

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΡΕΥΣΤΩΝ**  
**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΖΕΡΒΟΣ ΑΡΘΟΥΡΟΣ**



## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

# **ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΙΣ ΧΩΡΕΣ ΤΗΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ**

**ΞΕΝΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**



**ΑΘΗΝΑ**  
**ΙΟΥΛΙΟΣ 2009**

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ  
ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ  
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΙΣ ΧΩΡΕΣ ΤΗΣ  
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ

Ξενάκης Γεώργιος

Ιούλιος 2009



# ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

---

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου κύριο Ζερβό Α., καθηγητή του ΕΜΠ, για την ανάθεση της διπλωματική εργασίας και την ενθάρρυνσή του. Ακόμα, τους κυρίους Δρ. Κάραλη Γ. και Σαλιάγκα Α., επιστημονικούς συνεργάτες της σχολής μηχανολόγων μηχανικών του ΕΜΠ, και την κυρία Κολεντίνη Ε., υποψήφια διδάκτορα της σχολής ηλεκτρολόγων μηχανικών και μηχανικών υπολογιστών του ΕΜΠ, για την καθοδήγησή τους, τις πολύτιμες συμβουλές τους και το χρόνο που αφιέρωσαν κατά την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας. Τέλος, όλους τους κοντινούς μου ανθρώπους που με στήριξαν σε αυτή την προσπάθεια.



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ .....	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	10
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ .....	11
ABSTRACT .....	13
ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	14
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	15
1.1 Γεωγραφική Κάλυψη .....	15
1.2 Ιστορικά Στοιχεία .....	16
1.3 Ενεργειακές προκλήσεις .....	17
1.4 Ενιαίος Ενεργειακός Σχεδιασμός .....	17
1.5 Προοπτικές-Εμπόδια ΑΠΕ .....	21
2 ΑΙΓΥΠΤΟΣ .....	24
2.1 Γενικές Πληροφορίες .....	24
2.2 Παρούσα Ενεργειακή Κατάσταση .....	25
2.3 Δυναμικό ΑΠΕ .....	33
2.4 Παρούσα Κατάσταση ΑΠΕ .....	36
2.5 Δίκτυα-Διασυνδέσεις .....	38
2.6 Πολιτικές-Προοπτικές .....	40
3 ΙΟΡΔΑΝΙΑ .....	43
3.1 Γενικές Πληροφορίες .....	43
3.2 Παρούσα Ενεργειακή Κατάσταση .....	44
3.3 Δυναμικό ΑΠΕ .....	50
3.4 Παρούσα Κατάσταση ΑΠΕ .....	52
3.5 Δίκτυα-Διασυνδέσεις .....	53
3.6 Πολιτικές-Προοπτικές .....	55
4 ΙΣΡΑΗΛ .....	57
4.1 Γενικές Πληροφορίες .....	57
4.2 Παρούσα Ενεργειακή Κατάσταση .....	58
4.3 Δυναμικό ΑΠΕ .....	62
4.4 Παρούσα Κατάσταση ΑΠΕ .....	62
4.5 Δίκτυα-Διασυνδέσεις .....	64
4.6 Πολιτικές-Προοπτικές .....	65

5	ΛΙΒΑΝΟΣ .....	68
5.1	Γενικές Πληροφορίες .....	68
5.2	Παρούσα Ενεργειακή Κατάσταση .....	69
5.3	Δυναμικό ΑΠΕ .....	73
5.4	Παρούσα Κατάσταση ΑΠΕ .....	75
5.5	Δίκτυα-Διασυνδέσεις .....	76
5.6	Πολιτικές-Προοπτικές .....	78
6	ΣΥΡΙΑ .....	79
6.1	Γενικές Πληροφορίες .....	79
6.2	Παρούσα Ενεργειακή Κατάσταση .....	80
6.3	Δυναμικό ΑΠΕ .....	82
6.4	Παρούσα Κατάσταση ΑΠΕ .....	84
6.5	Δίκτυα-Διασυνδέσεις .....	84
6.6	Πολιτικές-Προοπτικές .....	85
7	ΤΟΥΡΚΙΑ .....	87
7.1	Γενικές Πληροφορίες .....	87
7.2	Παρούσα Ενεργειακή Κατάσταση .....	88
7.3	Δυναμικό ΑΠΕ .....	95
7.4	Παρούσα Κατάσταση ΑΠΕ .....	97
7.5	Δίκτυα-Διασυνδέσεις .....	100
7.6	Πολιτικές-Προοπτικές .....	101
8	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	105
8.1	Δημογραφικά Στοιχεία .....	105
8.2	Ενεργειακά Στοιχεία .....	107
8.3	Πολιτικές-Προοπτικές .....	114
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: ΤΕΧΝΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ .....		116
Ένταξη ΑΠΕ στο Ηλεκτρικό Σύστημα .....		116
Μηχανικό Ισοδύναμο Ηλεκτρικού Συστήματος .....		117
Διασπορά Αιολικών Πάρκων .....		119
Λειτουργία Αιολικών Πάρκων σε Αδύναμα Ηλεκτρικά Συστήματα .....		120
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....		122

# ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

---

Εικόνα 1.1-1 Πολιτικός χάρτης χωρών ανατολικής Μεσογείου [1].....	15
Εικόνα 1.1-2 Γεωφυσικός χάρτης χωρών ανατολικής Μεσογείου [2] .....	16
Εικόνα 1.4-1 Αραβικός αγωγός φυσικού αερίου [4] .....	18
Εικόνα 1.4-2 Μεσογειακός ηλεκτρικός βρόχος (MedRing) [3] .....	19
Εικόνα 1.4-3 Ενιαίο σχέδιο αξιοποίησης ΑΠΕ [6].....	20
Εικόνα 1.5-1 Χάρτης ηλιακού δυναμικού Μέσης Ανατολής [7].....	21
Εικόνα 1.5-2 Χάρτης αιολικού δυναμικού Μέσης Ανατολής [7].....	22
Εικόνα 2.1-1 Σημαία Αιγύπτου [1].....	24
Εικόνα 2.1-2 Έμβλημα Αιγύπτου [1].....	24
Εικόνα 2.1-3 Τοποθεσία Αιγύπτου [1] .....	24
Εικόνα 2.1-4 Γεωφυσικός χάρτης Αιγύπτου [2].....	25
Εικόνα 2.2-1 Δομή ηλεκτρικού συστήματος Αιγύπτου [8] .....	26
Εικόνα 2.2-2 Παραγωγή-κατανάλωση πετρελαίου στην Αίγυπτο [9].....	27
Εικόνα 2.2-3 Παραγωγή-κατανάλωση φυσικού αερίου στην Αίγυπτο [9].....	27
Εικόνα 2.2-4 Εγκατεστημένη ισχύς ανά πηγή ενέργειας ( <i>MW</i> ) [11].....	31
Εικόνα 2.2-5 Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος ανά πηγή ενέργειας ( <i>MW</i> ) [11] .....	31
Εικόνα 2.2-6 Μέση ωριαία κατανομή μέγιστου φορτίου [11] .....	32
Εικόνα 2.3-1 Χάρτες διάχυτης και άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας Αιγύπτου [3].....	33
Εικόνα 2.3-2 Αιολικός χάρτης ξηράς Αιγύπτου [12] .....	34
Εικόνα 2.3-3 Αιολικός χάρτης θάλασσας Αιγύπτου [12].....	34
Εικόνα 2.4-1 Αιολικό πάρκο Χουργκάντα [10].....	37
Εικόνα 2.4-2 Αιολικό πάρκο Ζαφαράνα [2].....	37
Εικόνα 2.4-3 Αιολικό πάρκο Ζαφαράνα [2].....	37
Εικόνα 2.4-4 Αιολικό πάρκο Ζαφαράνα [10].....	38
Εικόνα 2.4-5 Διαδρομές αποδημητικών πτηνών [10].....	38
Εικόνα 2.5-1 Χάρτης ηλεκτρικού δικτύου Αιγύπτου [8].....	39
Εικόνα 2.6-1 Εξέλιξη αιολικής ενέργειας στην Αίγυπτο [3].....	41
Εικόνα 3.1-1 Σημαία Ιορδανίας [1] .....	43
Εικόνα 3.1-2 Έμβλημα Ιορδανίας [1].....	43
Εικόνα 3.1-3 Τοποθεσία Ιορδανίας [1].....	43
Εικόνα 3.1-4 Γεωφυσικός χάρτης Ιορδανίας [2] .....	44
Εικόνα 3.2-1 Δομή ηλεκτρικού συστήματος Ιορδανίας [17].....	45
Εικόνα 3.2-2 Χάρτης σταθμών παραγωγής ενέργειας CEGCO [17] .....	49
Εικόνα 3.3-1 Τοποθεσία σταθμών μέτρησης ηλιακής ακτινοβολίας NERC [19].....	50
Εικόνα 3.3-2 Τοποθεσία σταθμών μέτρησης ταχυτήτων ανέμου NERC [19] .....	50
Εικόνα 3.3-3 Αιολικός χάρτης Ιορδανίας [21] .....	51
Εικόνα 3.4-1 Σταθμός ηλιακής αφαλάτωσης Άκαμπα [19].....	52
Εικόνα 3.4-2 Αιολικό πάρκο Χόφα [17].....	53
Εικόνα 3.4-3 Αιολικό πάρκο Χόφα [17].....	53
Εικόνα 3.4-4 Αιολικό πάρκο Ιμπραχίμια [17] .....	53
Εικόνα 3.4-5 Αιολικό πάρκο Ιμπραχίμια [17] .....	53
Εικόνα 3.5-1 Χάρτης ηλεκτρικού δικτύου Ιορδανίας [18].....	54
Εικόνα 4.1-1 Σημαία Ισραήλ [1].....	57
Εικόνα 4.1-2 Έμβλημα Ισραήλ [1] .....	57
Εικόνα 4.1-3 Τοποθεσία Ισραήλ [1] .....	57
Εικόνα 4.1-4 Γεωφυσικός χάρτης Ισραήλ [2].....	58
Εικόνα 4.2-1 Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος του Ισραήλ [23] .....	59



Εικόνα 4.2-2 Χάρτης σταθμών παραγωγής ενέργειας IEC [23].....	60
Εικόνα 4.4-1 Παραβολικός ηλιακός συλλέκτης NSEC [25] .....	63
Εικόνα 4.4-2 Αιολικό πάρκο υψίπεδα Γκολάν [2].....	63
Εικόνα 4.4-3 Αιολικό πάρκο υψίπεδα Γκολάν [2].....	64
Εικόνα 4.4-4 Αιολικό πάρκο υψίπεδα Γκολάν [2].....	64
Εικόνα 4.6-1 Προβλεπόμενη εξέλιξη συνολικής εγκατεστημένης ισχύος [23].....	65
Εικόνα 4.6-2 Υπό μελέτη ηλιακό πάρκο Zenith Solar [26].....	66
Εικόνα 5.1-1 Σημαία Λιβάνου [1] .....	68
Εικόνα 5.1-2 Έμβλημα Λιβάνου [1] .....	68
Εικόνα 5.1-3 Τοποθεσία Λιβάνου [1].....	68
Εικόνα 5.1-4 Γεωφυσικός χάρτης Λιβάνου [2] .....	69
Εικόνα 5.2-1 Εξέλιξη παραγόμενης ενέργειας στο Λίβανο ανά πηγή ενέργειας [27].	70
Εικόνα 5.2-2 Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα [28].....	70
Εικόνα 5.4-1 Περιοχές εφαρμογής σχεδίου AFD-ALMEE [30].....	75
Εικόνα 5.4-2 Ηλιακοί συλλέκτες ορφανοτροφείου περιοχής Khirbet Rouha [30].....	76
Εικόνα 5.5-1 Χάρτης ηλεκτρικού δικτύου Λιβάνου [7].....	77
Εικόνα 6.1-1 Σημαία Συρίας [1] .....	79
Εικόνα 6.1-2 Έμβλημα Συρίας [1].....	79
Εικόνα 6.1-3 Τοποθεσία Συρίας [1].....	79
Εικόνα 6.1-4 Γεωφυσικός χάρτης Συρίας [2] .....	80
Εικόνα 6.2-1 Παραγωγή-κατανάλωση πετρελαίου στη Συρία [31] .....	81
Εικόνα 6.3-1 Αιολικός χάρτης Συρίας [21] .....	83
Εικόνα 6.5-1 Χάρτης ηλεκτρικού δικτύου Συρίας [7].....	85
Εικόνα 7.1-1 Σημαία Τουρκίας [1] .....	87
Εικόνα 7.1-2 Έμβλημα Τουρκίας [1].....	87
Εικόνα 7.1-3 Τοποθεσία Τουρκίας [1] .....	87
Εικόνα 7.1-4 Γεωφυσικός χάρτης Τουρκίας [2].....	88
Εικόνα 7.2-1 Δομή ηλεκτρικού συστήματος Τουρκίας [4] .....	89
Εικόνα 7.2-2 Παραγωγή-κατανάλωση πετρελαίου στην Τουρκία [33].....	90
Εικόνα 7.2-3 Παραγωγή-κατανάλωση φυσικού αερίου στην Τουρκία [33] .....	90
Εικόνα 7.2-4 Αγωγοί μεταφοράς πετρελαίου & φυσικού αερίου στην Τουρκία [7]...	91
Εικόνα 7.2-5 Εξέλιξη παραγωγής άνθρακα [4] .....	92
Εικόνα 7.2-6 Εξέλιξη ρυθμού μεταβολής ζήτησης ηλεκτρισμού [4] .....	92
Εικόνα 7.2-7 Εξέλιξη συνολικής εγκατεστημένης ισχύος, παραγόμενης ενέργειας & κατανάλωσης στην Τουρκία [4] .....	94
Εικόνα 7.3-1 Χάρτης ηλιακής ακτινοβολίας Τουρκίας [7] .....	95
Εικόνα 7.3-2 Αιολικός χάρτης Τουρκίας [3] .....	96
Εικόνα 7.4-1 Αιολικό πάρκο Μπαντίρμα .....	98
Εικόνα 7.4-2 Αιολικό πάρκο Μπαντίρμα [2].....	99
Εικόνα 7.4-3 Αιολικό πάρκο Τσεσμέ [2].....	99
Εικόνα 7.5-1 Χάρτης ηλεκτρικού δικτύου Τουρκίας [7].....	100
Εικόνα 7.6-1 Εξέλιξη ποσοστιαίας συμβολής πηγών ενέργειας [4].....	101
Εικόνα 8.1-1 Πληθυσμός .....	105
Εικόνα 8.1-2 Έκταση .....	106
Εικόνα 8.1-3 Πυκνότητα πληθυσμού .....	106
Εικόνα 8.2-1 Ενεργειακά στοιχεία.....	107
Εικόνα 8.2-2 Μέση συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανά κάτοικο .....	108
Εικόνα 8.2-3 Μέσο μέγιστο φορτίο ανά κάτοικο .....	108
Εικόνα 8.2-4 Μέση κατανάλωση ανά κάτοικο.....	109
Εικόνα 8.2-5 Απώλειες δικτύου.....	110

Εικόνα 8.2-6 Αξιοπιστία συστήματος.....	110
Εικόνα 8.2-7 Συντελεστής φορτίου .....	111
Εικόνα 8.2-8 Εισαγωγές-εξαγωγές ηλεκτρικής ενέργειας (2005) .....	112
Εικόνα 8.2-9 Συναλλαγές ηλεκτρικής ενέργειας (2005) [3].....	112
Εικόνα 8.2-10 Διασυνδέσεις χωρών ανατολικής Μεσογείου .....	113

# ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

---

Πίνακας 2.2-1 Εγκατεστημένη ισχύς Αιγύπτου [10].....	28
Πίνακας 2.2-2 Παραγόμενη ενέργεια Αιγύπτου [10] .....	28
Πίνακας 2.2-3 Σταθμοί παραγωγής ενέργειας Αιγύπτου [11].....	29
Πίνακας 2.2-4 Σταθμοί παραγωγής ενέργειας Αιγύπτου (συνέχεια) [11].....	30
Πίνακας 2.2-5 Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα [11].....	32
Πίνακας 2.3-1 Μέσες ταχύτητες ανέμου σε ύψος 25m [3].....	35
Πίνακας 2.3-2 Πηγές βιομάζας [3] .....	35
Πίνακας 3.2-1 Βασικοί ενεργειακοί δείκτες Ιορδανίας [18].....	46
Πίνακας 3.2-2 Διαθέσιμη ισχύς ανά πηγή ενέργειας [18] .....	47
Πίνακας 3.2-3 Μέγιστο φορτίο συστήματος [18].....	47
Πίνακας 3.2-4 Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ανά σταθμό [18] .....	47
Πίνακας 3.2-5 Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα [18].....	47
Πίνακας 3.2-6 Σταθμοί παραγωγής ενέργειας CEGCO (MW) [17] .....	48
Πίνακας 3.6-1 Προβλέψεις ενεργειακής ζήτησης [18].....	55
Πίνακας 3.6-2 Μελλοντικά αιολικά πάρκα [22].....	56
Πίνακας 4.2-1 Βασικοί ενεργειακοί δείκτες Ισραήλ [23].....	60
Πίνακας 4.2-2 Χαρακτηριστικά σταθμών παραγωγής ενέργειας IEC [23].....	61
Πίνακας 4.2-3 Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα [23].....	62
Πίνακας 5.2-1 Θερμοηλεκτρικοί σταθμοί Λιβάνου [28].....	71
Πίνακας 5.2-2 Υδροηλεκτρικοί σταθμοί Λιβάνου [28].....	71
Πίνακας 5.2-3 Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ανά σταθμό (GWh) [28] .....	72
Πίνακας 5.2-4 Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ανά σταθμό (GWh) (συνέχεια) [28]	72
Πίνακας 5.3-1 Μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία [21], [27] .....	73
Πίνακας 5.3-2 Μέσες μηνιαίες ταχύτητες ανέμου (m/s) [21], [27] .....	74
Πίνακας 5.3-3 Μέσες μηνιαίες ταχύτητες ανέμου (m/s) (συνέχεια) [21], [27] .....	74
Πίνακας 6.2-1 Κυριότεροι θερμοηλεκτρικοί σταθμοί Συρίας [31] .....	82
Πίνακας 6.3-1 Μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία [21].....	82
Πίνακας 6.3-2 Μέσες ετήσιες ταχύτητες ανέμου σε ύψος 50m [21].....	83
Πίνακας 6.3-3 Πηγές γεωθερμίας [21] .....	84
Πίνακας 6.6-1 Μελλοντικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας [31].....	85
Πίνακας 7.2-1 Εγκατεστημένη ισχύς ανά πηγή ενέργειας (2008) [4] .....	93
Πίνακας 7.2-2 Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ανά πηγή (2007) .....	93
Πίνακας 7.2-3 Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα .....	94
Πίνακας 7.3-1 Συνολική ηλιακή ακτινοβολία & ηλιοφάνεια [3] .....	95
Πίνακας 7.4-1 Αιολικά πάρκα εν λειτουργία [14].....	98
Πίνακας 7.6-1 Στόχοι αξιοποίησης ΑΠΕ [3].....	102
Πίνακας 7.6-2 Μελλοντικά αιολικά πάρκα υπό κατασκευή [14].....	102
Πίνακας 7.6-3 Μελλοντικά αιολικά πάρκα υπό μελέτη [14].....	103
Πίνακας 8.1-1 Δημογραφικά στοιχεία .....	105
Πίνακας 8.2-1 Συναλλασσόμενη ηλεκτρική ενέργεια (2005) [3].....	112
Πίνακας 8.3-1 Στοιχεία ενεργειακής αγοράς.....	114
Πίνακας 8.3-2 Εθνικοί στόχοι αξιοποίησης αιολικής ενέργειας .....	115

# ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

---

ADEME: Agence Francaise de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie, Γαλλική Υπηρεσία Περιβάλλοντος και Εξοικονόμησης Ενέργειας  
AFD: Agence Francaise de Developpement, Γαλλική Υπηρεσία Ανάπτυξης  
ALMEE: Association Libanaise pour la Maitrise de l'Energie et l'Environnement, Λιβανέζικη Ένωση Εξοικονόμησης Ενέργειας και Περιβάλλοντος  
CEGCO: Central Electricity Generating Company, Κεντρικής Εταιρίας Παραγωγής Ηλεκτρισμού  
EDCO: Electric Distribution Company, Εταιρία Διανομής Ηλεκτρισμού  
EDL: Electricite du Liban, Ηλεκτρισμός του Λιβάνου  
EECH: Egyptian Electricity Holding Company, Εταιρία Ηλεκτρισμού της Αιγύπτου  
EIA: Energy Information Administration, Διεύθυνση Ενεργειακής Πληροφόρησης  
EIE: Electrical Power Resources Survey & Development, Διεύθυνση Έρευνας & Ανάπτυξης Πηγών Ηλεκτρικής Ενέργειας  
EMA: Egyptian Meteorology Authority, Μετεωρολογική Υπηρεσία της Αιγύπτου  
EMG: East Mediterranean Gas Company, Εταιρία Φυσικού Αερίου Ανατολικής Μεσογείου  
EMRA/EPDK: Energy Market Regulatory Authority, Ρυθμιστική Αρχή Ενεργειακής Αγοράς  
ERC: Energy Regulatory Commission, Ρυθμιστική Επιτροπή Ηλεκτρισμού της Ιορδανίας  
EU: European Union, Ευρωπαϊκή Ένωση  
EUAS: Turkish Electricity Generation Company, Τουρκική Εταιρία Παραγωγής Ηλεκτρισμού  
EWEA: European Wind Energy Association, Ευρωπαϊκός Σύλλογος Αιολικής Ενέργειας  
FFEM: Fonds Francais pour l'Environnement Mondial, Διεθνές Γαλλικό Μέτωπο για το Περιβάλλον  
GENI: Global Energy Network Institute, Παγκόσμιο Ινστιτούτο Ενεργειακού Δικτύου  
GMT: Greenwich Mean Time, Μέση Ώρα Γκρίνουιτς  
GNESD: Global Network on Energy for Sustainable Development, Παγκόσμιο Ενεργειακό Δίκτυο Βιώσιμης Ανάπτυξης  
GW: Giga Watt, γκιγκαβάτ  
GWEC: Global Wind Energy Council, Παγκόσμιο Συμβούλιο Αιολικής Ενέργειας  
GWh: kilo Watt hour, γκιγκαβατώρα  
IDECO: Irbid District Electricity Company, Εταιρία Ηλεκτρισμού της Περιοχής Ιρμπίντ  
IEC: Israel Electric Corp., Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού του Ισραήλ  
JEA: Jordan Electricity Authority, Αρχή Ηλεκτρισμού της Ιορδανίας  
JEPCO: Jordanian Electric Power Company, Εταιρία Ηλεκτρισμού της Ιορδανίας  
kW: kilo Watt, κιλοβάτ  
kWh: kilo Watt hour, κιλοβατώρα  
LSES: Lebanese Solar Energy Society, Λιβανέζικο Κέντρο Ηλιακής Ενέργειας  
MEDD: Ministere Francais de l'Ecologie et du Developpement Durable, Υπουργείο Οικολογίας και Ανάπτυξης της Γαλλίας  
MEDENER: Mediterranean Association of National Agencies for Energy Conservation, Μεσογειακή Ένωση των Εθνικών Αρχών για Διατήρηση της Ενέργειας

MENAREC: Middle East-North Africa Renewable Conference, Συνέδρια ΑΠΕ  
Μέσης Ανατολής και Βόρειας Αφρικής  
MENR: Ministry of Energy & Natural Resources, Υπουργείο Ενέργειας και Φυσικών  
Πόρων  
MOEE: Ministry of Electricity and Energy, Υπουργείο Ηλεκτρισμού και Ενέργειας  
MoP: Directorate of Petroleum, Πετρελαϊκή Διεύθυνση  
MW: Mega Watt, μεγαβάτ  
MWh: mega Watt hour, μεγαβατώρα  
NEPCO: National Electric Power Company, Εθνική Εταιρία Ηλεκτρισμού  
NERC: National Energy Research Center (Jordan), Εθνικό Ενεργειακό Κέντρο  
Ερευνών (Ιορδανία)  
NERC: National Energy Research Center (Syria), Εθνικό Ενεργειακό Κέντρο  
Ερευνών (Συρία)  
NRA: Jordanian Natural Resources Authority, Ιορδανική Αρχή Φυσικών Πόρων  
NREA: New & Renewable Energy Authority, Αρχή Νέων και Ανανεώσιμων Πηγών  
Ενέργειας  
NSEC: National Solar Energy Center, Εθνικό Κέντρο Ηλιακής Ενέργειας  
OME: Observatoire Mediterranéen de l'Énergie, Παρατηρητήριο Ενέργειας της  
Μεσογείου  
PEDEEE: Public Establishment for Distribution and Exploitation of Electrical  
Energy, Δημόσια Επιχείρηση Διανομής και Εκμετάλλευσης Ηλεκτρικής Ενέργειας  
PEEGT: Public Establishment for Electricity Generation and Transmission, Δημόσια  
Επιχείρηση Παραγωγής και Μεταφοράς Ηλεκτρισμού  
RES: Renewable Energy Sources, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας  
TEAS: Turkish Electricity & Transmission Company, Τουρκική Εταιρία Μετάδοσης  
Ηλεκτρισμού  
TEDAS: Turkish Electricity & Distribution Corporation, Τουρκική Επιχείρηση  
Διανομής Ηλεκτρισμού  
TEIAS: Turkish Electricity Transmission Company, Τουρκική Εταιρία Μετάδοσης  
Ηλεκτρισμού  
TEK: Turkish Electricity Authority, Τουρκική Αρχή Ηλεκτρισμού  
TETAS: Turkish Electricity Trading & Contracting Company, Τουρκική Εμπορική  
Εταιρία Ηλεκτρισμού  
toe: ton oil equivalent, ισοδύναμοι τόνοι πετρελαίου  
W: Watt, βατ  
ΑΕΠ: Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν  
ΑΠΕ: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

# ABSTRACT

---

In the coming years, eastern Mediterranean countries (Egypt, Jordan, Israel, Lebanon, Syria, Turkey) need to meet growing energy requirements, which are closely linked to their economic and social development. The endowments and the exploitation of conventional energy sources may differ between countries, but they all face great dependence from them, while at the same moment the resources are gradually being exhausted. Hence, it's essential to develop an energy plan in order to ensure sustainable development in the region, and in this context renewable energy sources (RES) can play a determinative and important role.

In the eastern Mediterranean region the RES potential is rich and abundant, making possible their exploitation for large scale energy production. However, the use of RES is currently hindered by a lot of factors, such as high dependence from conventional energy sources, lack of institutional and regulatory frameworks, deficiency of financial resources and investors, and lack of awareness of the energy and environmental benefits.

In general, the development of a multilateral energy plan for the countries studied in the thesis probably structures the most effective way in order to obtain sustainable development in the region. Common policies and international collaboration can benefit both energy and financial saving, and exploitation of RES, with proper apportionment of jurisdictions.

The purpose of the thesis is to research the energy status of the eastern Mediterranean countries, at present and in the future. Specifically, it depicts the present energy status, the potential of RES and their present status, the networks and interconnections, and the policies and perspectives of each country. In conclusion, all the presented elements are summarized and analyzed, while technical issues are also presented.

# ΠΡΟΛΟΓΟΣ

---

Οι χώρες της ανατολικής Μεσογείου (Αίγυπτος, Ιορδανία, Ισραήλ, Λίβανος, Συρία, Τουρκία) καλούνται τα προσεχή χρόνια να ικανοποιήσουν την αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας, που είναι άμεσα συνδεδεμένη με την οικονομική και κοινωνική τους ανάπτυξη. Τα αποθέματα και η εκμετάλλευση συμβατικών πηγών ενέργειας διαφέρουν σε κάθε χώρα, ωστόσο κοινός παράγοντας είναι ο μεγάλος βαθμός εξάρτησης από αυτές και η σταδιακή εξάντλησή τους. Επομένως, είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός ενεργειακού πλάνου για την εξασφάλιση σταθερών και βιώσιμων ρυθμών ανάπτυξης στην περιοχή, με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) να μπορούν να έχουν καθοριστικό ρόλο σε αυτήν την κατεύθυνση.

Στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου το δυναμικό των ΑΠΕ είναι πλούσιο και άφθονο, καθιστώντας έτσι δυνατή την αξιοποίησή τους για παραγωγή ενέργειας σε μεγάλη κλίμακα. Ωστόσο, η εκμετάλλευσή τους περιορίζεται από πολλούς παράγοντες, μεταξύ των οποίων η μεγάλη εξάρτηση από συμβατικές πηγές ενέργειας, η απουσία κατάλληλων θεσμικών πλαισίων, η έλλειψη οικονομικών πόρων και επενδυτών, καθώς και η άγνοια των ενεργειακών και περιβαλλοντικών οφελών.

Γενικότερα, η δημιουργία ενός συνδυασμένου ενεργειακού πλάνου σε μακροσκοπικό επίπεδο για τις υπό μελέτη χώρες, αποτελεί ίσως τον πιο αποτελεσματικό τρόπο ανάπτυξης της περιοχής. Η ύπαρξη κοινών πολιτικών και οι διεθνείς συνεργασίες ευνοούν την εξοικονόμηση ενέργειας και οικονομικών πόρων, και την αξιοποίηση των ΑΠΕ, με κατάλληλο καταμερισμό αρμοδιοτήτων.

Ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της ενεργειακής κατάστασης των χωρών της ανατολικής Μεσογείου, στο παρόν και στο μέλλον. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζεται η παρούσα ενεργειακή κατάσταση, το δυναμικό και η παρούσα κατάσταση των ΑΠΕ, τα δίκτυα και οι διασυνδέσεις καθώς και οι πολιτικές και οι προοπτικές της κάθε χώρας. Τέλος, συνοψίζονται και αναλύονται τα διαθέσιμα στοιχεία, ενώ παρουσιάζονται κάποια τεχνικά ζητήματα.

# 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Γεωγραφική Κάλυψη

Οι υπό μελέτη χώρες είναι η Αίγυπτος, η Ιορδανία, το Ισραήλ, ο Λίβανος, η Συρία και η Τουρκία. Οι 6 αυτές χώρες, βρίσκονται στις ανατολικές ακτές της Μεσογείου, και ενώνουν εδαφικά την Ευρώπη, την Αφρική και την Ασία, έχοντας έτσι από κάθε άποψη στρατηγική θέση. Η Κύπρος εξαιρέθηκε από τη μελέτη, διότι είναι πλήρως απομονωμένη, και η διασύνδεσή της με κάποια ηπειρωτική χώρα είναι πρακτικά ανέφικτη. Ο πολιτικός και ο γεωφυσικός χάρτης της περιοχής παρουσιάζονται στα ακόλουθα σχήματα.

Εικόνα 1.1-1 Πολιτικός χάρτης χωρών ανατολικής Μεσογείου [1]





Εικόνα 1.1-2 Γεωφυσικός χάρτης χωρών ανατολικής Μεσογείου [2]



## 1.2 Ιστορικά Στοιχεία

Η περιοχή της ανατολικής Μεσογείου είναι από τις αρχαιότερες του ανθρώπινου πολιτισμού, με ιστορία πολλών αιώνων. Χαρακτηριστικό της είναι η διαχρονική αστάθεια και ρευστότητα των πολιτικών και κοινωνικών συνθηκών, με πολλά διαφορετικά κράτη και έθνη να διεκδικούν συμφέροντα στην περιοχή. Τα περισσότερα κράτη συστάθηκαν στην παρούσα μορφή μετά τους παγκόσμιους πολέμους του 20<sup>ου</sup> αιώνα, με αρκετές αλλαγές συνόρων να είναι αποτέλεσμα μεταγενέστερων πολέμων, ενώ μέχρι και τη σημερινή εποχή υπάρχουν διαφωνίες για εδαφικά ζητήματα. Άλλωστε πολλές συνοριακές γραμμές δεν είναι καθορισμένες από φυσικά στοιχεία, αλλά είναι ευθείες γραμμές, γεγονός που οφείλεται περισσότερο σε πολιτικές αποφάσεις, και λιγότερο στις ερημικές εκτάσεις. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια υπάρχει πολιτική σταθερότητα στην περιοχή, με τις αναταράξεις να είναι περιορισμένες σε σχέση με προηγούμενες δεκαετίες.

### 1.3 Ενεργειακές προκλήσεις

Οι χώρες της ανατολικής Μεσογείου δεν είναι όλες στον ίδιο βαθμό προικισμένες με ενεργειακές πηγές, παρόλο που γειτνιάζουν και βρέχονται από την ίδια θάλασσα. Τα κοιτάσματα καυσίμων και οι τρόποι παραγωγή ενέργειας ποικίλουν ανά χώρα, με κάποιες χώρες να είναι αυτάρκειες, και άλλες εξαρτημένες σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό. Το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο θεωρεί τις υπό μελέτη χώρες αναπτυσσόμενες (με εξαίρεση το Ισραήλ) και παρά τις επιμέρους διαφορές, τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν είναι κοινά [3].

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται υψηλή δημογραφική αύξηση, που σε συνδυασμό με τα σχετικά χαμηλά εισοδήματα και τη μεγάλη αστικοποίηση, δημιουργούν οικονομικές και κοινωνικές ανάγκες. Αυτό πρακτικά σημαίνει υψηλό ρυθμό ζήτησης ενέργειας και ανάγκη δημιουργίας κατάλληλων υποδομών. Οι κυριότερες προκλήσεις που καλούνται να αντιμετωπίσουν είναι οι εξής [3]:

- Σταδιακή εξάντληση αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων.
- Εύρεση οικονομικών πόρων για επενδύσεις στον ενεργειακό τομέα.
- Κατασκευή εγχώριων και διεθνών διασυνδέσεων.
- Επίτευξη σταθερής και βιώσιμης ανάπτυξης.

Στις υπό μελέτη χώρες υπάρχουν οι προϋποθέσεις για να ανταπεξέλθουν στις ενεργειακές ανάγκες και προκλήσεις. Για τη βελτίωση της ενεργειακής χρήσης και επάρκειας, χρειάζεται να δημιουργηθούν πιο αξιόπιστα συστήματα και να γίνεται καλύτερη χρήση της ενέργειας ώστε να εξοικονομούνται οι περιορισμένες πηγές ενέργειας. Καθοριστικό ρόλο μπορούν να έχουν και οι ΑΠΕ, που παρά την ύπαρξη πλούσιου δυναμικού στην περιοχή παραμένουν σχετικά ανεκμετάλλευτες [3].

### 1.4 Ενιαίος Ενεργειακός Σχεδιασμός

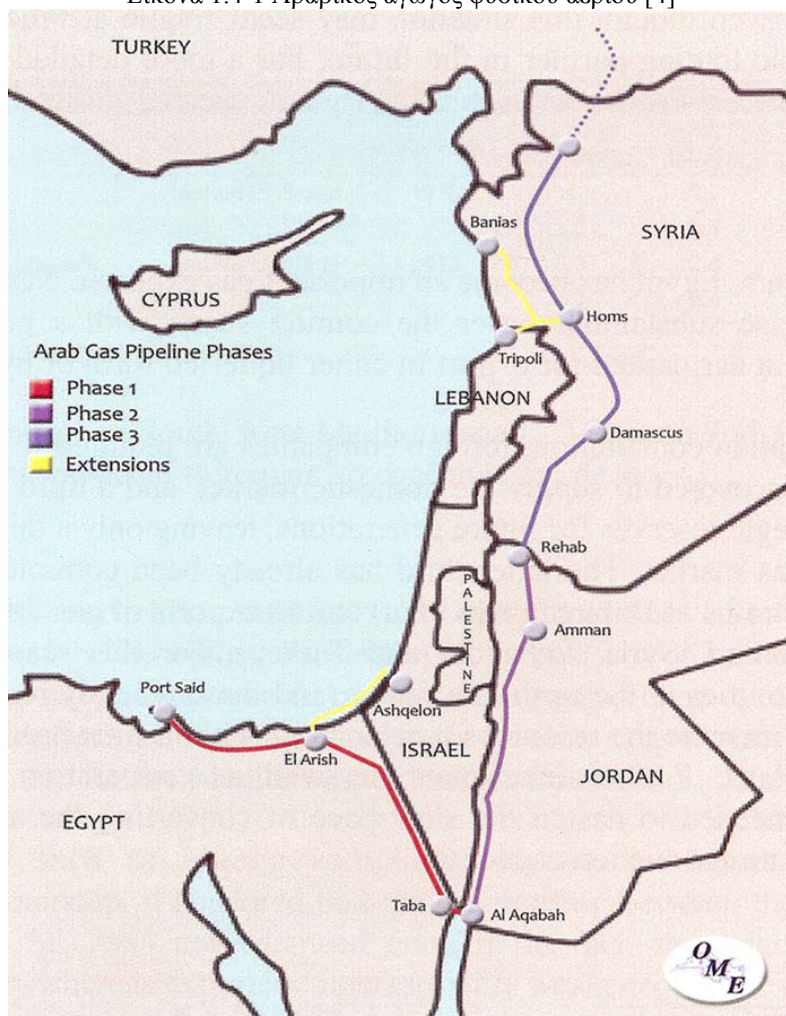
Για την αντιμετώπιση των προκλήσεων στον ενεργειακό τομέα, είναι καίριας σημασίας η ύπαρξη κοινών πολιτικών και διεθνών συνεργασιών. Η δημιουργία μιας ενιαίας ενεργειακής αγοράς στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου ευνοεί την σταθερή ανάπτυξη του ενεργειακού τομέα και της οικονομίας όλων των χωρών. Σε αυτό το πλαίσιο θα είναι εφικτός ο κοινός ενεργειακός σχεδιασμός, καθώς και οι συναλλαγές καυσίμων και ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον ενισχύεται η αξιοπιστία των επιμέρους συστημάτων, αφού συνδυάζονται πολλές διαφορετικές πηγές ενέργειας και είναι εφικτή η μείωση της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος, αφού το πλεόνασμα ενός υποσυστήματος μπορεί να καταναλωθεί από κάποιο άλλο [3].

Οι υπό μελέτη χώρες αποτελούν ένα σημαντικό τμήμα της Μεσογείου, για την οποία αναπτύσσονται ενιαία ενεργειακά πλάνα που περιλαμβάνουν αγωγούς καυσίμων και διασυνδέσεις ηλεκτρικών δικτύων. Ωστόσο, στις υπόλοιπες Μεσογειακές χώρες έχουν γίνει πολύ περισσότερα βήματα στο πλαίσιο των διεθνών συνεργασιών, λόγω της μεγαλύτερης ανάπτυξης και των καλύτερων υποδομών.

Υπάρχουν πολλοί οργανισμοί και ενώσεις που εργάζονται για τη μελέτη και την υλοποίηση ενός ενιαίου ενεργειακού πλάνου στη Μεσόγειο όπως το Παρατηρητήριο Ενέργειας της Μεσογείου (Observatoire Mediterranéen de l'Énergie – OME), τα Συνέδρια ΑΠΕ Μέσης Ανατολής και Βόρειας Αφρικής (Middle East-North Africa Renewable Conference – MENAREC) και η Μεσογειακή Ένωση των Εθνικών Αρχών για Διατήρηση της Ενέργειας (Mediterranean Association of National Agencies for Energy Conservation – MEDENER).

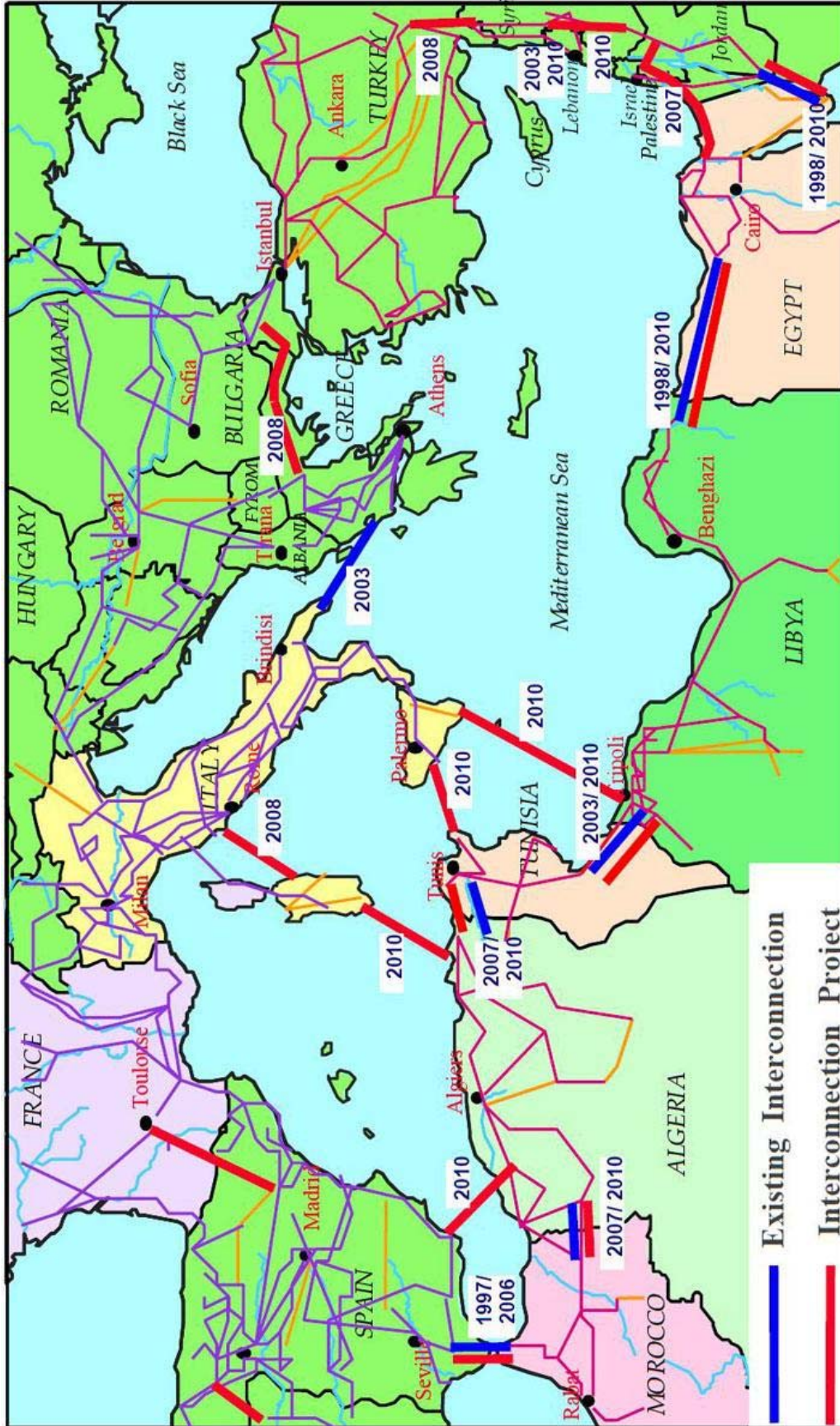
Στα πλαίσια των διεθνών συνεργασιών στην ανατολική Μεσόγειο, ένα σημαντικό έργο μεγάλης κλίμακας είναι ο Αραβικός Αγωγός Φυσικού Αερίου (Arab Gas Pipeline). Η συμφωνία κατασκευής του υπογράφηκε το 2001 από την Αίγυπτο, την Ιορδανία, το Λίβανο και τη Συρία, με σκοπό την παροχή φυσικού αερίου από την Αίγυπτο στις υπόλοιπες χώρες. Το σχέδιο περιελάμβανε και κάποιες μικρότερες προεκτάσεις του αγωγού, ενώ μακροπρόθεσμα υπάρχει σκοπός να φτάσει μέχρι την Τουρκία, και από εκεί να συνδεθεί με το δίκτυο σωληνώσεων φυσικού αερίου της Ευρώπης [4].

Εικόνα 1.4-1 Αραβικός αγωγός φυσικού αερίου [4]



Ένα από τα πιο σημαντικά ενεργειακά σχέδια στη Μεσόγειο είναι η δημιουργία του Μεσογειακού Ηλεκτρικού Βρόχου (Mediterranean Electrical Loop-Ring – MedRing) που παρουσιάζεται στον ακόλουθο χάρτη. Το σχέδιο αυτό περιλαμβάνει τη διασύνδεση όλων των γειτονικών εθνικών ηλεκτρικών δικτύων των Μεσογειακών χωρών, ώστε να δημιουργηθεί ένα ενιαίο υπερ-δίκτυο περιμετρικά της Μεσογείου. Η μεγαλύτερη πρόκληση είναι η διασύνδεση των ανεπτυγμένων δικτύων της νότιας Ευρώπης με τα αντίστοιχα της βόρειας Αφρικής και της ανατολικής Μεσογείου, όπου μεταξύ τους υπάρχει ‘ενεργειακή ασυμμετρία’. Οι δυσκολίες προκύπτουν από τις υποθαλάσσιες ενδιάμεσες γραμμές, και από την έλλειψη υποδομών και τα αδύναμα δίκτυα των υπό μελέτη χωρών. Ουσιαστικά, η υπό μελέτη περιοχή αποτελεί τον ‘αδύναμο κρίκο’ για την ολοκλήρωση του MedRing, και το τελευταίο τμήμα πριν την ολοκλήρωσή του [3], [5].

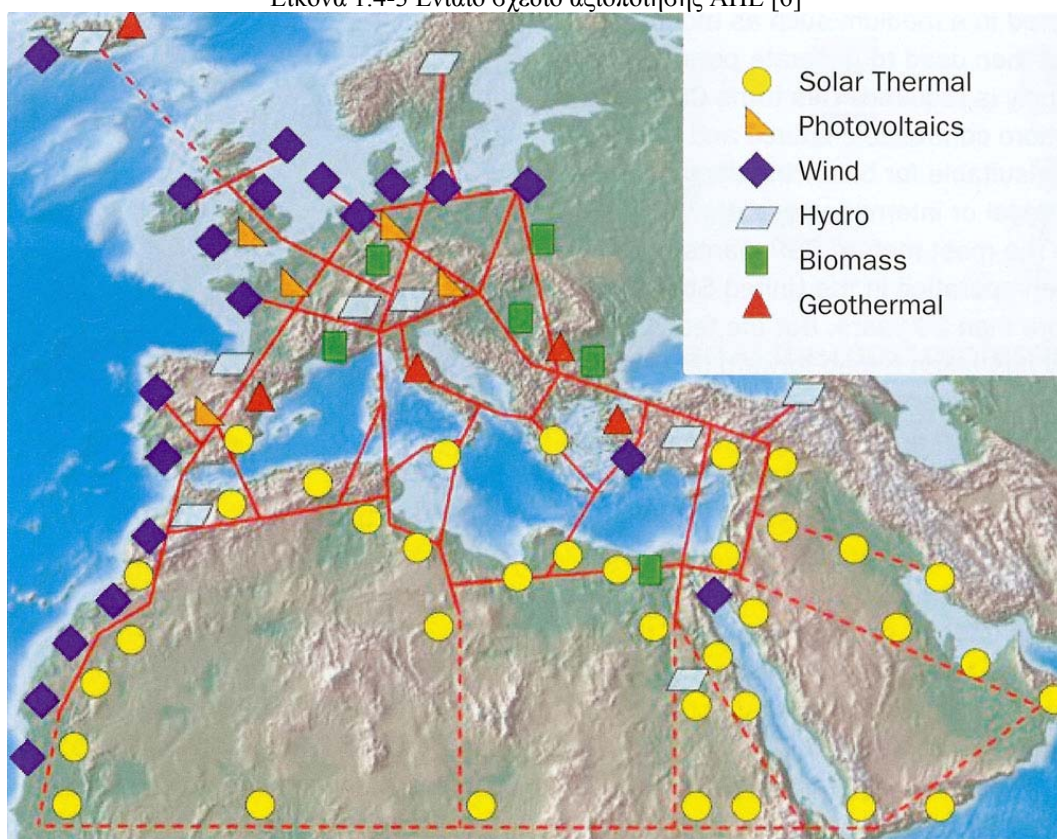
Εικόνα 1.4-2 Μεσογειακός ηλεκτρικός βρόχος (MedRing) [3]



Παράλληλα με το MedRing, αναπτύσσονται και σχέδια εκμετάλλευσης των ΑΠΕ με διεθνείς συνεργασίες. Ένα από αυτά είναι το Μεσογειακό Ηλιακό Σχέδιο (Mediterranean Solar Plan), που περιλαμβάνει κατασκευή θερμικών ηλιακών σταθμών στις ερημικές περιοχές της βόρειας Αφρικής. Εκτιμάται ότι μπορούν να εγκατασταθούν έως και 20000MW μέχρι το 2020. Το σκεπτικό είναι η παραγωγή ενέργειας σε ανεκμετάλλευτες περιοχές με πλούσιο ηλιακό δυναμικό, με την ενέργεια να διοχετεύεται στις χώρες εγκατάστασης αλλά και στην Ευρωπαϊκή αγορά [6].

