



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ**

**ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ  
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΣΤΕΡΓΙΟΥ ΜΑΡΙΝΑ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΖΑΧΑΡΙΑΣ ΜΑΡΟΥΛΗΣ**

**ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2012**

## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο Ελληνικό ηλεκτρικό σύστημα», εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Φυσικών Διεργασιών του ΕΜΠ το ακαδ. Έτος 2011-2012.

Εκφράζω τις θερμές μου ευχαριστίες στον καθηγητή της Σχολής Χημικών Μηχανικών του ΕΜΠ Ζ. Μαρούλη, αφενός μεν για την ανάθεση αυτού του πολύ ενδιαφέροντος θέματος, αφετέρου δε για την πολύτιμη καθοδήγηση του σε όλα τα στάδια της διπλωματικής αυτής εργασίας.

## Περίληψη

Η αξιοποίηση εναλλακτικών μορφών ενέργειας σήμερα είναι μείζονος σημασίας επειδή τα ορυκτά καύσιμα είναι πεπερασμένα και η προστασία του περιβάλλοντος προβάλλει αναγκαία.

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (αιολική ενέργεια, υδροηλεκτρική ενέργεια, φωτοβολταϊκή ενέργεια, βιομάζα, συμπαραγωγή και γεωθερμική ενέργεια) ονομάζονται οι ήπιες μορφές ενέργειας των οποίων η διείσδυση στο Ελλαδικό ηλεκτρικό σύστημα είναι πολύ σημαντική.

Σκοπός της παρούσης εργασίας είναι η μελέτη των Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κατά τη διείσδυσή τους στο ελληνικό ηλεκτρικό σύστημα τα τελευταία 10 χρόνια, η παρακολούθηση της πορείας του κόστους παραγόμενου KW, καθώς και η πρόβλεψη, εφόσον είναι δυνατό, των τιμών εκείνων στις οποίες θα σταθεροποιηθούν στο μέλλον η ενέργεια και η ισχύς των ΑΠΕ.

Τα χαρακτηριστικά μεγέθη των Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η ενέργεια και η ισχύς, θεωρητικά υπακούν στο νόμο της φυσιολογικής ανάπτυξης. Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας διερευνήθηκε η ανωτέρω υπόθεση, με σκοπό την προσαρμογή μαθηματικών μοντέλων για τα μεγέθη αυτά.

Τα συμπεράσματα από τη διερεύνηση που έγινε στη διπλωματική αυτή εργασία είναι τα εξής : τα φωτοβολταϊκά μεγέθη ακολουθούν γενικά σιγμοειδή ανάπτυξη, τα αιολικά και υδροηλεκτρικά γραμμική ενώ για τα μεγέθη συμπαραγωγή και βιομάζα η προσαρμογή καμπύλης είναι άσκοπη διότι τα μεγέθη είναι προσφάτως αναπτυσσόμενα.

Για τη γεωθερμική ενέργεια δεν έγινε προσαρμογή καμπύλης επειδή δεν διατίθενται δεδομένα.

## **Abstract**

The use of alternative energy today is critical because fossil fuels are finite and environmental protection raises necessary.

Renewable energy sources (wind, hydro, solar, biomass, cogeneration and geothermal energy) are called mild forms of energy whose penetration into Greek electrical system is very important.

The purpose of this thesis is to study renewable energy penetration in the Greek electricity system over the past 10 years, the tracking of cost and the provision, if possible, of the prices that they will be stabilized in the future.

The characteristic sizes of renewable energy sources, energy and power, obey the law of normal development and predictions can be made for these quantities using mathematical models.

The findings from the investigation conducted in this essay are: photovoltaic sizes generally follow a sigmoid growth, wind and hydropower follows linear growth and finally cogeneration and biomass curve fitting is unnecessary because the sizes are newly developing.

For geothermal energy curve fitting was not possible because no data is available.

## Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	2
Περίληψη .....	3
Abstract .....	4
Κεφάλαιο 1-Εισαγωγή .....	7
Κεφάλαιο 2-Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας .....	8
2.1-Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	8
2.2. -Ηλιακή ενέργεια και φωτοβολταϊκά.....	9
2.2.1- Ορισμός .....	9
2.2.2- Κόστος φωτοβολταϊκών συστημάτων .....	9
2.2.3- Δυναμικό φωτοβολταϊκών .....	10
2.3-Υδροηλεκτρική ενέργεια .....	10
2.3.1-Ορισμός .....	10
2.3.2-Κόστος υδροηλεκτρικής ενέργειας.....	11
2.4-Γεωθερμική ενέργεια .....	11
2.4.1-Ορισμός .....	11
2.4.2-Κόστος γεωθερμικής ενέργειας .....	12
2.5-Αιολική ενέργεια .....	12
2.5.1- Ορισμός .....	12
2.5.2-Κόστος αιολικών συστημάτων .....	13
2.5.3-Δυναμικό αιολικών συστημάτων.....	13
2.6-Βιομάζα .....	14
2.6.1-Ορισμός .....	14
2.6.2-Κόστος της Βιομάζας. ....	14
Κεφάλαιο 3-Προβλέψεις με βάση τη φυσιολογική ανάπτυξη.....	16
3.1- Ο νόμος της φυσιολογικής ανάπτυξης και η γκαουσιανή καμπύλη.....	16
3.2-Η σιγμοειδής καμπύλη της αθροιστικής ανάπτυξης.....	17
3.3-Η λύση της διαφορικής εξίσωσης.....	19
Κεφάλαιο 4-Δεδομένα .....	21
4.1-Μεγέθη που εξετάστηκαν .....	21
4.2-Πίνακας δεδομένων .....	21
4.3-Πηγές δεδομένων.....	26
Κεφάλαιο 5 –Προβλέψεις.....	27

5.1- Η πρόβλεψη του ορίου L .....	27
5.2-Επιλογή ορίου-διαγράμματα.....	28
5.2.1-Αιολική ισχύς.....	28
5.2.2 –Αιολική ενέργεια.....	30
5.2-3 Υδροηλεκτρική ισχύς .....	31
5.2-4 Υδροηλεκτρική ενέργεια .....	32
5.2-5 Φωτοβολταϊκή ισχύς.....	33
5.2-6 Συμβολαιοποιημένη φωτοβολταϊκή ισχύς.....	34
5.2-7 Φωτοβολταϊκή ενέργεια .....	35
Κεφάλαιο 6-Συμπεράσματα.....	36
Συμπεράσματα .....	36
Κεφάλαιο 7-Βιβλιογραφία .....	37
Βιβλιογραφία .....	37

## Κεφάλαιο 1-Εισαγωγή

---

Η ενέργεια αποτέλεσε και αποτελεί τον κινητήριο μοχλό κάθε ανθρώπινης δραστηριότητας. Το σύνολο των πηγών ενέργειας που ο άνθρωπος έχει στη διάθεσή του, διακρίνεται σε δύο κατηγορίες. Στις πηγές εκείνες που βασίζονται σε υπάρχοντα αποθέματα μέσα στο στερεό φλοιό της γης, οι οποίες έχουν συγκεκριμένη διάρκεια ζωής και σε αυτές που καθημερινά και άμεσα παρέχονται στους ανθρώπους σε βαθμό ήπιας εκμετάλλευσης. Στις πρώτες ανήκουν τα ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, κάρβουνο) αναφερόμενα και ως συμβατικά καύσιμα καθώς και η πυρηνική ενέργεια. Οι δεύτερες έχουν βασική τους προέλευση τον ήλιο. Η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στη γη, εκτός από τη γενικότερη συμβολή της στη δημιουργία και διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας, παρέχει ενέργεια, που αξιοποιείται με διάφορους τρόπους. Οι μορφές ενέργειας που προέρχονται από την ηλιακή ακτινοβολία είναι η ηλιακή, υδροηλεκτρική και φωτοβολταϊκή ενέργεια, η βιομάζα, και η συμπαραγωγή. Οι παραπάνω είναι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

