gr/el_thesis/artemis.ntua.ece/.../DT2007-0137.doc) . 02/10/11.
- [3] « ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ DER-CAM ΓΙΑ ΔΙΕΣΠΑΡΜΕΝΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΕ ΜΟΝΑΔΕΣ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΦΟΡΟΛΟΓΙΑΣ ΑΝΘΡΑΚΑ» Διπλωματική Εργασία Ευδοκίας Ν. Καφφέ Ε.Μ.Π. [artemis.cslab.ntua.gr/el\\_thesis/artemis.ntua.ece/.../DT2009-0051.doc](http://artemis.cslab.ntua.gr/el_thesis/artemis.ntua.ece/.../DT2009-0051.doc). 15/07/11.
- [4] « ΟΜΟΤΙΜΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ» του Μιγάλη Ψαλλίδα, [michael@psalidas.net](mailto:michael@psalidas.net). 20/12/11.
- [5] «Η επίδραση των συστημάτων διεσπαρμένης παραγωγής με τεχνολογίες συμπαραγωγής ηλεκτρισμού – θερμότητας και αποθήκευσης καθώς και της φορολογίας άνθρακα σε ένα μικροδίκτυο βάσει μοντέλου DER-CAM» Διπλωματική εργασία Σταμάτιος Δ. Κασμάς Ε.Μ.Π 2009. [artemis.cslab.ntua.gr/el\\_thesis/artemis.ntua.ece/.../DT2009-0148.pdf](http://artemis.cslab.ntua.gr/el_thesis/artemis.ntua.ece/.../DT2009-0148.pdf) 23/11/11.
- [6] « Πολιτικές αποκοπής φορτίου σε μικροδίκτυο με διείσδυση ΑΠΕ στα πλαίσια απελευθερωμένης αγοράς ενέργειας» Διπλωματική εργασία Αικατερίνη Η. Κωστακάκη Ε.Μ.Π 2010. [artemis.cslab.ntua.gr/el\\_thesis/artemis.ntua.ece/.../DT2010-0174.pdf](http://artemis.cslab.ntua.gr/el_thesis/artemis.ntua.ece/.../DT2010-0174.pdf) 07/09/11.
- [7] [http://en.wikipedia.org/wiki/Smart\\_grid](http://en.wikipedia.org/wiki/Smart_grid) 10/01/12.
- [8] <http://smartgridcity.xcelenergy.com/> 10/01/12.
- [9] <http://design-lab.gr/el/articles-about-design/energy-smart-grids-id96> 10/01/12.
- [10] [http://www.environ-develop.ntua.gr/uploads/k\\_7.pdf](http://www.environ-develop.ntua.gr/uploads/k_7.pdf) 10/01/12.
- [11] <http://sfrang.com/historia/selida626.htm> 10/01/12.
- [12] <http://www.indiacore.com/bulletin/kssidhu-non-conventional-energy-resources.pdf> 10/01/12.
- [13] <http://aix.meng.auth.gr/lhtee/education/IAxBE6.pdf> 10/01/12.
- [14] [http://library.tce.gr/digital/m2380/m2380\\_argirakis.pdf](http://library.tce.gr/digital/m2380/m2380_argirakis.pdf) 10/01/12.
- [15] <http://www.ashrae.gr/DIALYNAS.pdf> 10/01/12.

- [16] <http://www.go-for-green.gr/renewable-energy-sources/29-solar-power/62-pros-and-cons-of-solar-systems-21-10-2010>.
- [17] <http://www.go-for-green.gr/renewable-energy-sources/29-solar-power/62-pros-and-cons-of-solar-systems-21-10-2010>.
- [18] <http://www.ecogrid.gr/index.php/2010-10-26-19-40-38/2010-10-26-19-49-06.html?start=10>.
- [19] [http://www.buildings.gr/greek/aiforos/ananeosimes/wind\\_energy/eoliki.htm](http://www.buildings.gr/greek/aiforos/ananeosimes/wind_energy/eoliki.htm) 20/01/12.
- [20] [http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/3274/3/kanatsoulie\\_resapps.pdf](http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/3274/3/kanatsoulie_resapps.pdf) 20/01/12.
- [21] <http://blog.psalidas.net> 20/01/12.
- [22] [www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr) 20/01/12.