Γενικότερα, με την δημιουργία μιας ενιαίας ηλεκτρικής αγοράς στη Μεσόγειο, από κάθε περιοχή θα αξιοποιείται το τοπικό δυναμικό ΑΠΕ που είναι τεχνικά και οικονομικά εκμεταλλεύσιμο. Στον ακόλουθο χάρτη αποτυπώνεται αυτό το σκεπτικό για την Ευρώπη, τη βόρεια Αφρική και τη Μέση Ανατολή.

Εικόνα 1.4-3 Ενιαίο σχέδιο αξιοποίησης ΑΠΕ [6]



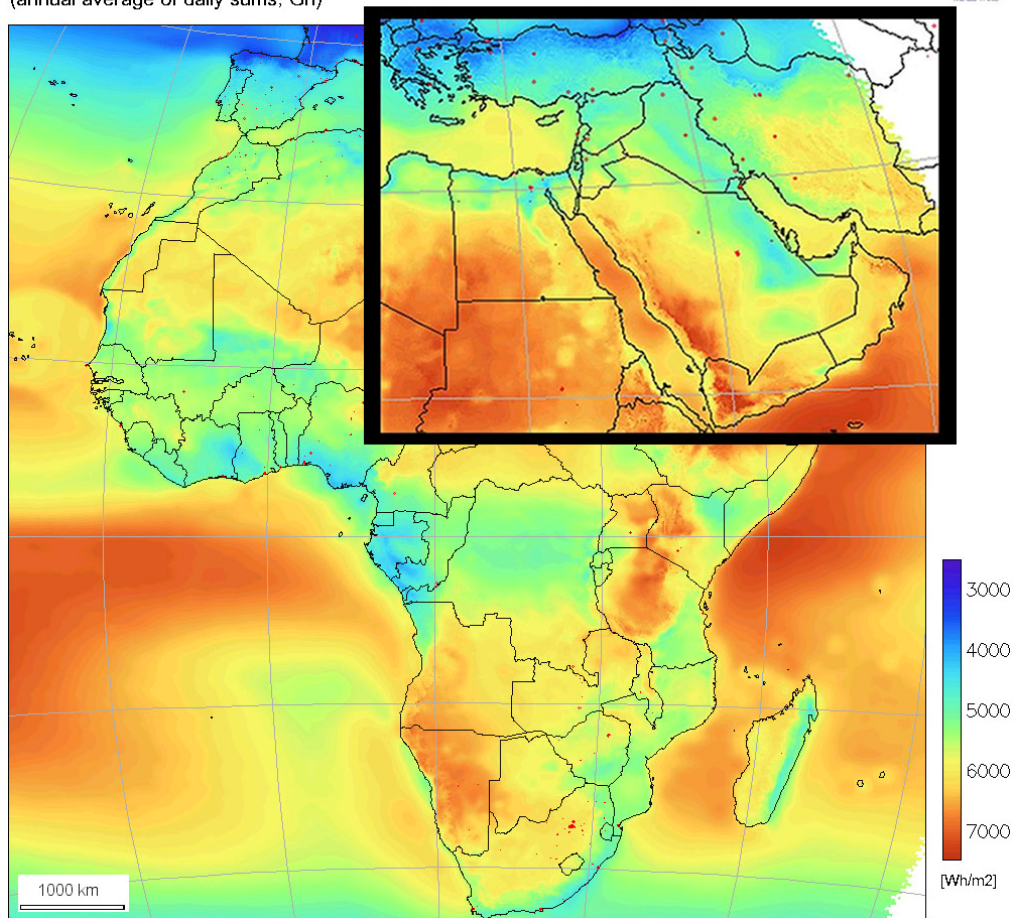
Σε μακροσκοπική κλίμακα, στην περιοχή της ανατολικής μεσογείου προτείνεται κυρίως η εγκατάσταση θερμικών ηλιακών σταθμών, αιολικών και υδροηλεκτρικών σταθμών στην Αίγυπτο και στην Τουρκία, αλλά και κάποιων σταθμών αξιοποίησης γεωθερμίας και βιομάζας. Ωστόσο, τοπικά υπάρχουν δυνατότητες κατασκευής και περισσότερων σταθμών αξιοποίησης ΑΠΕ.

## 1.5 Προοπτικές-Εμπόδια ΑΠΕ

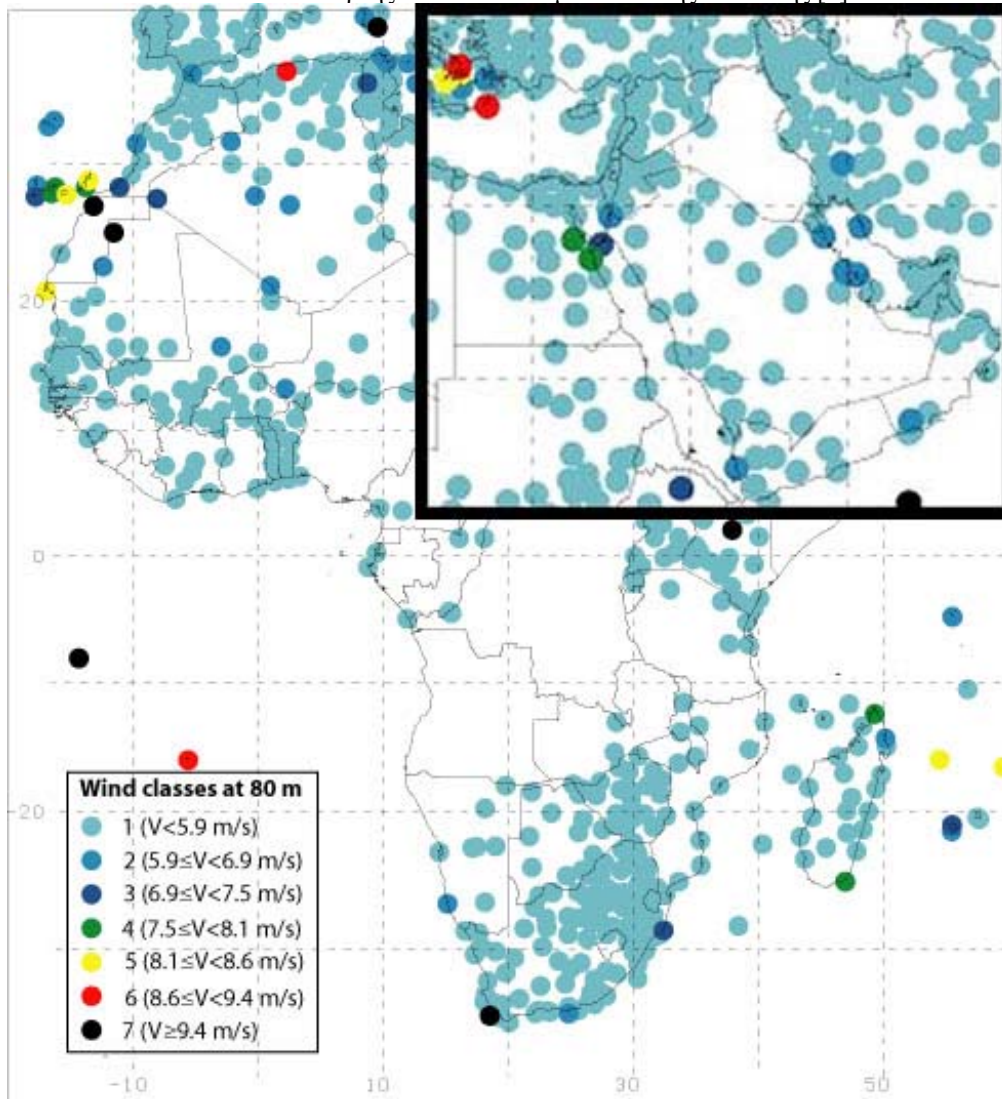
Στην παρούσα φάση, στις χώρες της ανατολικής Μεσογείου τη μεγαλύτερη συνεισφορά στην παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ έχει η υδροηλεκτρική ενέργεια, για την οποία όμως δεν υπάρχουν πολλά περιθώρια περαιτέρω εκμετάλλευσης. Οι ΑΠΕ που έχουν προοπτικές ανάπτυξης και αξιοποίησης σε μεγάλη κλίμακα είναι, κατά κύριο λόγο, η αιολική και η ηλιακή ενέργεια. Η εκμετάλλευσή τους είναι ελάχιστη σε σχέση με τις δυνατότητες που υπάρχουν στην περιοχή, και που αποτυπώνονται στους ακόλουθους χάρτες σε μακροσκοπικό επίπεδο [6].

Εικόνα 1.5-1 Χάρτης ηλιακού δυναμικού Μέσης Ανατολής [7]

Global horizontal irradiation (1985-2004)  
(annual average of daily sums, Gh)



Εικόνα 1.5-2 Χάρτης αιολικού δυναμικού Μέσης Ανατολής [7]



Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την αξιοποίηση των ΑΠΕ για παραγωγή ενέργειας είναι γνωστά, και ό,τι ισχύει και στις υπόλοιπες περιπτώσεις, ισχύει και στις υπό μελέτη χώρες. Επιγραμματικά, αναφέρονται τα ακόλουθα [3]:

- Οι ΑΠΕ προσφέρουν νέες λύσεις στις ενεργειακές ανάγκες.
- Τα πλεονεκτήματα των ΑΠΕ εκτείνονται πέρα από την παραγωγή ενέργειας.
- Οι ΑΠΕ συμβάλουν στην αύξηση των διαθέσιμων ενεργειακών πηγών.
- Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ΑΠΕ είναι ηπιότερες σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.
- Οι ΑΠΕ δημιουργούν προϋποθέσεις σταθερής και βιώσιμης ανάπτυξης.

Ωστόσο, όπως προαναφέρθηκε, οι χώρες της ανατολικής Μεσογείου αντιμετωπίζουν αρκετά προβλήματα και η ανάπτυξή τους μέχρι την παρούσα εποχή είναι περιορισμένη σε σχέση με τις ανεπτυγμένες χώρες. Επομένως, παρά τα οφέλη, προκύπτουν κάποια εμπόδια στην αξιοποίηση των ΑΠΕ, που αναφορικά είναι [3]:

- Ύπαρξη τεχνικών εμποδίων.
- Απουσία κατάλληλων θεσμών και νόμων.
- Έλλειψη οικονομικών πόρων και επενδύτων.
- Άγνοια των πλεονεκτημάτων των ΑΠΕ.
- Απουσία μεγάλων εταιριών ενασχόλησης με ΑΠΕ και ανθρώπων με κατάλληλη τεχνογνωσία.

Τα παραπάνω στοιχεία είναι γενικής φύσεως, και ισχύουν σε όλη την περιοχή με περιορισμένες διαφοροποιήσεις ανά περίπτωση. Στα επόμενα κεφάλαια παρουσιάζονται αναλυτικά στοιχεία για κάθε χώρα, όπου επισημαίνονται και οι ειδικές συνθήκες που επικρατούν.



## 2 ΑΙΓΥΠΤΟΣ

---

### 2.1 Γενικές Πληροφορίες

Επίσημη ονομασία: Αραβική Δημοκρατία της Αιγύπτου

Γλώσσα: Αραβικά

Πρωτεύουσα: Κάιρο

Πληθυσμός: 75500662 κάτοικοι (2008)

Έκταση: 1002450 km<sup>2</sup>

Πυκνότητα: 75 κάτοικοι/km<sup>2</sup>

Εικόνα 2.1-1 Σημαία Αιγύπτου [1]



Εικόνα 2.1-2 Έμβλημα Αιγύπτου [1]



Εικόνα 2.1-3 Τοποθεσία Αιγύπτου [1]



Εικόνα 2.1-4 Γεωφυσικός χάρτης Αιγύπτου [2]



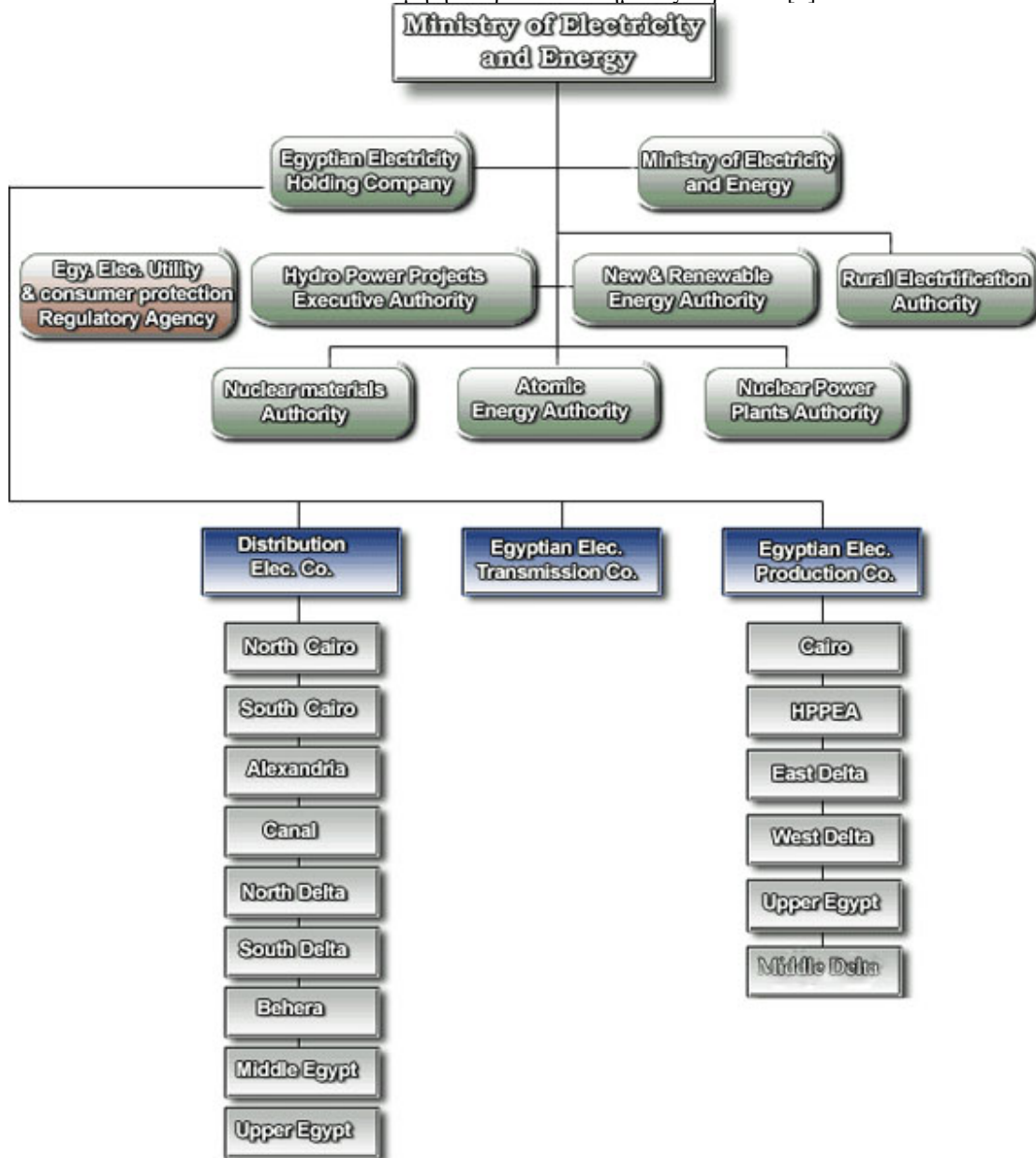
## 2.2 Παρούσα Ενεργειακή Κατάσταση

Η στρατηγική θέση και το μέγεθος της Αιγύπτου καταδεικνύουν τη σπουδαιότητα του ενεργειακού τομέα στην οικονομία και την ανάπτυξή της. Η χώρα είναι προικισμένη με σημαντικά κοιτάσματα πετρελαίου και φυσικού αερίου, τα οποία εξάγει στο εξωτερικό. Ωστόσο, εξαιτίας της διαρκής αύξησης της ζήτησης της ενέργειας, ειδικά του ηλεκτρικού ρεύματος, γίνονται προβλέψεις ότι σε λίγα χρόνια θα απαιτούνται εισαγωγές καυσίμων για την κάλυψη των αναγκών της χώρας [3].

Την ευθύνη των ενεργειακών ζητημάτων έχει το Υπουργείο Ηλεκτρισμού και Ενέργειας (Ministry of Electricity and Energy – MOEE). Υπό την εξουσία του MOEE λειτουργεί η Εταιρία Ηλεκτρισμού της Αιγύπτου (Egyptian Electricity Holding Company – EEHC), που είναι υπεύθυνη για την παραγωγή, τη μετάδοση και τη διανομή ηλεκτρικού ρεύματος, και η Αρχή Νέων και Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (New & Renewable Energy Authority – NREA), που από το 1986 που ιδρύθηκε είναι υπεύθυνη για την έρευνα και την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

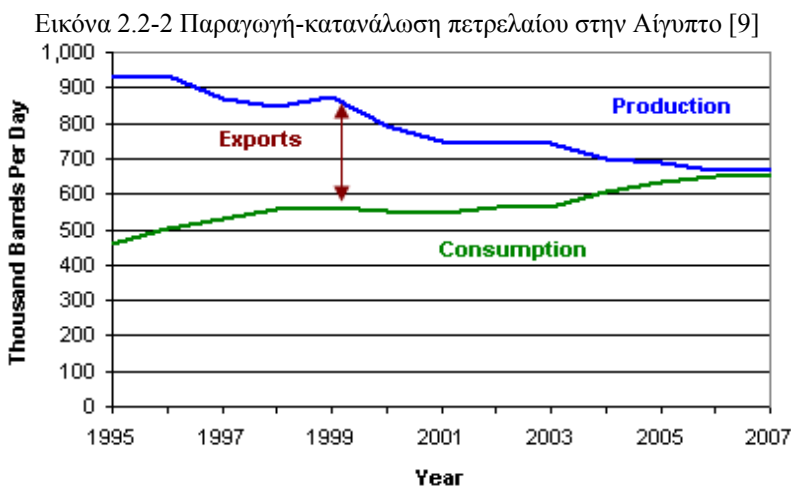
Από το 1893 μέχρι το 1961, η παραγωγή και διανομή ηλεκτρικού ρεύματος πραγματοποιούνταν από ιδιωτικές εταιρίες. Από το 1962 μέχρι και σήμερα, το κράτος έχει αναλάβει τη διαχείριση του ενεργειακού τομέα. Μετά από διάφορες αλλαγές, η σημερινή δομή του συστήματος περιλαμβάνει 9 εταιρίες διανομής, μία εταιρία μεταφοράς και 6 εταιρίες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, καθώς και διάφορες αρχές, όπως παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχεδιάγραμμα [8].

Εικόνα 2.2-1 Δομή ηλεκτρικού συστήματος Αιγύπτου [8]

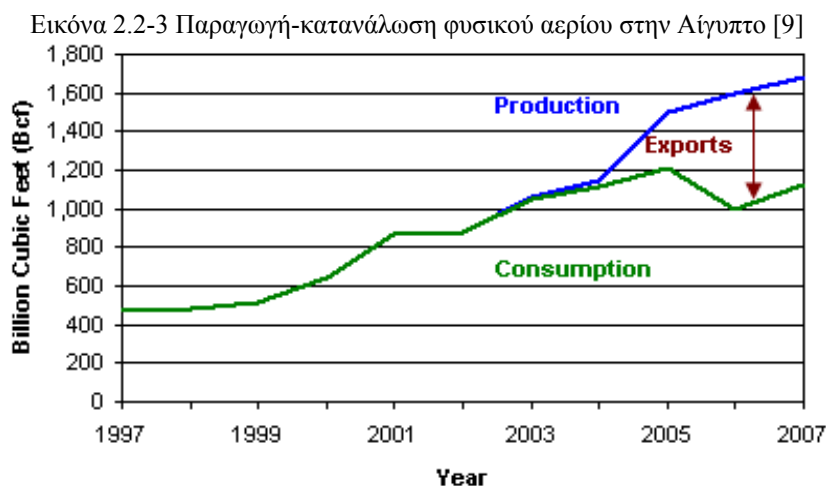


Η αυξανόμενη ζήτηση της ενέργειας στην Αίγυπτο τα τελευταία χρόνια, της τάξης του 7% το χρόνο, οφείλεται στη δημογραφική αύξηση, στη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης, στην κατασκευή νέων βιομηχανικών περιοχών και στην εμπορική και οικιστική ανάπτυξη. Εκτός όμως από την προβλεπόμενη μείωση των αποθεμάτων των καυσίμων ένα μείζον πρόβλημα είναι η κατανομή του πληθυσμού. Παρά το μεγάλο μέγεθος της χώρας, το 97% από τα εδάφη είναι έρημος και υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση πληθυσμού στην περιοχή του ποταμού Νείλου. Προσεγγιστικά μόνο το 5% της Αιγύπτου είναι κατοικήσιμο, με αποτέλεσμα την πολύ μεγάλη πληθυσμιακή πυκνότητα στα ανατολικά, γύρω από το Νείλο, που φτάνει έως και 1000 κάτοικους/km<sup>2</sup>. Έτσι δημιουργούνται κατά τόπους προβλήματα εξάντλησης φυσικών πόρων καθώς και προβλήματα μόλυνσης [3].

Όπως αναφέρθηκε η Αίγυπτος έχει πλούσια κοιτάσματα πετρελαίου. Τα κοιτάσματα αυτά εντοπίζονται κυρίως σε 4 περιοχές: στον κόλπο του Σουέζ, σε ποσοστό 50%, στη δυτική έρημο, στην ανατολική έρημο και στη χερσόνησο του Σινά. Η παραγωγή παρουσιάζει σημαντική πτώση τα τελευταία χρόνια και πλέον οι εξαγωγές μειώνονται για να καλύπτονται οι εγχώριες ανάγκες, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα [9].



Σε αντίθεση με την πτωτική τάση που εμφανίζει η πετρελαιοπαραγωγή της Αιγύπτου, η παραγωγή φυσικού αερίου παρουσιάζει ανοδικές τάσεις. Το γεγονός αυτό οφείλεται στα σημαντικά κοιτάσματα που ανακαλύφθηκαν τα τελευταία χρόνια. Τα συνολικά αποθέματα της χώρας, που εντοπίζονται κυρίως στο δέλτα του Νείλου και στη δυτική έρημο, εκτιμάται ότι ανέρχονται σε  $1657 \cdot 10^9 m^3$ , και αποτελούν περίπου το 1% των παγκόσμιων αποθεμάτων φυσικού αερίου. Το ισοζύγιο φυσικού αερίου παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα [9].



Η κυβέρνηση της Αιγύπτου δίνει μεγάλο βάρος στα αδύναμα κοινωνικά στρώματα και στην πρόσβασή τους σε φτηνό σχετικά ηλεκτρικό ρεύμα, κρατώντας το δυνατό σταθερές τιμές. Το 98% των κατοίκων έχουν σύνδεση με το δίκτυο, αλλά αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πτώση των κερδών των εταιριών ηλεκτρισμού που βασίζονται κυρίως σε επιδοτήσεις, γεγονός που αποθαρρύνει την είσοδο ιδιωτικών κεφαλαίων στον τομέα [3].

Η NREA παρουσιάζει συγκεντρωμένα όλους τα στοιχεία του ενεργειακού τομέα για τα τελευταία έτη, που παρουσιάζονται στους ακόλουθους πίνακες.

Πίνακας 2.2-1 Εγκατεστημένη ισχύς Αιγύπτου [10]

<b>Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)</b>	<b>2005/06</b>	<b>2006/07</b>	<b>2007/08</b>
<b>Θερμικοί σταθμοί</b>	17486	18936	17389
<b>Υδροηλεκτρικοί σταθμοί</b>	2783	2783	2842
<b>Αιολικό πάρκο Zafarana</b>	225	225	360
<b>Αιολικό πάρκο Hurghada</b>	5	5	5
<b>Συνολική εγκατεστημένη ισχύς</b>	20494	21944	22583
<b>Μέγιστο φορτίο</b>	17300	18500	19738

Πίνακας 2.2-2 Παραγόμενη ενέργεια Αιγύπτου [10]

<b>Παραγόμενη ενέργεια (GWh)</b>	<b>2005/06</b>	<b>2006/07</b>	<b>2007/08</b>
<b>Θερμικοί σταθμοί</b>	95494	100708	108788
<b>Υδροηλεκτρικοί σταθμοί</b>	12644	12925	15510
<b>Αιολικό πάρκο Zafarana</b>	552	627	840
<b>Αιολικό πάρκο Hurghada</b>	9	8.3	7
<b>Συνολική παραγόμενη ενέργεια</b>	108690	114260	125145

Το Υπουργείο Ηλεκτρισμού και Ενέργειας παρέχει αναλυτικά στοιχεία των σταθμών και των μονάδων παραγωγής ενέργειας που παρουσιάζονται παρακάτω.

Πίνακας 2.2-3 Σταθμοί παραγωγής ενέργειας Αιγύπτου [11]

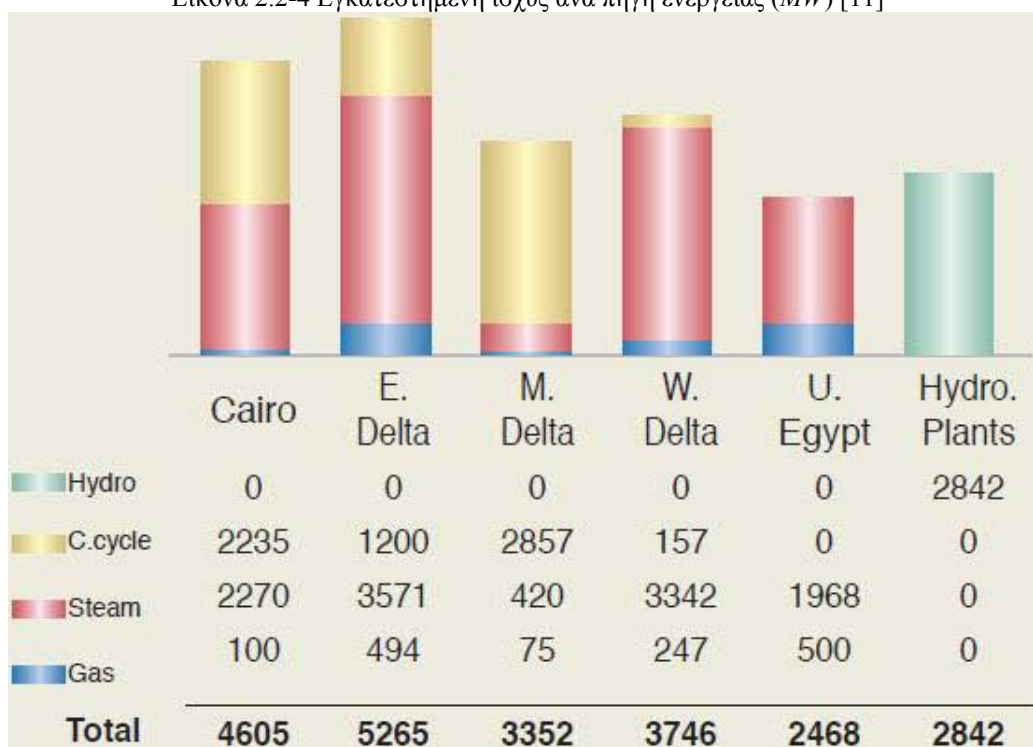
Εταιρία Παραγωγής	Σταθμός	Είδος μονάδας	Καύσιμο	Αριθμός Μονάδων (MW)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
Cairo	Shoubra El-kheima	Ατμοστρόβιλος	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	4x315	1260
	Cairo West	Ατμοστρόβιλος	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	4x87.5	350
	Cairo West Ext.	Ατμοστρόβιλος	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	2x330	660
	Cairo South I	Συνδ. κύκλου	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	3x110/4x60	570
	Cairo South II	Συνδ. Κύκλου	Φυσικό Αέριο	1x165	165
	Cairo North	Συνδ. Κύκλου	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	4x250/2x250	1500
	Wadi Hof	Αεριοστρόβιλος	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	3x33.3	100
East Delta	Damietta	Συνδ. Κύκλου	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	6x132/3x138	1200
	Ataka	Ατμοστρόβιλος	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	2x150/2x300	900
	Abu Sultan	Ατμοστρόβιλος	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	4x150	600
	Shabab	Αεριοστρόβιλος	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	3x33.5	100
	Port Said	Αεριοστρόβιλος	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	2x24/1x24.5	73
	Arish	Ατμοστρόβιλος	Πετρέλαιο	2x33	66
	Oyoun Mousa	Ατμοστρόβιλος	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	2x320	640
	Sharm El-Sheikh	Αεριοστρόβιλος	Πετρέλαιο	2x23.7/4x24.3 /4x5.8/2x5	178
	Hurghada	Αεριοστρόβιλος	Πετρέλαιο	3x23.5/3x24.3	143
	Zafarana	Ανεμογεννήτρια	-	100x0.6/127x 0.66/190x0.85	305
	Bool Suez Gulf	Ατμοστρόβιλος	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	2x341.25	682.5
	Port Said East	Ατμοστρόβιλος	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	2x341.25	682.5
Middle Delta	Talkha	Συνδ. Κύκλου	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	8x24.7/2x46	290
	Talkha 210	Ατμοστρόβιλος	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	2x210	420
	Talkha 750	Συνδ. Κύκλου	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	2x250/1x250	750
	Nubaria	Συνδ. Κύκλου	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	4x250/2x250	1500
	Mahmoudia	Συνδ. Κύκλου	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	8x25/2x58.7	316
	Mahmoudia	Ατμοστρόβιλος	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	1x50/1x25	75

Πίνακας 2.2-4 Σταθμοί παραγωγής ενέργειας Αιγύπτου (συνέχεια) [11]

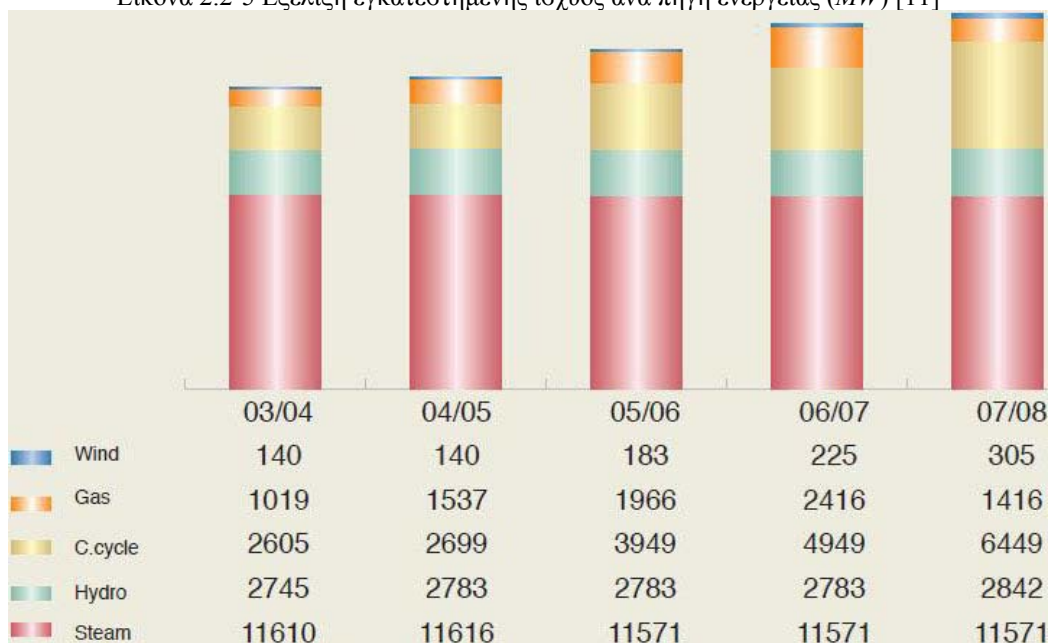
Εταιρία Παραγωγής	Σταθμός	Είδος μονάδας	Καύσιμο	Αριθμός Μονάδων (MW)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
West Delta	<b>Kafr El-Dawar</b>	Ατμοστρόβιλος	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	4x110	440
	<b>Damanhour Ext</b>	Ατμοστρόβιλος	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	1x300	300
	<b>Damanhour</b>	Ατμοστρόβιλος	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	3x65	195
	<b>Damanhour</b>	Συνδ. Κύκλου	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	4x24.6/1x58	156.4
	<b>El-Seluf</b>	Αεριοστρόβιλος	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	6x33.3	200
	<b>El-Seluf</b>	Ατμοστρόβιλος	Πετρέλαιο	2x26.6/2x30	113
	<b>Karmouz</b>	Αεριοστρόβιλος	Πετρέλαιο	1x11.4/1x11.7	23.1
	<b>Abu Kir</b>	Ατμοστρόβιλος	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	4x150/1x311	911
	<b>Abu Kir</b>	Αεριοστρόβιλος	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	1x24.3	24.3
	<b>Sidi Krir 1.2</b>	Ατμοστρόβιλος	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	2x320	640
	<b>Matrouh</b>	Ατμοστρόβιλος	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	2x30	60
	<b>Boot Sidi Krir 3,4</b>	Ατμοστρόβιλος	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	2x341.25	682.5
Upper Egypt	<b>Walidia</b>	Ατμοστρόβιλος	Πετρέλαιο	2x312	624
	<b>Kuriemat 1</b>	Ατμοστρόβιλος	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	2x624	1254
	<b>Kuriemat 2</b>	Συνδ. κύκλου	Φ.Αέριο/ Πετρέλαιο	2x250/1x250	500
	<b>Assiut</b>	Ατμοστρόβιλος	Πετρέλαιο	3x30	90
Hydro	<b>High Dam</b>	Υδροστρόβιλος	-	12x175	2100
	<b>Aswan Dam I</b>	Υδροστρόβιλος	-	7x46	322
	<b>Aswan Dam II</b>	Υδροστρόβιλος	-	4x87.5	270
	<b>Esna</b>	Υδροστρόβιλος	-	6x14.28	86
	<b>New Naga Hamadi</b>	Υδροστρόβιλος	-	4x16	64

Συνοπτικά, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς κάθε εταιρίας ανά είδος σταθμού, καθώς και η εξέλιξή της τα τελευταία χρόνια παρουσιάζεται στα ακόλουθα διαγράμματα.

Εικόνα 2.2-4 Εγκατεστημένη ισχύς ανά πηγή ενέργειας (MW) [11]



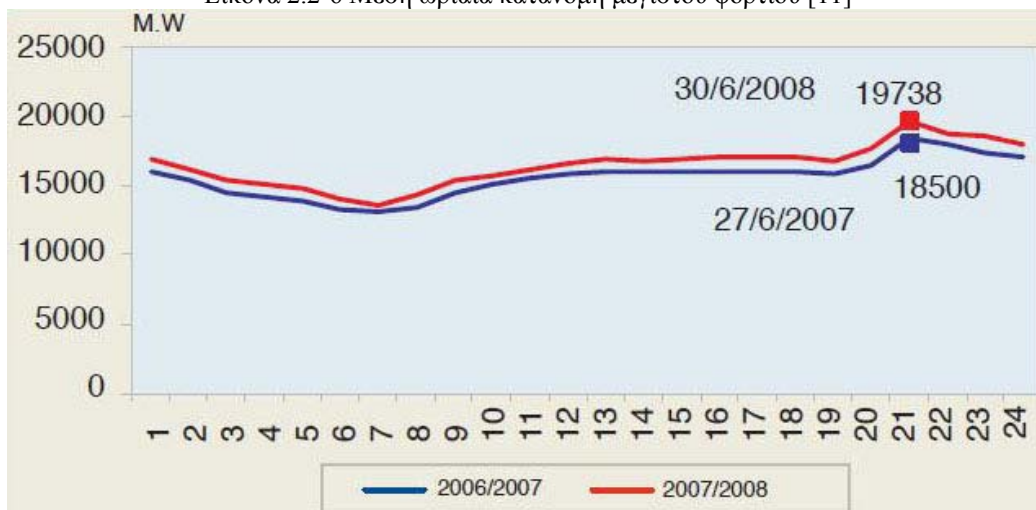
Εικόνα 2.2-5 Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος ανά πηγή ενέργειας (MW) [11]





Στο ακόλουθο διάγραμμα παρουσιάζεται η μέση ωριαία κατανομή του μέγιστου φορτίου για τα έτη 2007 και 2008. Η αιχμή του συστήματος εμφανίζεται τις βραδινές ώρες μεταξύ 21:00 και 22:00, και οφείλεται κατά πάσα πιθανότητα στην οικιακή χρήση ηλεκτρικού ρεύματος για φωτισμό και ηλεκτρικές συσκευές. Η μορφή της καμπύλης μπορεί να θεωρηθεί ότι αντιπροσωπεύει και τις υπόλοιπες χώρες της ανατολικής Μεσογείου, που βρίσκονται στην ίδια ωρολογιακή ζώνη (GMT+02:00).

Εικόνα 2.2-6 Μέση ωριαία κατανομή μέγιστου φορτίου [11]



Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Αίγυπτο εκτιμάται ότι ανέρχεται σε  $107226GWh$  με στοιχεία του έτους 2007/08, ενώ το 2006/07 ήταν  $98812GWh$ . Η κατανομή της στους διάφορους καταναλωτές παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 2.2-5 Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα [11]

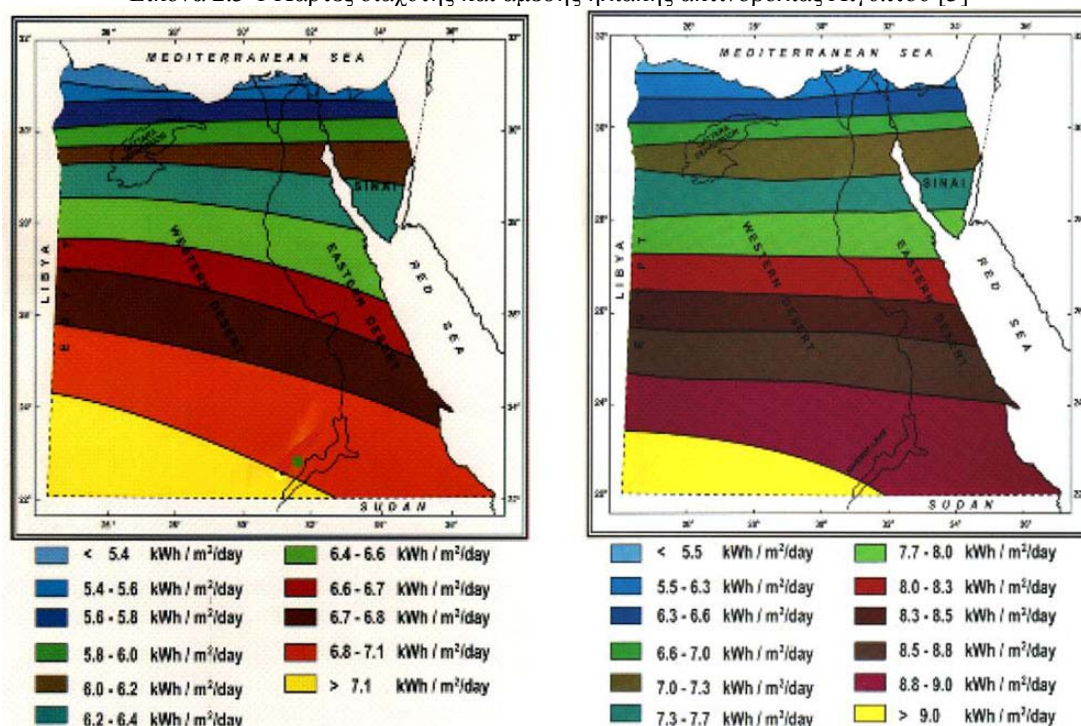
Τομέας	Κατανάλωση (%)
Οικιακός	37.8
Βιομηχανικός	34.8
Εμπορικός	7.7
Φωταγωγή δρόμων	6.3
Δημόσιο	5.3
Επιχειρηματικός	4.1
Αγροτικός	4

## 2.3 Δυναμικό ΑΠΕ

Η χώρα της Αιγύπτου είναι προικισμένη με εξαιρετικό δυναμικό ΑΠΕ. Χάρη στη γεωγραφική της θέση διαθέτει άφθονη ηλιακή ενέργεια ενώ υπάρχουν περιοχές με πολύ υψηλά αιολικά δυναμικά. Ακόμα, τα αγροτικά υπολείμματα από τις καλλιέργειες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βιοκαύσιμα, και τέλος ο Νείλος που διασχίζει όλη τη ανατολική Αίγυπτο προσφέρεται για εκμετάλλευση της υδροηλεκτρικής ενέργειας του.

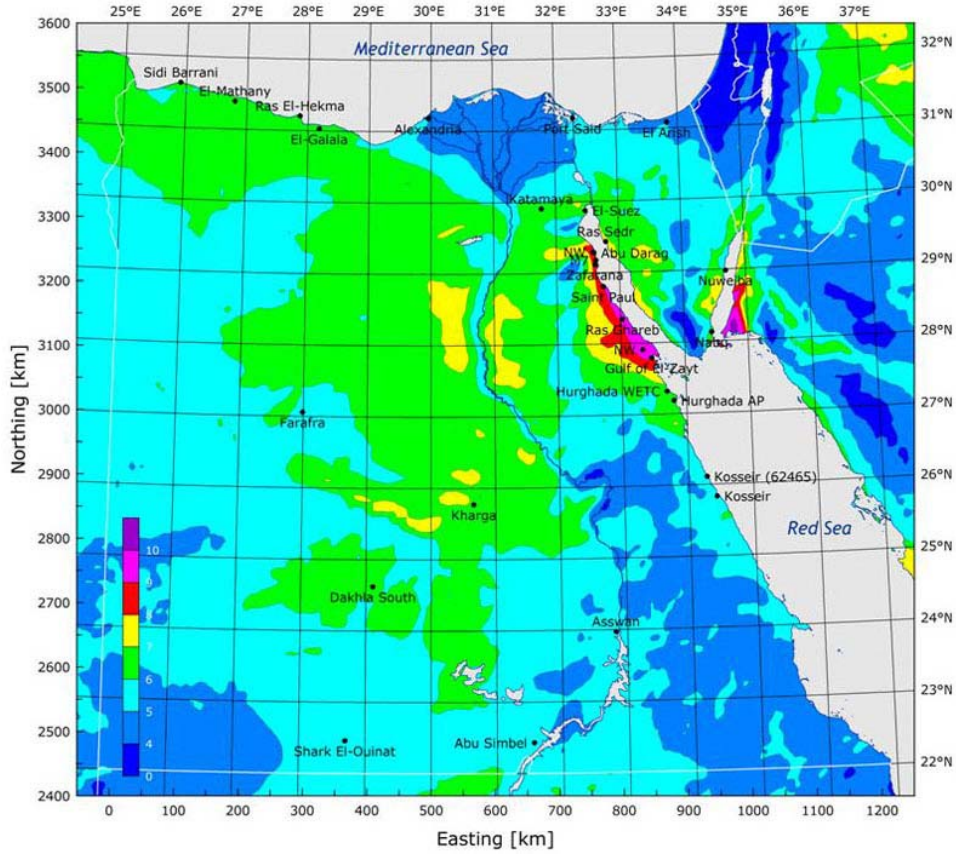
Η Αίγυπτος βρίσκεται πολύ κοντά στην τροπική ζώνη και η μέση ετήσια ηλιακή ακτινοβολία κυμαίνεται από  $1900 kWh/m^2/έτος$  κοντά στη Μεσόγειο έως  $2600 kWh/m^2/yr$  στο νότιο τμήμα. Η άμεση ηλιακή ακτινοβολία κυμαίνεται στο διάστημα  $2000 \div 3200 kWh/m^2/yr$ , και το 90% της χώρας έχει μέση ακτινοβολία μεγαλύτερη από  $2200 kWh/m^2/yr$ . Οι ώρες με ηλιοφάνεια ανά έτος κυμαίνονται από  $3200hr$  έως  $3600hr$  ( $1yr=8760hr$ ). Στο ακόλουθο σχήμα παρουσιάζονται οι χάρτες διάχυτης και άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας της Αιγύπτου [3].

Εικόνα 2.3-1 Χάρτες διάχυτης και άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας Αιγύπτου [3]

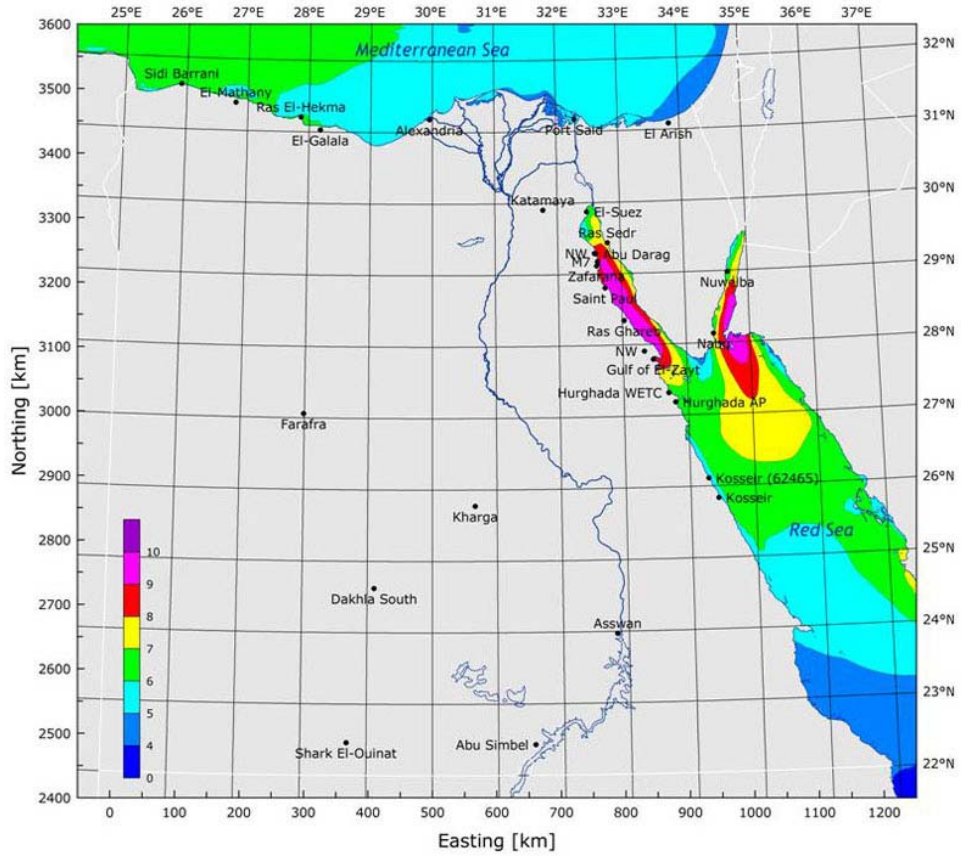


Το αιολικό δυναμικό της Αιγύπτου είναι εξαιρετικό κατά τόπους, ειδικά στον κόλπο του Σουέζ όπου οι μέση ταχύτητα του ανέμου φτάνει τα  $10m/s$ . Γενικότερα, σε όλη την ανατολική ακτή στην ερυθρά θάλασσα, παρατηρούνται υψηλές ταχύτητες ανέμου. Η αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού της χώρας εκτιμάται ότι μπορεί να αποφέρει  $20000MW$  ηλεκτρικής ισχύος από ανεμογεννήτριες. Η NREA σε συνεργασία με τη Μετεωρολογική Υπηρεσία της Αιγύπτου (Egyptian Meteorology Authority – EMA), το Εθνικό Εργαστήριο Riso της Δανίας (Riso National Laboratory), και την Obricon έφτιαξαν τους αιολικούς χάρτες της Αιγύπτου που παρουσιάζονται στα ακόλουθα σχήματα [3], [12].