Οι κύριες συμβατικές πηγές ηλεκτρικής ενέργειας, που χρησιμοποιούνται σήμερα, βασίζονται στο κάρβουνο, στο πετρέλαιο και στην ελεγχόμενη πυρηνική αντίδραση. Το κάρβουνο και το πετρέλαιο καλύπτουν περίπου το 85% της καταναλισκόμενης ενέργειας στις αναπτυγμένες χώρες και το 55% στις υπό ανάπτυξη. Εκτιμάται ότι τα υπάρχοντα αποθέματα των πηγών αυτών θα επαρκέσουν για 200 περίπου χρόνια ακόμα για το κάρβουνο, 60 χρόνια για το φυσικό αέριο και 50 χρόνια για το πετρέλαιο.

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας είναι στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος τελευταία γιατί μπορούν να συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο, στην εξασφάλιση της μελλοντικής ενεργειακής επάρκειας και στον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που έχουν τα ορυκτά καύσιμα. Συνεπώς η ζήτηση για Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας συνεχώς αυξάνεται.

Θα ήταν λοιπόν χρήσιμο να γίνει μια πρόβλεψη για τη μελλοντική ζήτηση σε ισχύ και ενέργεια ώστε να εκτιμηθεί η πορεία της διείσδυσής τους στο υπάρχον δίκτυο. Στον Ελλαδικό χώρο οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας φαίνονται να είναι πολλά υποσχόμενες και καθίσταται σημαντική η πρόβλεψη της εξέλιξης των μεγεθών αυτών. Η παρούσα διπλωματική εργασία προσπαθεί να κατασκευάσει μοντέλα πρόβλεψης για την εξέλιξη της ενέργειας των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας ώστε να βοηθήσει στην εκτίμηση της μελλοντικής ζήτησής τους. [15],[16],[6]

## Κεφάλαιο 2-Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

---

### 2.1-Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Ανανεώσιμη ενέργεια ονομάζεται την ενέργεια που αντλείται από πηγές οι οποίες δεν εξαντλούνται ,ή αντικαθίστανται. Τέτοιες μορφές ενέργειας είναι:

1. Ηλιακή ενέργεια & φωτοβολταϊκά
2. Υδροηλεκτρική ενέργεια
3. Βιομάζα
4. Συμπαγωγή
5. Αιολική ενέργεια
6. Γεωθερμική ενέργεια

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ήταν οι μόνες διαθέσιμες μορφές ενέργειας πριν ο άνθρωπος ανακαλύψει τα ορυκτά καύσιμα, και στην σύγχρονη εποχή στρέφεται πάλι σε αυτές μιας και είναι ανεξάντλητες και δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα

1. Είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας.
2. Είναι φιλικές ως προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο.
3. Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενεργειακή ανεξαρτησία κάθε κράτους, άρα περιορίζονται οι διαμάχες για την κυριαρχία πάνω στον ορυκτό πλούτο.
4. Δίνουν τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο μιας και δεν χρειάζεται πολύπλοκο σύστημα μεταφοράς από κάποιο κεντρικό σταθμό παραγωγής σε επιμέρους περιοχές και περιορίζονται έτσι οι απώλειες και το κόστος.
5. Οι εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας έχουν σχετικά χαμηλό κόστος κατασκευής μιας και σχεδιάζονται ειδικά για να καλύπτονται οι ανάγκες των χρηστών.
6. Οι επενδύσεις των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας δημιουργούν νέες θέσεις εργασίας.
7. Αναζωογονούν οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένες περιοχές.  
[8],[6]



## 2.2. -Ηλιακή ενέργεια και φωτοβολταϊκά

### 2.2.1- Ορισμός

Χαρακτηρίζεται έτσι, το σύνολο των μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον ήλιο. Η υπάρχουσα τεχνολογία μέχρι στιγμής αξιοποιεί ένα πολύ μικρό ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Η χρήση και μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε άλλες μορφές γίνεται με τα εξής συστήματα:

- **Θερμικά ηλιακά συστήματα**, για παράδειγμα οι θερμοσίφωνες ,που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε θερμότητα την οποία μεταφέρουν στο νερό ή σε άλλο ρευστό.
- **Παθητικά ηλιακά συστήματα**, που αποτελούνται από δομικά στοιχεία, κατάλληλα σχεδιασμένα και συνδυασμένα μεταξύ τους, ώστε να οδηγούν στην άμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τον φυσικό φωτισμό των κτιρίων ή για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας μέσα σε αυτά.
- **Φωτοβολταϊκά συστήματα**. Πρόκειται για συστήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια και που εδώ και πολλά χρόνια, χρησιμοποιούνται για την ηλεκτροδότηση καταναλώσεων μη διασυνδεδεμένων στο ηλεκτρικό δίκτυο. [6]

### 2.2.2- Κόστος φωτοβολταϊκών συστημάτων

Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών στοιχείων αναπτύχθηκε με ταχείς ρυθμούς το δεύτερο μισό του 20ού αιώνα, παρότι το ομώνυμο φαινόμενο είχε παρατηρηθεί το 1839.

Οι αρχικές εμπορικές κατασκευές πολύ υψηλού κόστους (1000 \$/Wp, το 1956) με σχετικά μικρή απόδοση της τάξης του 5-10% έγιναν από κρυσταλλικά υλικά, κυρίως από κρυσταλλικό πυρίτιο. Σήμερα οι αποδόσεις των φωτοβολταϊκών από κρυσταλλικό πυρίτιο βρίσκονται στο 22-24% για ΦΒ πλαίσια διαστημικών κατασκευών και στο 13-19% για βιομηχανική-οικιακή χρήση. Το κόστος των τελευταίων στις χώρες της Ευρώπης έχει μειωθεί εντυπωσιακά και κυμαίνεται πλέον περί το 1€/Wp ( Peak Watt) ενώ στη Ελλάδα βρίσκεται περί τα 1,5 €/Wp. Σε μεγάλα φωτοβολταϊκά συστήματα με εγκατεστημένη ισχύ, στο επίπεδο του MWp, το κόστος μειώνεται αισθητά σε σχέση με το αντίστοιχο των εγκαταστάσεων μικρής ισχύος.

Παρόλα αυτά τα δεδομένα για τα φωτοβολταϊκά αλλάζουν με ραγδαίο ρυθμό και η πιο πρόσφατη εξέλιξη είναι ότι με υπουργική απόφαση η μεγαβατώρα θα τιμολογείται με 400€ για φωτοβολταϊκά

ισχύος μικρότερης ή ίσης των 100 Kw και 320 € για φωτοβολταϊκά ισχύος μεγαλύτερης των 100 Kw. Μέχρι σήμερα η τιμή που ίσχυε ήταν της τάξεως των 450-500 €.

Όσο για τα μικρά φωτοβολταϊκά ισχύος έως 10 KW, που τοποθετούνται σε στέγες κατοικιών και μικρών επιχειρήσεων, η τιμή προτείνεται να διατηρηθεί στα 550 ευρώ. [8], [3], [12],[2]

### 2.2.3- Δυναμικό φωτοβολταϊκών

- Στην Ελλάδα η μέση ηλιακή ακτινοβολία κυμαίνεται στις 1.750 KWh/m<sup>2</sup>. Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα του ενός KWp εγκατεστημένης ισχύος απαιτεί ένα πεδίο 7-10 m<sup>2</sup> και μπορεί να παράγει 1300-1400 KW.
- Τιμή πώλησης παραγόμενης κιλοβατώρας 55 λεπτά ( 0,55 ευρώ).
- Τιμή κιλοβατώρας που καταναλώνεται από τους καταναλωτές 12 λεπτά ( 0,12 ευρώ). [8]