Εικόνα 2.3-2 Αιολικός χάρτης ξηράς Αιγύπτου [12]



Εικόνα 2.3-3 Αιολικός χάρτης θάλασσας Αιγύπτου [12]



Από τους χάρτες διακρίνονται οι πολύ υψηλές ταχύτητες ανέμου που εμφανίζονται στον κόλπο του Σουέζ. Αναλυτικότερα, στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται οι μέσες ταχύτητες σε ύψος 25m από το έδαφος σε διάφορες τοποθεσίες της περιοχής [3].

Πίνακας 2.3-1 Μέσες ταχύτητες ανέμου σε ύψος 25m [3]

Περιοχή	Μέση ταχύτητα ανέμου (m/s)
Ras Sedr	7.5
Abu Aldarage	8.8
Zafarana (Βόρεια)	9.2
Zafarana	9.0
Zafarana (Δυτικά)	7.5
St.Paul	8.4
Ras Ghareb	10.0
El Tour	5.6
Gulf of El Zayt (Βόρεια)	10.4
Gulf of El Zayt (Βορειοδυτικά)	10.5
Gulf of El Zayt	10.3
Gulf of El Zayt (Νοτιοδυτικά)	10.8
Hurghada	6.7

Η συνολική μάζα απορριμμάτων της Αιγύπτου εκτιμάται ότι ανέρχεται περίπου σε 47Mtons/yr, που αντιστοιχούν σε 17Mtoe/yr. Για παραγωγή ενέργειας θα μπορούσε να αξιοποιηθεί το 46% αυτής της ποσότητας που αντιστοιχεί σε 7.8Mtoe/yr, ενώ τώρα για ενεργειακούς σκοπούς συνεισφέρουν 5Mtoe/yr. Εκτός από αγροτικά απορρίμματα, και άλλου είδους απορρίμματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βιομάζα, όπως φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα [3].

Πίνακας 2.3-2 Πηγές βιομάζας [3]

Απορρίμματα	Συνολική μάζα (Mtons/yr)	Αξιοποιήσιμη μάζα για παραγωγή ενέργειας (Mtoe/yr)	Χρησιμοποιούμενη μάζα για παραγωγή ενέργειας (Mtoe/yr)
Αγροτικά-Ζωικά	30.6	5.18	4.17
Σκουπίδια	6.6	0.59	0.08
Αστικά λύματα	4.3	0.48	0.09
Βιομηχανικά	5.2	1.50	0.85
Συνολικά	46.7	7.75	5.19

Η υδροηλεκτρική ενέργεια, προερχόμενη από το Νείλο, αποτελεί μία σημαντική πηγή ενέργειας για την Αίγυπτο. Το 1980, το φράγμα του Ασσουάν (Asswan) παρήγαγε τη μισή ενέργεια της χώρας. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια, με την αύξηση της ζήτησης, η συνεισφορά της υδροηλεκτρικής ενέργειας έχει μειωθεί στο 12%. Σχεδόν όλοι οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί έχουν ισχύ μεγαλύτερη από 10MW, καθώς η τοπογραφία της Αιγύπτου και οι αραιές βροχοπτώσεις δεν ευνοούν τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα [3].

## 2.4 Παρούσα Κατάσταση ΑΠΕ

Το 2008 η συνολική εγκατεστημένη ισχύς μονάδων εκμετάλλευσης ΑΠΕ ήταν  $3248MW$ , που καταμερίζονται ως εξής:  $2842MW$  υδροηλεκτρικά,  $365MW$  αιολικά,  $36MW$  βιομάζα και  $5MW$  φωτοβολταϊκά. Συνολικά, οι ΑΠΕ αντιπροσωπεύουν το 14.4% της ισχύος της Αιγύπτου. Η ενέργεια που παράγεται από αυτές, είναι  $16357GWh$ , που αντιστοιχεί σε 15% της συνολικής ενέργειας που παράγεται στη χώρα [3].

Η ηλιακή ενέργεια αξιοποιείται κατά κύριο λόγο από οικιακά συστήματα θέρμανσης νερού και σε μικρότερο βαθμό από τη βιομηχανία και από φωτοβολταϊκά συστήματα.

Πάνω από  $500000m^2$  ηλιακών συλλεκτών είναι εγκατεστημένα σε σπίτια, καταστήματα και ξενοδοχεία με συνολική ισχύ  $300MW$ . Ωστόσο με κατάλληλες πολιτικές και κίνητρα η εγκατεστημένη ισχύς θα μπορούσε να ξεπεράσει τα  $1000MW$ , δημιουργώντας μία σημαντική αγορά τεχνολογιών ΑΠΕ στη χώρα [3].

Στον τομέα της βιομηχανίας, η παραγωγή θερμότητας από ηλιακή ενέργεια έχει πολλά πλεονεκτήματα, χωρίς αυτά να αξιοποιούνται πλήρως. Σε βιομηχανίες καταναλώνεται μεγάλο ποσοστό της ενέργειας της Αιγύπτου, και το 60% της ενέργειας αυτής χρησιμοποιείται για παραγωγή θερμότητας. Επομένως η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας θα μπορούσε να συνεισφέρει σε μεγάλο βαθμό στην ενεργειακή αποδοτικότητα των βιομηχανιών. Στον τομέα αυτό, η NREA το 2002 έθεσε σε εφαρμογή ένα σχέδιο παραγωγής θερμότητας από ηλιακή ενέργεια για την φαρμακευτική εταιρία El-Nasr, χρησιμοποιώντας παραβολικούς συγκεντρωτικούς συλλέκτες. Ο παραγόμενος ατμός πίεσης  $8bar$  και θερμοκρασίας  $175^{\circ}C$  διοχετεύεται στο δίκτυο ατμού της εταιρίας, με ρυθμό περίπου  $1ton/hr$  από συνολική επιφάνεια συλλεκτών  $1900m^2$  [3], [13].

Η εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών συστημάτων υπολογίζεται σε μόλις  $5MW$ . Ωστόσο λόγω της κατανομής του πληθυσμού στη χώρα, ειδικά σε απομακρυσμένες περιοχές κοντά σε ερήμους, υπάρχουν μέρη που είναι απομονωμένα από το δίκτυο, παρά τις προσπάθειες για ηλεκτροδότηση όλων των κατοικημένων περιοχών. Για τις περιοχές αυτές, η λύση στα προβλήματα ηλεκτροδότησης βρίσκεται στην εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων και υπολογίζεται ότι αυτό μπορεί να εφαρμοστεί σε 121 απομονωμένα χωριά-κοινότητες [3].

Η πρώτη προσπάθεια εκμετάλλευσης του αιολικού δυναμικού της Αιγύπτου πραγματοποιήθηκε με ένα πιλοτικό αιολικό πάρκο  $400kW$  στην περιοχή Ρας Γκαρέμπ (Ras Gareb) στην περιοχή της Ερυθράς θάλασσας. Το έργο αυτό ήταν ουσιαστικά ένα πείραμα ώστε να αποκτηθεί τεχνογνωσία στον τομέα, με τα αποτελέσματα να είναι πολύ ικανοποιητικά, δίνοντας έτσι το έναυσμα για την εγκατάσταση κι άλλων ανεμογεννητριών [3].

Το επόμενο βήμα ήταν εκτός από πειραματικό και εμπορικό. Σε συνεργασία με τη Δανία και τη Γερμανία, κατασκευάστηκε το πρώτο μεγάλο αιολικό πάρκο της Αιγύπτου ισχύος  $5.2MW$  στην περιοχή Χουργκάντα (Hurghada), στην Ερυθρά θάλασσα στο τέλος του κόλπου του Σουέζ, το οποίο λειτουργεί από το 1993, παράγοντας  $10GWh/year$ . Το πάρκο αποτελείται από 42 ανεμογεννήτριες, πολλών και διαφορετικών ειδών, δύο ή τριών πτερυγίων, σωληνωτών ή δικτυωτών πύργων, ισχύος  $100\div 300kW$  η κάθε μία. Περίπου το 40% αυτών κατασκευάστηκε στην Αίγυπτο, ενισχύοντας έτσι την τοπική οικονομία. Υπολογίζεται ότι η ενεργειακή εξοικονόμηση που είναι αποτέλεσμα της ενέργεια που παράγεται από το πάρκο ανέρχεται σε  $2200toe/year$  [3].

Εικόνα 2.4-1 Αιολικό πάρκο Χουργκάντα [10]



Το 1995, το Υπουργείο Ηλεκτρισμού και Ενέργειας σε συνεργασία με τη NREA αποφάσισε η πολιτική της Αιγύπτου σχετικά με την αιολική ενέργεια να περάσει από την πειραματική φάση στην κατασκευή αιολικών πάρκων μεγάλης ισχύος για παραγωγή ενέργειας. Έτσι το 2001 στην περιοχή Ζαφαράνα (Zafarana), στον κόλπο του Σουέζ, κατασκευάστηκε το μεγαλύτερο αιολικό πάρκο της χώρας, που μέχρι και σήμερα διαρκώς επεκτείνεται. Καταλαμβάνει δύο εκτάσεις  $64km^2$  και  $80km^2$  η κάθε μία, με εγκατεστημένη ισχύ  $360MW$ . Σε πρώτη φάση, σε συνεργασία με τη Δανία και τη Γερμανία, εγκαταστάθηκαν  $63MW$  το 2001 και στη συνέχεια  $77MW$  το 2003. Σε συνεργασία με την Ισπανία προστέθηκαν άλλα  $85MW$  το 2006, και  $80MW$  το 2007 σε συνεργασία με τη Γερμανία. Το 2008 υπολογίζεται ότι η παραγόμενη ενέργεια του πάρκου ήταν  $840GWh$ , που αντιστοιχούν σε  $183000toe$ , με μέση ταχύτητα ανέμου  $7.7m/s$ . Προβλέπεται περαιτέρω επέκταση  $240MW$ , από τα οποία έχουν εγκατασταθεί έως τώρα  $55MW$  [3], [14].

Εικόνα 2.4-2 Αιολικό πάρκο Ζαφαράνα [2]



Εικόνα 2.4-3 Αιολικό πάρκο Ζαφαράνα [2]



Εικόνα 2.4-4 Αιολικό πάρκο Ζαφαράνα [10]



Ένα σημαντικό πρόβλημα που παρουσιάζεται στην εγκατάσταση και λειτουργία αιολικών πάρκων είναι η προστασία των αποδημητικών πτηνών. Ο κόλπος του Σουέζ αποτελεί πέρασμα για τα πτηνά που αναχωρούν ή επιστρέφουν από τις ευρωπαϊκές χώρες προς τις αφρικανικές και αντίστροφα. Σύμφωνα με μελέτες της NREA υπολογίζεται ότι η ευρύτερη περιοχή αποτελεί πέρασμα για  $2.5 \div 3.5 \cdot 10^6$  πτηνά το χρόνο, που κατά τόπους φτάνουν τα 500 πτηνά/hr, σε ύψος χαμηλότερο των 100m. Ο παράγοντας αυτός είναι αρκετά κρίσιμος για τη λειτουργία και κατασκευή αιολικών πάρκων στον κόλπο του Σουέζ [10].

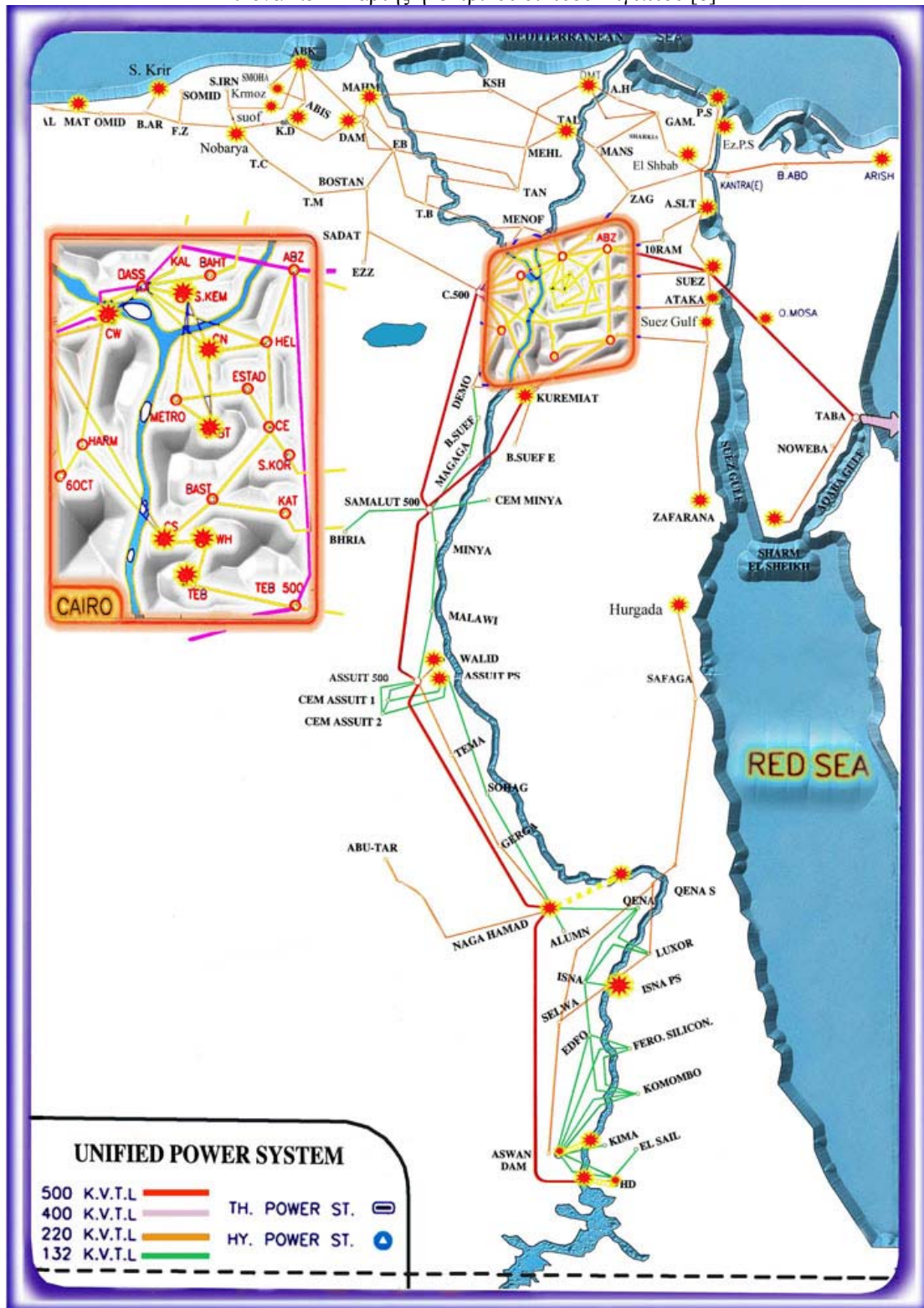
Εικόνα 2.4-5 Διαδρομές αποδημητικών πτηνών [10]



## 2.5 Δίκτυα-Διασυνδέσεις

Ο βασικός κορμός του ηλεκτρικού δικτύου της Αιγύπτου, σε αντιστοιχία με την κατανομή του πληθυσμού, βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα της χώρας στην περιοχή του ποταμού Νείλου. Ο στόχος της κυβέρνησης είναι η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος σε όλους τους πολίτες, κυρίως στους κατοίκους απομακρυσμένων περιοχών. Στην κατεύθυνση αυτή γίνονται συνεχώς επεκτάσεις του δικτύου, το οποίο στην παρούσα φάση καλύπτει το 98% των κατοικημένων περιοχών. Στο ακόλουθο σχήμα παρουσιάζεται ο αναλυτικός χάρτης του δικτύου [3].

Εικόνα 2.5-1 Χάρτης ηλεκτρικού δικτύου Αιγύπτου [8]





Σε επίπεδο διεθνών διασυνδέσεων, η Αίγυπτος είναι συνδεδεμένη με τα δίκτυα της Λιβύης στα δυτικά και της Ιορδανίας στα ανατολικά. Η σύνδεση με τη Λιβύη πραγματοποιήθηκε το 1998, με διπλή γραμμή  $220kV$  που έχει χωρητικότητα  $600MW$ . Ωστόσο λόγω τεχνικών προβλημάτων η μέγιστη ηλεκτρική ισχύς που μπορεί να μεταφερθεί ανέρχεται σε  $180MW$ . Η σύνδεση με την Ιορδανία κατασκευάστηκε το 1997 στον κόλπο της Άκαμπα (Aqaba), και αποτελείται από υποθαλάσσια μονή γραμμή  $400kV$  με χωρητικότητα  $550MW$ . Το 2005 η Αίγυπτος εξήγαγε  $937GWh$  ηλεκτρικής ενέργειας και εισήγαγε  $180GWh$  [3].

## 2.6 Πολιτικές-Προοπτικές

Η ενεργειακή πολιτική της Αιγύπτου δίνει προτεραιότητα στην προώθηση της χρήσης φυσικού αερίου, ειδικά σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς και σε οχήματα, ως υποκατάστατο του πετρελαίου. Παράλληλα όμως, εξαιτίας της εξαγωγής μεγάλων ποσοτήτων φυσικού αερίου, των περιορισμένων κοιτασμάτων καυσίμων, των αναμενόμενων αυξήσεων των τιμών τους και της αυξανόμενης ζήτησης ενέργειας, η κυβέρνηση της χώρας έχει στρέψει την προσοχή της και στην αξιοποίηση των ΑΠΕ. Τα τελευταία χρόνια γίνονται μελέτες στον τομέα αυτό, αυξάνεται σταδιακά η εγκατεστημένη ισχύς τους και λαμβάνονται μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας [3].

Ωστόσο, δεν υπάρχουν ακόμα συγκεκριμένα προγράμματα που να προωθούν την επένδυση σε ΑΠΕ. Η κυβέρνηση δεν έχει θεσμοθετήσει ειδική νομοθεσία που να θέτει προϋποθέσεις και όρους στην κατασκευή και λειτουργία μονάδων παραγωγής ενέργειας και δεν υπάρχουν ξεκάθαρες πολιτικές, αποθαρρύνοντας έτσι περαιτέρω ανάπτυξη. Οι μονάδες που ήδη λειτουργούν έχουν μεμονωμένα, ξεχωριστούς όρους λειτουργίας η καθεμία. [3].

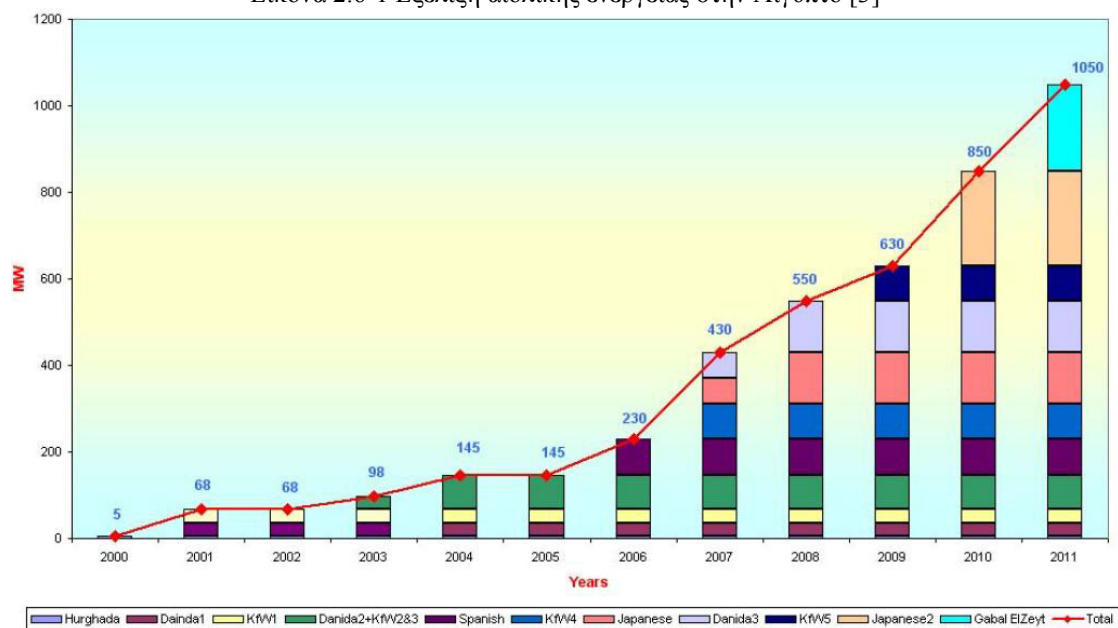
Η NREA προωθεί την ανάπτυξη των ΑΠΕ, όμως δεν είναι αρμόδια για τη χάραξη της ενεργειακής πολιτικής της χώρας. Γενικότερα, τα πλεονεκτήματα των ΑΠΕ δεν είναι γνωστά στη μεγάλη πλειοψηφία των κατοίκων, και οι επιδοτήσεις δεν ευνοούν ιδιαίτερα τις επενδύσεις, αποθαρρύνοντας έτσι την προσέλκυση ενδιαφέροντος από επιχειρηματίες [3].

Οι άμεσοι στόχοι που έχει θέσει η κυβέρνηση της Αιγύπτου είναι μέχρι το 2010 το 3% της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας να καλύπτεται από ΑΠΕ, κυρίως από ηλιακή και αιολική ενέργεια. Μακροπρόθεσμα ο στόχος είναι μέχρι το 2020 από ΑΠΕ να καλύπτεται το 20% της ζήτησης, με τα αιολικά να συνεισφέρουν σε ποσοστό 12%, δηλαδή  $7200MW$ . Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να εγκαθίστανται  $600MW$  το χρόνο στην επόμενη δεκαετία [3], [6].

Στα σχέδια της NREA είναι η κατασκευή και η λειτουργία ενός υβριδικού ηλιακού θερμικού σταθμού ισχύος  $150MW$ , εκ των οποίων τα  $30MW$  θα προέρχονται από ηλιακή ενέργεια. Στη χρηματοδότη του έργου θα συνεισφέρει και η Διεθνής Τράπεζα, καθώς η υλοποίηση του θα αυξήσει τη συνεισφορά της ηλιακής ενέργειας και θα τη προωθήσει στη χώρα. Ο σταθμός θα πραγματοποιηθεί από ανεξάρτητους παραγωγούς ενέργειας και αναμένεται να λειτουργήσει μέσα στο 2009. Ακόμα υπάρχουν σχέδια εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων στα 121 απομακρυσμένα χωριά-κοινότητες που προαναφέρθηκαν [3], [13].

Στον τομέα της αιολικής ενέργειας ήδη έχουν εγκατασταθεί 55MW από την επέκταση 240MW στο αιολικό πάρκο της περιοχής Ζαφαράνα. Υπό μελέτη βρίσκεται η κατασκευή αιολικού πάρκου στον κόλπο Ελ-Ζαίτ (El-Zayt), που βρίσκεται στον κόλπο του Σουέζ, 70km βόρεια της περιοχής Χουργκάντα. Σε μία έκταση 656km<sup>2</sup> προβλέπεται η εγκατάσταση ανεμογεννητριών συνολικής ισχύος 3000MW. Σε πρώτη φάση περιλαμβάνει σε συνεργασία με τη Γερμανία εγκατάσταση 200MW, σε συνεργασία με την Ιαπωνία εγκατάσταση 400MW και από ιδιώτες άλλα 400MW. Στο ακόλουθο διάγραμμα παρουσιάζεται η εξέλιξη της αιολικής ενέργειας στην Αίγυπτο όπως έχει προβλεφθεί, όπου αποτυπώνεται και η μη εκπλήρωση των στόχων που είχαν τεθεί [3], [6], [14].

Εικόνα 2.6-1 Εξέλιξη αιολικής ενέργειας στην Αίγυπτο [3]



Ειδικά για την αιολική ενέργεια, η NREA έχει σχεδιάσει ένα πλάνο δυο φάσεων για την προώθησή τους. Αρχικά, ζητούμενο είναι να δημιουργηθούν οφέλη για τους ιδιώτες που σκοπεύουν να επενδύσουν στον τομέα, με παροχή μακροχρόνιων εγγυήσεων πώλησης της παραγόμενης ενέργειας, ώστε να μειωθεί το επενδυτικό ρίσκο. Στη συνέχεια, ανάλογα με τις αρχικές συμφωνίες και τις τιμές πώλησης της πρώτης φάσης, να δίνονται επιδοτήσεις. Ακόμα η NREA σκοπεύει να στηρίξει την προσπάθεια προώθησης της αιολικής ενέργειας στη χώρα, παρέχοντας επιστημονικά δεδομένα από μελέτες της, καθώς και τεχνογνωσία προς κάθε ενδιαφερόμενο [10], [15].

Ως προς τις διεθνείς διασυνδέσεις της Αιγύπτου, σχεδιάζεται η αναβάθμιση της συνδετικής γραμμής με τη Λιβύη, από 220kV σε 500kV, ενώ παράλληλα υπό μελέτη βρίσκεται η κατασκευή και δεύτερης γραμμής με χωρητικότητα 1000MW, που θα λειτουργήσει στο διάστημα 2010-2015. Ακόμα σχεδιάζεται η αύξηση σε 1100MW της συνδετικής γραμμής με την Ιορδανία μέχρι το 2010, ενώ σε θεωρητικό επίπεδο υπάρχουν σχέδια διασύνδεσης με τα Παλαιστινιακά εδάφη στο Ισραήλ [3].

Ο ενεργειακός τομέας στην Αίγυπτο είναι καθοριστικός παράγοντας για τη βιώσιμη ανάπτυξή της, και η αξιοποίηση των πλούσιων ΑΠΕ που διαθέτει στα εδάφη της θα βοηθούσε στην ικανοποίηση της αυξανόμενης ζήτησης και στην αυτάρκεια της χώρας. Από τότε που άρχισε η παραγωγή και εξαγωγή μεγάλων ποσοτήτων φυσικού αερίου, η ενεργειακή πολιτική της χώρας κινείται σε αυτόν τον άξονα. Η εκμετάλλευση των ΑΠΕ δεν είναι η καλύτερη δυνατή, σε σχέση πάντα με τις πλούσιες δυνατότητες της Αιγύπτου, και παραμένει σε θεωρητικό επίπεδο εξαιτίας θεσμικών και οικονομικών παραγόντων. Οι προθέσεις από την πολιτεία υπάρχουν, αλλά θα πρέπει να γίνουν αρκετά βήματα ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι που έχουν τεθεί, με κυριότερο τη δημιουργία ενός πλαισίου που να προωθεί και να στηρίζει την ανάπτυξη των ΑΠΕ.

# 3 ΙΟΡΔΑΝΙΑ

## 3.1 Γενικές Πληροφορίες

Επίσημη ονομασία: Χασεμιτικό Βασίλειο της Ιορδανίας

Γλώσσα: Αραβικά

Πρωτεύουσα: Αμμάν

Πληθυσμός: 6198677 κάτοικοι (2008)

Έκταση: 89342 km<sup>2</sup>

Πυκνότητα: 69 κάτοικοι/km<sup>2</sup>

Εικόνα 3.1-1 Σημαία Ιορδανίας [1]



Εικόνα 3.1-2 Έμβλημα Ιορδανίας [1]



Εικόνα 3.1-3 Τοποθεσία Ιορδανίας [1]



Εικόνα 3.1-4 Γεωφυσικός χάρτης Ιορδανίας [2]



### 3.2 Παρούσα Ενεργειακή Κατάσταση

Όπως πολλές αναπτυσσόμενες χώρες, η Ιορδανία αντιμετωπίζει διάφορα προβλήματα που προέρχονται από το γεγονός ότι υπάρχει έλλειψη ενεργειακών πόρων. Ωστόσο, η πολιτεία αναγνωρίζοντας τη σπουδαιότητα της ηλεκτρικής ενέργειας στην κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη, κάνει προσπάθειες για να εξασφαλίσει στους κατοίκους και στη βιομηχανία σταθερό και αξιόπιστο ηλεκτρικό ρεύμα. Έτσι έχει αναπτυχθεί ένα στρατηγικό πλάνο από το 1967 που εστιάζει στην κατασκευή ενός μοντέρνου και αξιόπιστου ηλεκτρικού συστήματος που βασίζεται σε μεγάλες μονάδες παραγωγής ενέργειας, σε ένα αξιόπιστο δίκτυο ηλεκτρικού ρεύματος, σε ηλεκτροδότηση μη αστικών περιοχών και σε διεθνείς συνδέσεις με γειτονικές χώρες [16].

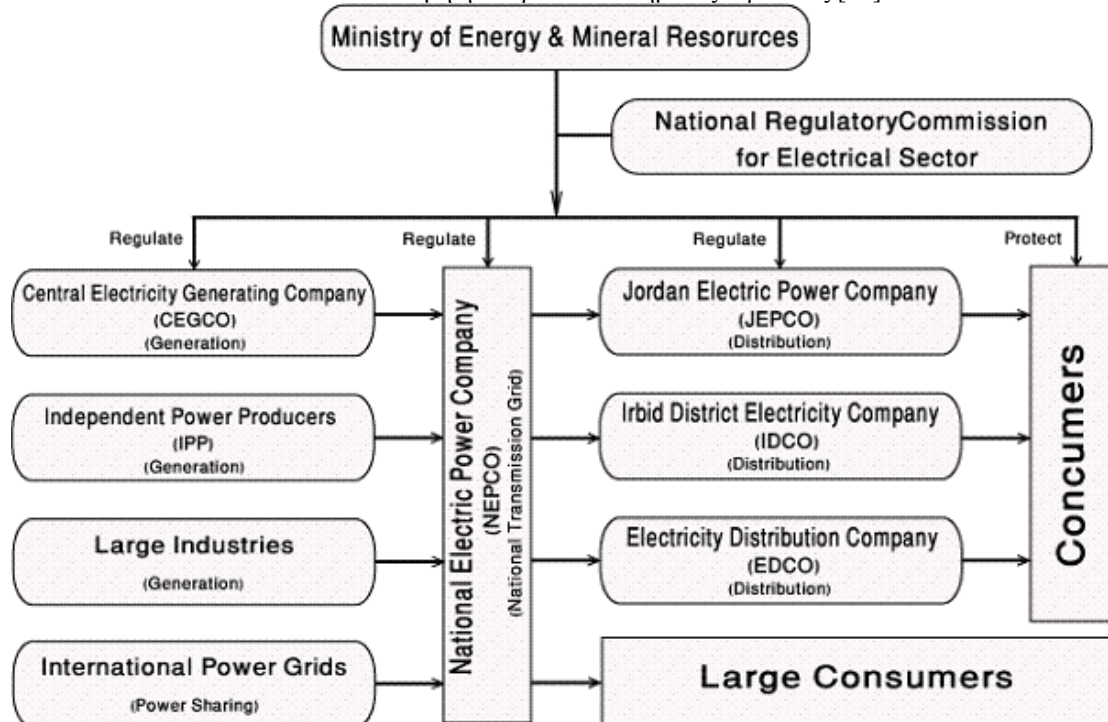
Η παραγωγή ηλεκτρισμού στην Ιορδανία ξεκίνησε ουσιαστικά το 1938, όταν μια ομάδα εργολάβων δημιούργησε μια μικρή εταιρία για να παρέχει ηλεκτρικό ρεύμα στην πρωτεύουσα Αμμάν. Το 1947 η εταιρία αυτή μετατράπηκε στην πολυμετοχική εταιρία με όνομα Εταιρία Ηλεκτρισμού της Ιορδανίας (Jordanian Electric Power Company – JEPSCO) που εξουσιοδοτήθηκε να παράγει και να διανέμει ηλεκτρικό ρεύμα στο Αμμάν και στα περίχωρά του. Το 1962 οι αρμοδιότητες της JEPSCO ανανεώθηκαν για 50 χρόνια και επεκτάθηκαν σε τέσσερις επαρχίες στο κεντρικό μέρος της Ιορδανίας, συμπεριλαμβανομένου του Αμμάν. Πλέον η JEPSCO παρέχει ηλεκτρικό ρεύμα στο 64% των καταναλωτών της χώρας [16].

Το 1961 ιδρύθηκε ακόμα μια εταιρία διανομής ηλεκτρικού ρεύματος, με την ονομασία Εταιρία Ηλεκτρισμού της Περιοχής Ιρμπίντ (Irbid District Electricity Company – IDECO), με σκοπό να παράγει και να διανέμει ηλεκτρικό ρεύμα στο βόρειο τμήμα της Ιορδανίας. Η IDECO παρέχει ηλεκτρικό ρεύμα στο 23% των καταναλωτών. Στο νότιο τμήμα της χώρας η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος γίνεται ανά περιοχές με μικρές και αναξιόπιστες μηχανές diesel [16].

Το 1967 η πολιτεία ιδρύει την Αρχή Ηλεκτρισμού της Ιορδανίας (Jordan Electricity Authority – JEA), με σκοπό την αναδιάρθρωση του συστήματος και το συντονισμό των εταιριών ηλεκτρισμού. Το 1996 η JEA μετατράπηκε σε δημόσια εταιρία που ανήκει εξολοκλήρου στην πολιτεία και μετονομάστηκε σε Εθνική Εταιρία Ηλεκτρισμού (National Electric Power Company – NEPCO). Επιπλέον υπάρχουν η Κεντρική Εταιρία Παραγωγής Ηλεκτρισμού (Central Electricity Generating Company – CEGCO) που παράγει το 93.5% της ηλεκτρικής ενέργειας της Ιορδανίας, και ο ανεξάρτητος σταθμός παραγωγής της Σάμρα (Samra) ισχύος 300MW που κατασκευάστηκε το 2002 [16].

Συνοψίζοντας λοιπόν την δομή του συστήματος της Ιορδανίας, οι CEGCO και ο σταθμός της Σάμρα παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα, οι εταιρίες JEPKO και IDECO, όπως και η Εταιρία Διανομής Ηλεκτρισμού (Electric Distribution Company – EDCO) είναι υπεύθυνες για τη διανομή στο δίκτυο χαμηλής τάσης ενώ η NEPCO έχει αναλάβει τη λειτουργία, τη διαχείριση και την ανάπτυξη του συστήματος και είναι υπεύθυνη για το δίκτυο υψηλής τάσης και τις διεθνείς συνδέσεις. Όλες οι παραπάνω εταιρίες υπόκεινται στο Υπουργείο Ενέργειας και Ορυκτών Πόρων (Ministry of Energy & Mineral Resources) και στη Ρυθμιστική Επιτροπή Ηλεκτρισμού της Ιορδανίας (Energy Regulatory Commission – ERC). Τέλος το Εθνικό Ενεργειακό Κέντρο Ερευνών (National Energy Research Center – NERC) είναι αρμόδιο για την αξιοποίηση και την έρευνα των ΑΠΕ. Η δομή του συστήματος παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα.

Εικόνα 3.2-1 Δομή ηλεκτρικού συστήματος Ιορδανίας [17]



Στην Ιορδανία υπάρχουν πολύ λίγα κοιτάσματα πετρελαίου, αρκετά από τα οποία παραμένουν ανεκμετάλλευτα λόγω έλλειψης επενδυτικού ενδιαφέροντος. Η Ιορδανική Αρχή Φυσικών Πόρων (Jordanian Natural Resources Authority – NRA) κάνει προσπάθειες προσέλκυσης επενδυτών και παράλληλα διεξάγει γεωλογικές μελέτες για ανακάλυψη νέων κοιτασμάτων. Για να καλυφθούν οι ανάγκες η Ιορδανία εισάγει πετρέλαιο από τη Σαουδική Αραβία, το Κουβέιτ και τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα. Τα τελευταία χρόνια η κυβέρνηση μειώνει σταδιακά τις επιδοτήσεις στα καύσιμα, με συνέπεια η τιμή τους να έχει τριπλασιαστεί [4].

Τα κοιτάσματα φυσικού αερίου της Ιορδανίας εκτιμάται ότι είναι  $5 \cdot 10^9 m^3$ , από τα οποία τα περισσότερα βρίσκονται στην περιοχή Χάμζα (Hamza), ανατολικά της πρωτεύουσας Αμμάν στα σύνορα με τη Σαουδική Αραβία. Από το 1998 η παραγωγή φυσικού αερίου παρουσιάζει φθίνουσα πορεία, η οποία αναμένεται να συνεχιστεί τα προσεχή χρόνια. Για την κάλυψη της ζήτησης φυσικού αερίου γίνονται εισαγωγές, με την κυβέρνηση να εξετάζει σχέδια διασύνδεσης με γειτονικές χώρες και κυρίως τον Αραβικό Αγωγό Φυσικού Αερίου (Εικ.1.4-1) [4].

Μέχρι το 1974 ο ηλεκτρισμός στην Ιορδανία παραγόταν από δύο μικρές και αναξιόπιστες μονάδες diesel. Μετά την ίδρυση της JEA η εγκατεστημένη ισχύς αυξήθηκε με υψηλό ρυθμό ώστε να ανταπεξέλθει στη ζήτηση και να υπάρχει ασφαλές απόθεμα ενέργειας [16].

Το 2007 η συνολική εγκατεστημένη ισχύς της Ιορδανίας ξεπερνούσε τα  $2300 MW$ , με την αιχμή του συστήματος να είναι περίπου  $2100 MW$ , ενώ η παραγόμενη ενέργεια ανέρχεται σε  $13000 GWh$ . Την περίοδο 1978-1998 η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αυξήθηκε με ποσοστό 12% το χρόνο, από  $595 GWh$  το 1978 σε  $6570 GWh$  το 1998. Σχεδόν στο 100% του πληθυσμού παρέχεται ηλεκτρικό ρεύμα. Το δυναμικό του συστήματος παραγωγής αποτελείται κυρίως από πετρελαϊκές ατμοπαραγωγικές μονάδες, από αεριοστρόβιλους πετρελαίου και φυσικού αερίου καθώς και από μονάδες ντίζελ. Αναλυτικά οι ενεργειακοί δείκτες παρουσιάζονται στους ακόλουθους πίνακες από στοιχεία της NEPCO [16].

Πίνακας 3.2-1 Βασικοί ενεργειακοί δείκτες Ιορδανίας [18]

Στοιχεία	2006	2007
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (MW)	2222	2322
Μέγιστο φορτίο (MW)	1901	2160
Παραγόμενη ενέργεια (GWh)	11120	13001
Καταναλισκόμενη ενέργεια (GWh)	9593	10553
Απώλειες δικτύου (%)	17.43	18.89

Πίνακας 3.2-2 Διαθέσιμη ισχύς ανά πηγή ενέργειας [18]

Διαθέσιμη ισχύς σταθμών (MW)	2004	2005	2006	2007
Ατμοστρόβιλοι	1013	1013	1013	1013
Μηχανές ντίζελ	43	43	43	43
Αεριοστρόβιλοι ντίζελ	453	353	193	193
Αεριοστρόβιλοι φ.αερίου	120	150	210	310
Συνδυασμένου κύκλου	-	300	600	600
Υδροηλεκτρική	12	12	12	12
Αιολική	1.4	1.4	1.4	1.4
Βιοκαύσιμα	1	1	4	4
Συνολικά	1643	1873	2076	2176

Πίνακας 3.2-3 Μέγιστο φορτίο συστήματος [18]

	2004	2005	2006	2007
Μέγιστο φορτίο (MW)	1555	1751	1901	2160

Πίνακας 3.2-4 Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ανά σταθμό [18]

Παραγόμενη ενέργεια σταθμών (GWh)	2004	2005	2006	2007
<b>1. Τομέας ηλεκτρισμού</b>	8471	9138	10646	12609
Ατμοστρόβιλοι	7168	7524	5731	6525
Μηχανές ντίζελ	1	2	4	1
Αεριοστρόβιλοι ντίζελ	464	341	67	32
Αεριοστρόβιλοι φ.αερίου	776	648	943	916
Συνδυασμένου κύκλου	-	558	3841	5061
Υδροηλεκτρική	53	57	51	61
Αιολική	3	3	3	3
Βιοκαύσιμα	6	5	6	10
<b>2. Τομέας βιομηχανίας</b>	496	516	474	392
Ατμοστρόβιλοι	422	445	446	379
Μηχανές ντίζελ	74	71	28	13
Συνολικά	8967	9654	11120	13001

Πίνακας 3.2-5 Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα [18]

Τομέας	Κατανάλωση (%)
Οικιακός	37.96
Βιομηχανικός	27.68
Εμπορικός	16.69
Αντλησης νερού	15.11
Φωταγωγή δρόμων	2.56



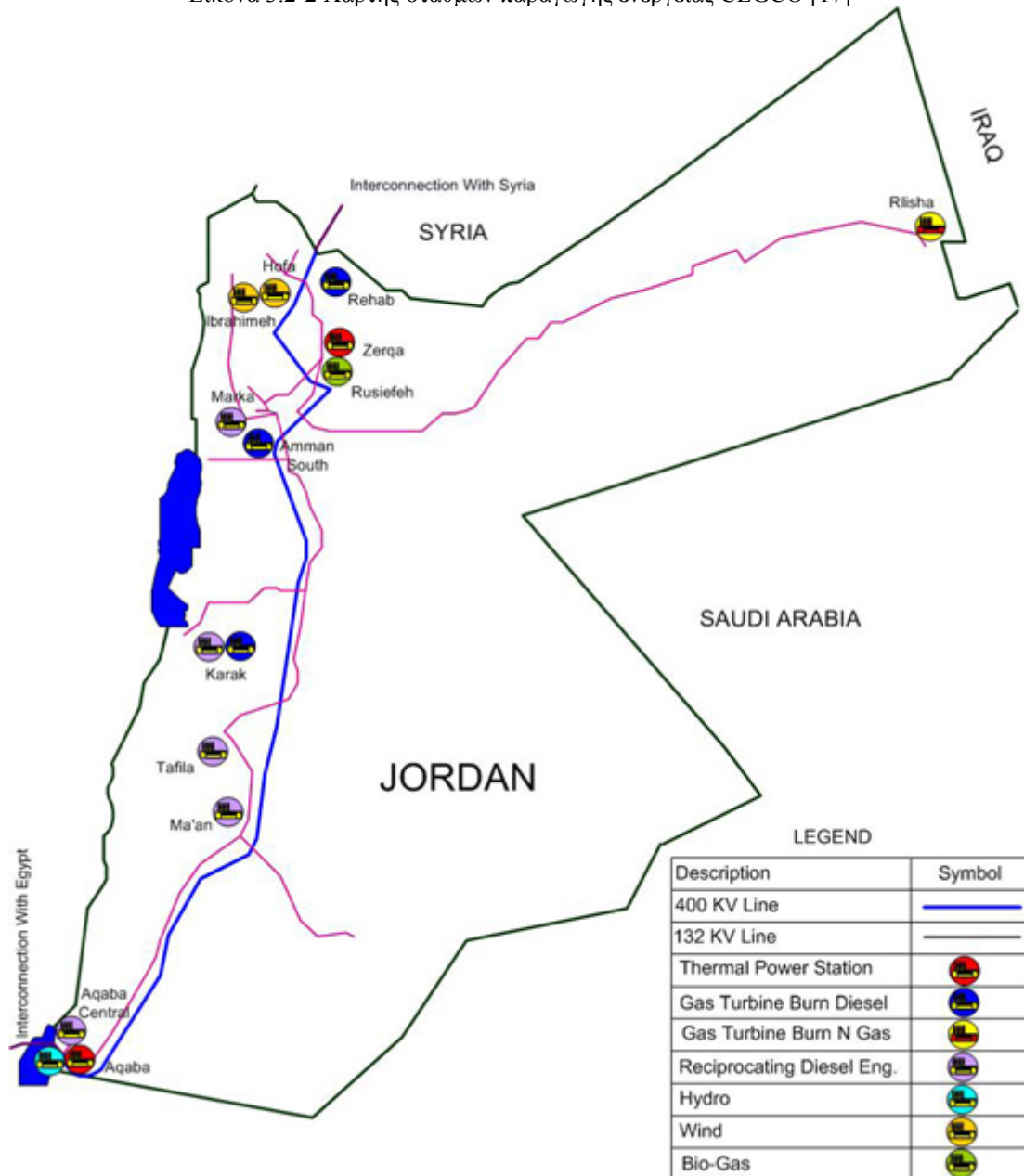
Με βάση τα στοιχεία του έτους 2008 της ίδιας της εταιρίας οι μονάδες παραγωγής ενέργειας της CEGCO, που είναι ο κύριος παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας, παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 3.2-6 Σταθμοί παραγωγής ενέργειας CEGCO (MW) [17]

Σταθμός παραγωγής	Ατμοστρόβιλοι	Αεριοστρόβιλοι ντίζελ	Αεριοστρόβιλοι φ.αερίου	Μηχανές ντίζελ	Υδροηλεκτρική	Αιολική	Συνολικά
Aqaba	5x130				6		656
Hussein	3x33	1x14					396
	4x66	1x19					
Rehab Simple Cycle			2x30				357
Rehab Combined cycle	1x97		2x100				
Risha			5x30				150
Marka		4x20		10			92
Amman south		2x30					60
Karak		1x20		4.5			24.5
Ibrahimiya						4x0.08	0.32
Hofa						5x0.225	1.125
<b>Συνολικά</b>	1110	453	150	25.5	6	1.445	1747

Οι τοποθεσίες των σταθμών παραγωγής ενέργειας της CEGCO στην Ιορδανία παρουσιάζονται στο ακόλουθο σχήμα, όπου επίσης διακρίνονται και οι διεθνείς συνδέσεις με την Αίγυπτο και τη Συρία.

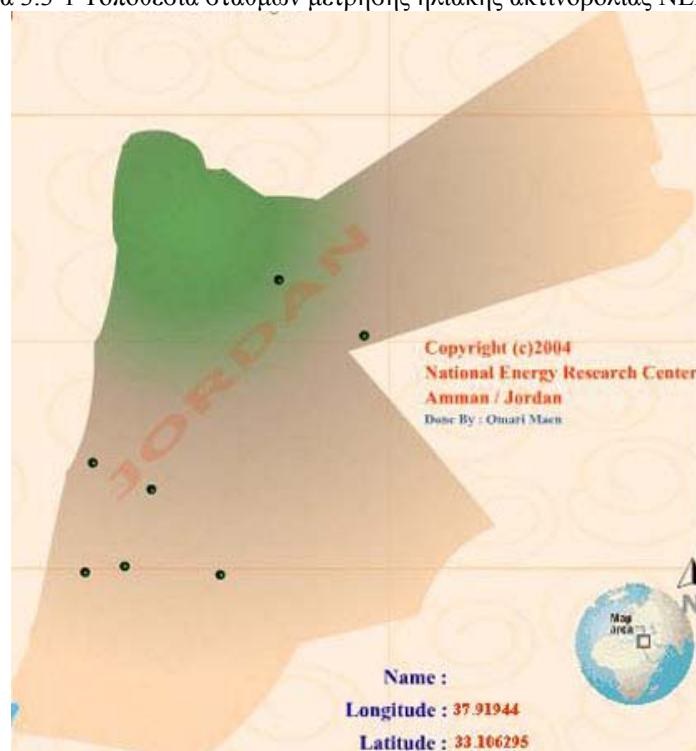
Εικόνα 3.2-2 Χάρτης σταθμών παραγωγής ενέργειας CEGCO [17]



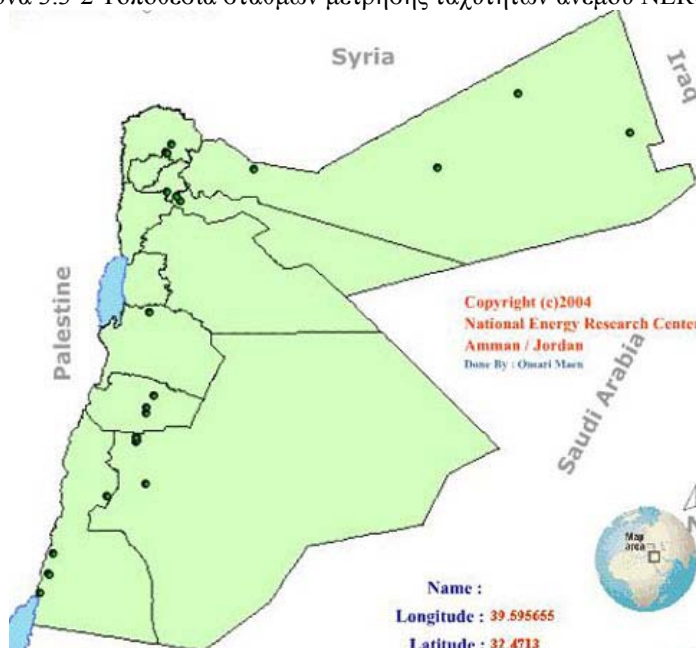
### 3.3 Δυναμικό ΑΠΕ

Στην Ιορδανία είναι περιορισμένα τα διαθέσιμα καταγεγραμμένα δεδομένα για το δυναμικό των ΑΠΕ. Το NERC διεξάγει μετρήσεις με σταθμούς σε διάφορα σημεία της χώρας για την καταγραφή της ηλιακής ακτινοβολίας και των ταχυτήτων του ανέμου. Οι τοποθεσίες των σταθμών μέτρησης αποτυπώνονται στους ακόλουθους χάρτες [19].

Εικόνα 3.3-1 Τοποθεσία σταθμών μέτρησης ηλιακής ακτινοβολίας NERC [19]

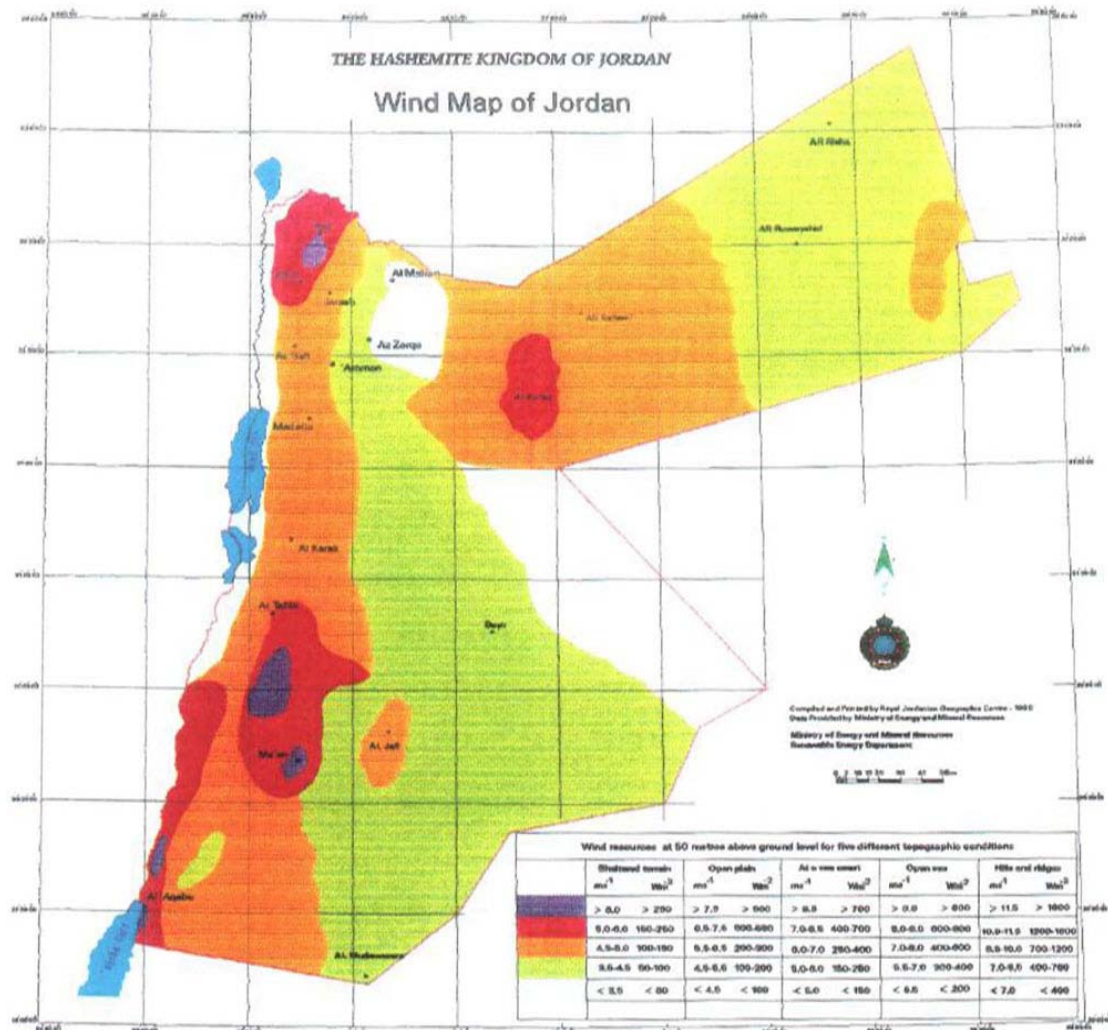


Εικόνα 3.3-2 Τοποθεσία σταθμών μέτρησης ταχυτήτων ανέμου NERC [19]



Το Υπουργείο Ενέργειας και Ορυκτών Πόρων της Ιορδανίας σε συνεργασία με το εργαστήριο Riso της Δανίας, είχαν διεξάγει μετρήσεις των ταχυτήτων του ανέμου στη χώρα στα τέλη της δεκαετίας του '80. Ο αιολικός χάρτης που είχε συνταχθεί τότε έδειχνε δύο περιοχές με αξιοποιήσιμες ταχύτητες ανέμου, στο βόρειο και στο νότιο τμήμα της χώρας. Το εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό υπολογίστηκε ότι είναι περίπου 50MW, με βάση πάντα το ηλεκτρικό δίκτυο εκείνης της εποχής. Οι νέες μετρήσεις αναμένεται να είναι σημαντικά διαφοροποιημένες σε σχέση με τις παλαιότερες [20].

Εικόνα 3.3-3 Αιολικός χάρτης Ιορδανίας [21]



### 3.4 Παρούσα Κατάσταση ΑΠΕ

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας στην Ιορδανία γίνεται σε μεμονωμένες περιπτώσεις, σε οικιακές και πειραματικές εφαρμογές. Το μεγαλύτερο ποσοστό εκμετάλλευσης προέρχεται από οικιακά συστήματα θέρμανσης νερού, που είναι ευρέως διαδεδομένα. Υπολογίζεται ότι το 1992 πάνω από το 20% των κατοικιών είχε τέτοια συστήματα, ποσοστό που έχει αυξηθεί στη σημερινή εποχή [19].

Ακόμα, κάποιες βιομηχανίες αξιοποιούν την ηλιακή ακτινοβολία για παραγωγή θερμότητας ενώ το NERC υλοποιεί διάφορες πειραματικές εφαρμογές, όπως το ηλιακό σπίτι, για ερευνητικούς σκοπούς. Σημαντική εφαρμογή αποτελεί και ο σταθμός ηλιακής αφαλάτωσης στην περιοχή της Άκαμπα (Aqaba), στο νότιο τμήμα της χώρας στον κόλπο της Άκαμπα [19].

Εικόνα 3.4-1 Σταθμός ηλιακής αφαλάτωσης Άκαμπα [19]



Τα φωτοβολταϊκά συστήματα βρίσκονται ακόμα σε πειραματικό στάδιο στη χώρα, και εφαρμόζονται σε μεμονωμένες περιπτώσεις. Υπάρχουν περίπου 75 εγκατεστημένα συστήματα σε σχολεία, νοσοκομεία και δημόσια κτήρια, ενώ λειτουργούν 22 πειραματικοί σταθμοί άντλησης νερού σε απομακρυσμένες περιοχές [19].

Οι εφαρμογές εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας είναι περιορισμένες στην Ιορδανία. Στη χώρα λειτουργούν δύο αιολικά πάρκα, πειραματικού κυρίως χαρακτήρα, στις περιοχές Χόφα (Hofa) και Ιμπραχίμια (Ibrahimiya), στο βόρεια τμήμα της χώρας (Εικ.3.2-2). Το αιολικό πάρκο στη Χόφα κατασκευάστηκε το 1996 και αποτελείται από 5 ανεμογεννήτριες με συνολική ισχύ  $1.125MW$ , ενώ στην Ιμπραχίμια λειτουργούν 4 ανεμογεννήτριες με συνολική ισχύ  $0.320MW$ . Η συνολική ισχύς ανέρχεται σε  $1.445MW$ , με την παραγόμενη ενέργεια να είναι  $3GWh$ . Ακόμα υπάρχουν πειραματικές εφαρμογές για άντληση νερού με χρήση ανεμογεννητριών [17].

Εικόνα 3.4-2 Αιολικό πάρκο Χόφα [17]



Εικόνα 3.4-3 Αιολικό πάρκο Χόφα [17]



Εικόνα 3.4-4 Αιολικό πάρκο Ιμπραχίμια [17]



Εικόνα 3.4-5 Αιολικό πάρκο Ιμπραχίμια [17]

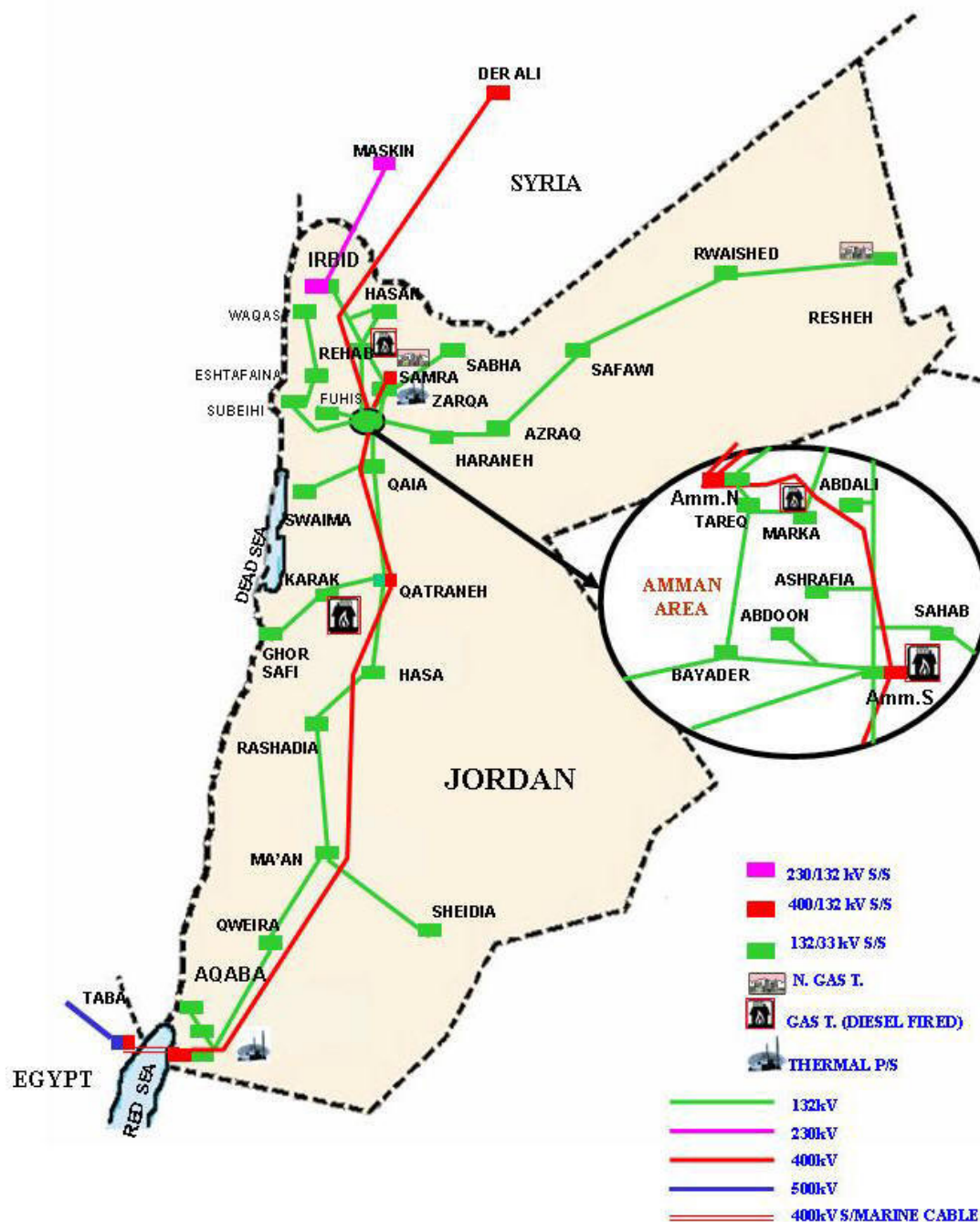


Ως προς τις υπόλοιπες μορφές ΑΠΕ, οι εγκαταστάσεις βιοαερίου στην Ιορδανία έχουν ισχύ  $4MW$  και παράγουν  $10GWh$ , ενώ οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί έχουν εγκατεστημένη ισχύ  $12MW$  που αποφέρουν  $61GWh$  [18].

### 3.5 Δίκτυα-Διασυνδέσεις

Η NEPCO όπως αναφέρθηκε είναι υπεύθυνη για το δίκτυο διανομής της Ιορδανίας, που αποτελείται κυρίως από κύκλωμα  $132kV$ . Το δίκτυο είναι δομημένο στον άξονα βορά-νότου της χώρας και ουσιαστικά είναι ένα ακτινικό σύστημα χωρίς βρόγχους, εκτός από έναν περιφερειακά του Αμμάν, όπου βρίσκεται το κύριο φορτίο του συστήματος. Το μήκος του κυκλώματος των  $132kV$  είναι  $2200km$  αποτελώντας το 73% του δικτύου, ενώ το μήκος του κυκλώματος των  $400kV$  είναι  $809km$ . Το κυριότερο πρόβλημα είναι το υψηλό ποσοστό απωλειών μεταφοράς και διανομής που ανέρχεται περίπου σε 19%, τη στιγμή που ο ευρωπαϊκός μέσος όρος είναι 7%. Το δίκτυο παρουσιάζεται στον ακόλουθο χάρτη [16], [18].

Εικόνα 3.5-1 Χάρτης ηλεκτρικού δικτύου Ιορδανίας [18]



Το ηλεκτρικό δίκτυο της Ιορδανίας συνδέεται σε διεθνές επίπεδο με το δίκτυο της Αιγύπτου στο νότο, και με της Συρίας στο βορρά. Η σύνδεση με την Αίγυπτο γίνεται με υποθαλάσσια γραμμή 400kV χωρητικότητας 550MW, στον κόλπο της Ακαμπα στην Ερυθρά θάλασσα. Στο βόρειο τμήμα αντίστοιχα υπάρχει σύνδεση 400kV χωρητικότητας 800MW με το δίκτυο της Συρίας. Το 2005 η Ιορδανία εισήγαγε 982GWh για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της και εξήγαγε μόλις 5GWh. Από τότε όμως το ισοζύγιο εξισορροπήθηκε σχετικά, και το 2007 οι εισαγωγές ήταν 208GWh και οι εξαγωγές 176.1GWh [3], [18].

### 3.6 Πολιτικές-Προοπτικές

Στα πλαίσια της ανάπτυξης και της ενίσχυσης του ηλεκτρικού συστήματος της Ιορδανίας η NEPCO προσανατολίζεται στην αναβάθμιση των μονάδων παραγωγής και στην επέκταση και αναβάθμιση του δικτύου. Σε εξέλιξη βρίσκονται έργα κατασκευής νέων υποσταθμών και γραμμών μεταφοράς καθώς και έργα βελτίωσης και συντήρησης των σταθμών παραγωγής ενέργειας. Επιπλέον, όπως αναφέρθηκε σχεδιάζονται συνδέσεις με γειτονικές χώρες για εισαγωγή φυσικού αερίου, κυρίως από τον Αραβικό Αγωγό Φυσικού Αερίου [16].

Η CEGCO που είναι υπεύθυνη για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εστιάζει τις μελλοντικές πολιτικές της στην προστασία του περιβάλλοντος και στη βελτίωση της απόδοσης των σταθμών της. Υπό μελέτη είναι η αντικατάσταση των υγρών καυσίμων με φυσικό αέριο σε κάποιες μονάδες καθώς και η χρήση βιοκαυσίμων [17].

Γενικά, η ζήτηση ηλεκτρικού ρεύματος αναμένεται να παρουσιάσει μεγάλη αύξηση στα επόμενα χρόνια. Σύμφωνα με στοιχεία της NEPCO, το 2010 θα απαιτείται ισχύς  $2901MW$  και ενέργεια  $18183GWh$ , και το 2020 ισχύς  $5084MW$  και ενέργεια  $32110GWh$ . Αναλυτικά οι προβλέψεις ενεργειακής ζήτησης για τα επόμενα χρόνια παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα [18].

Πίνακας 3.6-1 Προβλέψεις ενεργειακής ζήτησης [18]

Έτος	Μέγιστο φορτίο (MW)	Παραγόμενη ενέργεια (GWh)
2007	2160	13208
2008	2406	14829
2009	2651	16448
2010	2901	18183
2011	3161	19833
2012	3417	21440
2013	3656	23157
2014	3886	24807
2015	4092	26036
2020	5084	32110

Το NERC έχει αναπτύξει ένα ενεργειακό πλάνο για τα προσεχή χρόνια, στο οποίο βασικοί στόχοι είναι η επίτευξη μεγαλύτερης ενεργειακής αυτάρκειας και η αξιοποίηση των ΑΠΕ. Σε πρώτη φάση, η συμβολή των ανανεώσιμων πρέπει να φτάσει στο 7% της συνολικής ισχύος μέχρι το 2015, και στο 10% μέχρι το 2020. Με βάση τις προβλέψεις της NEPCO απαιτούνται μονάδες ΑΠΕ ισχύος  $286MW$  το 2015, και  $508MW$  το 2020, τη στιγμή που στη σημερινή εποχή είναι εγκατεστημένα  $17.4MW$ . Για την υλοποίηση των στόχων της, το NERC προτείνει την εγκατάσταση αιολικών πάρκων συνολικής ισχύος  $600MW$  μέχρι το 2020, τα οποία παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα [6], [22].



Πίνακας 3.6-2 Μελλοντικά αιολικά πάρκα [22]

Περιοχή	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)	Έτος λειτουργίας
<b>Kamsha</b>	30÷40	2009
<b>Fujaij</b>	60÷70	2010
<b>Harir</b>	100÷200	2012
<b>Wadi Araba</b>	40÷50	2013
<b>Λοιπά</b>	300	2020

Το NERC ακόμα προτείνει για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας μελέτη εγκατάστασης σταθμών ισχύος 300÷600MW, αξιοποίηση βιομάζας και βιοκαυσίμων, καθώς και μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας [22].

Όσον αφορά τις διεθνείς διασυνδέσεις, σχεδιάζεται η ενίσχυση της γραμμής με την Αίγυπτο ώστε να αυξηθεί η χωρητικότητα σε 1100MW μέχρι το 2010. Την ίδια χρονιά αναμένεται να είναι έτοιμο το σχέδιο διπλασιασμού της χωρητικότητας της γραμμής σύνδεσης με τη Συρία. Ακόμα, υπό μελέτη είναι η σύνδεση με τα Παλαιστινιακά εδάφη στο Ισραήλ με διπλή γραμμή 400kV [3].

Καθοριστικός παράγοντας για την ανάπτυξη της Ιορδανίας είναι η ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών της με όσο το δυνατό μεγαλύτερη αυτόαρκεια. Οι υπηρεσίες εστιάζουν την προσοχή τους στην αναβάθμιση των σταθμών και του δικτύου, και στην αύξηση χρήσης φυσικού αερίου. Το δυναμικό των ΑΠΕ είναι αρκετό για να καλύψει σημαντικό ποσοστό των αναγκών της χώρας, και υπάρχει πρόθεση αξιοποίησής τους. Το πλάνο του NERC προτείνει λύσεις, χωρίς όμως να είναι η αρμόδια υπηρεσία για την υλοποίησή τους, με αποτέλεσμα να παραμένει σε θεωρητικό επίπεδο προς το παρόν. Απαραίτητη κρίνεται η θέσπιση κατάλληλων νόμων σχετικά με τις ΑΠΕ, καθώς και η δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για την προσέλκυση επενδυτών.

# 4 ΙΣΡΑΗΛ

## 4.1 Γενικές Πληροφορίες

Επίσημη ονομασία: Κράτος του Ισραήλ

Γλώσσα: Εβραϊκά

Πρωτεύουσα: Ιερουσαλήμ

Πληθυσμός: 7282000 κάτοικοι (2008)

Έκταση: 22072 km<sup>2</sup>

Πυκνότητα: 330 κάτοικοι/km<sup>2</sup>

Εικόνα 4.1-1 Σημαία Ισραήλ [1]



Εικόνα 4.1-2 Έμβλημα Ισραήλ [1]



Εικόνα 4.1-3 Τοποθεσία Ισραήλ [1]



Εικόνα 4.1-4 Γεωφυσικός χάρτης Ισραήλ [2]



## 4.2 Παρούσα Ενεργειακή Κατάσταση

Το Ισραήλ είναι μια χώρα μικρή σε έκταση και πληθυσμό, αλλά αρκετά ανεπτυγμένη, σε σχέση με τα δεδομένα της ευρύτερης περιοχής της ανατολικής Μεσογείου. Η ιδιαιτερότητα της χώρας είναι ότι είναι απομονωμένη από τις γειτονικές χώρες εξαιτίας των πολιτικών συνθηκών, την ίδια στιγμή που οι εγχώριες πηγές ενέργειας δεν επαρκούν για την κάλυψη των αναγκών.

Το Υπουργείο Εθνικών Υποδομών (Ministry of National Infrastructures) είναι υπεύθυνο για τα ενεργειακά ζητήματα του Ισραήλ. Η μοναδική εταιρία στον ενεργειακό τομέα που παράγει, μεταδίδει και διανέμει ηλεκτρικό ρεύμα είναι η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού του Ισραήλ (Israel Electric Corp. – IEC), η οποία σε ποσοστό 99.85% ανήκει στο κράτος του Ισραήλ. Η εταιρία ξεκίνησε να λειτουργεί υπό Παλαιστινιακές αρχές το Μάρτιο του 1923, με το όνομα Παλαιστινιακή Εταιρία Ηλεκτρισμού Περιορισμένης Ευθύνης, που διατηρήθηκε μέχρι το έτος 1961 όπου μετονομάστηκε στην παρούσα ονομασία [23].

Τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στους σταθμούς παραγωγής ενέργειας της IEC είναι ο άνθρακας και το φυσικό αέριο. Όλα τα είδη καυσίμων που χρησιμοποιούνται προέρχονται άμεσα ή έμμεσα από το εξωτερικό, με εξαίρεση κάποιες ποσότητες φυσικού αερίου [23].

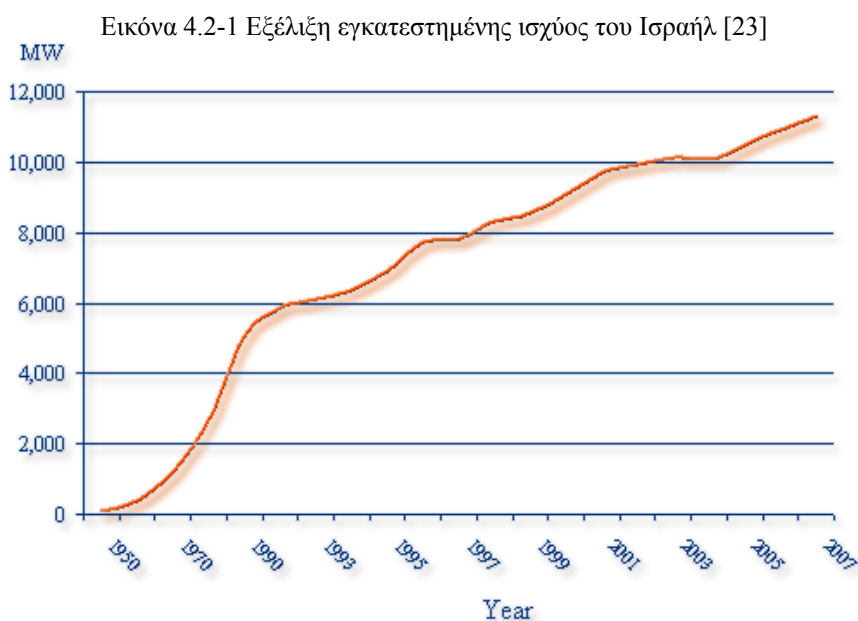
Τα κοιτάσματα πετρελαίου της χώρας δεν επαρκούν για την ικανοποίηση της ζήτησης, αφού το 2006 η συνολική παραγωγή ήταν μόλις 67 βαρέλια τη μέρα. Τα μεγαλύτερα κοιτάσματα βρίσκονται στα εδάφη βόρεια της λωρίδας της Γάζας και υποθαλάσσια στη Μεσόγειο. Αντίστοιχα, για την κάλυψη των αναγκών σε άνθρακα γίνονται εισαγωγές από τη Νότια Αφρική, την Κολομβία, τη Ρωσία, την Αυστραλία και την Ινδονησία, μέσω θυγατρικής εταιρίας της IEC [4], [23].

Η ποσότητα φυσικού αερίου που υπάρχει στα εδάφη της χώρας εκτιμάται ότι ανέρχεται σε  $44 \cdot 10^9 m^3$ , με την κυριότερη πηγή να βρίσκεται στην περιοχή Μάρι (Mari) που ανακαλύφθηκε πρόσφατα. Η παραγωγή τη σημερινή εποχή είναι περίπου  $2.3 \cdot 10^9 m^3$ , νούμερο που αναμένεται να σημειώσει μείωση τα προσεχή χρόνια αφού είναι μικρές οι πιθανότητες εύρεσης νέων κοιτασμάτων. Παράλληλα η κατανάλωση φυσικού αερίου παρουσιάζει αυξητική τάση, αναγκάζοντας έτσι την αύξηση των εισαγωγών τα επόμενα χρόνια. Προς αυτή την κατεύθυνση το 2005 η κυβέρνηση του Ισραήλ ήρθε σε συμφωνία με την αιγυπτιακή Εταιρία Φυσικού Αερίου Ανατολικής Μεσογείου (East Mediterranean Gas Company – EMG) για την προμήθεια φυσικού αερίου [4], [23].

Επομένως, η κυβέρνηση του Ισραήλ και η IEC δεν έχουν το έλεγχο της προμήθειας και διαθεσιμότητας των πρωτογενών πηγών ενέργειας. Για να μειωθούν οι κίνδυνοι που ελλοχεύουν εξαιτίας της εξάρτησης από εξωτερικούς παράγοντες, η IEC διατηρεί αποθέματα που αρκούν για τουλάχιστον 1.5 μήνα και παράλληλα έχει πρόσβαση σε αποθέματα αργού πετρελαίου σε περίπτωση σοβαρού προβλήματος στην προμήθεια καυσίμων [23].

Αναλυτικότερα, το 2007 το 69% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας είχε ως πρωτογενή πηγή τον άνθρακα ( $13.3 \cdot 10^6 tons$ ), το 20% το φυσικό αέριο ( $2.695 \cdot 10^9 m^3$ ), το 7% το ντίζελ ( $0.9 \cdot 10^6 tons$ ), το 3% το πετρέλαιο ( $0.4 \cdot 10^6 tons$ ) και από ανεξάρτητους παραγωγούς το 0.6%. Το κόστος προμήθειας καυσίμων της IEC είναι το 64.4% του συνολικού λειτουργικού κόστους της εταιρίας [23].

Το έτος 1960 η εγκατεστημένη ισχύς στο Ισραήλ ήταν  $410 MW$ , ενώ στο τέλος του 2007 ήταν  $11323 MW$ . Σε 47 χρόνια η ισχύς αυξήθηκε 28 φορές και στη δεκαετία 1997-2007 σημειώνεται μέση ετήσια αύξηση 4.8%, που είναι μεγαλύτερη από την ετήσια αύξηση του ΑΕΠ του Ισραήλ που ανέρχεται σε 3.8%. Η διαχρονική εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος παρουσιάζεται στο ακόλουθο διάγραμμα [23].



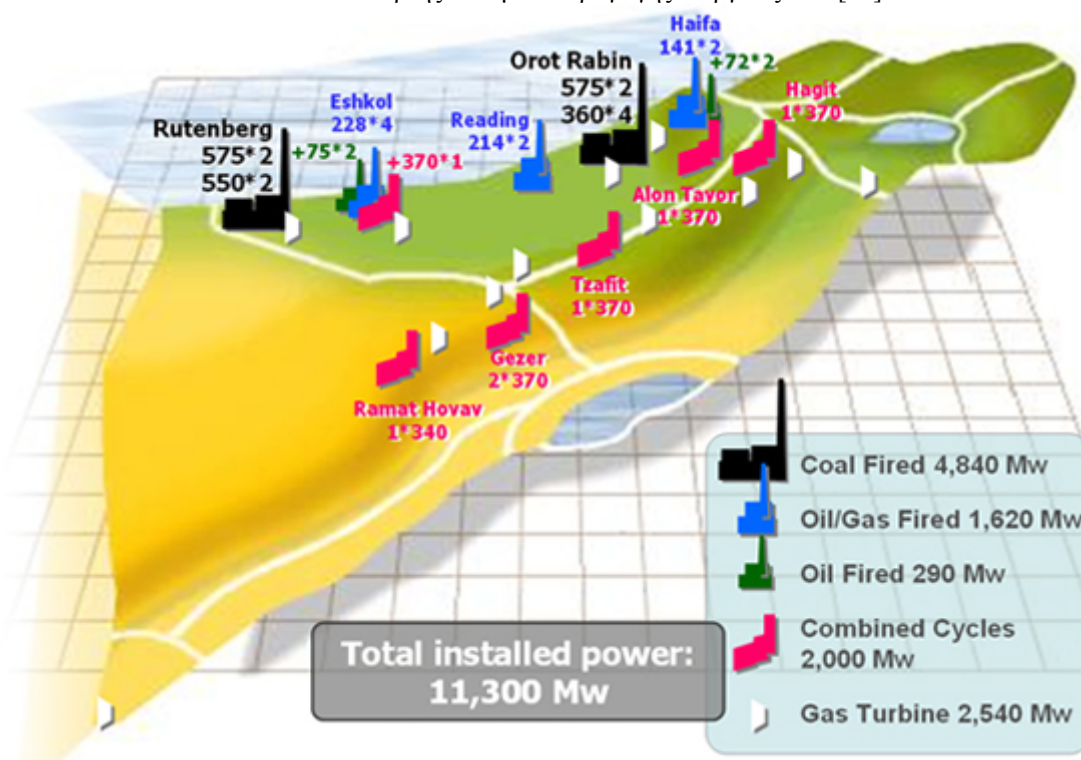
Η IEC αριθμεί συνολικά 17 σταθμούς παραγωγής ενέργειας, που αποτελούνται από 60 μονάδες, στις οποίες χρησιμοποιούνται ατμοστρόβιλοι και αεριοστρόβιλοι. Μέχρι το τέλος του 2007 η IEC είχε 2.4 εκατομμύρια πελάτες με συνολική ζήτηση 49323GWh ενώ το 1997 είχε 1.9 εκατομμύρια πελάτες με ζήτηση 30822GWh. Οι μεγάλες αυξήσεις των ενεργειακών δεικτών που παρατηρούνται τα τελευταία χρόνια οφείλονται στην πολιτική ανάπτυξης της χώρας, στην αυξημένη μετανάστευση προς τη χώρα καθώς και στο γεγονός ότι παρατηρούνται λιγότερες πολεμικές συρράξεις, στα εγχώρια εδάφη, σε σχέση με προηγούμενες δεκαετίες. Συνοπτικά τα στοιχεία της IEC παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα [23].

Πίνακας 4.2-1 Βασικοί ενεργειακοί δείκτες Ισραήλ [23]

Στοιχεία	2007
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (MW)	11323
Μέγιστο φορτίο (MW)	10070
Παραγόμενη ενέργεια (GWh)	53613
Καταναλισκόμενη ενέργεια (GWh)	49323

Στον ακόλουθο χάρτη αποτυπώνεται η τοποθεσία των σταθμών παραγωγής ενέργειας της IEC και παρουσιάζονται αναλυτικά τα στοιχεία του κάθε σταθμού.

Εικόνα 4.2-2 Χάρτης σταθμών παραγωγής ενέργειας IEC [23]



Πίνακας 4.2-2 Χαρακτηριστικά σταθμών παραγωγής ενέργειας IEC [23]

Είδος Μονάδας	Τοποθεσία	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
Ατμοπαραγωγοί	Haifa (πετρέλαιο)	426
	Eshkol (πετρέλαιο)	150
	Riding (πετρέλαιο-φ.αέριο)	428
	Eshkol (πετρέλαιο-φ.αέριο)	912
	Orot Rabin (πετρέλαιο-άνθρακας)	2590
	Rutenberg (πετρέλαιο-άνθρακας)	2250
	<b>Σύνολο</b>	<b>6756</b>
Αεριοστρόβιλοι παράγωγοι αεροπορικών κινητήρων	Kinorot	80
	Haifa	80
	Kesaria	130
	Raanana	11
	Hartuv	40
	Eitan	40
	Orot Rabin	15
	Rutenberg	40
	Eshkol	10
	Eilat	65
<b>Σύνολο</b>	<b>511</b>	
Βιομηχανικοί αεριοστρόβιλοι	Ramat Hovav	200
	Tzafit	220
	Alon Tavor	220
	Eilat	34
	Atarot	68
	Gezer	592
	<b>Σύνολο</b>	<b>1334</b>
Συνδυασμένου κύκλου	Ramat Hovav	335
	Hagit	971
	Eshkol	377
	Gezer 3	319
	Alon Tavor*	240
	Gezer 4*	206
	Tzafit*	248
	<b>Σύνολο</b>	<b>2696</b>
<b>Συνολική εγκατεστημένη ισχύς IEC</b>		<b>11297</b>
<b>Ιδιωτικοί παραγωγοί</b>	Etgal Ashdod	26
<b>Συνολική εγκατεστημένη ισχύς</b>		<b>11323</b>

\*Αεριοστρόβιλοι με προοπτική λειτουργίας σε συνδυασμένο κύκλο

Η IEC ταξινομεί τους καταναλωτές σε οικιακούς, εμπορικούς, αγροτικούς, βιομηχανικούς, άντλησης νερού και στις Παλαιστινιακές αρχές. Η ζήτηση κατανέμεται ως εξής στους παραπάνω τομείς [23].

Πίνακας 4.2-3 Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα [23]

Τομέας	Κατανάλωση (%)
Οικιακός	31
Εμπορικός	30
Βιομηχανικός	23
Παλαιστινιακές αρχές	7
Άντλησης νερού	6
Αγροτικός	4

Όπως αναφέρθηκε η κρατική IEC έχει την αποκλειστικότητα στην παραγωγή ηλεκτρική ενέργειας, ωστόσο υπάρχουν και ανεξάρτητοι παραγωγοί ενέργειας. Το έτος 2007 η IEC προμηθεύτηκε από τον ιδιωτικό τομέα  $200GWh$  που αντιστοιχούν στο 0.4% της συνολικής ενέργειας. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των ανεξάρτητων παραγωγών ανέρχεται σε  $71MW$ , αποτελώντας το 0.6% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος [23].

### 4.3 Δυναμικό ΑΠΕ

Για το Ισραήλ δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για το δυναμικό των ΑΠΕ. Σύμφωνα με όσα αναφέρει το υπουργείο εξωτερικών του Ισραήλ το αιολικό δυναμικό της χώρας εκτιμάται ότι ανέρχεται σε  $600MW$ . Οι τοποθεσίες με καλό και ενδεχομένως εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό είναι τα υψίπεδα του Γκολάν στο βορρά (Golan Heights) και η περιοχή Αράβα (Arava) στο νότιο τμήμα της χώρας, ανάμεσα στην Ιορδανία και την Αίγυπτο, κοντά στον κόλπο Άκαμπα [24].

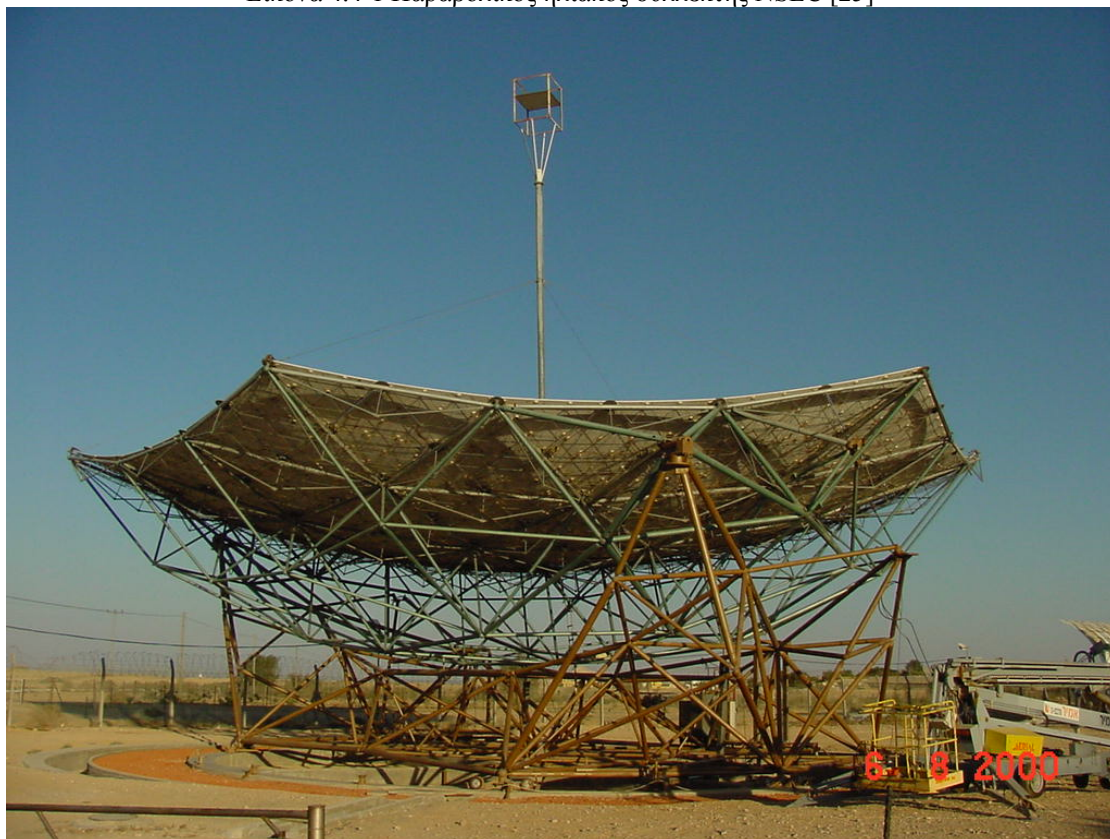
Ακόμα, από το γεωγραφικό πλάτος της χώρας, και την ηλιοφάνεια των γειτονικών χωρών προκύπτει το συμπέρασμα ότι το Ισραήλ δέχεται μεγάλες ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, χωρίς όμως να υπάρχουν διαθέσιμες ακριβείς μετρήσεις. Οι περιοχές που δέχονται υψηλή ηλιακή ακτινοβολία είναι η έρημος Νέγκεβ (Negev desert) και η πεδιάδα Αράβα (Arava valley), στο νότιο τμήμα της χώρας. Εκεί εντοπίζονται και τα περισσότερα ερευνητικά κέντρα ηλιακής ενέργειας [25].

### 4.4 Παρούσα Κατάσταση ΑΠΕ

Η έλλειψη εγχώριων πηγών ενέργειας, και ειδικότερα καυσίμων, σε συνδυασμό με την απομόνωση από τις γειτονικές χώρες ανάγκασαν την κυβέρνηση του Ισραήλ, από τη δεκαετία του '70, να προωθήσει την εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών στα κτήρια της χώρας. Στη σημερινή εποχή το 90% των σπιτιών έχουν ηλιακούς συλλέκτες, ποσοστό που καθιστά το Ισραήλ, μαζί με την Κύπρο, πρωτοπόρο παγκοσμίως. Υπολογίζεται ότι τα ηλιακά συστήματα των κατοικιών καλύπτουν το 4% των ενεργειακών αναγκών της χώρας [1].

Στην περιοχή Negev δραστηριοποιείται το πανεπιστήμιο Μπεν Γκουριόν (Ben-Gurion University), τμήμα του οποίου αποτελεί το Εθνικό Κέντρο Ηλιακής Ενέργειας (National Solar Energy Center) που ιδρύθηκε το 1987. Τα ιδρύματα αυτά διεξάγουν έρευνες και πειράματα στον τομέα της ηλιακής ενέργειας, με σκοπό την περαιτέρω αξιοποίησή της για παραγωγή ενέργειας. Εκεί έχει κατασκευαστεί ο μεγαλύτερος παραβολικός ηλιακός συλλέκτης στον κόσμο [25].

Εικόνα 4.4-1 Παραβολικός ηλιακός συλλέκτης NSEC [25]



Η πρώτη φορά που αξιοποιήθηκε ο άνεμος στο Ισραήλ για παραγωγή ενέργειας ήταν το 1992. Η εταιρία νερού Mey Golan, που είναι γνωστή και ως Meï Eden, κατασκεύασε το πρώτο αιολικό πάρκο της χώρας, στα υψίπεδα του Γκολάν (Golan Heights) στο βόρειο τμήμα της χώρας, κοντά στα σύνορα με τη Συρία. Η ισχύς του πάρκου είναι  $6MW$  και η ενέργεια που παράγεται τροφοδοτεί κατά κύριο λόγο τα εργοστάσια της εταιρίας, άλλα εργοστάσια και 20000 κατοίκους κοντινών περιοχών, και σε μικρότερο ποσοστό το εθνικό δίκτυο [24].

Εικόνα 4.4-2 Αιολικό πάρκο υψίπεδα Γκολάν [2]





Εικόνα 4.4-3 Αιολικό πάρκο υψίπεδα Γκολάν [2]



Εικόνα 4.4-4 Αιολικό πάρκο υψίπεδα Γκολάν [2]



## 4.5 Δίκτυα-Διασυνδέσεις

Η IEC είναι υπεύθυνη για τη μεταφορά και τη διανομή του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγεται στους σταθμούς της. Το ηλεκτρικό δίκτυο καλύπτει όλη τη χώρα χωρίς ιδιαίτερα υψηλές απώλειες, που κυμαίνονται στα ευρωπαϊκά πρότυπα [23].

Λόγω των πολιτικών και κοινωνικών συνθηκών της περιοχής το ηλεκτρικό δίκτυο του Ισραήλ δε συνδέεται με κανένα από τα δίκτυα των γειτονικών χωρών. Παρόλο που συνορεύει με τις περισσότερες χώρες στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου αποτελεί ένα πλήρως απομονωμένο σύστημα, και μπορεί να χαρακτηριστεί ως 'ηλεκτρικό νησί' [3].

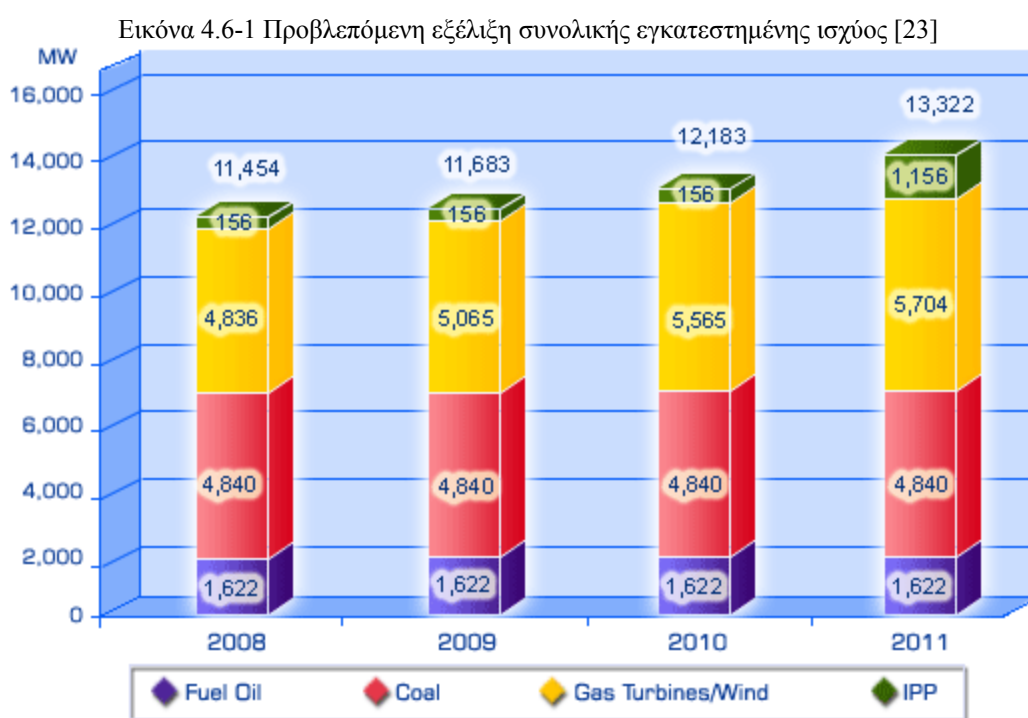
## 4.6 Πολιτικές-Προοπτικές

Τα προσεχή χρόνια το Ισραήλ καλείται να ανταπεξέλθει στην αύξηση της ενεργειακής ζήτησης, πάντα σε συνδυασμό με την έλλειψη πηγών ενέργειας και την απομόνωση από τις γειτονικές χώρες.