## 2.3-Υδροηλεκτρική ενέργεια

### 2.3.1-Ορισμός

Η Υδροηλεκτρική Ενέργεια (Υ/Ε) είναι η ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση και τη μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού των λιμνών και της κινητικής ενέργειας του νερού των ποταμών σε ηλεκτρική ενέργεια, με τη βοήθεια στροβίλων και ανεμογεννητριών. Η λειτουργία των υδροηλεκτρικών μονάδων βασίζεται στην κίνηση του νερού λόγω διαφοράς μανομετρικού ύψους μεταξύ των σημείων εισόδου και εξόδου. Για το σκοπό αυτό κατασκευάζεται φράγμα που συγκρατεί την απαιτούμενη ποσότητα νερού. Κατά τη διέλευση από τον αγωγό πτώσεως το νερό, κινεί έναν στρόβιλο ο οποίος θέτει σε λειτουργία τη γεννήτρια. Η κίνηση της περωτής του στροβίλου επιτυγχάνει την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του νερού σε μηχανική ενέργεια. Έπειτα, με τη χρήση της γεννήτριας επιτυγχάνουμε τη μετατροπή της κινητικής ενέργειας του νερού σε ηλεκτρική ενέργεια. Σε περιοχές με σημαντικές βροχοπτώσεις, πλούσιες πηγές και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση, είναι δυνατόν να κατασκευαστούν υδροηλεκτρικά έργα. Συνήθως η ενέργεια που τελικώς παράγεται, χρησιμοποιείται συμπληρωματικά ως προς άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας. Στην Ελλάδα η υδροηλεκτρική ενέργεια ικανοποιεί περίπου το 9% των ενεργειακών αναγκών σε ηλεκτρισμό. Αντιπροσωπεύει το 19%

της παγκόσμιας παραγωγής ηλεκτρισμού και το 6% της παγκόσμιας παραγωγής ενέργειας. [7],[8]

### **2.3.2-Κόστος υδροηλεκτρικής ενέργειας**

Το κόστος της υδροηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση της εγκατάστασης. Ωστόσο σε σχέση με άλλες μορφές ενέργειας ανανεώσιμες ή μη, η παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας έχει το χαμηλότερο κόστος. Το αρχικό κόστος ανάπτυξης και κατασκευής τέτοιων εγκαταστάσεων δεν είναι μικρό (1.200-6.000ευρώ/ KWh), έχουν όμως χαμηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας. Το κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού από υδροηλεκτρικά εργοστάσια κυμαίνεται από 0,03- 0,06 λεπτά του ευρώ ανά κιλοβατώρα. [8]

## **2.4-Γεωθερμική ενέργεια**

### **2.4.1-Ορισμός**

Η γεωθερμία είναι μια ήπια και πρακτικά ανεξάντλητη ενεργειακή πηγή, που μπορεί με τις σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες να καλύψει ανάγκες θέρμανσης και ψύξης, αλλά και σε ορισμένες περιπτώσεις να παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Παράγεται από τη χρήση της θερμότητας της γης και προσφέρει ενέργεια χαμηλού κόστους, ενώ δεν επιβαρύνει το περιβάλλον με εκπομπές βλαβερών ρύπων. Η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού ή ατμού, ποικίλει από περιοχή σε περιοχή, ενώ συνήθως κυμαίνεται από 25° C μέχρι 360° C. Στις περιπτώσεις που τα γεωθερμικά ρευστά έχουν υψηλή θερμοκρασία (πάνω από 150° C), η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η κυριότερη θερμική χρήση της γεωθερμικής ενέργειας παγκοσμίως αφορά στη θέρμανση θερμοκηπίων. Χρησιμοποιείται ακόμα στις υδατοκαλλιέργειες, όπου εκτρέφονται υδρόβιοι οργανισμοί αλλά και για τηλεθέρμανση, δηλαδή θέρμανση συνόλου κτιρίων, οικισμών, χωριών ή και πόλεων.