Η χώρα δεν έχει αυτάρκεια στην παραγωγή ενέργειας, και από τα χρησιμοποιούμενα καύσιμα μόνο το φυσικό αέριο προέρχεται σε κάποιο ποσοστό από το εσωτερικό. Επιπλέον το φυσικό αέριο είναι πιο φιλικό καύσιμο προς το περιβάλλον σε σχέση με αυτά που χρησιμοποιούνται στις υπάρχουσες μονάδες. Στην κατεύθυνση αυτή βασικός στόχος της IEC τα επόμενα χρόνια είναι η αντικατάσταση των χρησιμοποιούμενων καυσίμων με φυσικό αέριο, όπου αυτό είναι τεχνικά δυνατό. Μέχρι το 2012 η επιδίωξη είναι η συμβολή του φυσικού αερίου να έχει διπλασιαστεί σε 40%, και παράλληλα να μειωθεί η συμβολή του άνθρακα σε 54% [23].

Ακόμα, η κυβέρνηση του Ισραήλ πρόσφατα άλλαξε την πολιτική της στον τομέα παραγωγής ενέργειας, αποφασίζοντας να απελευθερωθεί η αγορά και να αυξηθεί το ποσοστό των ιδιωτικών εταιριών παραγωγής ενέργειας. Ο στόχος είναι το ποσοστό να αυξηθεί σε 20% που αντιστοιχεί σε 2300MW, σε σχέση με τα 71MW που παράγονται στην παρούσα φάση [23].

Μέχρι το 2011 αναμένεται να είναι έτοιμες και 5 νέες μονάδες συνδυασμένου κύκλου της IEC, συνολικής ισχύος 1847MW. Το ενεργειακό πλάνο των προσεχών ετών επομένως συσχετίζεται με χρησιμοποίηση φυσικού αερίου και άνοιγμα της ενεργειακής αγοράς στον ιδιωτικό τομέα, όπου μέχρι το 2011 αποτυπώνεται στο ακόλουθο σχήμα [23].



Τα προσεχή χρόνια υπάρχει πρόθεση εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας στην έρημο Negev, όχι μόνο σε ερευνητικά πλαίσια όπως τώρα. Στο βόρειο τμήμα της ερήμου, στην περιοχή Ασαλίμ (Ashalim) σχεδιάζεται κατασκευή ηλιακού πάρκου εγκατεστημένης ισχύος  $250MW$ , το οποίο αναμένεται να είναι έτοιμο μετά το 2013. Ήδη έχει ξεκινήσει η κατασκευή δύο θερμικών και μίας φωτοβολταϊκής μονάδας [25].

Ακόμα η ισραηλινή εταιρία Zenith Solar, μελετά την κατασκευή ηλιακού πάρκου, σε συνεργασία με τα ερευνητικά κέντρα, εφαρμόζοντας ένα νέο τύπο ηλιακού συγκεντρωτικού συλλέκτη, που θα παράγει περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια με χαμηλότερο κόστος σε σχέση με τις συμβατικές τεχνολογίες. Τα αποτελέσματα των δοκιμών που έγιναν από το Εθνικό Κέντρο Ηλιακής Ενέργειας ήταν πολύ ικανοποιητικά, και εκτιμάται ότι με ευρεία χρήση της πρωτοπόρου τεχνολογίας η συνεισφορά της ηλιακής ενέργειας μπορεί να φτάσει το 16% [25], [26].

Εικόνα 4.6-2 Υπό μελέτη ηλιακό πάρκο Zenith Solar [26]



Στον τομέα της αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας η πρόθεση της κυβέρνησης είναι η εγκατεστημένη ισχύς των αιολικών πάρκων να ανέρχεται σε  $300MW$  το 2012. Η IEC εξετάζει την εγκατάσταση αιολικών πάρκων στην περιοχή της Γαλιλαίας (Galilee), στην έρημο Νέγκεβ, και στην περιοχή Αράβα σε συνεργασία με την Ιορδανία [6].

Παράλληλα, η εταιρία Mey Golan μελετά την εγκατάσταση αιολικού πάρκου ισχύος  $400MW$  με 150 ανεμογεννήτριες βόρεια από τα υψίπεδα του Γκολάν, χωρίς αυτό όμως να εντάσσεται στα πλαίσια της ενεργειακής πολιτικής. Μία ακόμα εταιρία που δραστηριοποιείται στην αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας της χώρας είναι η Afcon Industries, που βρίσκεται σε διαπραγματεύσεις για εγκατάσταση δύο αιολικών πάρκων στη έρημο της Αράβα, χωρίς όμως να υπάρχει συγκεκριμένη μελέτη ακόμα [6].

Στα θέματα του ηλεκτρικού δικτύου η IEC έχει ως στόχο την τετραετία 2008-2012 τη βελτίωση και αναβάθμισή των γραμμών μεταφοράς και διανομής, καθώς και των διαφόρων υποσταθμών. Ακόμα υπό μελέτη βρίσκονται σχέδια σύνδεσης των Παλαιστινιακών περιοχών με την Αίγυπτο και την Ιορδανία, που έστω και έμμεσα θα αποτελούν τις πρώτες διεθνείς συνδέσεις του Ισραήλ [3], [23].

Η γεωγραφική θέση της χώρας είναι τέτοια που θα μπορούσε να αποτελεί σημαντικό ενεργειακό κόμβο της ευρύτερης περιοχής. Ωστόσο, οι πολιτικές συνθήκες έχουν οδηγήσει τη χώρα στο σημείο να είναι πλήρως απομονωμένη, παρόλο που υπάρχει ανεπάρκεια ενεργειακών πηγών.

Η ενεργειακή πολιτική του Ισραήλ έχει ως βασικούς άξονες τη χρήση φυσικού αερίου και την προσέλκυση ανεξάρτητων παραγωγών και επενδυτών με την απελευθέρωση της αγοράς. Η αξιοποίηση των ΑΠΕ, που ουσιαστικά αποτελούν και τις μοναδικές εγχώριες πηγές ενέργειας, προέρχεται από πρωτοβουλίες του ιδιωτικού τομέα κυρίως, αν και η ένταξή τους στην ενεργειακή πολιτική θα ενίσχυε σε σημαντικό βαθμό την αυτότητα και την ανεξαρτησία της χώρας.

# 5 ΛΙΒΑΝΟΣ

## 5.1 Γενικές Πληροφορίες

Επίσημη ονομασία: Δημοκρατία του Λιβάνου

Γλώσσα: Αραβικά

Πρωτεύουσα: Βηρυτός

Πληθυσμός: 4196453 κάτοικοι (2008)

Έκταση: 10452 km<sup>2</sup>

Πυκνότητα: 401 κάτοικοι/km<sup>2</sup>

Εικόνα 5.1-1 Σημαία Λιβάνου [1]



Εικόνα 5.1-2 Έμβλημα Λιβάνου [1]



Εικόνα 5.1-3 Τοποθεσία Λιβάνου [1]



Εικόνα 5.1-4 Γεωφυσικός χάρτης Λιβάνου [2]



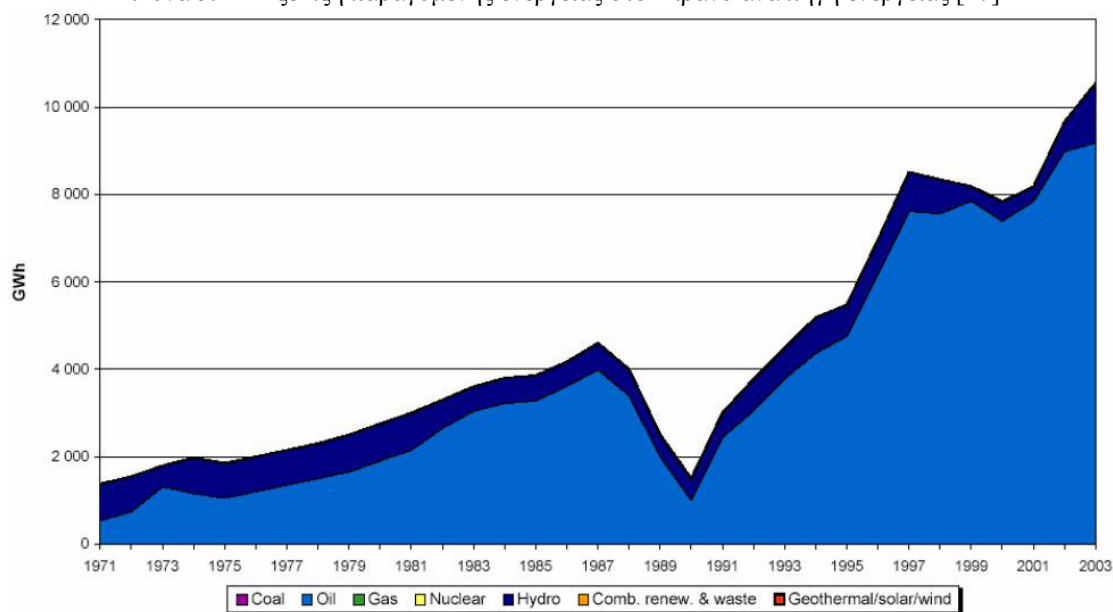
## 5.2 Παρούσα Ενεργειακή Κατάσταση

Ο Λίβανος είναι η μικρότερη σε έκταση και σε πληθυσμό χώρα της ανατολικής Μεσογείου, ενώ παράλληλα αντιμετωπίζει και τα περισσότερα προβλήματα. Οι πηγές ενέργειας εντός συνόρων είναι ελάχιστες και η εξάρτηση από γειτονικές χώρες είναι πολύ μεγάλη, ενώ οι συχνοί πόλεμοι εμποδίζουν την αρμονική και σταθερή ανάπτυξη της χώρας.

Ο τομέας ηλεκτρισμού του Λιβάνου είναι υπό τον έλεγχο της κρατικής εταιρίας Ηλεκτρισμού του Λιβάνου (Electricite du Liban – EDL). Η EDL υπάγεται στο Υπουργείο Ενέργειας και Νερού (Ministry of Energy and Water) που είναι υπεύθυνο για τα ενεργειακά ζητήματα της χώρας και για τη χάραξη της ενεργειακής πολιτικής, ενώ η Πετρελαϊκή Διεύθυνση (Directorate of Petroleum – MoP) είναι αρμόδια για τα υγρά και αέρια καύσιμα. Για τα ζητήματα διαχείρισης και εξοικονόμησης ενέργειας και το περιβάλλον είναι υπεύθυνη η Λιβανέζικη Ένωση Εξοικονόμησης Ενέργειας και Περιβάλλοντος (Association Libanaise pour la Maitrise de l'Énergie et l'Environnement – ALMEE), και για την ηλιακή ενέργεια και τις ΑΠΕ το Λιβανέζικο Κέντρο Ηλιακής Ενέργειας (Lebanese Solar Energy Society – LSES).

Από το έτος 1990, μετά το τέλος του εμφυλίου πολέμου στο Λίβανο, η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος αυξήθηκε με υψηλό ρυθμό, φτάνοντας το 2003 τις 10548GWh. Ωστόσο μέχρι το 2006 η παραγωγή μειώθηκε σε 9287 GWh, με παράλληλη όμως αύξηση των εισαγωγών για την κάλυψη των αναγκών. Το 87% της ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται από θερμοηλεκτρικές μονάδες, αερίων, υγρών και στερεών καυσίμων, ενώ το υπόλοιπο 13% προέρχεται από υδροηλεκτρικές μονάδες [27].

Εικόνα 5.2-1 Εξέλιξη παραγόμενης ενέργειας στο Λίβανο ανά πηγή ενέργειας [27]



Συνυπολογίζοντας τις απώλειες δικτύου που ανέρχονται σε 15%, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας το 2003 ήταν περίπου 9000GWh, με μέση κατανάλωση ανά κάτοικο 2000kWh/κάτοικο. Η κατανομή της κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα [27].

Εικόνα 5.2-2 Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα [28]

Τομέας	Κατανάλωση (%)
Οικιακός	30
Βιομηχανικός	25
Μεταφορές	45

Το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας, της τάξης του 77%, παράγεται από τον κρατικό τομέα, το υπόλοιπο καλύπτεται κατά 15% από ιδιωτικές μονάδες παραγωγής, ενώ ένα 5% εισάγεται από τη Συρία.. Όπως αναφέρθηκε, κύριος υπεύθυνος για τον ηλεκτρισμό στο Λίβανο είναι η κρατική εταιρία EDL μαζί με τη θυγατρική εταιρία Kadisha, που υπό τη διεύθυνση τους λειτουργούν 7 θερμοηλεκτρικοί σταθμοί συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 2034MW, και 6 υδροηλεκτρικοί σταθμοί με συνολική ισχύ περίπου 221MW. Τα χαρακτηριστικά των παραπάνω μονάδων παρουσιάζονται στους ακόλουθους πίνακες [27], [28].

Πίνακας 5.2-1 Θερμοηλεκτρικοί σταθμοί Λιβάνου [28]

Όνομα σταθμού	Είδος	Καύσιμο	Ιδιοκτησία	Εγκατεστημένη ισχύς (MW)
<b>Zouk</b>	Ατμοστρόβιλος	Αργό πετρέλαιο	EDL	3x145/175
<b>Zouk</b>	Αεριοστρόβιλος	Ντίζελ	EDL	18
<b>Jieh</b>	Ατμοστρόβιλος	Αργό πετρέλαιο	EDL	2x62/3x69
<b>Hreyche</b>	Ατμοστρόβιλος	Ντίζελ	Kadisha	65
<b>Baalbeck</b>	Αεριοστρόβιλος	Ντίζελ	EDL	2x35
<b>Sour</b>	Αεριοστρόβιλος	Ντίζελ	EDL	2x35
<b>Zahrani</b>	Συνδυασμένου κύκλου	Ντίζελ/Φ.Αέριο	EDL	3x145
<b>Deir Amar</b>	Συνδυασμένου κύκλου	Ντίζελ/Φ.Αέριο	EDL	3x145
<b>Συνολικά</b>				<b>2034</b>

Πίνακας 5.2-2 Υδροηλεκτρικοί σταθμοί Λιβάνου [28]

Όνομα σταθμού	Ιδιοκτησία	Εγκατεστημένη ισχύς (MW)
<b>Safa/Richmaya</b>	EDL	13
<b>Abdel Al</b>	Δημόσια	34
<b>Arkache</b>	Δημόσια	108
<b>Helou</b>	Δημόσια	48
<b>Nahr Ibrahim</b>	Ιδιωτική	33
<b>Bared</b>	Ιδιωτική	17
<b>Abou Ali</b>	Kadisha	7.4
<b>Blaouza</b>	Kadisha	8.4
<b>Mar Lichaa</b>	Kadisha	3.1
<b>Bcharre</b>	Kadisha	1.6
<b>Συνολικά</b>		<b>273.5</b>



Πίνακας 5.2-3 Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ανά σταθμό (GWh) [28]

Σταθμοί	2000	2001	2002	2003
Jieh	1940	1807	1850	1154
Zouk (ατμοστρόβιλος)	3056	3002	3174	2755
Zouk (αεριοστρόβιλος)	15	0	0	0
Sour	254	359	51	46
Baalbek	18	195	145	79
Zahrani	1119	1249	2043	2390
Deir Ammar	694	947	1416	2414
Hreyche	293	282	303	346
Σύνολο θερμοηλεκτρικών	7390	7842	8982	9184
Safa	17	11	26	37
Abdel Al/ Arkache/ Helou	257	146	424	1027
Nahr Ibrahim	75	72	94	121
Bared	43	44	60	85
Abou Ali/ Blaouza/ Mar Lichaa/ Bcharre	58	59	74	92
Σύνολο υδροηλεκτρικών	449	332	678	1368
Συνολική παραγωγή	7837	8174	9660	10548
Εισαγωγές	1397	1263	532	0
Σύνολο	9236	9437	10192	10548

Πίνακας 5.2-4 Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ανά σταθμό (GWh) (συνέχεια) [28]

Σταθμοί	2004	2005	2006
Jieh	1415	1800	1248
Zouk (ατμοστρόβιλος)	2656	2806	2204
Zouk (αεριοστρόβιλος)	0	0	0
Sour	66	138	133
Baalbek	106	137	150
Zahrani	2184	1556	2530
Deir Ammar	2291	2355	2038
Hreyche	353	286	289
Σύνολο θερμοηλεκτρικών	9072	9078	8592
Safa	25	22	25
Abdel Al/ Arkache/ Helou	846	775	457
Nahr Ibrahim	197	105	84
Bared	62	62	52
Abou Ali/ Blaouza/ Mar Lichaa/ Bcharre	81	82	77
Σύνολο υδροηλεκτρικών	1120	1046	695
Συνολική παραγωγή	10192	10124	9287
Εισαγωγές	216	455	929
Σύνολο	10409	10579	10216

Παρόλο που η εισαγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από ξένες χώρες είναι προσεγγιστικά μόλις το 5÷10% της εγχώριας παραγωγής, ο Λίβανος όπως αναφέρθηκε δεν είναι αυτόνομος στον ενεργειακό τομέα. Από το υπόλοιπο 90÷95% που παράγεται εγχώρια, μόλις το 3.8% προέρχεται από πρωτογενείς πηγές ενέργειας της χώρας, ενώ το υπόλοιπο 96.2% συμπληρώνεται από εισαγωγές αερίων, υγρών και στερεών καυσίμων [27].

Να σημειωθεί ότι όλα τα παραπάνω στοιχεία και δεδομένα αναφέρονται μέχρι το έτος 2006, καθώς το καλοκαίρι της ίδιας χρονιάς έγινε πόλεμος μεταξύ Λιβάνου και Ισραήλ που είχε διάρκεια ενός μήνα και έπληξε τη χώρα σε μεγάλο βαθμό. Επομένως ενδέχεται κάποια στοιχεία να είναι πλέον διαφοροποιημένα.

### 5.3 Δυναμικό ΑΠΕ

Στοιχεία που να αποτυπώνουν αναλυτικά το δυναμικό των ΑΠΕ στο Λίβανο δεν υπάρχουν, ως επακόλουθο των πολλών προβλημάτων και της αστάθειας της χώρας. Ωστόσο υπάρχουν κάποια δεδομένα που παρουσιάζουν εν μέρει τις συνθήκες που επικρατούν κατά τόπους.

Όπως όλες οι χώρες της ανατολικής Μεσογείου, έτσι και ο Λίβανος δέχεται αρκετή ηλιακή ακτινοβολία, λόγω του γεωγραφικού πλάτους και των πολλών ωρών ημερήσιας ηλιοφάνειας. Στοιχεία για την ηλιακή ενέργεια που δέχονται τα παράλια και το εσωτερικό της χώρας παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 5.3-1 Μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία [21], [27]

Μήνας	Παράλια		Ηπειρωτικά		Διάρκεια ημέρας (hr)
	Ηλιακή ακτινοβολία (kWh/m <sup>2</sup> /day)	Ώρες ηλιοφάνειας (hr)	Ηλιακή ακτινοβολία (kWh/m <sup>2</sup> /day)	Ώρες ηλιοφάνειας (hr)	
Ιανουάριος	2.4	4.6	2.4	4.5	10.0
Φεβρουάριος	3.2	5.6	3.4	5.5	10.8
Μάρτιος	4.1	6.4	4.4	6.4	11.8
Απρίλιος	5.5	7.7	5.9	8.5	12.9
Μάιος	6.6	10.1	7.2	10.5	13.8
Ιούνιος	7.3	11.5	8.5	13.1	14.2
Ιούλιος	7.0	11.4	8.4	13.2	14.0
Αύγουστος	6.3	10.6	7.7	12.4	13.2
Σεπτέμβριος	5.3	10.4	6.5	11.2	12.1
Οκτώβριος	4.0	8.1	4.7	9.0	11.0
Νοέμβριος	2.9	6.4	3.3	6.7	10.2
Δεκέμβριος	2.3	5.0	2.4	4.8	9.8

Ο Λίβανος στα δυτικά βρέχεται από τη Μεσόγειο θάλασσα, ενώ στα ανατολικά συνορεύει με την έρημο της Συρίας. Οι συνθήκες αυτές δημιουργούν κατά τόπους ισχυρούς ανέμους, ειδικά το καλοκαίρι. Οι περιοχές που παρουσιάζονται υψηλές ταχύτητες ανέμου είναι στο βόρειο τμήμα της χώρας, στην επαρχία Ακάρ (Akkar), και στο νοτιότερο τμήμα, στα σύνορα με το Ισραήλ. Καταγεγραμμένες ταχύτητες ανέμων σε περιοχές της χώρας παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα [29].

Πίνακας 5.3-2 Μέσες μηνιαίες ταχύτητες ανέμου ( $m/s$ ) [21], [27]

Μήνας	Beirut-Airport	Cedars	Rayak	Ksara	Khalde
Ιανουάριος	4.6	2.9	3.4	3.2	3.35
Φεβρουάριος	4.9	3.1	3.8	3.8	2.97
Μάρτιος	5.2	3.4	4.3	4.2	3.26
Απρίλιος	4.4	3.0	3.9	3.9	2.72
Μάιος	3.9	3.3	3.5	4.5	2.42
Ιούνιος	4.3	2.9	3.7	4.8	2.85
Ιούλιος	4.6	2.7	3.7	4.2	3.45
Αύγουστος	4.0	2.4	3.4	3.4	2.86
Σεπτέμβριος	3.5	2.1	3.2	2.6	2.08
Οκτώβριος	3.2	2.8	3.1	2.4	2.07
Νοέμβριος	3.2	2.3	3.2	2.9	2.06
Δεκέμβριος	4.2	2.8	3.2	3.68	3.04
Μέση ετήσια	4.17	2.81	3.53	3.63	2.76

Πίνακας 5.3-3 Μέσες μηνιαίες ταχύτητες ανέμου ( $m/s$ ) (συνέχεια) [21], [27]

Μήνας	Marjayoun	Qlariat	Tripoli-Mina	Dahr-El-Baider
Ιανουάριος	4.24	5.33	4.23	4.67
Φεβρουάριος	4.16	5.51	4.38	4.87
Μάρτιος	4.88	5.41	5.12	5.63
Απρίλιος	4.24	4.19	4.35	5.06
Μάιος	4.59	3.74	3.76	3.98
Ιούνιος	5.19	3.75	4.68	4.59
Ιούλιος	5.78	4.16	4.72	5.05
Αύγουστος	5.4	3.57	3.72	4.48
Σεπτέμβριος	4.6	3.47	2.65	3.33
Οκτώβριος	4.07	3.89	2.51	3.1
Νοέμβριος	3.84	4.41	3.01	2.96
Δεκέμβριος	3.93	5.56	3.74	4.44
Μέση ετήσια	4.58	4.42	3.91	4.35

Ακόμα, στο Λίβανο υπάρχουν κάποιες πηγές γεωθερμίας. Υπολογίζεται ότι το 2005 η συνολική ενεργειακή αξία των πηγών αυτών ήταν  $313GWh_{el}$  ή  $143GWh_{th}$  [21], [27].

## 5.4 Παρούσα Κατάσταση ΑΠΕ

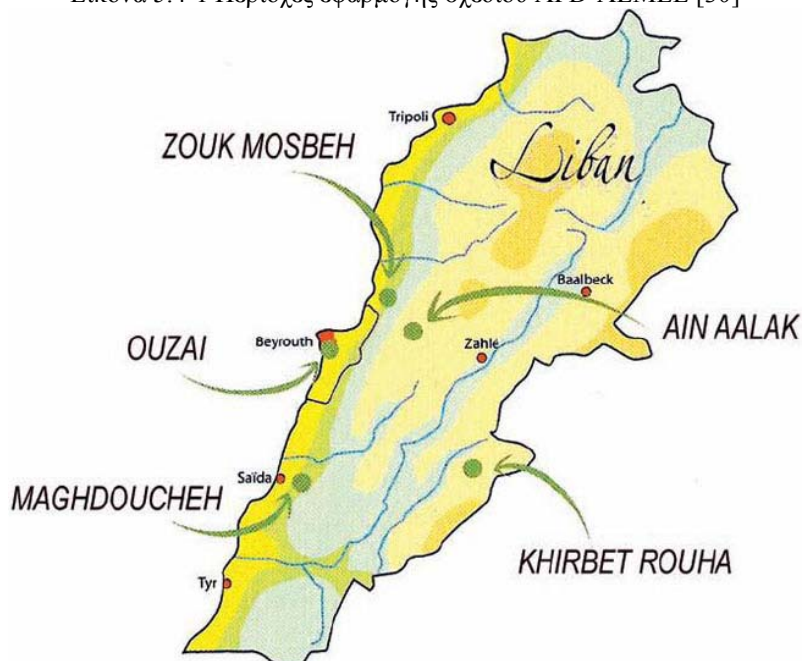
Στο Λίβανο η μόνη ΑΠΕ που αξιοποιείται είναι η υδροηλεκτρική ενέργεια, που το 2006 συνέβαλε κατά 6.8% στη συνολική παραγωγή ενέργειας. Η εγκατεστημένη ισχύς των υδροηλεκτρικών σταθμών είναι 273.5MW, με την παραγωγή ενέργειας όμως να εμφανίζει φθίνουσα πορεία από το 2003. Ουσιαστικά οι ΑΠΕ αποτελούν τις μοναδικές ενδογενείς πηγές ενέργειας της χώρας. Χωρίς όμως να υπάρχουν αναλυτικές μετρήσεις του δυναμικού τους, είναι εξαιρετικά δύσκολη η αξιοποίησή τους [28].

Για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας, από τα τέλη της δεκαετίας του '90, η ALMEE σε συνεργασία με την Γαλλική Υπηρεσία Περιβάλλοντος και Εξοικονόμησης Ενέργειας (Agence Francaise de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie – ADEME) και με τη Γαλλική Υπηρεσία Ανάπτυξης (Agence Francaise de Developpement – AFD) έθεσε σε εφαρμογή τη μελέτη και υλοποίηση ενός σχεδίου αναβάθμισης της ενεργειακής συμπεριφοράς των κατασκευών. Το σχέδιο αυτό χρηματοδοτήθηκε από το Διεθνές Γαλλικό Μέτωπο για το Περιβάλλον (Fonds Francais pour l'Environnement Mondial – FFEM) και έχει και την υποστήριξη του Υπουργείου Οικολογίας και Ανάπτυξης της Γαλλίας (Ministere Francais de l'Ecologie et du Developpement Durable – MEDD) [30].

Το πιλοτικό αυτό σχέδιο περιλάμβανε δύο φάσεις. Αρχικός στόχος ήταν η υιοθέτηση και διάδοση των μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας στις κατασκευές με στόχο τη βελτίωση της θερμικής συμπεριφοράς των κτιρίων με χρήση ηλιακών συλλεκτών και λαμπτήρων οικονομίας. Σε δεύτερη φάση θα υπολογιζόταν το κόστος και η αποτελεσματικότητα των μεθόδων και τα συμπεράσματα θα αποτελούσαν βάση θέσπισης κανόνων και προδιαγραφών για τα κτίρια, στα πλαίσια μιας ευρύτερης πολιτικής εξοικονόμησης ενέργειας [30].

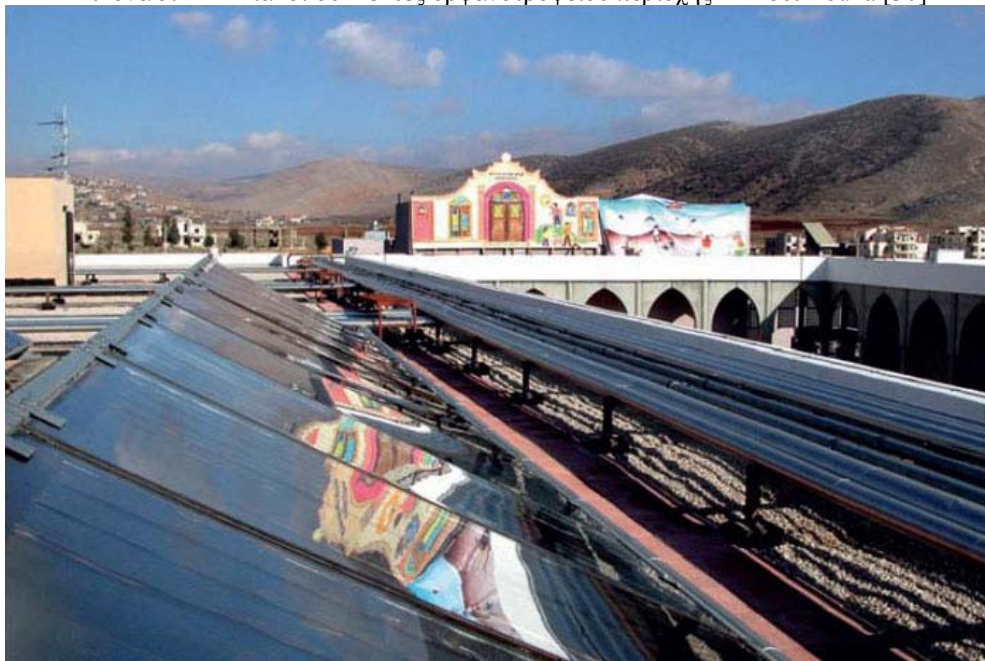
Η συνολική επιφάνεια των συλλεκτών ανέρχεται σε 20000m<sup>2</sup>, επιφέροντας εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 30÷50%. Οι περιοχές εφαρμογής του σχεδίου παρουσιάζονται στο ακόλουθο σχήμα [30].

Εικόνα 5.4-1 Περιοχές εφαρμογής σχεδίου AFD-ALMEE [30]



Τα αποτελέσματα όμως έδειξαν ότι παρά τα περιβαλλοντικά και ενεργειακά οφέλη, η εφαρμογή των μεθόδων του σχεδίου είναι ασύμφορη οικονομικά εξαιτίας τους κόστους του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγεται από συμβατικές μονάδες. Έτσι μέχρι τώρα τα μέτρα που πρότεινε το σχέδιο δεν έχουν αξιοποιηθεί ευρέως [30].

Εικόνα 5.4-2 Ηλιακοί συλλέκτες ορφανοτροφείου περιοχής Khirbet Rouha [30]



## 5.5 Δίκτυα-Διασυνδέσεις

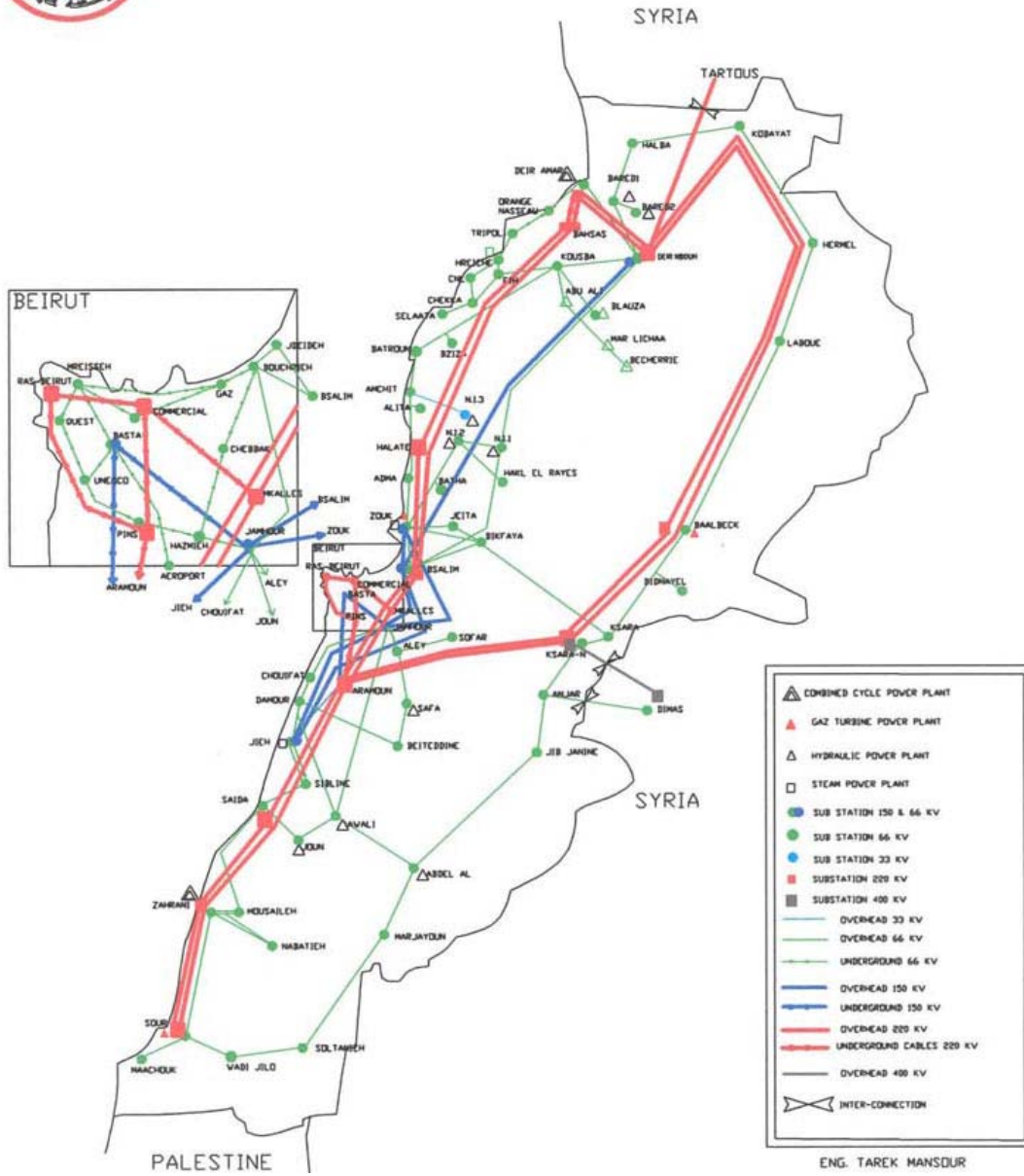
Ο εξηλεκτρισμός της χώρας είναι προσεγγιστικά πλήρης, ωστόσο στο ηλεκτρικό δίκτυο του Λιβάνου παρατηρούνται ακόμα προβλήματα σε περιόδους υψηλής ζήτησης που πλήττουν κυρίως τις φτωχότερες περιοχές, ενώ οι απώλειες μεταφοράς και διανομής φτάνουν το 15%. Ακόμα υπάρχει ανεπάρκεια διανομής ηλεκτρικού ρεύματος σε ορισμένες περιοχές, εξαιτίας των σοβαρών καταστροφών κατά τη διάρκεια των πολεμικών συρράξεων [27].

Το ηλεκτρικό δίκτυο της EDL συνδέεται με το ηλεκτρικό σύστημα της Συρίας στα βόρεια σύνορα από το 1972 με γραμμή  $225kV$  και χωρητικότητας  $200MW$ . Η συναλλαγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι αμφίδρομη, και η γραμμή επί της ουσίας χρησιμοποιείται για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του Λιβάνου από τη Συρία. Ακόμα υπό μερική λειτουργία βρίσκεται γραμμή  $400kV$  στα ανατολικά σύνορα με τη Συρία, με προσωρινή χωρητικότητα  $300MW$ . Οι ποσότητες εισαγόμενης ενέργειας τα τελευταία χρόνια παρουσιάζονται στον πίνακα (Πιν. 5.2-3).

Εικόνα 5.5-1 Χάρτης ηλεκτρικού δικτύου Λιβάνου [7]

**REPUBLIQUE LIBANAISE  
ELECTRICITE DU LIBAN**

400-220-150-66-33 kV NETWORK



## 5.6 Πολιτικές-Προοπτικές

Από το 2003 παρατηρείται μείωση της παραγόμενης ενέργειας, όμως η γενικότερη αστάθεια στην πολιτική, την οικονομία και την ανάπτυξη του Λιβάνου καθιστούν δύσκολη την περαιτέρω πρόβλεψή της. Ήδη αρκετά στοιχεία που παρουσιάστηκαν ενδέχεται να είναι πλέον διαφοροποιημένα μετά τον πόλεμο του καλοκαιριού του 2006, χωρίς να υπάρχουν όμως πιο πρόσφατα διαθέσιμα στοιχεία.

Τα προβλήματα που καλείται να αντιμετωπίσει η κυβέρνηση και η EDL είναι αφενός ουσιαστικά, όπως η αναβάθμιση και συντήρηση των σταθμών παραγωγής, η ενίσχυση του ηλεκτρικού δικτύου σε συνδυασμό με μείωση των απωλειών μεταφοράς και διανομής, αφετέρου στοιχειώδη, όπως η ταχυδρόμηση των λογαριασμών πληρωμής στους καταναλωτές και η εξάλειψη των αδυναμιών είσπραξης. Ακόμα, μέχρι το 2010 αναμένεται να τεθεί σε πλήρη λειτουργία η σύνδεση με γραμμή 400kV με τη Συρία, με διπλάσια χωρητικότητα [3], [27].

Για την περαιτέρω ενθάρρυνση της συμμετοχής ιδιωτών στον τομέα ηλεκτρισμού, η κυβέρνηση του Λιβάνου με την υποστήριξη διεθνούς τράπεζας έθεσε σε λειτουργία το Σχέδιο Ανοικοδόμησης του Τομέα Ηλεκτρισμού και Επέκτασης του Δικτύου (Power Sector Restructuring and Transmission Expansion Project). Το σχέδιο περιλαμβάνει κατασκευαστικές και βελτιωτικές ενέργειες στις μονάδες και στο δίκτυο, καθώς και αναδιοργάνωση της EDL. Προς αυτή την κατεύθυνση εξετάζεται από την κυβέρνηση του Λιβάνου νομοθεσία που θα ευνοεί την παραγωγή και διανομή ηλεκτρικού ρεύματος από ιδιώτες αλλά όχι τη μετάδοση, που θα παραμείνει υπό τον έλεγχο της EDL [27].

Στο Λίβανο η ανάπτυξη και η εφαρμογή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη της χώρας. Αρχικά, η παραγόμενη ενέργεια θα προέρχεται από εγχώριες πηγές κάτι που θα συμβάλει στην αυτάρκεια της χώρας, ενώ παράλληλα θα υπάρχει εγγυημένα διαθέσιμη και οικονομική ηλεκτρική ενέργεια. Όμως, προς αυτήν την κατεύθυνση το μόνο που παρατηρείται είναι μια πολιτική προώθησης της έρευνας και ανάπτυξης σε θεωρητικό μόνο επίπεδο, με αποτέλεσμα να είναι αδύνατο να ενταχθούν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στο γενικότερο εθνικό πλαίσιο για την ενέργεια [27].

Άλλωστε, η πιλοτική εφαρμογή του σχεδίου της ALMEE και των γαλλικών υπηρεσιών για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας σε κτήρια ανέδειξε τις δυσκολίες εφαρμογής νέων τεχνολογιών και την αδυναμία συντονισμού της ιδιωτικής πρωτοβουλίας με τον πολύπλοκο δημόσιο τομέα στο Λίβανο [30].

Γενικότερα κρίνεται απαραίτητη η δημιουργία ευέλικτων μηχανισμών και ο κατάλληλος καταμερισμός αρμοδιοτήτων για την επίλυση των προβλημάτων, αλλά και την περαιτέρω ανάπτυξη στον ενεργειακό τομέα, καθώς και η θέσπιση κατάλληλης νομοθεσίας για την εύρεση οικονομικών πόρων και την προσέλκυση επενδυτών.

# 6 ΣΥΡΙΑ

## 6.1 Γενικές Πληροφορίες

Επίσημη ονομασία: Αραβική Δημοκρατία της Συρίας

Γλώσσα: Αραβικά

Πρωτεύουσα: Δαμασκός

Πληθυσμός: 19405000 κάτοικοι (2007)

Έκταση: 185180 km<sup>2</sup>

Πυκνότητα: 105 κάτοικοι/km<sup>2</sup>

Εικόνα 6.1-1 Σημαία Συρίας [1]



Εικόνα 6.1-2 Έμβλημα Συρίας [1]



Εικόνα 6.1-3 Τοποθεσία Συρίας [1]





Εικόνα 6.1-4 Γεωφυσικός χάρτης Συρίας [2]



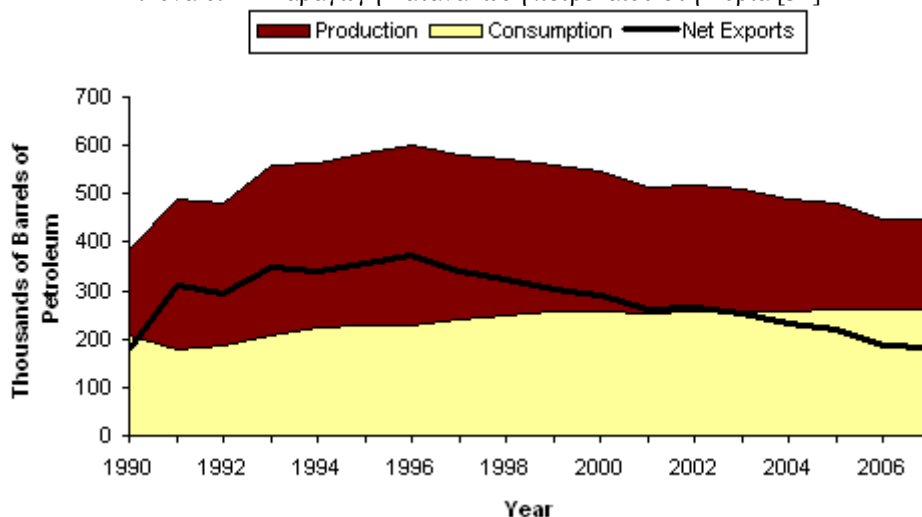
## 6.2 Παρούσα Ενεργειακή Κατάσταση

Η Συρία είναι η δεύτερη χώρα, μετά την Αίγυπτο, της περιοχής της ανατολικής Μεσογείου που αποτελεί σημαντικό παραγωγό πετρελαίου. Σύμφωνα με το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο, παρά τη μείωση της παραγωγής πετρελαίου των τελευταίων ετών που κλόνησε τη χώρα, η οικονομία της Συρίας βρίσκεται σε ανάκαμψη. Η εισροή κεφαλαίων από την κοινότητα προσφύγων του Ιράκ, η ανάπτυξη σε τομείς ανεξάρτητους του πετρελαίου και οι αυξημένες τιμές του πετρελαίου διεθνώς, βοήθησαν τη βραχυπρόθεσμη ανάπτυξη της χώρας. Ωστόσο οι πολιτικές και οικονομικές πιέσεις που δέχεται η Συρία από τις δυτικές χώρες έχουν αποτρέψει τις επενδύσεις ξένων εταιριών στην περιοχή, και τα κεφάλαια από το εξωτερικό προέρχονται από αραβικές χώρες και την Κίνα [31].

Για τα ενεργειακά ζητήματα της Συρίας υπεύθυνο είναι το Υπουργείο Ηλεκτρισμού (Ministry of Electricity) και το Υπουργείο Πετρελαίου και Ορυκτών Πόρων (Ministry of Oil and Mineral Resources). Η Δημόσια Επιχείρηση Παραγωγής και Μεταφοράς Ηλεκτρισμού (Public Establishment for Electricity Generation and Transmission – PEEGT) και η Δημόσια Επιχείρηση Διανομής και Εκμετάλλευσης Ηλεκτρικής Ενέργειας (Public Establishment for Distribution and Exploitation of Electrical Energy – PEDEEE) είναι οι δύο κρατικές εταιρίες που είναι υπεύθυνες για την παραγωγή, τη μεταφορά και τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας. Τέλος, με την έρευνα και την ανάπτυξη των ΑΠΕ απασχολείται το Εθνικό Ενεργειακό Κέντρο Ερευνών (National Energy Research Center – NERC).

Βασικός πνεύμονας την οικονομίας είναι το πετρέλαιο, όμως η πετρελαϊκή βιομηχανία της χώρας αντιμετωπίζει πολλές προκλήσεις. Η αυξανόμενη εγχώρια ζήτηση πετρελαϊκών προϊόντων σε συνάρτηση με τη φθίνουσα πορεία της παραγωγής εξαιτίας τεχνολογικών προβλημάτων και εξάντλησης αποθεμάτων, έχουν επιφέρει τη μείωση των εξαγωγών πετρελαίου. Σύμφωνα με το Υπουργείο Πετρελαίου και Ορυκτών Πόρων, η μείωση αυτή αναμένεται να συνεχιστεί τα επόμενα χρόνια. Το ισοζύγιο του πετρελαίου παρουσιάζεται στο ακόλουθο διάγραμμα [4], [31].

Εικόνα 6.2-1 Παραγωγή-κατανάλωση πετρελαίου στη Συρία [31]



Η Συρία διαθέτει κοιτάσματα φυσικού αερίου, τα οποία καταναλώνονται από την ίδια χωρίς να γίνονται εισαγωγές ή εξαγωγές μεγάλων ποσοτήτων. Τα αποθέματα της χώρας εκτιμάται ότι ανέρχονται σε  $0.24 \cdot 10^9 m^3$ . Περίπου τα  $\frac{3}{4}$  των αποθεμάτων βρίσκονται υπό εκμετάλλευση, με την παραγωγή όμως να παρουσιάζει φθίνουσα πορεία. Όπως και με την παραγωγή πετρελαίου, η στόχος της Συρίας είναι ο σχεδιασμός πολιτικής που θα προσελκύσει ξένους επενδυτές με σκοπό την ανάκαμψη της παραγωγής. Παράλληλα, η σύνδεση με τον Αραβικό Αγωγό Φυσικού Αερίου αποτελεί σημαντικό βήμα για την ικανοποίηση της εγχώριας ζήτησης [4], [31].

Όπως είναι αναμενόμενο, το μεγαλύτερο ποσοστό συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στη χώρα προέρχεται από το πετρέλαιο (69%). Στη συνέχεια ακολουθεί το φυσικό αέριο (26%) ενώ μικρή συμβολή έχει η υδροηλεκτρική ενέργεια (4%) [31].

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς της Συρίας, με στοιχεία του 2005, εκτιμάται ότι είναι  $6500MW$ , και περιλαμβάνει 11 θερμοηλεκτρικούς σταθμούς συνολικής εγκατεστημένης ισχύος  $5000MW$  και 3 υδροηλεκτρικούς σταθμούς στον ποταμό Ευφράτη συνολικής εγκατεστημένης ισχύος  $1500MW$ . Παρόλο που το πετρέλαιο αποτελεί την κυριότερη ενεργειακή πηγή της χώρας, η χρησιμοποίησή του για παραγωγή ενέργειας είναι περιορισμένη, ώστε να παραμένουν σε σταθερό επίπεδο οι εξαγωγές. Η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται σε  $33000GWh$ , ενώ η κατανάλωση σε  $25000GWh$ . Αναλυτικά οι κυριότεροι σταθμοί παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα [31].

Πίνακας 6.2-1 Κυριότεροι θερμοηλεκτρικοί σταθμοί Συρίας [31]

Σταθμός	Καύσιμο	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
Aleppo-Palmyra	Φυσικό αέριο	1000
Banias	Φυσικό αέριο	680
Jandar	Φυσικό αέριο	600
Muharden	Φυσικό αέριο	630
Nasiriya	Φυσικό αέριο	600
Tishreen	Πετρέλαιο/Φ.αέριο	380
Zara	Πετρέλαιο/Φ.αέριο	650
Zeinoun	Πετρέλαιο/Φ.αέριο	380
<b>Συνολικά</b>		<b>4920</b>

Οι προκλήσεις που αντιμετωπίζει η χώρα είναι η αυξανόμενη ζήτηση ηλεκτρικού ρεύματος, που σημειώνει αύξηση μεγαλύτερη από 7% το χρόνο, καθώς και η ανεπάρκεια που παρουσιάζει το ηλεκτρικό σύστημα σε περιόδους μεγάλης ζήτησης, ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες. Ακόμα, οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί στον ποταμό Ευφράτη αντιμετωπίζουν προβλήματα λειψυδρίας [31].

### 6.3 Δυναμικό ΑΠΕ

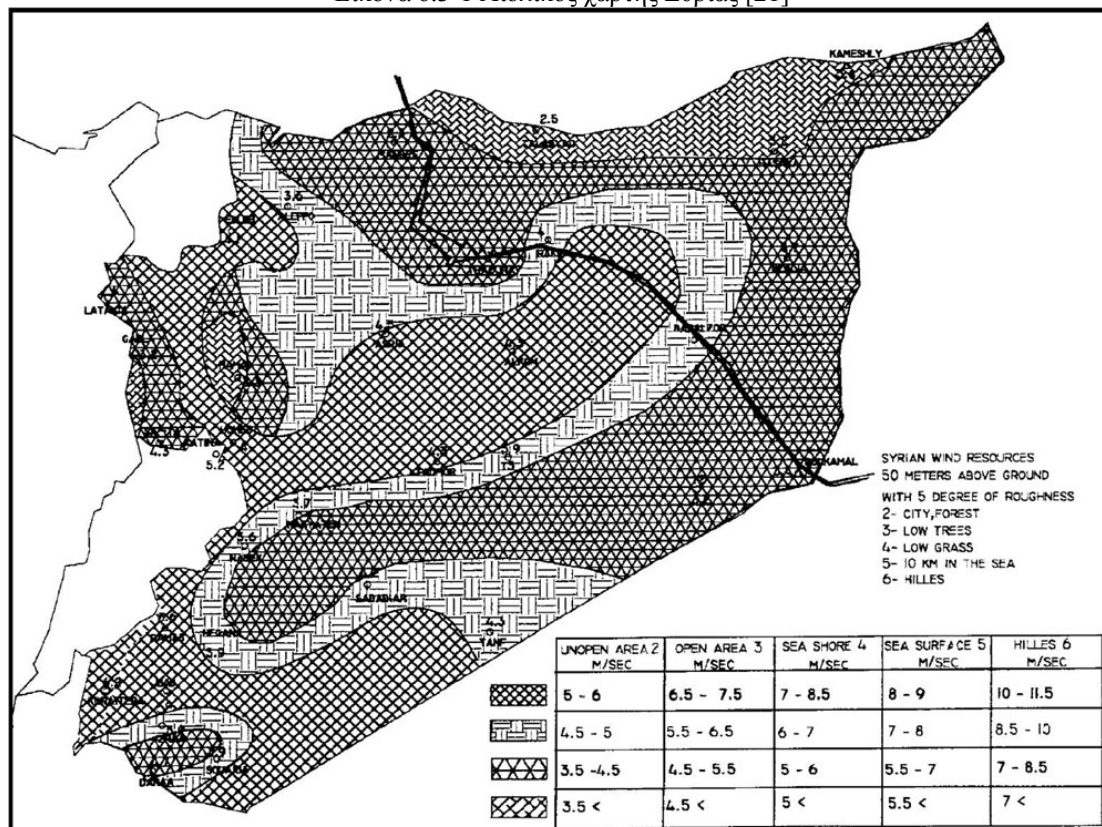
Πέρα από τα πλούσια αποθέματα καυσίμων, η Συρία λόγω της γεωγραφικής της θέσης δέχεται αρκετές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας. Μετρήσεις σε διάφορες τοποθεσίες, για τη θερινή και τη χειμερινή περίοδο παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 6.3-1 Μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία [21]

Τοποθεσία	Μέση ηλιακή ακτινοβολία- Ιανουάριος ( $kWh/m^2/day$ )	Μέση ηλιακή ακτινοβολία- Ιούλιος ( $kWh/m^2/day$ )
Idleb	1.986	7.404
Palmyra	2.666	7.348
Tartous	2.324	6.976
Alsweide	2.031	6.485
Aleppo	1.990	7.453
Hama	2.162	7.483
Homs	2.243	7.348
Quneitra	2.500	7.100
Deraa	2.888	7.095
Damascus Mezza	2.795	7.438
Damascus Airport	2.775	7.341
Deri Ezzor	2.583	7.121
Alhassaka	2.241	7.149
Alrakka	2.327	7.308
Lattakia	2.203	6.701
<b>Μέσος όρος Συρίας</b>	<b>2.381</b>	<b>7.183</b>

Οι άνεμοι στα εδάφη της Συρίας δεν είναι ιδιαίτερα ισχυροί. Ωστόσο, οι διαφορές στις κλιματικές συνθήκες στις ερημικές ανατολικές περιοχές σε σχέση με τις παραθαλάσσιες περιοχές στη Μεσόγειο, δημιουργούν κατά τόπους δυνατούς ανέμους. Οι περιοχές με καλό αιολικό δυναμικό είναι το βορειοδυτικό και νοτιοδυτικό τμήμα της χώρας, καθώς και στα κεντρικά εδάφη, όπως φαίνεται και στον αιολικό χάρτη [21].

Εικόνα 6.3-1 Αιολικός χάρτης Συρίας [21]



Πίνακας 6.3-2 Μέσες ετήσιες ταχύτητες ανέμου σε ύψος 50m [21]

Τοποθεσία	Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου (m/s)	Τοποθεσία	Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου (m/s)
Qonaitra	6.2	Raka	4.0
Kattiene	5.2	Soueda	3.9
Daraa	4.7	Damascus	3.6
Asry	4.5	Nabek	3.6
Safita	4.3	Aleppo	3.6
Tadmur	4.3	Kamishly	3.6
Tanf	4.3	Boukamal	3.4
Edlib	4.1	Hama	3.3
Thaora	4.1	Gabla	3.2
Homs	4.0	Hasaka	3.2
Latakia	4.0	Talabiad	2.5

Η συνολική ποσότητα βιομάζας στη χώρα εκτιμάται ότι ανέρχεται σε  $25.8 \cdot 10^6 \text{ tons/yr}$ , με κυριότερη πηγή προέλευσης, σε ποσοστό 60%, τον αγροτικό τομέα. Ακόμα υπάρχουν κάποιες πηγές γεωθερμίας, που παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα [21].

Πίνακας 6.3-3 Πηγές γεωθερμίας [21]

Όνομασία πηγής	Τοποθεσία	Επιφανειακή θερμοκρασία ( $^{\circ}\text{C}$ )	Παροχή νερού ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
<b>Aldabiat-Sukneh</b>	Palmyra-Κεντρικά	61	42
<b>Aboueah-Gareten</b>	Palmyra-Κεντρικά	50	Ξηρός αέρας
<b>Almauh Swamp</b>	Palmyra-Κεντρικά	45	320
<b>Alyadude</b>	Daraa-Νότια	44	7.72
<b>Raas Alain</b>	Βορειοανατολικά	40	31.3
<b>Alsfera</b>	Aleppo-Βόρεια	38	980

## 6.4 Παρούσα Κατάσταση ΑΠΕ

Η μόνη ΑΠΕ που αξιοποιείται για την παραγωγή ενέργειας είναι η υδροηλεκτρική ενέργεια. Στον ποταμό Ευφράτη υπάρχουν 3 υδροηλεκτρικοί σταθμοί, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος  $1500\text{MW}$ . Όμως, όπως αναφέρθηκε, υπάρχει πρόβλημα λειψυδρίας. Μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού απασχολείται στον αγροτικό τομέα, ο οποίος βασίζεται στον Ευφράτη για παροχή νερού, ενώ οι βροχοπτώσεις είναι σπάνιες στην περιοχή [31].

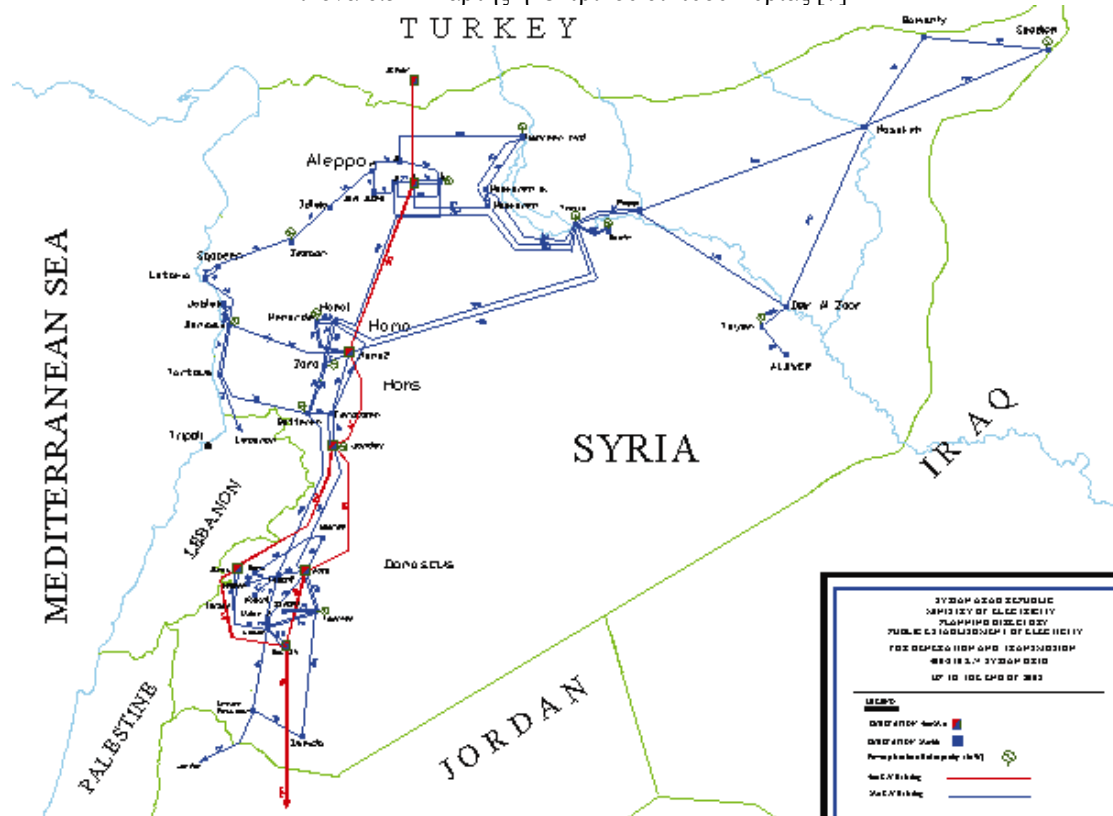
Οι υπόλοιπες ΑΠΕ δεν αξιοποιούνται στα πλαίσια κάποιου ενεργειακού πλάνου, παρά μόνο σε μεμονωμένες εφαρμογές. Το 2006 το Υπουργείο Ηλεκτρισμού είχε αναφέρει την πρόθεση εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας. Στα σχέδια ήταν η πιλοτική εγκατάσταση ανεμογεννητριών ύψους  $20\text{m}$  που θα παρήγαγαν  $50\text{--}100\text{MW}$  μέχρι το τέλος του 2007. Ακόμα σε συνεργασία με την Ευρωπαϊκή Ένωση υπάρχει πλάνο εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας. Ωστόσο δεν μπορεί να τεκμηριωθεί κάποια αύξηση της παραγωγής ενέργειας, από συνεισφορά ΑΠΕ [31].

## 6.5 Δίκτυα-Διασυνδέσεις

Ο βασικός κορμός του ηλεκτρικού δικτύου της Συρίας εκτείνεται στον άξονα βορρά-νότου της χώρας, όπως το αντίστοιχο της Ιορδανίας. Για τη μεταφορά του ηλεκτρικού ρεύματος είναι υπεύθυνη η PEEGT, και για τη διανομή η PEDEEE. Το δίκτυο παρουσιάζει προβλήματα αστάθειας σε περιόδους υψηλής ζήτησης, και χαρακτηρίζεται από υψηλές απώλειες [31].

Σε διεθνές επίπεδο υπάρχει σύνδεση με το Λίβανο με γραμμή  $225\text{kV}$  χωρητικότητας  $200\text{MW}$ , και με γραμμή  $400\text{kV}$ , που λειτουργεί μερικώς, χωρητικότητας  $400\text{MW}$ . Στο νότο, το δίκτυο συνδέεται με την Ιορδανία με γραμμή  $400\text{kV}$ , χωρητικότητας  $800\text{MW}$ . Ακόμα από το 2003 έχει κατασκευαστεί η σύνδεση με την Τουρκία με γραμμή  $400\text{kV}$  και χωρητικότητας  $350\text{MW}$ , η οποία όμως θα τεθεί σε λειτουργία όταν το δίκτυο της Τουρκίας συνδεθεί με την Ευρώπη. Παλαιότερα υπήρχε και σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο του Ιράκ, που εξαιτίας των πολέμων της γειτονικής χώρας είναι αδύνατο να λειτουργήσει πλέον. Συνολικά η Συρία εξάγει  $696\text{GWh}$  και εισάγει  $2\text{GWh}$ , σύμφωνα με στοιχεία του 2005 [3].

Εικόνα 6.5-1 Χάρτης ηλεκτρικού δικτύου Συρίας [7]



## 6.6 Πολιτικές-Προοπτικές

Η οικονομία της Συρίας βασίζεται στα πλούσια κοιτάσματα καυσίμων που έχει στα εδάφη της, που την καθιστούν σε ενεργειακό επίπεδο αυτάρκη και της δίνουν τη δυνατότητα να εξαγει ηλεκτρική ενέργεια. Όμως, η παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου παρουσιάζουν φθίνουσα πορεία, σε αντίθεση με τη ζήτηση ενέργειας που σημειώνει αύξηση 7% ετησίως. Οι εκτιμήσεις του Υπουργείου Ηλεκτρισμού αναφέρουν ότι μέχρι το 2010 απαιτείται η κατασκευή μονάδων παραγωγής ενέργειας συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 3500MW. Για την υλοποίηση των έργων απαιτούνται κεφάλαια, τα οποία αναζητούνται από ξένους επενδυτές. Οι 3 σταθμοί που είχαν εξαγγελθεί παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα [31].

Πίνακας 6.6-1 Μελλοντικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας [31]

Σταθμός	Συνεργάτης	Καύσιμο	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)	Έτος λειτουργίας
Suweidiya	Ιράν	Φυσικό αέριο	450	Μέσα 2009
Deir az-Zour	Ισπανία/Πολωνία	Φυσικό αέριο	750	Μέσα 2009
Deir Ali	Γερμανία	Φυσικό αέριο	750	Μέσα 2008

Πρωταρχικός στόχος της Συρίας είναι η διατήρηση σε υψηλά επίπεδα των εξαγωγών πετρελαίου. Οι νέες μονάδες παραγωγής ενέργειας σχεδιάζεται να χρησιμοποιούν φυσικό αέριο, και μέχρι το 2014 στόχος είναι η πλήρης αντικατάσταση του πετρελαίου με φυσικό αέριο στους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς. Πέρα από τη μείωση της κατανάλωσης, υπάρχει πρόθεση προσέλκυσης ξένων επενδυτών για την αξιοποίηση ανεκμετάλλευτων κοιτασμάτων, αλλά και την εύρεση νέων. [31]

Ως προς την αξιοποίηση των ΑΠΕ, όπως αναφέρθηκε, το 2006 είχαν εξαγγελθεί κάποια μέτρα από το Υπουργείο Ηλεκτρισμού. Ακόμα, στο 3<sup>ο</sup> Συνέδριο της MENAREC στο Κάιρο το 2006, ομιλητές του πανεπιστήμιου της Δαμασκού ανέφεραν πρόθεση εγκατάστασης αιολικών πάρκων συνολικής ισχύος 400MW σε δύο περιοχές, τα προσεχή χρόνια. Ωστόσο δεν υπάρχει συγκεκριμένο πλάνο για την υλοποίηση των εξαγγελιών, ενώ ο στόχος του Υπουργείου Ηλεκτρισμού είναι μέχρι το 2010 από ΑΠΕ να προέρχεται το 5% της ηλεκτρικής παραγωγής [31], [32].

Στα ζητήματα του ηλεκτρικού δικτύου αναμένεται μέχρι το 2010 να είναι πλήρως έτοιμη η σύνδεση με γραμμή 400kV με το Λίβανο, με διπλασιασμό της χωρητικότητάς της. Την ίδια χρονιά αναμένεται και ο διπλασιασμός της χωρητικότητας της γραμμής 400kV διασύνδεσης με το δίκτυο της Ιορδανίας, καθώς και κατασκευή δεύτερης γραμμής 400kV μήκους 22km για σύνδεση με το δίκτυο του Λιβάνου. Ακόμα, όταν το ηλεκτρικό δίκτυο της Τουρκίας συνδεθεί πλήρως με το ευρωπαϊκό δίκτυο μέσω της Ελλάδας, θα λειτουργήσει και η σύνδεση Συρίας-Τουρκίας, ενώ όταν το επιτρέψουν οι συνθήκες θα γίνει επανασύνδεση με το δίκτυο του Ιράκ [3].

Η Συρία είναι ενεργειακά αυτάρκης, ενώ παράλληλα εξάγει καύσιμα και ηλεκτρική ενέργεια. Η πολιτική της χώρας κυμαίνεται στον ίδιο άξονα και στόχος είναι η διατήρηση των εξαγωγών καυσίμων σε υψηλά επίπεδα και η προσέλκυση ξένων επενδυτών. Η εκμετάλλευση των ΑΠΕ δεν είναι στα άμεσα σχέδια, ούτε υπάρχουν προϋποθέσεις ανάπτυξής τους, ως αποτέλεσμα της εξάρτησης της οικονομίας της χώρας από το πετρέλαιο, παρόλο που θα ήταν μια λύση στο πρόβλημα της εξάντλησης των αποθεμάτων των καυσίμων.

# 7 ΤΟΥΡΚΙΑ

---

## 7.1 Γενικές Πληροφορίες

Επίσημη ονομασία: Δημοκρατία της Τουρκίας

Γλώσσα: Τούρκικα

Πρωτεύουσα: Άγκυρα

Πληθυσμός: 71517100 κάτοικοι (2008)

Έκταση: 783562 km<sup>2</sup>

Πυκνότητα: 91 κάτοικοι/km<sup>2</sup>

Εικόνα 7.1-1 Σημαία Τουρκίας [1]



Εικόνα 7.1-2 Έμβλημα Τουρκίας [1]



Εικόνα 7.1-3 Τοποθεσία Τουρκίας [1]





Εικόνα 7.1-4 Γεωφυσικός χάρτης Τουρκίας [2]



## 7.2 Παρούσα Ενεργειακή Κατάσταση

Η γεωγραφική θέση, ο νεανικός πληθυσμός και η ανερχόμενη οικονομία της Τουρκίας είναι τα στοιχεία που την καθιστούν σημαντικό παράγοντα στα ενεργειακά δρώμενα όχι μόνο της ανατολικής μεσογείου, αλλά και ολόκληρου του κόσμου. Η Τουρκία είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής ορυκτών καυσίμων της νότιας και ανατολικής μεσογείου, χωρίς ωστόσο να έχει στα εδάφη της σημαντικές πηγές ενέργειας, αφού αυτές καλύπτουν μόνο το 30% των ενεργειακών αναγκών. Η κυριότερη τοπική πηγή ενέργειας είναι ο άνθρακας, ενώ γίνονται εισαγωγές πετρελαίου και φυσικού αερίου [3], [4].

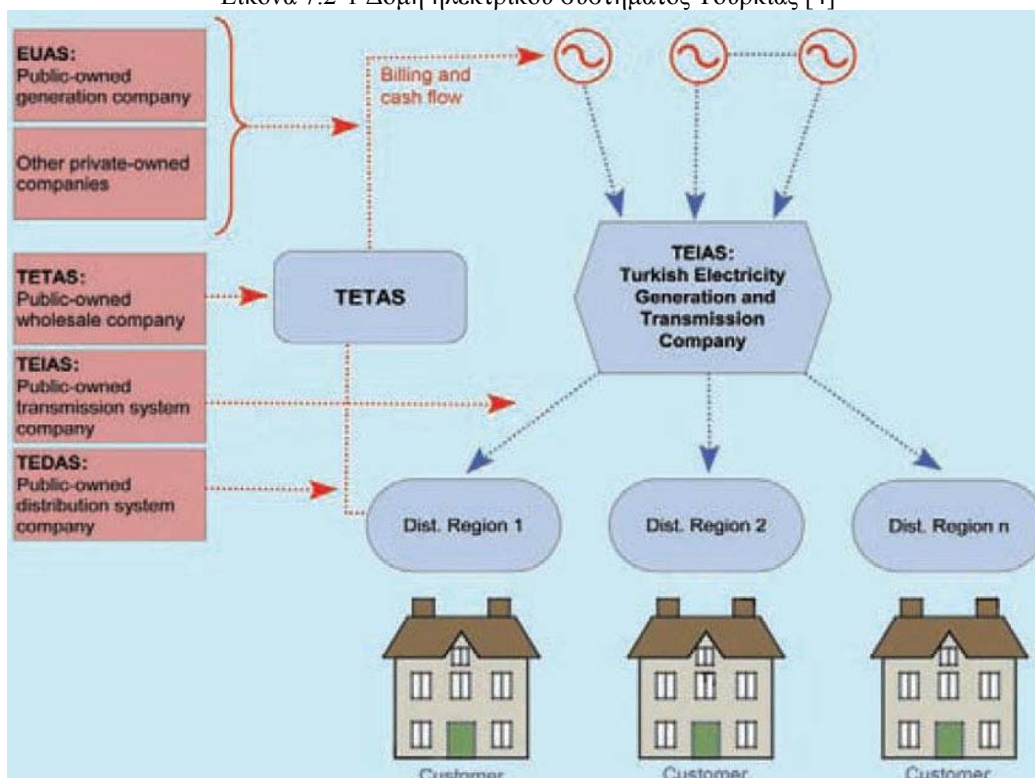
Ωστόσο παρά τη μεγάλη εξάρτηση της χώρας, λόγω έλλειψης καυσίμων, η Τουρκία αποτελεί μια σπουδαία ‘ενεργειακή γέφυρα’, για τη μεταφορά καυσίμων από την ανατολή στη δύση. Μεγάλες ποσότητες του πετρελαίου που παράγεται στις αραβικές χώρες, αλλά και του φυσικού αερίου που παράγεται στις ανατολικές ευρωπαϊκές χώρες διοχετεύονται στην ευρωπαϊκή αγορά μέσα από τα εδάφη και τα λιμάνια της Τουρκίας [3], [4].

Το Υπουργείο Ενέργειας και Φυσικών Πόρων (Ministry of Energy & Natural Resources – MENR) είναι υπεύθυνο για τη χάραξη της ενεργειακής πολιτικής της Τουρκίας. Το έτος 1970 ιδρύθηκε η Τουρκική Αρχή Ηλεκτρισμού (Turkish Electricity Authority – TEK), η οποία ήταν δημόσια εταιρία που μονοπωλούσε την αγορά. Η απελευθέρωση της οικονομίας της Τουρκίας το 1980 άνοιξε το δρόμο για την κατάργηση του μονοπωλίου και την προσέλκυση ιδιωτικών κεφαλαίων, όμως οι νόμοι του 1984 και του 1994 που θα συνέβαλλαν προς αυτή την κατεύθυνση τελικά ακυρώθηκαν. Έτσι μόνο με ειδικές συμβάσεις, κατά περίπτωση, ήταν δυνατή η είσοδος ανεξάρτητων επενδυτών στον ενεργειακό τομέα [4].

Το 1993 η TEK διασπάστηκε σε δύο ανεξάρτητες δημόσιες εταιρίες, την Τουρκική Εταιρία Μετάδοσης Ηλεκτρισμού (Turkish Electricity & Transmission Company – TEAS) και την Τουρκική Επιχείρηση Διανομής Ηλεκτρισμού (Turkish Electricity & Distribution Corporation – TEDAS) [4].

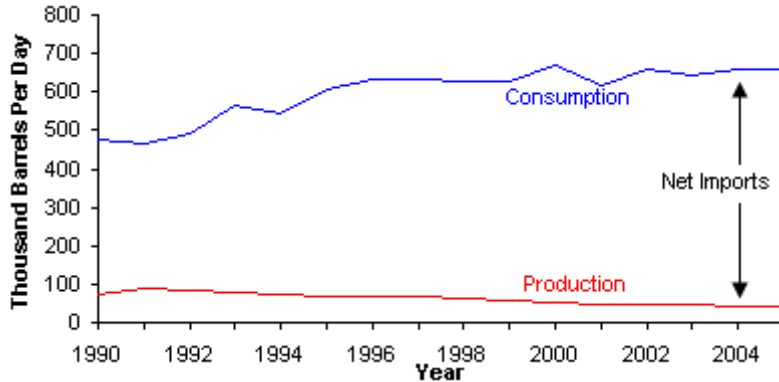
Η μεγάλη οικονομική κρίση όμως το 2001 έφερε στην επιφάνεια τα προβλήματα στη δομή του ενεργειακού συστήματος της χώρας. Το ίδιο έτος θεσπίστηκε νόμος ο οποίος προωθούσε την απελευθέρωση της ενεργειακής αγοράς, ενώ παράλληλα η TEAS διασπάστηκε σε μικρότερες δημόσιες εταιρίες με πιο ξεκάθαρες αρμοδιότητες, την Τουρκική Εταιρία Παραγωγής Ηλεκτρισμού (Turkish Electricity Generation Company – EUAS), την Τουρκική Εταιρία Μετάδοσης Ηλεκτρισμού (Turkish Electricity Transmission Company – TEIAS) και την Τουρκική Εμπορική Εταιρία Ηλεκτρισμού (Turkish Electricity Trading & Contracting Company – TETAS). Παράλληλα θεσπίστηκε μια ανεξάρτητη ρυθμιστική αρχή, η Ρυθμιστική Αρχή Ενεργειακής Αγοράς (Energy Market Regulatory Authority – EMRA/EPDK), με σκοπό το συντονισμό των εταιριών ηλεκτρισμού και τη διαχείριση των ζητημάτων ηλεκτρισμού και φυσικών πόρων. Η δομή του συστήματος παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα [4].

Εικόνα 7.2-1 Δομή ηλεκτρικού συστήματος Τουρκίας [4]



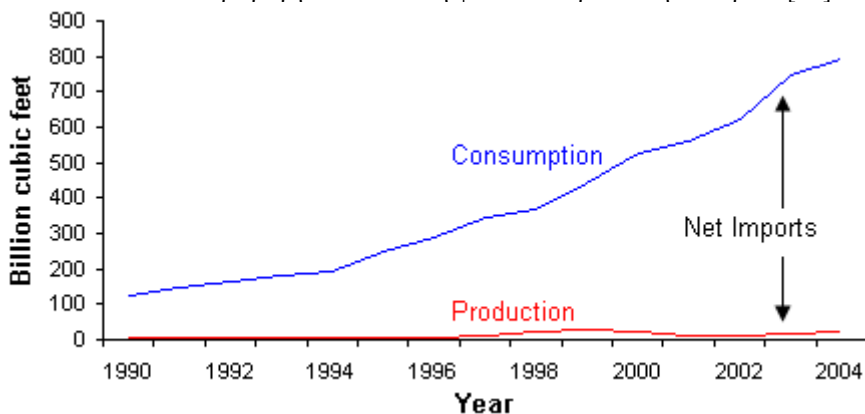
Τα κοιτάσματα πετρελαίου της Τουρκίας δεν είναι πλούσια και δεν επαρκούν για τις ανάγκες της χώρας. Αυτά εντοπίζονται κυρίως στη νοτιοανατολική Τουρκία, κοντά στα σύνορα με τη Συρία και το Ιράκ, ενώ κοιτάσματα υπάρχουν και στο ευρωπαϊκό τμήμα της χώρας, στην ανατολική Θράκη. Οι εκτιμήσεις αναφέρουν ότι δεν υπάρχουν αναξιοποίητες πηγές, εκτός από κάποιες υποθαλάσσιες στο Αιγαίο και τη Μαύρη θάλασσα. Το πετρέλαιο χρησιμοποιείται κατά κόρον στις μεταφορές, στη βιομηχανία και στην παραγωγή ενέργειας και για την ικανοποίηση των αναγκών γίνεται εισαγωγή μεγάλων ποσοτήτων από το εξωτερικό όπως φαίνεται στο ακόλουθο διάγραμμα [4], [33].

Εικόνα 7.2-2 Παραγωγή-κατανάλωση πετρελαίου στην Τουρκία [33]



Ενώ το πετρέλαιο παρουσιάζει σταθερή σχετικά πορεία, η χρήση φυσικού αερίου αυξάνεται διαρκώς από το 1987 που εισήχθηκε για πρώτη φορά. Η κατανάλωση εστιάζεται κυρίως για παραγωγή ενέργειας και για οικιακές χρήσεις. Τα αποθέματα της Τουρκίας υπολογίζονται ότι είναι  $8.5 \cdot 10^9 m^3$  και εντοπίζονται στις ίδιες περιοχές που υπάρχει πετρέλαιο. Παρά τις πρόσφατες ανακαλύψεις κάποιων κοιτασμάτων, στην περιοχή της Μαύρης θάλασσας, για να καλυφθεί η ζήτηση γίνονται εισαγωγές μεγάλων ποσοτήτων από τη Ρωσία, το Ιράν, την Αλγερία, το Αζερμπαϊτζάν και τη Νιγηρία, όπως φαίνεται και στο ακόλουθο διάγραμμα [4], [33].

Εικόνα 7.2-3 Παραγωγή-κατανάλωση φυσικού αερίου στην Τουρκία [33]



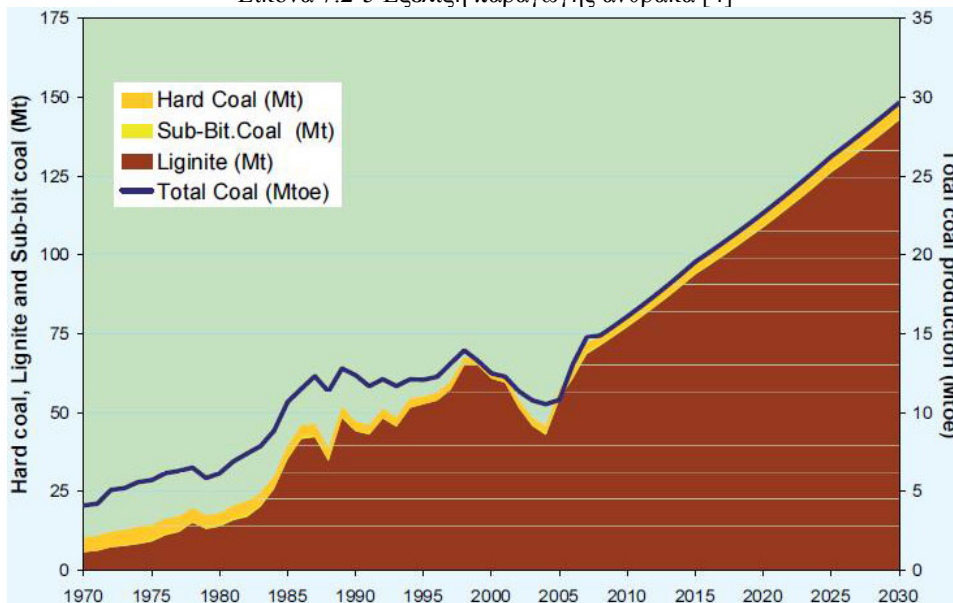
Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, παρόλο που η Τουρκία δεν έχει σημαντικά κοιτάσματα καυσίμων στα εδάφη της, η στρατηγική της γεωγραφική θέση της δίνει βαρύνουσα σημασία στον τομέα αυτό. Το πετρέλαιο που παράγεται στη Συρία, το Ιράκ και το Ιράν μεταφέρεται χερσαία με αγωγούς που διαπερνούν την Τουρκία ενώ το ίδιο συμβαίνει και με το φυσικό αέριο της Ρωσίας και του Αζερμπαϊτζάν. Η Τουρκία αποτελεί ένα σημαντικό κόμβο για τη μεταφορά καυσίμων, γεγονός που αποτυπώνεται στον ακόλουθο χάρτη που παρουσιάζονται τα δίκτυα μεταφοράς πετρελαίου και φυσικού αερίου [4].

Εικόνα 7.2-4 Αγωγοί μεταφοράς πετρελαίου & φυσικού αερίου στην Τουρκία [7]



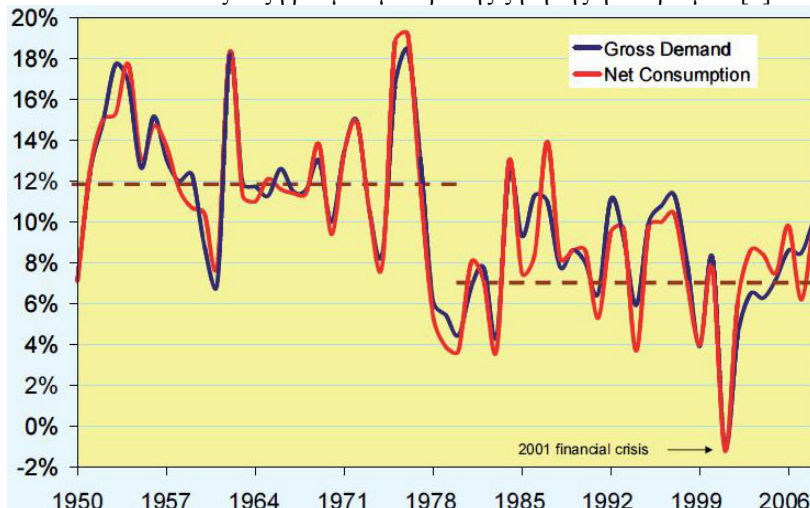
Στα εδάφη της Τουρκίας υπάρχουν μεγάλες ποσότητες άνθρακα, κυρίως λιγνίτη, που αξιοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας. Τα περισσότερα ορυχεία βρίσκονται στη νοτιοανατολική Τουρκία, στην περιοχή Αφσίν-Ελμπιστάν (Afsin-Elbistan). Ωστόσο, παρά τη μεγάλη παραγωγή, το μεγαλύτερο ποσοστό του λιγνίτη είναι χαμηλής ποιότητας και απαιτούνται εισαγωγές για την ικανοποίηση των αναγκών σε ορυκτά στερεά καύσιμα. Τα τελευταία χρόνια η παραγωγή παρουσίασε πτωτική πορεία, όμως η εξόρυξη άνθρακα αναμένεται να αυξηθεί καθώς είναι η μόνη σημαντική εγχώρια πηγή ενέργειας και τα επόμενα χρόνια θα συνεχίσει να αποτελεί βασική πηγή παραγωγής ενέργειας [4], [33].

Εικόνα 7.2-5 Εξέλιξη παραγωγής άνθρακα [4]



Η ζήτηση ηλεκτρικού ρεύματος στην Τουρκία παρουσιάζει σημαντική αύξηση τις τελευταίες δεκαετίες, αποτυπώνοντας την οικονομική ανάπτυξη και τη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης. Όμως ένα χρόνιο πρόβλημα είναι η ανισορροπία μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης, καθώς ο ρυθμός μεταβολής της ζήτησης ηλεκτρισμού εμφανίζει σημαντικές μεταβολές, ειδικά πρόσφατα με το σεισμό του 1999 και την οικονομική κρίση του 2001 [4].

Εικόνα 7.2-6 Εξέλιξη ρυθμού μεταβολής ζήτησης ηλεκτρισμού [4]



Παρά τις αστάθειες που παρουσιάζονται στο σύστημα, τα τελευταία χρόνια η συνολική εγκατεστημένη ισχύς αυξάνεται διαρκώς με ιδιαίτερα μεγάλο ρυθμό. Το 1923 όταν ουσιαστικά θεμελιώθηκε η χώρα στη σημερινή της μορφή, η ισχύς ήταν 32.8MW με αναλογία 2.7W/κάτοικο, το 1958 ήταν 1000MW, και πλέον το 2008 προσεγγίζει τα 41000MW, με αναλογία 550W/κάτοικο. Αξιοσημείωτο γεγονός είναι ότι η τελευταία περίοδος που η Τουρκία ήταν 100% αυτάρκης, παράγοντας ηλεκτρισμό αποκλειστικά από ενδογενείς πηγές, ήταν στα τέλη της δεκαετίας του '50 [4].

Μετά την απελευθέρωση της αγοράς, το 60% παράγεται από δημόσιες εταιρίες και το υπόλοιπο 40% από ιδιωτικούς παραγωγούς. Κυριότερες πρωτογενείς πηγές ενέργειας όπως αναφέρθηκε είναι τα καύσιμα και η υδροηλεκτρική. Το 2008 η κατανομή της εγκατεστημένης ισχύος ανά πηγή ενέργειας παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα [4].

Πίνακας 7.2-1 Εγκατεστημένη ισχύς ανά πηγή ενέργειας (2008) [4]

Πηγή Ενέργειας	Εγκατεστημένη ισχύς (MW)
Φυσικό αέριο	12971.1
Άνθρακας (ενδογενής)	8561.8
Άνθρακας (εισαγόμενος)	1651.0
Γεωθερμία	29.8
Υγρά καύσιμα	2031.0
Αιολική	181.3
Υδροηλεκτρική	13427.9
Διάφορα	2073.8
Συνολικά	40927.8

Το 1923 η παραγόμενη ενέργεια ήταν 44.5GWh, με αναλογία 3.6 kWh/κάτοικο. Το 2007 η παραγωγή προσέγγισε τις 200000GWh, με αναλογία 2500kWh/κάτοικο όπως αποτυπώνεται στον ακόλουθο πίνακα [4].

Πίνακας 7.2-2 Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ανά πηγή (2007)

Πηγή ενέργειας	Παραγόμενη ενέργεια (GWh)	Ποσοστιαία συνεισφορά (%)	Ετήσια διαθεσιμότητα (%)
Άνθρακας (εισαγόμενος)	10780	5.65	85
Φυσικό αέριο	92350	48.43	85
Υγρά καύσιμα	4090	2.15	85
Βενζίνη	2100	1.10	80
Υδρογονάνθρακες	2100	1.10	85
Λιγνίτης	38440	20.16	60
Άνθρακας	2700	1.41	80
Γεωθερμία	100	0.05	85
Αιολική	500	0.26	33
Υδροηλεκτρική	36840	19.32	41
Διάφορα	700	0.37	-
Συνολικά	190690	100	

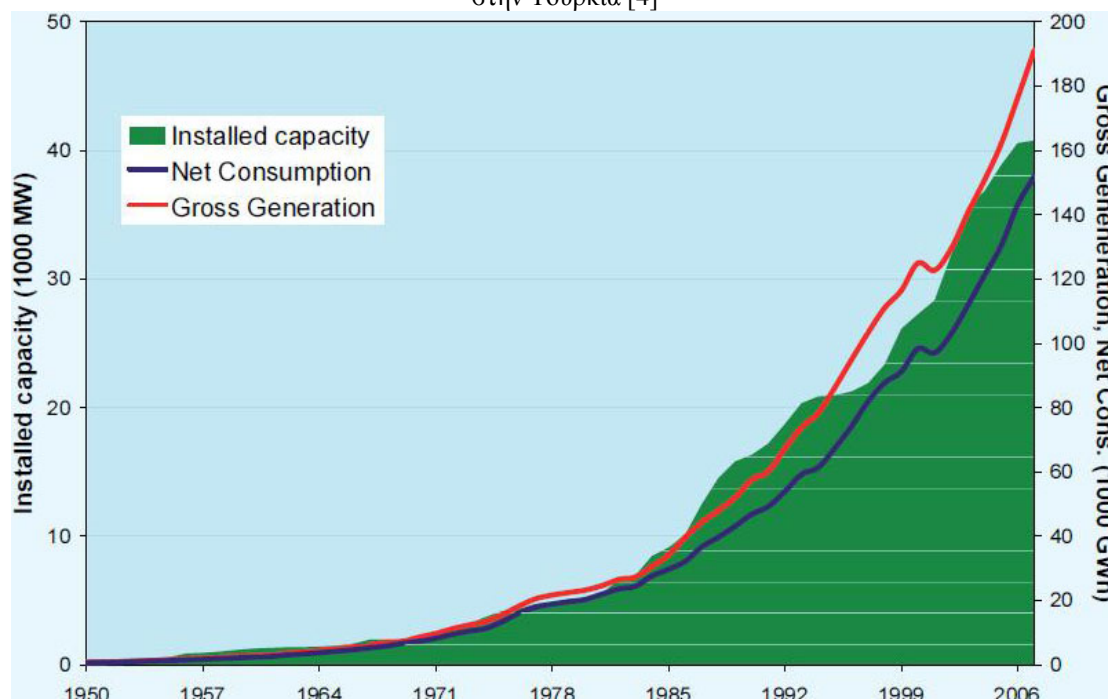
Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας το 1923 ήταν μόλις 41.3GWh και σε κάθε κάτοικο αναλογούσαν 2.7W. Πλέον η κατανάλωση έχει φτάσει τις 150000GWh, με αναλογία πάνω από 2000kWh/κάτοικο. Η μεγαλύτερη κατανάλωση προέρχεται από το βιομηχανικό τομέα, με τον οικιακό και εμπορικό τομέα να ακολουθούν [4].

Πίνακας 7.2-3 Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα

Τομέας	Κατανάλωση (%)
Βιομηχανικός	47.5
Οικιακός	24.1
Εμπορικός	14.2
Δημόσιο	4.2
Φωταγώγηση	2.8
Αγροτικός	2.4
Διάφορα	4.8

Στο ακόλουθο διάγραμμα διακρίνεται η εξέλιξη τις τελευταίες δεκαετίες της ηλεκτρικής ενέργειας στην Τουρκία και αποτυπώνεται η μεγάλη αύξηση ζήτησης και παραγωγής των πρόσφατων χρόνων.

Εικόνα 7.2-7 Εξέλιξη συνολικής εγκατεστημένης ισχύος, παραγόμενης ενέργειας & κατανάλωσης στην Τουρκία [4]



## 7.3 Δυναμικό ΑΠΕ

Η γεωγραφική θέση της Τουρκίας, ανάμεσα στους παράλληλους 36° και 42°, την εντάσσει στις χώρες που έχουν μεγάλη ηλιοφάνεια. Στα παράλια της χώρας το κλίμα είναι μεσογειακό με μέσες θερμοκρασίες 14÷20°C, ενώ στο εσωτερικό τμήμα το κλίμα είναι ηπειρωτικό με μέσες θερμοκρασίες 4÷18°C. Μετρήσεις της μετεωρολογικής υπηρεσίας την περίοδο 1966-1982 αναφέρουν ότι οι μέσες ώρες με ηλιοφάνεια κάθε χρόνο είναι 2640hr (1yr=8760hr), που αντιστοιχούν σε 7.2hr ημερησίως. Η μέση ετήσια ακτινοβολία ανέρχεται σε 1311kWh/m<sup>2</sup>/yr και αντιστοιχεί σε 3.6kWh/m<sup>2</sup>/day [3].

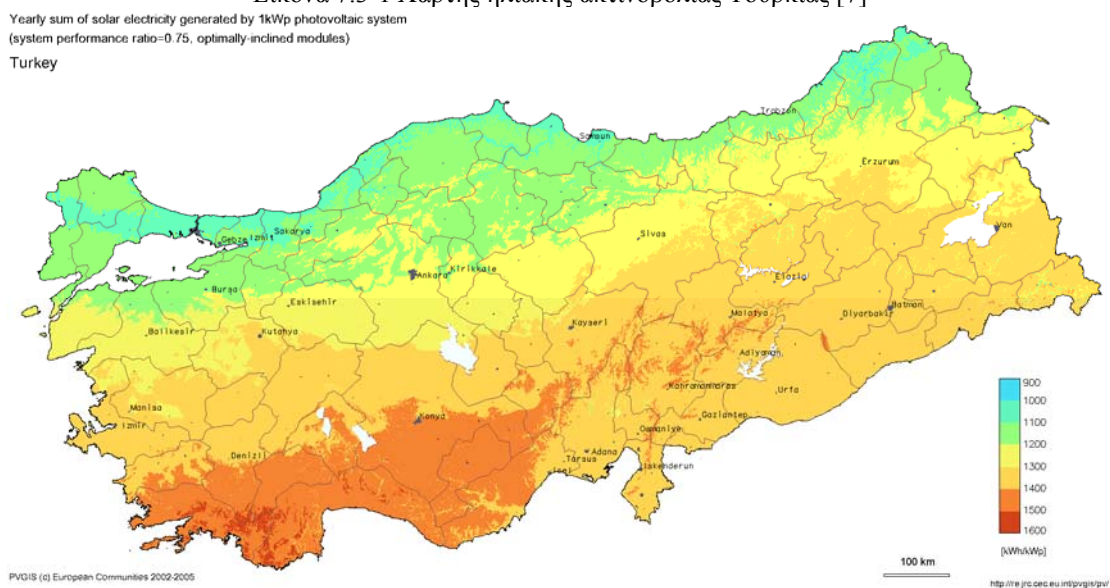
Από το 1992 έχει ξεκινήσει διεξαγωγή ακριβέστερων μετρήσεων της ηλιακής ακτινοβολίας από τη Διεύθυνση Έρευνας & Ανάπτυξης Πηγών Ηλεκτρικής Ενέργειας (Electrical Power Resources Survey & Development – EIE), με τα αποτελέσματα να αναμένεται να είναι αυξημένα κατά 20-25%. Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται η μέση ακτινοβολία και μέση ηλιοφάνεια διάφορων περιοχών της χώρας [3].

Πίνακας 7.3-1 Συνολική ηλιακή ακτινοβολία & ηλιοφάνεια [3]

Περιοχή	Συνολική ηλιακή ακτινοβολία (kWh/m <sup>2</sup> /yr)	Ώρες ηλιοφάνειας (hr/yr)
<b>Southeastern Anatolia</b>	1460	2993
<b>Mediterranean</b>	1390	2956
<b>East Anatolia</b>	1365	2664
<b>Central Anatolia</b>	1314	2628
<b>Aegean</b>	1304	2738
<b>Marmara</b>	1168	2409
<b>Black Sea</b>	1120	1971

Όπως είναι αναμενόμενο, οι νότιες περιοχές της χώρας στα παράλια της Μεσογείου δέχονται τη μεγαλύτερη ηλιακή ακτινοβολία, όπως φαίνεται και στον ακόλουθο χάρτη [3], [7].

Εικόνα 7.3-1 Χάρτης ηλιακής ακτινοβολίας Τουρκίας [7]







Η Τουρκία έχει εξαιρετικά πλούσιες πηγές γεωθερμίας, κατέχοντας στα εδάφη της το 1/8 του παγκόσμιου δυναμικού, όντας 7<sup>η</sup> παγκοσμίως. Οι περισσότερες πηγές εντοπίζονται στο νοτιοανατολικά τμήμα της χώρας, και εκτιμάται ότι συνολικά μπορούν να αποφέρουν σε θεωρητικό επίπεδο 5000MWe ή 31500MWt, που αντιστοιχούν στη θέρμανση 5000000 νοικοκυριών [3].

Η υδροηλεκτρική ενέργεια που είναι διαθέσιμη στην Τουρκία, υπό μέσες συνθήκες ροής και βροχόπτωσης, εκτιμάται ότι ξεπερνά τα 430000MW, που αντιστοιχούν στο 1.2% των παγκόσμιων αποθεμάτων και στο 14% των ευρωπαϊκών. Ωστόσο, το δυναμικό που είναι τεχνικά αξιοποιήσιμο είναι 216000MW, και συμπεριλαμβάνοντας και οικονομικά κριτήρια μειώνεται σε 130000MW. Επιπλέον υπάρχουν προοπτικές για εγκατάσταση μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών, ειδικά στις ανατολικές περιοχές [3].

## 7.4 Παρούσα Κατάσταση ΑΠΕ

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ στην Τουρκία το 2008 ήταν περίπου 14000MW, που αντιστοιχούν σε 13427MW υδροηλεκτρικά, 433MW αιολικά, 29.8MW γεωθερμίας κ.α. Συνολικά οι ΑΠΕ αντιπροσωπεύουν το 34% της εγκατεστημένης ισχύς, και αποφέρουν περίπου 40000GWh που αντιπροσωπεύει το 25% της παραγόμενης ενέργειας [3], [4].

Η κύρια χρήση της ηλιακής ενέργειας γίνεται με ηλιακούς συλλέκτες θέρμανσης νερού. Τα συστήματα αυτά είναι ευρέως διαδεδομένα σε οικιακές, εμπορικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις, ειδικά στις περιοχές κοντά στο Αιγαίο και τη Μεσόγειο. Το 2005 η συνολική τους επιφάνεια ανερχόταν σε 12000000m<sup>2</sup> με την παραγόμενη ενέργεια να αντιστοιχεί σε 0.41Mtoe. Κάθε χρόνο κατασκευάζονται συλλέκτες συνολικής επιφάνειας 1000000m<sup>2</sup>, ενώ το ΕΙΕ διεξάγει έρευνες για τη βελτίωση της απόδοσης των συστημάτων [3].

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα βρίσκονται ακόμα σε πειραματικό στάδιο στην Τουρκία, και χρησιμοποιούνται πιλοτικά σε μεμονωμένες περιπτώσεις, όπως για φωταγωγήση οδικών σημάτων και για άντληση νερού. Η συνολική ισχύς τους ανέρχεται σε 300kW [3].

Η γεωθερμία στην Τουρκία αξιοποιείται σε συστήματα θέρμανσης, με τη συνολική ισχύ το 2008 να ανέρχεται σε 29.8MW, που αποδίδουν πάνω από 100GWh το χρόνο. Η ισχύς αυτή ισοδυναμεί με 1000MWt που αξιοποιούνται σε περισσότερα από 100000 κτήρια, και με 400MWt που χρησιμοποιούνται σε θερμικό σταθμό [3].

Στον τομέα της αξιοποίησης απορριμμάτων, το μόνο που γίνεται είναι σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις η παραγωγή θερμότητας από καύση. Η συνολική ισχύς το 2006 ήταν 50MW, χωρίς όμως να υπάρχουν σταθμοί παραγωγής ενέργειας με πηγή ενέργειας τη βιομάζα [3].

Το 1986 ήταν η πρώτη χρονιά που παράχθηκε ηλεκτρικό ρεύμα από ανεμογεννήτριες στην Τουρκία. Το πρώτο αιολικό πάρκο είχε ισχύ μόλις  $55kV$  και εγκαταστάθηκε στα παράλια του Αιγαίου, στο Τσεσμέ (Cesme) στην περιοχή της Σμύρνης [3].

Το 2000 η συνολική ισχύς των αιολικών πάρκων ήταν  $19MW$  και το 2006 ήταν  $50MW$ . Τα πρόσφατα χρόνια όμως έλαβε χώρα σημαντική αύξηση της εγκατεστημένης ισχύς που έφτασε τα  $147MW$  το 2007, και τα  $433MW$  το 2008. Αναλυτικά, τα εν λειτουργία αιολικά πάρκα και οι κατασκευαστές τους παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα [3], [14].

Εικόνα 7.4-1 Αιολικό πάρκο Μπαντίρμα



Πίνακας 7.4-1 Αιολικά πάρκα εν λειτουργία [14]

Περιοχή	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)	Κατασκευαστής Ανεμογεννητριών	Έτος λειτουργίας
Izmir-Cesme	1.50	Enercon	1998
Izmir-Cesme	7.20	Vestas	1998
Canakkale-Bozcaada	10.20	Enercon	2000
Istanbul-Hadimkoy	1.20	Enercon	2003
Balikesir-Bandirma	30.00	GE Energy	2006
Istanbul-Silivri	0.85	Vestas	2006
Izmir-Cesme	39.20	Enercon	2007
Manisa-Akhisar	10.80	Vestas	2007
Canakkale-Intepe	30.40	Enercon	2007
Canakkale-Gelibolu	14.90	Enercon	2007
Hatay-Samadag	30.00	Vestas	2008
Manisa-Sayalar	30.60	Enercon	2008
Izmir-Aliaga	42.50	Nordex	2008
Istanbul-Gaziosmanpasa	24.00	Enercon	2008
Istanbul-Catalka	60.00	Vestas	2008
Balikesir-Samli	90.00	Vestas	2008
Mugla-Datca	10.00	Enercon	2008
<b>Συνολικά</b>	<b>433.35</b>		

Εικόνα 7.4-2 Αιολικό πάρκο Μπαντίρμα [2]



Εικόνα 7.4-3 Αιολικό πάρκο Τσεσμέ [2]

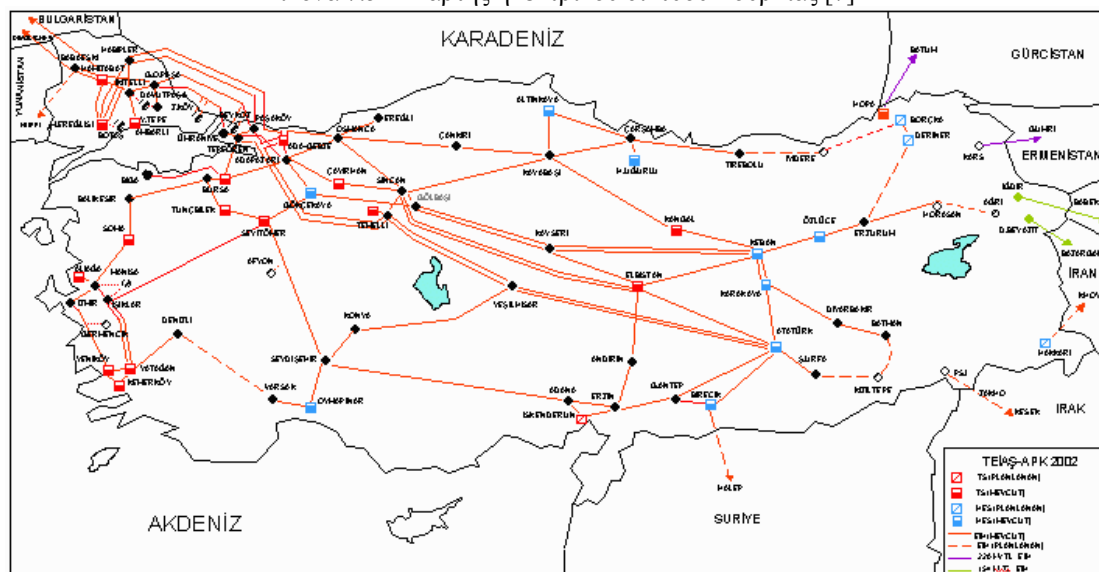


Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η Τουρκία είναι προικισμένη με πολύ υψηλό δυναμικό υδροηλεκτρικής ενέργειας. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι  $13427MW$  που αποφέρουν πάνω από  $36000GWh$ . Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί αποτελούν το 97% της ισχύς των ΑΠΕ, ενώ μόνο το 35% της διαθέσιμης υδροηλεκτρικής ενέργειας αξιοποιείται. Συνολικά υπάρχουν πάνω από 135 φράγματα, που εντοπίζονται στο ανατολικό τμήμα της χώρας στους ποταμούς Τίγρη και Ευφράτη. Η τοπογραφία της Τουρκίας ευνοεί και την κατασκευή μικρών υδροηλεκτρικών έργων. Υπάρχουν 74 σταθμοί τέτοιου είδους, με συνολική εγκατεστημένη ισχύ  $185MW$  που αποφέρουν ετησίως  $260GWh$  [3].

## 7.5 Δίκτυα-Διασυνδέσεις

Το ηλεκτρικό δίκτυο της Τουρκίας καλύπτει τις περισσότερες κατοικημένες περιοχές της χώρας. Προβλήματα υπάρχουν σε κάποιες απομονωμένες περιοχές στα νοτιοανατολικά, οι οποίες ωστόσο τροφοδοτούνται από γειτονικές χώρες. Το μεγαλύτερο πρόβλημα του δικτύου είναι οι μεγάλες απώλειες μεταφοράς και διανομής που αγγίζουν το 19%, τη στιγμή που ο μέσος όρος στην Ευρώπη είναι 7%. Στο ηλεκτρικό δίκτυο είναι απαραίτητο να γίνουν σημαντικά έργα υποδομής και αναβάθμισης ώστε να είναι δυνατή η σύνδεση μεγάλων μονάδων ΑΠΕ. Ο χάρτης του συστήματος παρουσιάζεται παρακάτω [4].

Εικόνα 7.5-1 Χάρτης ηλεκτρικού δικτύου Τουρκίας [7]



Η Τουρκία έχει συνδέσεις με όλες τις γειτονικές της χώρες, και το 2005 οι συναλλαγές ενέργειας έφτασαν τις  $2400GWh$ , με εισαγωγές  $600GWh$  και εξαγωγές  $1800GWh$ . Ανατολικά, όπως αναφέρθηκε, υπάρχει σύνδεση με το δίκτυο της Συρίας, που δε λειτουργεί ακόμα, με τη Γεωργία και με την Αρμενία με γραμμές  $220kV$  χωρητικότητας  $300MW$ , με το Αζερμπαϊτζάν με γραμμή  $400kV$  χωρητικότητας  $100MW$ , με το Ιράκ με γραμμή  $400kV$  χωρητικότητας  $400MW$  και με το Ιράν με δύο γραμμές  $154kV$  χωρητικότητας  $100MW$  και  $200MW$ . Προς τη δύση υπάρχουν δύο συνδέσεις με τη Βουλγαρία, από τις οποίες μόνο η μία λειτουργεί με γραμμή  $400kV$  χωρητικότητας  $2000MW$ . Τέλος, η σύνδεση με την Ελλάδα με γραμμή  $400kV$  χωρητικότητας  $400MW$ , αναμενόταν να λειτουργήσει μέσα στο 2008, όμως εξαιτίας προβλημάτων συγχρονισμού του δικτύου της Τουρκίας με το Ευρωπαϊκό δε συναλλάσσεται ηλεκτρική ενέργεια ακόμα [3], [34].

## 7.6 Πολιτικές-Προοπτικές

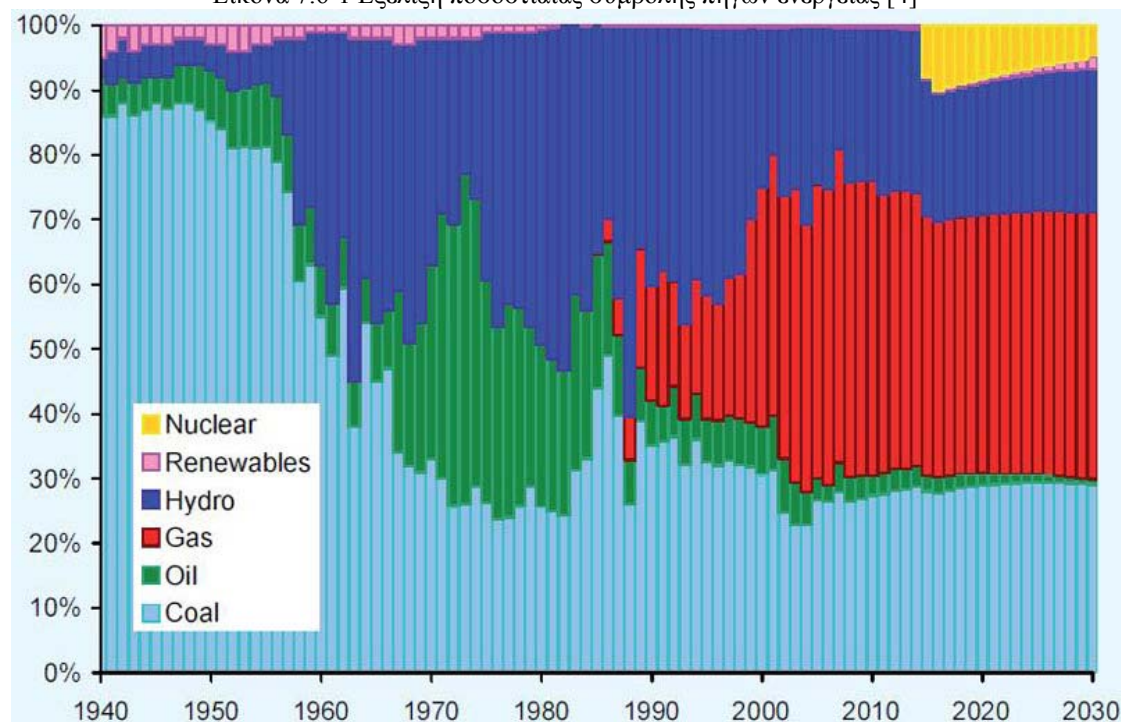
Στην Τουρκία είναι απαραίτητη η υιοθέτηση ενός περισσότερο ορθολογικού τρόπου λειτουργίας του ενεργειακού συστήματος ώστε να ενισχυθεί η ανταγωνιστικότητα της οικονομίας της χώρας. Προς αυτήν την κατεύθυνση έχουν γίνει σημαντικά βήματα, με αναδιαρθρώσεις του συστήματος και απελευθέρωσης της ενεργειακής αγοράς, όπως έγινε το 2001. Κύρια προτεραιότητα αποτελεί η εναρμόνιση με τα αντίστοιχα πλαίσια λειτουργίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στην οποία η Τουρκία αποσκοπεί να ενταχθεί [3], [4].

Μεγάλη πρόκληση για τη χώρα είναι η αύξηση του βαθμού αυτάρκειας, καθώς από εγχώριες πηγές παράγεται μόλις το 30% της ενέργειας. Την ίδια στιγμή, ο ρυθμός ετήσιας αύξησης της ζήτησης ηλεκτρικού ρεύματος μέχρι το 2030 αναμένεται να κυμανθεί γύρω στο 5.7%. Αντίστοιχα η κατανάλωση ενέργειας από τις 141000GWh το 2006, υπολογίζεται ότι θα φτάσει τις 631000GWh το 2030, με την κατανομή της να παραμένει ως έχει [4].

Για να ικανοποιηθούν οι παραπάνω προβλέψεις για τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει μέχρι το 2030 να έχει διπλασιαστεί η συνολική εγκατεστημένη ισχύς της Τουρκίας, και να φτάσει προσεγγιστικά τα 80000MW, χωρίς να συνυπολογίζονται εισαγωγές ενέργειας [4].

Για την αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος η Τουρκία έχει ως στόχο την αύξηση χρήσης φυσικού αερίου και τη σταδιακή απεξάρτηση από το πετρέλαιο, ενώ υπάρχουν σχέδια κατασκευής πυρηνικού σταθμού που θα λειτουργήσει το 2015 στην περιοχή Ακουγιού (Akkuyu), ισχύος 5000MW που θα παράγει 37000GWh ετησίως. Η ποσοστιαία συμβολή των πηγών ενέργειας στην εγκατεστημένη ισχύ της Τουρκίας διαχρονικά παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα [4], [33].

Εικόνα 7.6-1 Εξέλιξη ποσοστιαίας συμβολής πηγών ενέργειας [4]



Ως προς τις ΑΠΕ που αποτελούν σημαντική εγχώρια πηγή ενέργειας, μετά τον άνθρακα, υπάρχουν στόχοι μεγαλύτερης αξιοποίησής τους, χωρίς όμως να δίνεται προτεραιότητα σε αυτές. Σε αριθμούς οι στόχοι που έχουν θεσπιστεί για τα επόμενα χρόνια παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα [3].

Πίνακας 7.6-1 Στόχοι αξιοποίησης ΑΠΕ [3]

Πηγή ενέργειας	2007	2010	2013
Υδροηλεκτρική (GWh)	53195	57009	71770
Γεωθερμία-ηλεκτρισμός (GWh)	384	384	384
Γεωθερμία-θερμότητα (Gtoe)	1208	1650	2239
Αιολική (GWh)	3841	4890	5938
Ηλιακή (Gtoe)	441	495	558

Το Μάιο του 2005 η κυβέρνηση της Τουρκίας ενέκρινε το νέο νόμο σχετικά με τις ΑΠΕ, που εξασφάλιζε ελάχιστες τιμές αγοράς της παραγόμενης ενέργειας. Οι στόχοι του νόμου είναι η περαιτέρω ανάπτυξη και αξιοποίηση των ΑΠΕ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και η προσέλκυση επενδυτών. Στις παροχές ακόμα περιλαμβάνονται επιδοτήσεις και εξασφάλιση σύνδεσης στο εθνικό ηλεκτρικό δίκτυο. Ο νόμος ενισχύει κατά κύριο λόγο την ανάπτυξη αιολικών πάρκων και λιγότερο τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα και τις εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών και βιομάζας, για τα οποία απαιτούνται πιο ξεκάθαρα πλαίσια [3].

Το Νοέμβριο του 2007 η EMRA άνοιξε για μία μέρα μέσω διαδικτύου τις αιτήσεις για προγράμματα αιολικής ενέργειας. Συνολικά έφτασαν πάνω από 750 μελέτες συνολικής ισχύος που ξεπερνούσε τα 78000MW, γεγονός που ξεπέρασε κατά πολύ τις προσδοκίες και παράλληλα έδειξε ότι με τη δημιουργία κατάλληλων προϋποθέσεων είναι εφικτή η ένταξη της αιολικής ενέργειας στο σύστημα με μεγαλύτερη συνεισφορά [6].

Οι άμεσοι στόχοι στον τομέα των αιολικών πάρκων είναι η ολοκλήρωση κατασκευής πάρκων ισχύος 402.4MW μέσα στο 2009, και έναρξη εργασιών ανέγερσης πάρκων ισχύος 667.6MW, με μακροπρόθεσμο στόχο τα 3000MW μέχρι το 2020. Ακόμα υπό κατασκευή είναι και εργοστάσιο παραγωγής πετρυγίων για ανεμογεννήτριες στην περιοχή της Σμύρνης [3], [6], [14].

Πίνακας 7.6-2 Μελλοντικά αιολικά πάρκα υπό κατασκευή [14]

Περιοχή	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)	Κατασκευαστής Ανεμογεννητριών	Έτος λειτουργίας
Hatay-Samandag	35.10	Nordex	2009
Hatay-Samandag	22.50	Nordex	2009
Aydin-Didim	31.50	Suzion	2009
Izmir-Cesme	15.00	Nordex	2009
Izmir-Cesme	22.50	Nordex	2009
Manisa-Soma	140.80	Enercon	2009
Osmaniye-Bahce	135.00	GE Energy	2009
Συνολικά	402.40		

Πίνακας 7.6-3 Μελλοντικά αιολικά πάρκα υπό μελέτη [14]

Περιοχή	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)	Κατασκευαστής Ανεμογεννητριών	Έτος λειτουργίας
Balikesir-Susurluk	19.00	Enercon	2009
Balikesir-Bandirma	45.00	Vestas	2009
Tekirdag-Sarkoy	28.80	Enercon	2009
Balikesir-Havran	16.00	Enercon	2009
Canakale-Ezine	20.80	Enercon	2009
Hatay-Belen	30.00	Vestas	2009
Manisa-Kirkagas	25.60	Enercon	2009
Edirne-Enez	15.00	-	2009
Izmir-Aliaga	30.00	Enercon	2009
Izmir-Aliaga	90.00	Nordex	2009
Izmir-Aliaga	30.00	Enercon	2010
Izmir-Foca	30.00	Enercon	2010
Balikesir-Kepsut	54.90	Enercon	2010
Manisa-Soma-Kir.	90.00	Nordex	2010
Balikesir-Kepsut	142.50	Nordex	2010
<b>Συνολικά</b>	<b>667.60</b>		

Η υδροηλεκτρική ενέργεια αποτελεί με διαφορά την κυριότερη ΑΠΕ της Τουρκίας, και στα πλαίσια του Προγράμματος Νοτιοανατολικής Ανατολίας (South-eastern Anatolia Project – GAP) προβλέπεται ανέγερση 22 φραγμάτων και 19 υδροηλεκτρικών σταθμών. Η συνολική ισχύς θα ανέρχεται σε  $7500MW$ , και το σχέδιο αναμένεται να ολοκληρωθεί μέχρι το 2013. Μέχρι το 2020 προβλέπεται η ισχύς των υδροηλεκτρικών μονάδων να προσεγγίζει τα  $18000MW$ . Όσον αφορά τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα, υπό κατασκευή είναι 10 μονάδες, συνολικής ισχύος  $118MW$  με εκτιμώμενη παραγωγή  $480GWh$  ετησίως. Επιπροσθέτως, υπό μελέτη είναι συνολικά 210 έργα συνολικής ισχύος  $844MW$  που θα συνεισφέρουν ετησίως  $3600GWh$  [3].

Στα ζητήματα του ηλεκτρικού δικτύου της χώρας, στόχος είναι η αναβάθμισή του, ώστε να περιοριστούν οι απώλειες μεταφοράς και διανομής στο 7% μέχρι το 2025. Ακόμα, όταν είναι τεχνικά εφικτό θα τεθεί σε λειτουργία η σύνδεση με την Ελλάδα στη Θράκη, που αποτελεί προϋπόθεση για τη λειτουργία της ανενεργής διασύνδεσης με τη Συρία [4], [34].

Συμπερασματικά, η ενεργειακή πολιτική της Τουρκίας χαρακτηρίζεται από πολλές παραμέτρους. Παρά την έλλειψη εγχώριων πηγών ενέργειας και την εξάρτηση από άλλες χώρες, είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής καυσίμων της ευρύτερης περιοχής και παράλληλα αποτελεί καίριο ενεργειακό κόμβο μεταφοράς καυσίμων. Μετά την κρίση του 2001 η οικονομία της χώρας βρίσκεται σε ανοδική πορεία, και η διατήρηση αυτής της πορείας καθιστά απαραίτητη την το δυνατό μεγαλύτερη ενεργειακή αυτάρκεια.

Η συνεχής αύξηση της ενεργειακής ζήτησης θα ικανοποιηθεί βραχυπρόθεσμα κυρίως από φυσικό αέριο και άνθρακες και μακροπρόθεσμα από πυρηνική ενέργεια, και σε μικρότερο βαθμό από ΑΠΕ, για τις οποίες απαιτούνται μεγαλύτερες προσπάθειες αξιοποίησης. Επιπλέον είναι σημαντικό η ενεργειακή πολιτική της χώρας να εστιάζει και στην αποδοτικότητα των μονάδων παραγωγής και τη σωστή διαχείριση και εξοικονόμηση ενέργειας, παράλληλά με την ανάπτυξη και κατασκευή νέων σταθμών.



Παρά τα θετικά βήματα, υπάρχουν αρκετά εμπόδια στην ανάπτυξη μεγάλων μονάδων παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ στη χώρα. Οι μεγάλες επιδοτήσεις στην αγορά του άνθρακα, καθιστούν ασύμφορες οικονομικά τις επενδύσεις σε άλλους τομείς ενέργειας, ενώ υπάρχουν προβλήματα συντονισμού μεταξύ των αρμόδιων υπηρεσιών, παρά τις αλλαγές στη δομή του συστήματος. Επιπλέον όπως αναφέρθηκε είναι απαραίτητες κάποιες τροποποιήσεις στο νόμο περί ΑΠΕ ώστε να μην υπάρχουν κενά και ασάφειες.

# 8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

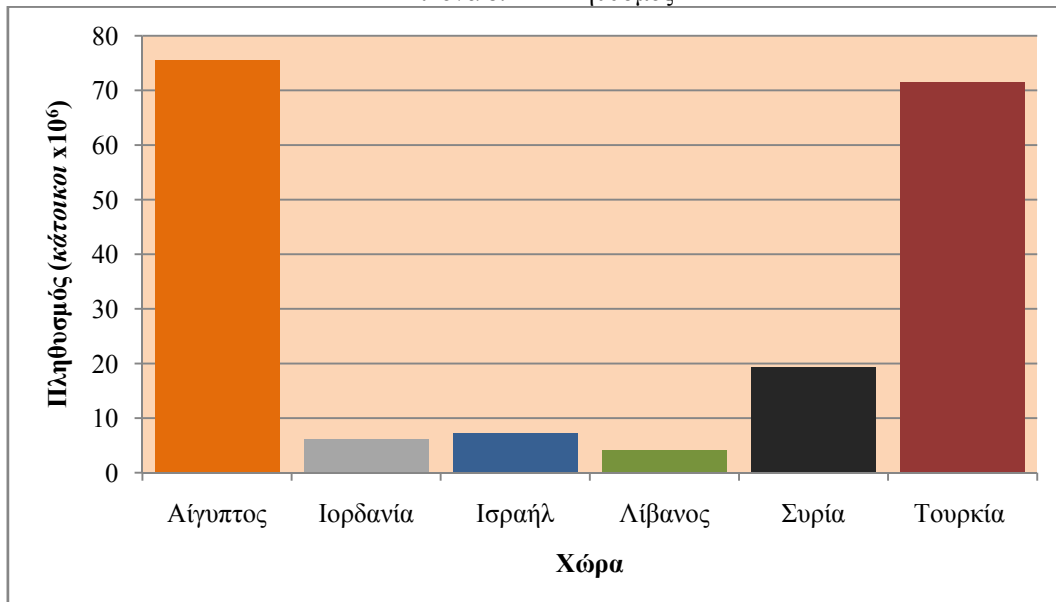
## 8.1 Δημογραφικά Στοιχεία

Οι μεγαλύτερες σε έκταση και πληθυσμό χώρες είναι η Αίγυπτος και η Τουρκία, που είναι και από ενεργειακή άποψη οι κυριότερες χώρες της ανατολικής Μεσογείου. Συνολικά, ο πληθυσμός της περιοχής ανέρχεται σε 184099892 ανθρώπους, και η έκταση των κρατών είναι  $2093058\text{km}^2$ . Ενδεικτικό της σπουδαιότητας της περιοχής είναι ότι αν οι υπό μελέτη χώρες συνιστούσαν ένα ενιαίο κράτος, αυτό θα ήταν το 8<sup>ο</sup> μεγαλύτερο σε έκταση και το 6<sup>ο</sup> σε πληθυσμό στον κόσμο. Ο μισός περίπου πληθυσμός της περιοχής είναι νεανικός, γεγονός που προδιαγράφει υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης στο μέλλον. Συγκεντρωτικά τα δημογραφικά στοιχεία παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

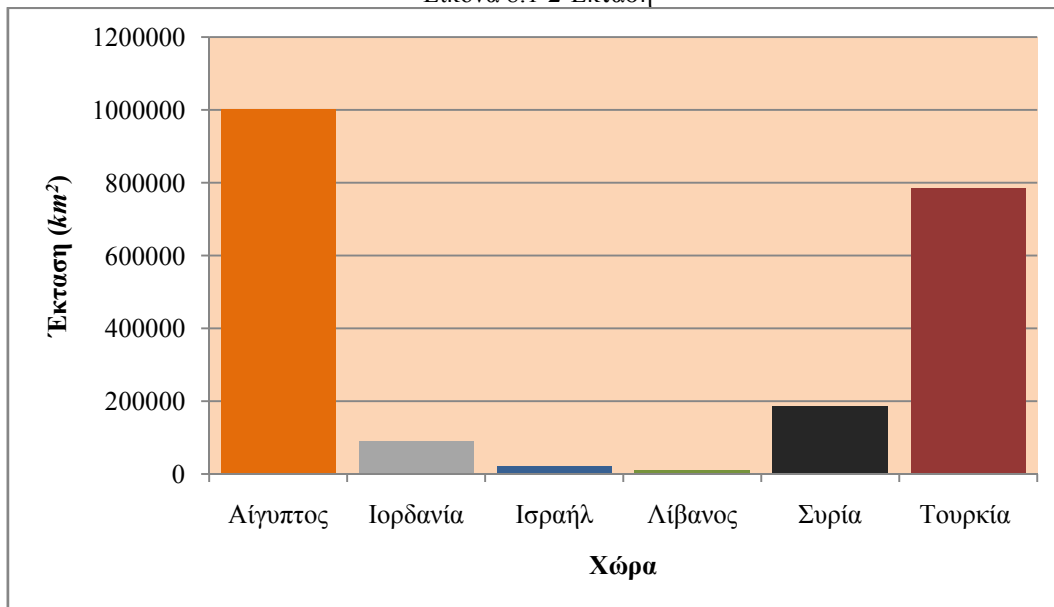
Πίνακας 8.1-1 Δημογραφικά στοιχεία

Στοιχεία	Αίγυπτος	Ιορδανία	Ισραήλ	Λίβανος	Συρία	Τουρκία
Πληθυσμός (κάτοικοι)	75500662	6198677	7282000	4196453	19405000	71517100
Έκταση ( $\text{km}^2$ )	1002450	89342	22072	10452	185180	783562
Πυκνότητα πληθυσμού (κάτοικοι/ $\text{km}^2$ )	75	69	330	401	105	91

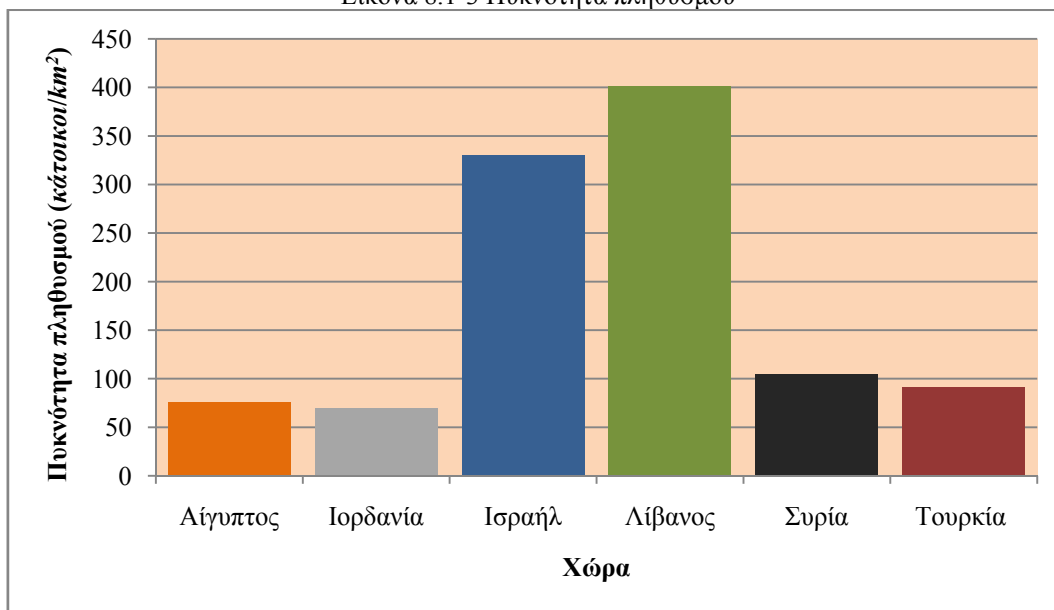
Εικόνα 8.1-1 Πληθυσμός



Εικόνα 8.1-2 Έκταση



Εικόνα 8.1-3 Πυκνότητα πληθυσμού



Σημαντικό χαρακτηριστικό της περιοχής είναι οι μεγάλες ερημικές εκτάσεις, ειδικά στην Αίγυπτο, τη Συρία και την Ιορδανία. Σε μακροσκοπική κλίμακα οι χώρες αυτές είναι αραιοκατοικημένες, ο πληθυσμός όμως είναι συγκεντρωμένος στα μεγάλα αστικά κέντρα που είναι εξαιρετικά πυκνοκατοικημένα, και σε αυτά παρουσιάζεται η μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας. Οι μεγάλες ερημικές εκτάσεις ευνοούν την κατασκευή μονάδων ΑΠΕ, εφόσον έτσι δε διαταράσσεται ο τοπικός πληθυσμός κάποιας κατοικημένης περιοχής, ούτε καταστρέφεται η αισθητική κάποιου φυσικού τοπίου.

## 8.2 Ενεργειακά Στοιχεία

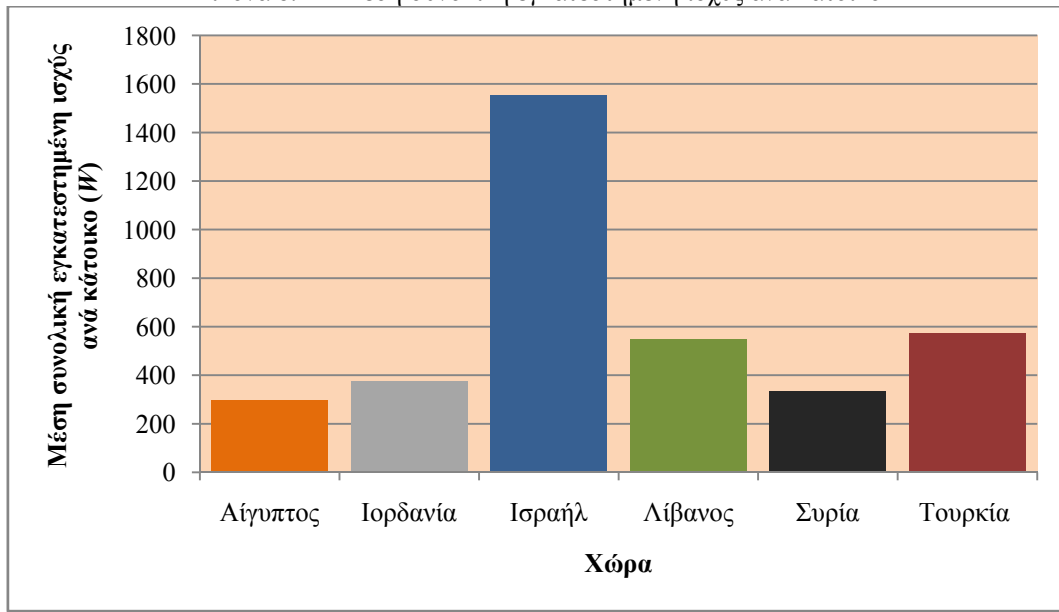
Τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν μεμονωμένα για κάθε χώρα στα προηγούμενα κεφάλαια συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα. Για κάθε χώρα σημειώνεται το έτος αναφοράς των δεδομένων, ενώ οι πηγές αναφέρονται στα προηγούμενα κεφάλαια. Ακόμα, παρουσιάζονται και ενεργειακοί δείκτες που προκύπτουν κατόπιν ανάλυσης και θα επεξηγηθούν στα αντίστοιχα διαγράμματα. Να σημειωθεί ότι σε μορφή διαγράμματος παρουσιάζονται μόνο τα μεγέθη που είναι συγκρίσιμα, όπως μεγέθη ανά κάτοικο και αδιάστατοι συντελεστές, καθώς η σύγκριση στοιχείων με μεγάλη αριθμητική διαφορά είναι προφανής.

Εικόνα 8.2-1 Ενεργειακά στοιχεία

Στοιχεία	Αίγυπτος (2007-08)	Ιορδανία (2007)	Ισραήλ (2007-08)	Λίβανος (2006)	Συρία (2005)	Τουρκία (2007-08)
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς ( <i>MW</i> )	22583	2322	11323	2307.5	6500	40927.8
Μέση συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανά κάτοικο ( <i>W</i> )	299	375	1555	550	335	572
Μέγιστο φορτίο ( <i>MW</i> )	19738	2160	10070	na	na	na
Μέσο μέγιστο φορτίο ανά κάτοικο ( <i>W</i> )	261	348	1383	na	na	na
Παραγόμενη ενέργεια ( <i>GWh</i> )	125145	13001	53613	9287	33000	190690
Καταναλισκόμενη ενέργεια ( <i>GWh</i> )	107226	10553	49323	9000	25000	150000
Μέση κατανάλωση ανά κάτοικο ( <i>kWh</i> )	1420	1702	6773	2145	1288	2097
Απώλειες δικτύου (%)	na	18.89	na	15	na	19
Αξιοπιστία συστήματος (%)	114	108	112	na	na	na
Συντελεστής φορτίου (%)	62	56	56	na	na	na
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ ( <i>MW</i> )	3248	17.4	6	273.5	1500	13890.7
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς αιολικών ( <i>MW</i> )	365	1.445	6	0	0	433
Παραγόμενη ενέργεια ΑΠΕ ( <i>GWh</i> )	16357	74	na	695	na	37440
Παραγόμενη ενέργεια αιολικών ( <i>GWh</i> )	847	3	na	0	0	na

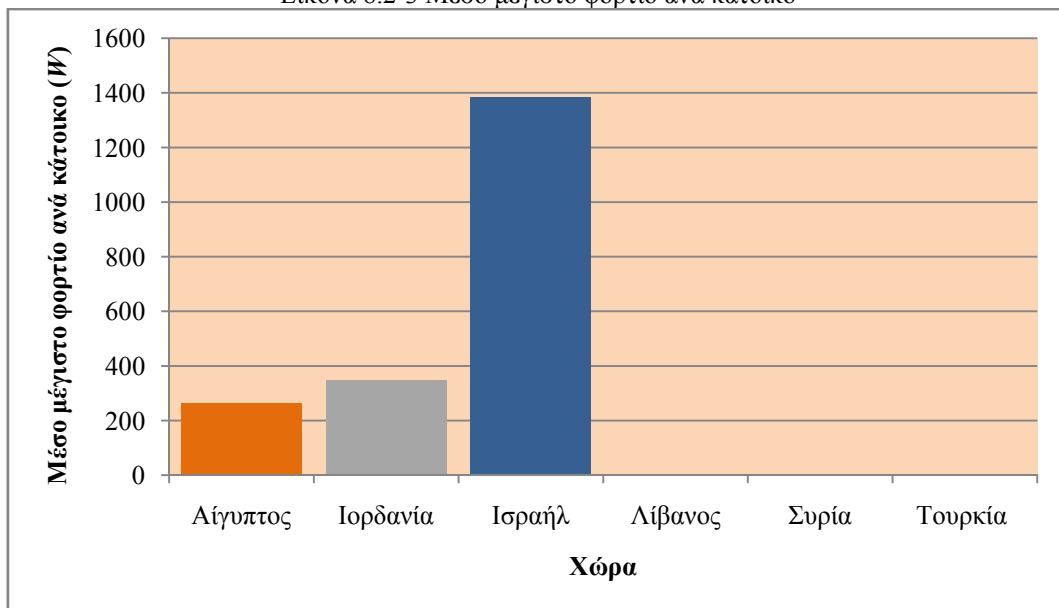
Σε απόλυτα μεγέθη η Τουρκία με 40927.8MW και η Αίγυπτος με 22583MW έχουν τη μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ, κάτι που είναι αναμενόμενο με κριτήριο το μέγεθος του πληθυσμού τους. Όμως σε αντιστοιχία εγκατεστημένης ισχύος ανά κάτοικο, το Ισραήλ υπερτερεί σε μεγάλο βαθμό των υπολοίπων με 1555W/κάτοικο, ξεπερνώντας τον μέσο όρο της ευρωπαϊκής ένωσης (EU27) που είναι 1488W/κάτοικο [35]. Αντίθετα, στους κατοίκους της Αιγύπτου αντιστοιχεί η λιγότερη ισχύς, παρά την ενεργειακή δυναμική της χώρας.

Εικόνα 8.2-2 Μέση συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανά κάτοικο



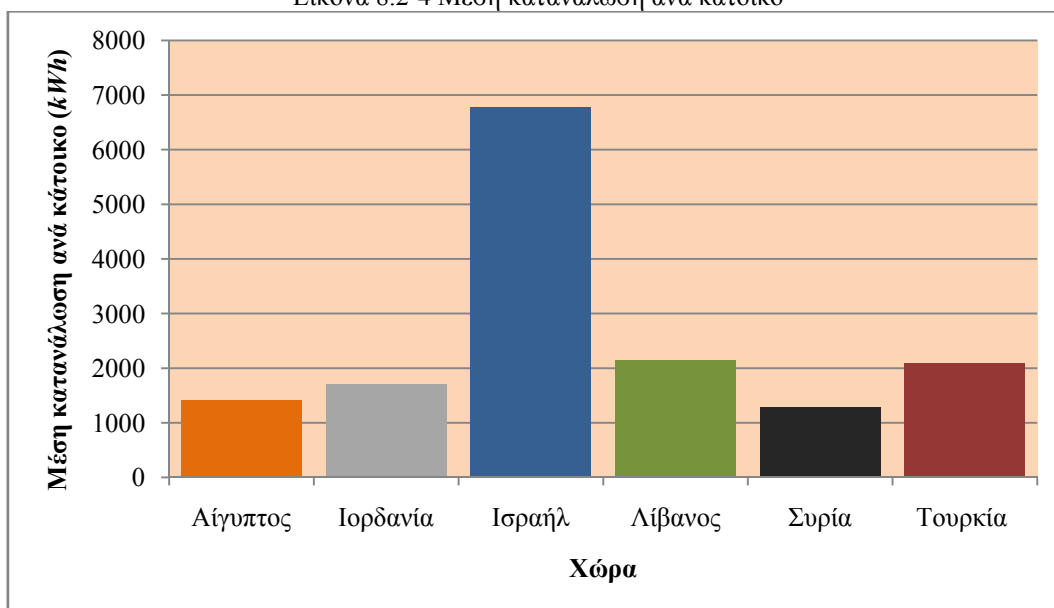
Σε αντιστοιχία με την εγκατεστημένη ισχύ της κάθε χώρας κυμαίνεται το μέγιστο φορτίο των ηλεκτρικών συστημάτων. Για τις χώρες που δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία, μπορεί να υποτεθεί ότι σε ποιοτικό επίπεδο τουλάχιστον υπάρχει αντιστοιχία του μέγιστου φορτίου ανά κάτοικο, με τη μέση συνολική εγκατεστημένη ισχύ ανά κάτοικο.

Εικόνα 8.2-3 Μέσο μέγιστο φορτίο ανά κάτοικο



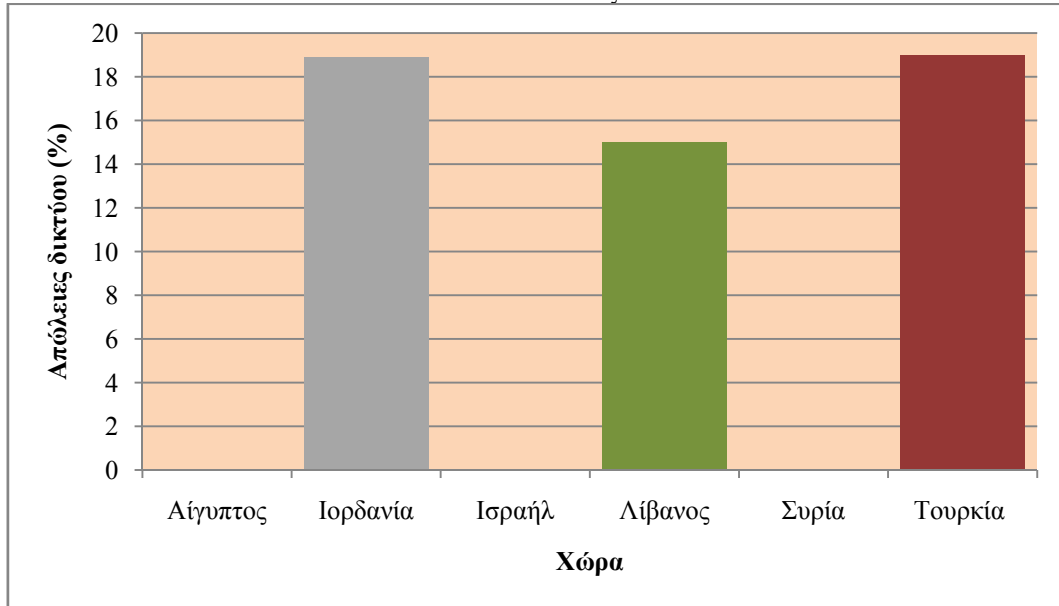
Σε αναλογία με τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ, κυμαίνεται και η παραγόμενη ενέργεια ανά χώρα. Η καταναλισκόμενη ενέργεια προκύπτει από την παραγόμενη αφού αφαιρεθούν οι απώλειες του δικτύου μεταφοράς και διανομής, οι εξαγωγές ενέργειας και η ιδιοκατανάλωση των σταθμών παραγωγής. Το Ισραήλ έχει την υψηλότερη κατανάλωση ανά κάτοικο, όχι μόνο γιατί έχει τη μεγαλύτερη αναλογία ισχύος ανά κάτοικο, αλλά και επειδή δεν εξάγει ηλεκτρική ενέργεια. Επιπλέον, σημαντικός παράγοντας που καθορίζει την κατανάλωση ανά κάτοικο είναι και οι συνθήκες διαβίωσης και ο τρόπος ζωής των κατοίκων. Οι κάτοικοι του Ισραήλ και ένα ποσοστό των κατοίκων της Τουρκίας ακολουθούν το δυτικό τρόπο ζωής, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες χώρες, που είναι λιγότερο ανεπτυγμένες και που επικρατεί η περισσότερο παραδοσιακή τοπική κουλτούρα. Εξάιρεση αποτελεί ο Λίβανος που έχει υψηλή κατανάλωση ανά κάτοικο κυρίως λόγω μικρού πληθυσμού.

Εικόνα 8.2-4 Μέση κατανάλωση ανά κάτοικο



Το ποσοστό ενέργειας που χάνεται ως απώλεια δικτύου στις χώρες της ανατολικής μεσογείου είναι αρκετά υψηλό, της τάξης του 15÷20%, ενώ αντίστοιχα ο μέσος όρος της ευρωπαϊκής ένωσης (EU27) είναι 7% [4]. Για την Αίγυπτο και τη Συρία που δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα μπορεί να υποθεθεί ότι οι απώλειες κυμαίνονται σε αυτά τα επίπεδα. Στο Ισραήλ, σε αντιστοιχία με τους υπόλοιπους ενεργειακούς δείκτες της χώρας, αναμένεται το ποσοστό απωλειών να κυμαίνεται στα ευρωπαϊκά πρότυπα.

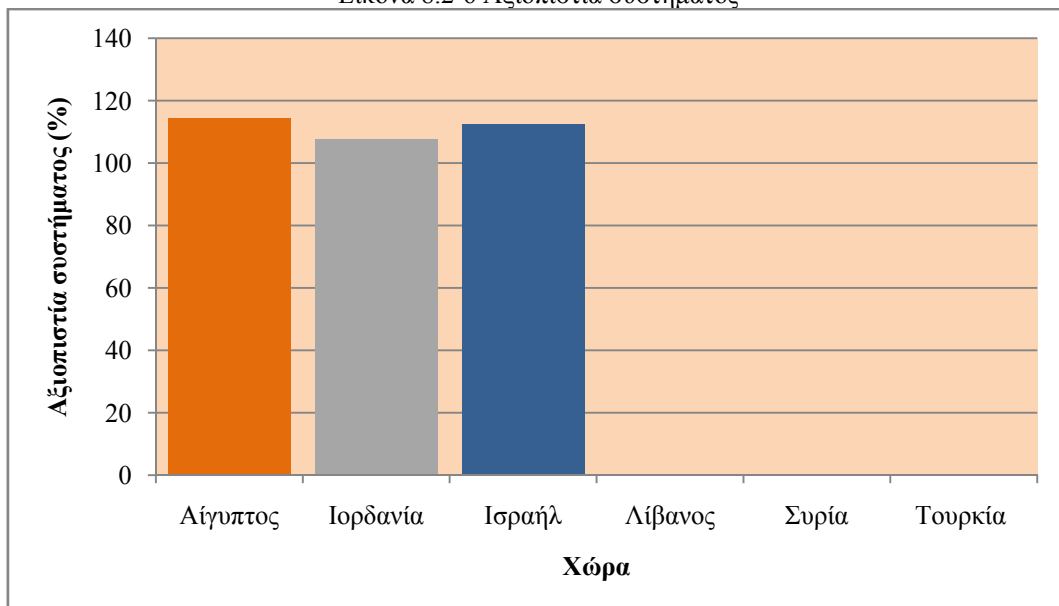
Εικόνα 8.2-5 Απώλειες δικτύου



Βασική απαίτηση από ένα ηλεκτρικό δίκτυο είναι η εξασφάλιση ηλεκτρικής ενέργειας για κάθε επίπεδο ζήτησης. Για το λόγο αυτό, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς πρέπει πάντα να υπερβαίνει το μέγιστο φορτίο ενός συστήματος. Αυτό δε συνεπάγεται απαραίτητα την αναγκαιότητα ύπαρξης πολλών σταθμών μεγάλης ισχύος. Μία ιδανική προσέγγιση είναι η κατασκευή μεγάλων σταθμών βάσης, που συνήθως αποτελούνται από ατμοστροβιλικές μονάδες ή συνδυασμένου κύκλου, σε συνδυασμό με την κατασκευή ευέλικτων μονάδων που θα αξιοποιούνται σε περιόδους υψηλής ζήτησης, όπως αεριοστροβιλικές και υδροηλεκτρικές μονάδες.

Η αξιοπιστία ενός συστήματος εκφράζεται ως το ποσοστό της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος προς το μέγιστο φορτίο του συστήματος, και υπολογίζεται για τις χώρες όπου είναι διαθέσιμα και τα δύο στοιχεία. Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό αυτό, τόσο πιο αξιόπιστο χαρακτηρίζεται το σύστημα, με τις υπό μελέτη χώρες να εμφανίζουν οριακά ποσοστά αξιοπιστίας.

Εικόνα 8.2-6 Αξιοπιστία συστήματος

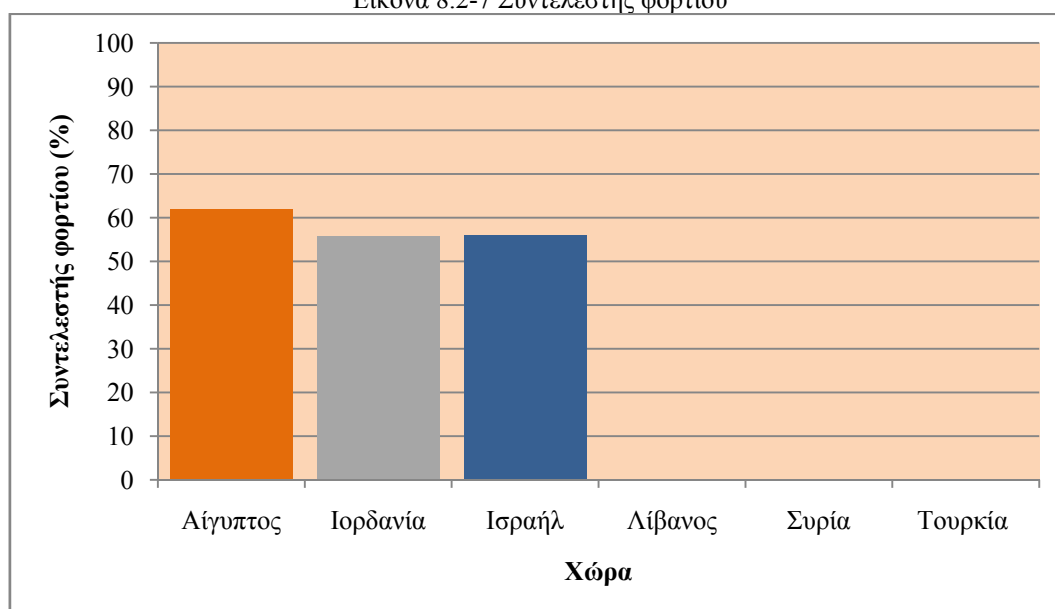


Για την αξιολόγηση ενός ηλεκτρικού συστήματος χρησιμοποιείται και ο συντελεστής φορτίου (Load Factor –  $LF$ ), ο οποίος ορίζεται ως το ποσοστό της ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας ( $E$ ) προς την ενέργεια που θα παραγόταν από το σύστημα με βάση το φορτίο αιχμής ( $P$ ):

$$LF = \frac{E(kWh)}{8760h \cdot P(kW)}$$

Ο συντελεστής φορτίου δείχνει σε ποιο βαθμό αξιοποιούνται οι υποδομές ενός συστήματος, το οποίο όπως αναφέρθηκε παραπάνω πρέπει να ανταποκρίνεται σε όλα τα επίπεδα ζήτησης ώστε να είναι αξιόπιστο. Υψηλός συντελεστής φορτίου σημαίνει ότι οι υποδομές είναι αυτές που απαιτούνται, χωρίς να μένουν ανεκμετάλλευτες, και άρα καλύτερη λειτουργία συστήματος. Αντίθετα, χαμηλός συντελεστής φορτίου δείχνει ότι υπάρχουν υποδομές που επί το πλείστον δεν αξιοποιούνται πάντα, ως επακόλουθο εποχιακής διακύμανσης της ζήτησης, σε ετήσιο ή σε ημερήσιο επίπεδο. Οι υπό μελέτη χώρες, για τις οποίες υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία, παρουσιάζουν μέσους συντελεστές φορτίου, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.

Εικόνα 8.2-7 Συντελεστής φορτίου



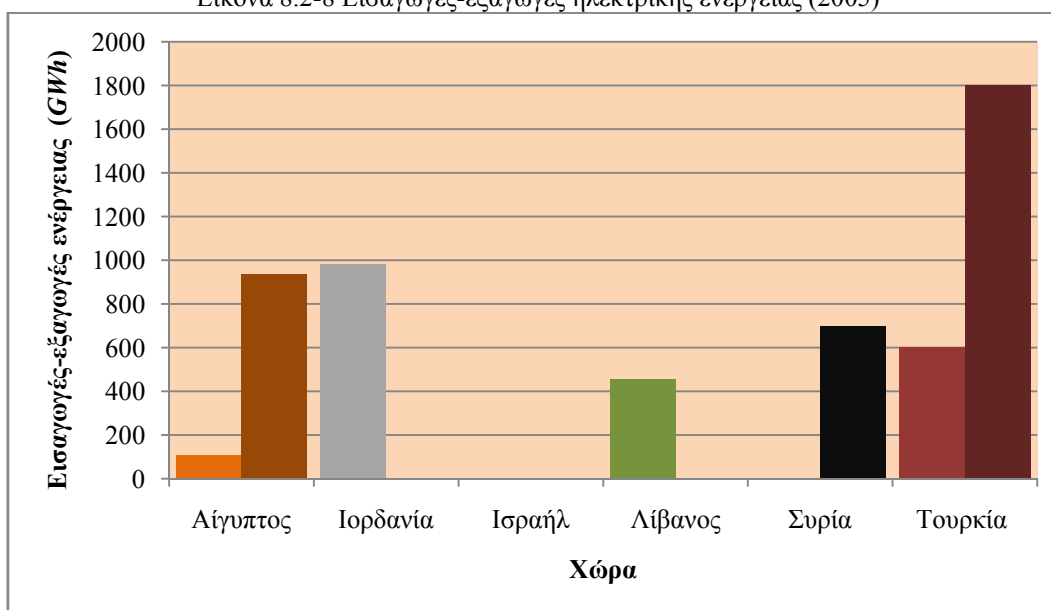
Όλες οι χώρες της ανατολικής Μεσογείου που έχουν κοινά σύνορα είναι διασυνδεδεμένες, συναλλάσσοντας μεγάλα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας. Εξαιρέση αποτελεί το Ισραήλ, που εξαιτίας των πολιτικών συνθηκών είναι τελείως απομονωμένο από τις γειτονικές χώρες, και όπως αναφέρθηκε χαρακτηρίζεται ως ‘ηλεκτρικό νησί’. Στοιχεία για τις εισαγωγές και εξαγωγές ενέργειας το 2005 συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα.



Πίνακας 8.2-1 Συναλλασσόμενη ηλεκτρική ενέργεια (2005) [3]

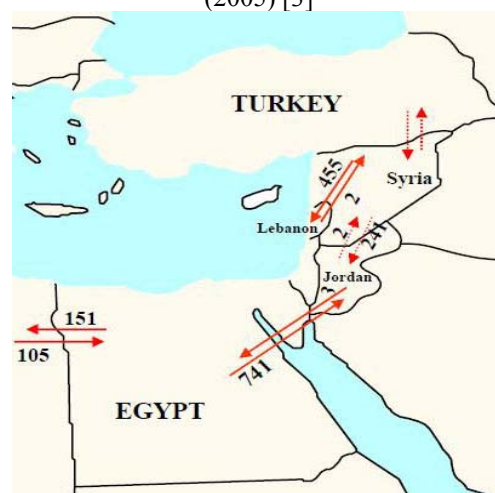
Στοιχεία	Αίγυπτος	Ιορδανία	Ισραήλ	Λίβανος	Συρία	Τουρκία
Εισαγωγές ενέργειας (GWh)	108	982	0	455	2	600
Εξαγωγές ενέργειας (GWh)	937	5	0	0	696	1800

Εικόνα 8.2-8 Εισαγωγές-εξαγωγές ηλεκτρικής ενέργειας (2005)



Η Αίγυπτος, η Συρία και η Τουρκία εξαγωγή μεγάλες ποσότητες ενέργειας, η Ιορδανία και ο Λίβανος κάνουν εισαγωγές για να καλύψουν τις ανάγκες τους, ενώ το Ισραήλ ως αυτόνομο σύστημα δεν έχει συναλλαγές ενέργειας. Να σημειωθεί ότι τα στοιχεία αυτά είναι του 2005, με την Ιορδανία να περιορίζει κατά 60% περίπου τις εισαγωγές ενέργειας μέχρι το 2007, και το Λίβανο να διπλασιάζει τις εισαγωγές το 2006. Οι συναλλαγές ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ των χωρών παρουσιάζονται αναλυτικά στο διπλανό σχήμα. Όλες οι διασυνδέσεις των υπό μελέτη χωρών παρουσιάζονται στον ακόλουθο χάρτη.

Εικόνα 8.2-9 Συναλλαγές ηλεκτρικής ενέργειας (2005) [3]



Εικόνα 8.2-10 Διασυνδέσεις χωρών ανατολικής Μεσογείου



### 8.3 Πολιτικές-Προοπτικές

Από τις χώρες της ανατολικής Μεσογείου μόνο η Αίγυπτος και η Συρία έχουν αποθέματα καυσίμων που επαρκούν για τις ανάγκες τους, με τις υπόλοιπες χώρες να αναγκάζονται να εισάγουν ενέργεια, είτε με τη μορφή καυσίμων (Ισραήλ – Τουρκία) είτε με τη μορφή ηλεκτρικής ενέργειας (Ιορδανία – Λίβανος). Επιπλέον οι αυξανόμενες τιμές των καυσίμων στην παγκόσμια αγορά, αλλά και η σταδιακή εξάντλησή τους, έχουν στρέψει την προσοχή των κυβερνήσεων στην αξιοποίηση των ΑΠΕ της περιοχής.

Από τα διαθέσιμα στοιχεία δυναμικού ΑΠΕ της κάθε χώρας, προκύπτει ότι υπάρχουν πολλές δυνατότητες εκμετάλλευσής τους για παραγωγή ενέργειας σε μεγάλη κλίμακα. Όμως η είσοδος νέων τεχνολογιών σε μία αγορά απαιτεί ενημέρωση και δημιουργία κατάλληλων βάσεων πριν την ένταξή τους, και σε αυτόν τον τομέα οι υπό μελέτη χώρες πάσχουν σε μεγάλο βαθμό. Το σημαντικότερο πρόβλημα είναι η απουσία ειδικών νομοθεσιών στα ζητήματα των ΑΠΕ, που δυσχεραίνει την προσέλκυση επενδυτών αλλά και την αποδοχή από τους κατοίκους.

Στην παρούσα φάση, όλες οι χώρες έχουν ανακοινώσει την πρόθεση αξιοποίησης των ΑΠΕ για παραγωγή ενέργειας, με εξαίρεση το Λίβανο. Η Αίγυπτος και η Τουρκία το εφαρμόζουν στην πράξη, με σχέδια εγκατάστασης νέων σταθμών στο άμεσο μέλλον. Το Ισραήλ με την απελευθέρωση της ενεργειακής αγοράς έχει πλάνα αξιοποίησης των ΑΠΕ, ενώ στην Ιορδανία υπάρχουν σχέδια σε θεωρητικό επίπεδο. Στη Συρία έχουν γίνει μόνο εξαγγελίες προς το παρόν, ενώ στο Λίβανο υπάρχουν βασικότερα ζητήματα προς επίλυση στον ενεργειακό τομέα, εξαιτίας των πολλών προβλημάτων της χώρας. Συνοπτικά τα παραπάνω στοιχεία παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 8.3-1 Στοιχεία ενεργειακής αγοράς

Στοιχεία	Αίγυπτος	Ιορδανία	Ισραήλ	Λίβανος	Συρία	Τουρκία
Επάρκεια εγχώριων πηγών ενέργειας	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι	Όχι
Απελευθέρωση ενεργειακής αγοράς	Μερικώς	Μερικώς	Προσεχώς	Όχι	Όχι	Ναι
Αξιοποίηση ΑΠΕ σε μεγάλη κλίμακα	Ναι	Όχι	Όχι	Ναι	Ναι	Ναι
Αξιοποίηση ΑΠΕ σε μεγάλη κλίμακα (χωρίς υδροηλεκτρική)	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι
Πρόθεση αξιοποίησης ΑΠΕ σε μεγάλη κλίμακα (χωρίς υδροηλεκτρική)	Ναι	Ναι	Ναι	Όχι	Ναι	Ναι
Ειδική νομοθεσία ΑΠΕ	Προσεχώς	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι

Η αιολική και η ηλιακή ενέργεια είναι μετά την υδροηλεκτρική οι προσφορότερες ΑΠΕ για παραγωγή ενέργειας. Το δυναμικό ηλιακής ενέργειας στην περιοχή, ειδικά στις ερημικές περιοχές, είναι άφθονο. Ωστόσο στην παρούσα φάση υλοποιούνται μόνο μεμονωμένες εφαρμογές, και επικρατέστερος τρόπος αξιοποίησης είναι οι ηλιακοί συλλέκτες σε κτήρια. Σχέδια για παραγωγή ενέργειας από ηλιακή ενέργεια στο μέλλον γίνονται στην Αίγυπτο, στην Ιορδανία και στο Ισραήλ.

Σε ότι αφορά την αιολική ενέργεια, οι περιοχές με τα καλύτερα αιολικά δυναμικά βρίσκονται στην Αίγυπτο και την Τουρκία, που είναι οι δύο χώρες που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια σε μεγάλη κλίμακα από ανεμογεννήτριες. Στις υπόλοιπες χώρες οι ταχύτητες ανέμων είναι σχετικά χαμηλότερες, όμως κατά τόπους υπάρχουν κατάλληλες τοποθεσίες για εγκατάσταση αιολικών πάρκων μικρού ή μεσαίου μεγέθους. Σχέδια για αύξηση της συμβολής των αιολικών στην ηλεκτροπαραγωγή στο άμεσο μέλλον έχουν η Αίγυπτος και η Τουρκία, ενώ Ιορδανία και Ισραήλ έχουν σχέδια αξιοποίησής τους σε θεωρητικό επίπεδο, που μπορούν να εφαρμοστούν. Στη Συρία έχει εκφραστεί η πρόθεση μόνο, χωρίς να υπάρχει κάποιο γνωστό συγκεκριμένο πλάνο. Συνοψίζοντας, οι μελλοντικοί στόχοι εγκατάστασης αιολικών πάρκων σε κάθε χώρα παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 8.3-2 Εθνικοί στόχοι αξιοποίησης αιολικής ενέργειας

Στοιχεία	Αίγυπτος (2020)	Ιορδανία (2020)	Ισραήλ (2012)	Λίβανος	Συρία (2010)	Τουρκία (2011-12)
<b>Συνολική εγκατεστημένη ισχύς αιολικών πάρκων (MW)</b>	7200	600	300÷400	0	400	1500

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: ΤΕΧΝΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ

## Ένταξη ΑΠΕ στο Ηλεκτρικό Σύστημα

Ο πρωταρχικός σκοπός ενός ηλεκτρικού συστήματος είναι η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος στους καταναλωτές. Ωστόσο η ζήτηση ηλεκτρισμού δεν είναι σταθερή στο χρόνο, ανεξαρτήτως χρονικού ορίζοντα, όπως φαίνεται και στην εικόνα (Εικ.2.2-6). Το ζητούμενο από ένα ηλεκτρικό σύστημα είναι η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος στους καταναλωτές τη στιγμή που υπάρχει ζήτηση. Ολόκληρο το ηλεκτρικό σύστημα είναι ευμετάβλητο, και από την σκοπιά της παραγωγής, αλλά και από τη σκοπιά της κατανάλωσης. Επομένως, η πρόκληση είναι να υπάρχει σταθερό ισοζύγιο παραγωγής και κατανάλωσης ανά πάσα στιγμή, ανεξαρτήτως του μεγέθους των ενεργειακών δεικτών, με κατάλληλες υποδομές και μοντέλα πρόβλεψης [36].

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενα κεφάλαια, οι ΑΠΕ που είναι προσφορότερες για εκμετάλλευση σε μεγάλη κλίμακα στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου είναι η ηλιακή και η αιολική ενέργεια. Η ηλιοφάνεια στην περιοχή διαρκεί αρκετές ώρες ανά μέρα και αρκετές μέρες ανά χρόνο, καθιστώντας έτσι σε μεγάλο βαθμό προβλέψιμη και σχετικά σταθερή την παραγωγή ηλεκτρισμού από συστήματα αξιοποίησης ηλιακής ενέργειας. Αντίθετα, ο άνεμος από τη φύση του παρουσιάζει μεγαλύτερη μεταβλητότητα, με αποτέλεσμα η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανεμογεννήτριες να μην είναι σταθερή, ως προς την παραγόμενη ενέργεια και τα χαρακτηριστικά του ρεύματος.

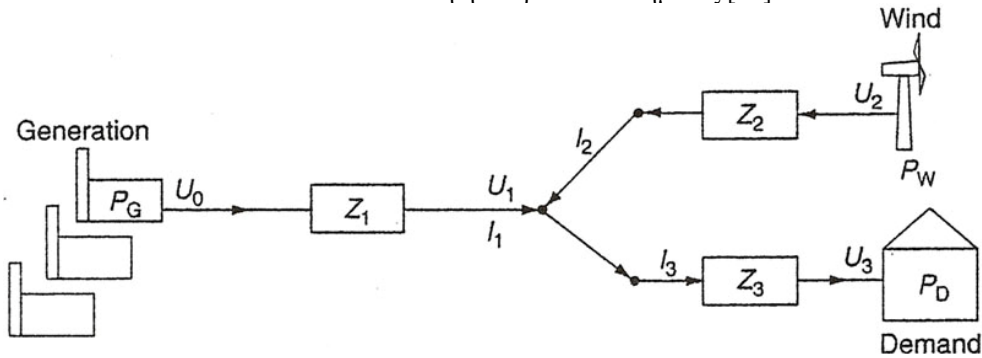
Όμως, ζητούμενο δεν είναι η σταθερή παραγωγή, αλλά η ικανοποίηση της ζήτησης. Το αντίστροφο πρόβλημα παρουσιάστηκε όταν εισήχθησαν στα ηλεκτρικά συστήματα οι πυρηνικοί σταθμοί. Η λειτουργία αυτών των σταθμών είναι εξαιρετικά σταθερή και ανελαστική, ενώ τα φορτία μεταβάλλονται διαρκώς, με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη η ύπαρξη πιο ευέλικτων μονάδων στο σύστημα, όπως οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί. Επομένως, η κάθε πηγή παραγωγής ενέργειας πρέπει να εξετάζεται ως μια από τις μεταβλητές του συστήματος και όχι μεμονωμένα [36], [37].

Η ενσωμάτωση αιολικών πάρκων σε μεγάλη κλίμακα (>30%) σε ένα ηλεκτρικό σύστημα απαιτεί επανεξέταση του σχεδιασμού του συστήματος και του τρόπου λειτουργίας του. Σε κάθε περίπτωση, τα προβλήματα που προκύπτουν δεν είναι μόνο τεχνικής φύσης, αλλά και οικονομικής σε μεγάλο βαθμό. Στις υπό μελέτη χώρες, με βάση τις προθέσεις και τους στόχους που έχουν θέσει, η ένταξη αιολικών πάρκων είναι χαμηλού και μεσαίου βαθμού (<20÷30%) και τα συστήματα, με εξαίρεση το Ισραήλ, δεν είναι απομονωμένα, απλοποιώντας έτσι την κατάσταση. Οι κυριότερες προκλήσεις που προκύπτουν από ενσωμάτωση αιολικών πάρκων είναι οι εξής [37]:

- Εξασφάλιση ισορροπίας παραγωγής-ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας.
- Εξασφάλιση σταθερής και αποδεκτής τάσης στο σύστημα.

Στο ακόλουθο σχήμα απεικονίζεται ένα ηλεκτρικό σύστημα, στο οποίο περιλαμβάνονται φορτία ζήτησης των καταναλωτών ( $P_D$ ), σταθμοί παραγωγής ενέργειας ( $P_G$ ) και ένα αιολικό πάρκο ( $P_W$ ). Οι αντιστάσεις μεταξύ των στοιχείων του συστήματος στα δίκτυα μεταφοράς και στα λοιπά συστήματα συμβολίζονται με ( $Z$ ), και οι απώλειες με ( $P_L$ ) [37].

Εικόνα Π-1 Απεικόνιση ηλεκτρικού συστήματος [37]



Σε ένα ηλεκτρικό σύστημα, όπως σε κάθε περίπτωση άλλωστε, η ενέργεια είναι αδύνατο να χαθεί, επομένως θα ισχύει πάντα το ισοζύγιο:

$$P_G + P_W = P_D + P_L$$

Το ισοζύγιο αυτό ισχύει πάντα, ανεξάρτητα από τη χρονική περίοδο. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι οποιαδήποτε αλλαγή στο ηλεκτρικό σύστημα πρέπει να εξισορροπηθεί από αυτό. Έτσι, αν αυξηθεί η ζήτηση, η παραγωγή αντίστοιχα πρέπει να ανταπεξέλθει, ενώ αν το αιολικό πάρκο δεν αποδίδει ενέργεια, πρέπει οι άλλες πηγές ενέργειας να αναπληρώσουν το κενό [37].

## Μηχανικό Ισοδύναμο Ηλεκτρικού Συστήματος

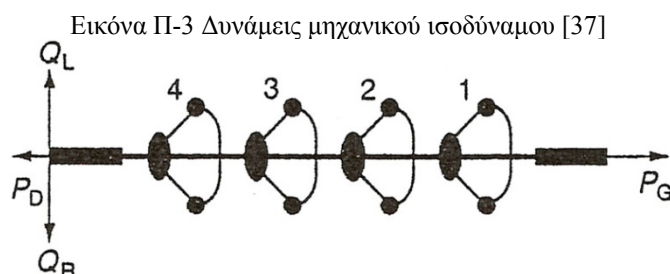
Για την καλύτερη κατανόηση του τρόπου λειτουργίας ενός ηλεκτρικού συστήματος έχει αναπτυχθεί το 'μηχανικό ισοδύναμο', που περιγράφεται συνοπτικά στην παρούσα ενότητα. Το ηλεκτρικό σύστημα παρομοιάζεται με ένα ποδήλατο με πολλούς αναβάτες, όπως αυτό της ακόλουθης εικόνας. Οι ποδηλάτες αντιπροσωπεύουν τους διάφορους σταθμούς παραγωγής ενέργειας, που έχουν ως στόχο το ποδήλατο να κινείται με σταθερή ταχύτητα, και να ισορροπεί. Η διατήρηση σταθερής ταχύτητας αναφέρεται στο ισοζύγιο παραγωγής-κατανάλωσης της ενεργούς ισχύος του συστήματος και στη διατήρηση σταθερής συχνότητας, και η ισορροπία στην εξισορρόπηση της άεργου ισχύος και στη διατήρηση σταθερής τάσης [37].

Εικόνα Π-2 Μηχανικό ισοδύναμο ηλεκτρικού συστήματος (Ποδήλατο πολλών αναβατών) [37]



Η ενεργός ισχύς είναι το τμήμα της συνολικής παραγόμενης ισχύος που αποτελεί το τελικό προϊόν της ηλεκτροπαραγωγής, αποτελώντας το καθαρό ενεργειακό κέρδος. Αντίθετα, η άεργος ισχύς είναι το τμήμα της ισχύος που παράγεται μεν, αλλά δεν καταναλώνεται ούτε αποθηκεύεται, και ταλαντώνεται μεταξύ φορτίων και γεννητριών. Ουσιαστικά είναι μια απώλεια που σχετίζεται με τα μαγνητικά συστήματα των συνιστωσών του δικτύου, και που πάντα υπάρχει στο σύστημα, μειώνοντας την αποδοτικότητα του [37], [38].

Στο ‘μηχανικό ισοδύναμο’, θεωρείται ότι δεν υπάρχουν αντιστάσεις ή τριβές στο ποδήλατο, και ότι τα πετάλια είναι στην ίδια θέση (π.χ. όλα κατακόρυφα) όταν αυτό είναι ακίνητο. Οι αναβάτες είτε επιταχύνουν το ποδήλατο (παραγωγή), είτε το επιβραδύνουν (φορτία). Ωστόσο, ο κάθε ποδηλάτης ασκεί διαφορετική δύναμη, και δεν συνεισφέρουν όλοι στον ίδιο βαθμό στην κίνηση. Για να διατηρεί το ποδήλατο σταθερή ταχύτητα, δηλαδή το σύστημα να έχει σταθερή συχνότητα, πρέπει η συνολική παραγωγή ενέργειας ( $P_G$ ) να ισούται με τη συνολική κατανάλωση ( $P_D$ ). Οι μηχανικές δυνάμεις παρουσιάζονται στο ακόλουθο σχήμα [37].



Οι αναβάτες που ασκούν τις μεγαλύτερες δυνάμεις καθορίζουν την ταχύτητα του ποδηλάτου στο μεγαλύτερο ποσοστό, και τα πετάλια τους συνδέονται άμεσα με την αλυσίδα κίνησης ώστε να υπάρχει δυνατότητα ρύθμισης της ταχύτητας. Η αντιστοιχία στο ηλεκτρικό σύστημα είναι οι σταθμοί βάσης, όπως οι θερμοηλεκτρικοί και οι πυρηνικοί σταθμοί, που παράγουν σταθερά μεγάλες ποσότητες ενέργειας, και επιβάλλουν σταθερή συχνότητα στο δίκτυο. Οι αναβάτες που ποδηλατούν πιο αργά, ή χωρίς σταθερό ρυθμό και που τα πετάλια τους συνδέονται έμμεσα με την αλυσίδα κίνησης, αντιπροσωπεύουν τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς και τα αιολικά πάρκα. Να σημειωθεί ότι τα πετάλια εν λειτουργία δε βρίσκονται ακριβώς στην ίδια θέση, όπως αντίστοιχα η τάση δεν είναι ίδια ταυτόχρονα σε όλο το σύστημα [37].

Αν ένας αναβάτης που ελέγχει την ταχύτητα μεταβάλει απότομα το ρυθμό του, λόγω αδράνειας θα δημιουργηθούν ταλαντώσεις σε όλο το ποδήλατο, ενώ η ίδια μεταβολή σε αναβάτη που ασκεί μικρότερη δύναμη δε θα έχει τη ίδια επιρροή. Με την ίδια λογική, μία μεταβολή σε σταθμό βάσης του δικτύου επιδρά περισσότερο, διαταράσσοντας όλο το σύστημα [37].

Υπάρχουν αναβάτες που δεν ποδηλατούν με σταθερό ρυθμό, ούτε σταθερή δύναμη, αντιπροσωπεύοντας τα αιολικά πάρκα που παράγουν ενέργεια ανάλογα με την ένταση του ανέμου. Όμως η ταχύτητα του ποδηλάτου παραμένει σταθερή, αφού δεν ελέγχεται από αυτούς τους αναβάτες. Όταν αυτοί οι αναβάτες δεν ποδηλατούν (άπνοια ή πολύ ισχυροί άνεμοι) οι υπόλοιποι αναβάτες ρυθμίζουν τις δυνάμεις που ασκούν για να μην αλλάξει η ταχύτητα, αναπληρώνοντας το κενό. Στην αντίστροφη περίπτωση, όταν οι συγκεκριμένοι αναβάτες ποδηλατούν (λειτουργικό φάσμα ταχυτήτων ανέμου), άλλοι αναβάτες μπορούν να ξεκουραστούν ή να αποθηκεύσουν ενέργεια ώστε όταν χρειαστεί να συμβάλουν αυτοί στην κίνηση [37].

Όσον αφορά την ισορροπία του ποδηλάτου, υπάρχουν αναβάτες που τείνουν να το στρέψουν προς τα αριστερά, ασκώντας δύναμη ( $Q_L$ ), και αναβάτες που τείνουν να το στρέψουν προς τα δεξιά, ασκώντας δύναμη ( $Q_R$ ), όπως διακρίνεται στην παραπάνω εικόνα (Εικ.Π-3). Οι μεν αντιπροσωπεύουν την παραγωγή έργου ισχύος, και οι δε την κατανάλωση, με το ζητούμενο να είναι η εξισορρόπησή της. Για να εξασφαλιστεί η ισορροπία του ποδηλάτου, οι ποδηλάτες που ασκούν αντίρροπες δυνάμεις τοποθετούνται σε διπλανή θέση, ώστε αυτές να εξουδετερώνονται. Αντίστοιχα, για να υπάρχει ισορροπία τάσης σε ένα ηλεκτρικό σύστημα, είναι σκόπιμο, εφόσον είναι δυνατό, να τοποθετούνται οι συνιστώσες όπου καταναλώνεται έργο ισχύος (αιολικά πάρκα), κοντά σε αυτές όπου παράγεται (μηχανικά φορτία, πυκνωτές). Με τον τρόπο αυτό η ποσότητα έργου ισχύος εξουδετερώνεται τοπικά, χωρίς να μεταφέρεται σε όλο το δίκτυο αυξάνοντας τις απώλειες και διαταράσσοντας τη λειτουργία του συστήματος. Οι σταθμοί βάσης καθορίζουν και την τάση του δικτύου ελέγχοντας το ισοζύγιο έργου ισχύος, όπως και με τη συχνότητα και την ενεργό ισχύ [37].

## Διασπορά Αιολικών Πάρκων

Οι ανεμογεννήτριες δεν μπορούν να αξιοποιήσουν όλη την ετήσια ενέργεια του ανέμου. Η εκκίνηση της λειτουργίας γίνεται όταν η παραγόμενη ισχύς είναι μεγαλύτερη από τις απώλειες κενού φορτίου, οπότε για πολύ χαμηλές ταχύτητες ανέμου ( $<3m/s$ ) δεν παράγεται ενέργεια. Όσο αυξάνεται η ταχύτητα του ανέμου, αυξάνεται και η αποδιδόμενη ισχύς, μέχρι να φτάσει την τιμή της ονομαστικής. Στο σημείο αυτό, όσο και να αυξάνεται η ταχύτητα του ανέμου η παραγόμενη ισχύς παραμένει ίση με την ονομαστική με κατάλληλες ρυθμίσεις. Αν ο άνεμος είναι πολύ δυνατός ( $>25m/s$ ), για λόγους ασφαλείας, η λειτουργία της ανεμογεννήτριας είτε διακόπτεται, είτε περιορίζεται σε μεγάλο βαθμό με κατάλληλες ρυθμίσεις. Επομένως τα αιολικά πάρκα δε λειτουργούν για πολύ χαμηλές ή πολύ υψηλές ταχύτητες ανέμου, αποδίδοντας ισχύ σε ένα φάσμα ταχυτήτων. Το ζητούμενο είναι η πρόβλεψη αυτών των καταστάσεων, καθώς και η ελαχιστοποίηση των πιθανοτήτων εμφάνισής τους, ώστε αφενός με κατάλληλες ρυθμίσεις στο σύστημα να αναπληρωθούν οι απώλειες, και αφετέρου να μειωθεί η μεταβλητότητα της παραγόμενης ενέργειας από αιολικά πάρκα [37], [39], [40].

Το ζήτημα της εξισορρόπησης του συστήματος με κατάλληλη διαχείριση των διαφορετικών σταθμών παρουσιάστηκε στις προηγούμενες ενότητες. Όσον αφορά τις πιθανότητες μη λειτουργίας, καθώς και τις μεταβολές της παραγόμενης ενέργειας ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου, αυτές μειώνονται με κατάλληλη διασπορά των αιολικών πάρκων σε μια ευρεία περιοχή. Ο άνεμος δεν πνέει συνέχεια σε μία συγκεκριμένη περιοχή, αλλά πάντα πνέει κάπου, και αντίστοιχα δε γίνεται παντού να πνέουν ταυτόχρονα πολύ ισχυροί άνεμοι. Όσο μεγαλύτερη είναι η γεωγραφική περιοχή διασποράς των αιολικών πάρκων, τόσο περισσότερο μειώνονται οι πιθανότητες μηδενικής ή ελάχιστης παραγωγής [36], [37].



Στα πλαίσια αυτής της προσέγγισης, τα αιολικά πάρκα κατανέμονται σε μια ευρεία γεωγραφική περιοχή, με το κάθε ένα να έχει περιορισμένη εγκατεστημένη ισχύ, σε αντίθεση με την κατασκευή λίγων αιολικών πάρκων μεγάλης ισχύος. Με τον τρόπο αυτό, η διακοπή λειτουργίας ενός πάρκου έχει μικρή επιρροή στο σύστημα, ενώ οι μεταβολές της ταχύτητας του ανέμου επηρεάζουν σε μικρό βαθμό το συνολικό ισοζύγιο, αφού επιδρούν σε μικρότερο ποσοστό της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος αιολικής ενέργειας. Επιπλέον, με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η δυνατότητα πρόβλεψης της παραγόμενης ενέργειας από αιολικά πάρκα [36], [37].

Στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου, οι μόνες χώρες που έχουν πρακτικά τη δυνατότητα εγκατάστασης και λειτουργίας αιολικών πάρκων είναι η Αίγυπτος και η Τουρκία, καθώς το μέγεθος τους είναι τέτοιο που μπορούν να εφαρμόσουν τα παραπάνω στοιχεία. Αντίθετα, οι υπόλοιπες χώρες που έχουν μικρότερα ηλεκτρικά συστήματα και δίκτυα, είναι τεχνικά δύσκολο να διαχειριστούν αιολικά πάρκα για παραγωγή ενέργειας σε μεγάλη κλίμακα. Ωστόσο, αν η υπό μελέτη περιοχή εξεταστεί μακροσκοπικά, ως ένα ενιαίο σύστημα με μεγάλη γεωγραφική κάλυψη, με ένα ενιαίο ενεργειακό σχεδιασμό, είναι εφικτή η εκμετάλλευση σε μεγαλύτερο βαθμό του αιολικού δυναμικού με κατασκευή μικρών αιολικών πάρκων σε πολλές διαφορετικές τοποθεσίες.

## **Λειτουργία Αιολικών Πάρκων σε Αδύναμα Ηλεκτρικά Συστήματα**

Τα ηλεκτρικά συστήματα των χωρών της ανατολικής Μεσογείου είναι σχετικά αδύναμα σε σχέση με αυτά των ανεπτυγμένων χωρών, παρουσιάζοντας προβλήματα λειτουργίας και μεταφοράς του ηλεκτρικού ρεύματος. Οι χώρες που βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στην αιολική ενέργεια, όπως η Δανία, η Γερμανία και η Ισπανία, έχουν κατάλληλα συστήματα και διασυνδέσεις για να μπορούν να διαχειριστούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά μεταβλητότητας των αιολικών πάρκων. Όμως, όταν δεν υπάρχουν οι κατάλληλες υποδομές προκαλούνται διάφορα προβλήματα, με παράδειγμα την περίπτωση της Ινδίας.

Στην Ινδία, όπως και στις υπό μελέτη χώρες, η οικονομική, βιομηχανική και δημογραφική ανάπτυξη είναι μεγάλη και ταχεία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα αυξημένη ζήτηση ενέργειας, χωρίς όμως να έχουν αναπτυχθεί κατάλληλες υποδομές παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ενέργειας στο ηλεκτρικό σύστημα. Έτσι, το σύστημα αποδυναμώνεται και αδυνατεί να ακολουθήσει τους ρυθμούς ανάπτυξης [37].

Όσον αφορά τα αιολικά πάρκα στην Ινδία, η ένταξή τους στο ηλεκτρικό σύστημα δεν έγινε σταδιακά, αλλά σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα και χωρίς κάποιο ενεργειακό πλάνο. Επιπλέον, όπως και στις περισσότερες περιπτώσεις άλλωστε, οι κατάλληλες τοποθεσίες εγκατάστασης αιολικών πάρκων είναι σε επαρχιακές περιοχές, μακριά από αστικά κέντρα, όπου τα δίκτυα είναι ιδιαίτερα αδύναμα και ασταθή. Υπό αυτές τις συνθήκες, δημιουργούνται προβλήματα τόσο στη συμπεριφορά του δικτύου, όσο και στη λειτουργία των ανεμογεννητριών [37].

Σε ένα αδύναμο δίκτυο, οι ανεμογεννήτριες προκαλούν μεταβολές της τάσης, ειδικά κοντά την περιοχή εγκατάστασής τους, αλλά και επιπρόσθετη κατανάλωση αεργου ισχύος. Αντιστρόφως, το δίκτυο προκαλεί προβλήματα στη λειτουργία και την ασφάλεια των αιολικών πάρκων. Οι συχνές διακοπές λειτουργίας μειώνουν την παραγόμενη ποσότητα ενέργειας, αλλά κυρίως επιδρούν αρνητικά στα μηχανικά και ηλεκτρολογικά μέρη μιας ανεμογεννήτριας, μειώνοντας την αποδοτικότητά της και τη διάρκεια ζωής της [37].

Εκτός όμως από τα λειτουργικά προβλήματα των αιολικών πάρκων σε αδύναμα δίκτυα, τίθεται και το θέμα των δυνατοτήτων μεταφοράς της παραγόμενης ενέργειας. Όπως αναφέρθηκε, τα αιολικά πάρκα μεγάλης κλίμακας εγκαθίστανται σε απομακρυσμένες επαρχιακές περιοχές, που δεν έχουν κατάλληλες υποδομές δικτύου για να διαχειριστούν μεγάλες ποσότητες ενέργειας. Ειδικά στις χώρες της ανατολικής Μεσογείου, οι περιοχές αυτές ενδέχεται να είναι ερημικές με ελάχιστες γραμμές μεταφοράς, όπως στην περιοχή Ζαφαράνα της Αιγύπτου. Οι κυριότεροι περιορισμοί είναι η σταθερότητα της τάσης, που μπορεί να προκαλέσει υψηλές απώλειες ή και διακοπές λειτουργίας, καθώς και τα όρια θερμικής αντοχής. Εδικά στην υπό μελέτη περιοχή, όπου καταγράφονται υψηλές θερμοκρασίες συχνά, η θερμική καταπόνηση των γραμμών και των υποσυστημάτων μπορεί να περιορίσει σε σημαντικό βαθμό τις δυνατότητες μεταφοράς [37].

Η αιολική ενέργεια μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά ποσά ενέργειας στις υπό μελέτη χώρες, με την προϋπόθεση όμως ότι η ένταξή της στο σύστημα θα γίνει στα πλαίσια ενός ενεργειακού πλάνου. Είναι απαραίτητη η δημιουργία κατάλληλων υποδομών ώστε να ενισχυθούν τα ηλεκτρικά συστήματα για να μπορούν να διαχειριστούν κατάλληλα την ενέργεια που παράγεται από αιολικά πάρκα με μέγιστη αποδοτικότητα. Η περίπτωση της Ινδίας είναι χαρακτηριστική και διδακτική, ώστε η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας να ενισχύει τη βιώσιμη και σταθερή ανάπτυξη, αντί να την περιορίζει.

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

1. [Ηλεκτρονικό] <http://www.wikipedia.org>.
2. *Google Earth*. s.l. : Google.
3. **Observatoire Mediteraneen de l'Energie - OME**. *Renewable Energy in the Southern and Eastern Mediterranean Countries Current Situation*. 2007.
4. **Observatoire Mediteraneen de l'Energie - OME** . *Mediterranean Energy Perspectives*. 2008.
5. *Mediterranean Energy Markets and the Mediteranean Electricity Ring: Status and Perspectives for a Clean Power Market*. **Hafner, Manfred; Observatoire Mediteraneen de l'Energie - OME**. Amman : Middle East and North Africa Renewable Energy Conference - MENAREC, 2005.
6. *Wind Directions; Europe Looks South*. **Aubrey, Crispin; European Wind Energy Association - EWEA**. 2009, Τόμ. 28.
7. [Ηλεκτρονικό] Global Energy Network Institute - GENI. <http://www.geni.org>.
8. [Ηλεκτρονικό] Ministry of Electricity and Energy - MOEE. <http://www.moee.gov.eg>.
9. **Energy Information Administration - EIA**. *Country Analysis Briefs - Egypt*. 2008.
10. [Ηλεκτρονικό] New and Renewable Energy Aythority - NREA. <http://www.nrea.gov.eg>.
11. **Egyptian Electricity Holding Company - EEHC; Ministry of Enelectricity and Energy - MOEE**. *Annual Report*. 2008.
12. *Wind Atlas for Egypt*. **Mortensen, Niels G.; Riso National Laboratory**. Cairo : Middle East and North Africa Renewable Energy Conference - MENAREC, 2006.
13. *Renewable Energy in Egypt: Strategy, Achievements and Plans*. **New and Renewabla Energy Authority - NREA; Ministry of Electricity and Energy - MOEE**. Cairo : Middle East and North Africa Renewable Energy Conference - MENAREC, 2006.
14. **Global Wind Energy Council - GWEC**. *Global Wind 2008 Report*. 2008.
15. **Global Wind Energy Council - GWEC** . *Global Wind 2007 Report*. 2007.
16. [Ηλεκτρονικό] National Electric Power Company - NEPCO. <http://www.nepco.com.jo>.
17. [Ηλεκτρονικό] Central Electricity Generating Company - CEGCO. <http://www.cegco.com.jo>.
18. **National Electric Power Company - NEPCO**. *Annual Report 2007*. 2007.
19. [Ηλεκτρονικό] National Energy Research Center - NERC. <http://www.nerc.gov.jo>.
20. *DEWI Magazin; Wind Energy in Jordan - Use and Perspectives*. **Sabra, Ziad J.; German Wind Energy Instiute - DEWI**. 1999, Τόμ. 15.
21. **Global Network on Energy for Sustainable Development - GNESD**. *Renwable Energy Technologies Contribution and Barriers to Poverty Alleviation in Jordan, Syria and Lebanon*. 2005.
22. **National Energy Research Center - NERC**. *Updated Master Strategy of Energy Sector in Jordan for the Period (2007-2020) First Part*. 2007.
23. [Ηλεκτρονικό] Israel Electricity Corporation - IEC. <http://www.iec.co.il>.
24. **Kloosterman, Karin**. [Ηλεκτρονικό] 8 August 2008. <http://greenprophet.com>.

25. [Ηλεκτρονικό] Ben-Gurion University of the Negev/ National Solar Energy Center.  
<http://cmsprod.bgu.ac.il/Eng/Units/bidr/Departments/EnvironmentalResearch/solarcenter/default.htm>.
26. **Sandler, Neal.** [Ηλεκτρονικό] 26 March 2008. <http://www.businessweek.com>.
27. **Association Libanaise pour la Maitrise de l'Energie et l'Environnement - ALMEE.** *State of the Energy in Lebanon.*
28. **Association Libanaise pour la Maitrise de l'Energie et l'Environnement - ALMEE.** *L'Energie au Liban 2006.* 2006.
29. [Ηλεκτρονικό] Lebanese Solar Energy Society - LSES. <http://lseslebanon.com>.
30. **Ries, Alain; Agence Francaise de Developpement - AFD.** *L'Efficacite Energetique dans la Contruction au Liban.* 2007.
31. **Energy Information Administration - EIA.** *Country Analysis Briefs - Syria.* 2008.
32. *Opportunities and Barriers for RE in the MENA Region.* **Naji, Kamal.** Cairo : Middle East and North Africa Renewable Energy Conference - MENAREC, 2006.
33. **Energy Information Administration - EIA.** *Country Analysis Briefs - Turkey.* 2006.
34. [Ηλεκτρονικό] Διαχειρηστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ενέργειας - ΔΕΣΜΗΕ. <http://www.desmie.gr>.
35. [Ηλεκτρονικό] European Commission - Eurostat.  
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home>.
36. **European Wind Energy Association - EWEA.** *Large Scale Integration of Wind Energy in the European Power Supply: Analysis, Issues and Recommendations.* s.l. : EWEA, 2005.
37. **WILEY; Ackermann, Thomas.** *Wind Power in Power Systems.* s.l. : WILEY, 2005.
38. **Παπαδόπουλος, Ενάγγελος.** *Ηλεκτρομηχανικά Συστήματα Μετατροπής Ενέργειας.* 2000.
39. **Μπεργελές, Γεώργιος.** *Ανεμοκινητήρες.* s.l. : Συμείων, 2005.
40. **Ζερβός, Αρθούρος; Κάραλης, Γεώργιος.** *Σημειώσεις Αιολικής Ενέργειας.* 2007.