Σήμερα στην Ελλάδα, η εκμετάλλευση της γεωθερμίας γίνεται αποκλειστικά για χρήση της σε θερμικές εφαρμογές, οι οποίες είναι εξίσου σημαντικές με την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Ακόμα, λόγω του πλούσιου σε γεωθερμική ενέργεια υπεδάφους της, κυρίως κατά μήκος του ηφαιστειακού τόξου του Νοτίου Αιγαίου (Μήλος, Νίσυρος, Σαντορίνη),

μπορεί να έχει ευρεία εφαρμογή για τη θερμική αφαλάτωση του θαλασσινού νερού με στόχο την απόληψη πόσιμου, κυρίως στις άνυδρες νησιωτικές και παραθαλάσσιες περιοχές. Μία τέτοια εφαρμογή έχει χαμηλότερο κόστος από εκείνο που απαιτείται για τον εφοδιασμό των περιοχών αυτών με πόσιμο νερό, μέσω υδροφόρων πλοίων. [6],[8]

## 2.4.2-Κόστος γεωθερμικής ενέργειας

Δίνονται ενδεικτικές τιμές κόστους γεωθερμικής αντλίας θερμότητας και κόστος εγκατάστασης γεωεναλλακτών:

- Κόστος γεωθερμικής αντλίας θερμότητας (ΓΑΘ) που χρησιμοποιεί νερό από γεώτρηση: 600-1.100 €/KW<sub>tn</sub>.
- Κόστος γεωθερμικής αντλίας θερμότητας (ΓΑΘ) που χρησιμοποιεί γήινους εναλλάκτες : 1.000-1.600 € / KW<sub>tn</sub>.
- Τυπικό κόστος συντήρησης και λειτουργίας 2-3%
- Μέσο κόστος εγκατάστασης γεωεναλλάκτη : 300-700 €/KWh σε χώρες με ανεπτυγμένη τεχνολογία.
- Όσον αφορά τα εργοστάσια γεωθερμίας, το κόστος ανά μονάδα παρεχόμενης θερμικής ενέργειας ανέρχεται σε 0,012-0,029 €/KWh χωρίς αποσβέσεις και σε 0,037-0,049 €/KWh λαμβάνοντας υπόψη τις αποσβέσεις του αρχικού κεφαλαίου και το κόστος χρήματος. [8]

## 2.5-Αιολική ενέργεια

### 2.5.1- Ορισμός

Χαρακτηριστικά παραδείγματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας είναι τα ιστιοφόρα και οι ανεμόμυλοι. Για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας χρησιμοποιούμε τις ανεμογεννήτριες (Α/Γ), μηχανές οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της πτερωτής, έχουμε την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της πτερωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνουμε την μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Οι Α/Γ χρησιμοποιούνται για την πλήρη κάλυψη ή και τη συμπλήρωση των ενεργειακών αναγκών. Το παραγόμενο από τις ανεμογεννήτριες ηλεκτρικό ρεύμα είτε καταναλώνεται επιτόπου, είτε εγχέεται και διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο για να καταναλωθεί αλλού. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τις Α/Γ, όταν η

παραγωγή είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση, συχνά αποθηκεύεται για να χρησιμοποιηθεί αργότερα, όταν η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή.

### **2.5.2-Κόστος αιολικών συστημάτων**

1. Οικιακές ανεμογεννήτριες : 3.000-3.500 €/KWp.
2. Ανεμογεννήτριες αιολικών πάρκων : 800.000-1.000.000 €/ MWp.
3. Ηλεκτρικός συσσωρευτής 120 €/ KWh.
4. Μετατροπέας τάσεως DC-AC: 1.200 €/ KW. [3]

### **2.5.3-Δυναμικό αιολικών συστημάτων**

Απομονωμένα αυτόνομα αιολικά για εξοχικό, κατοικία ή κτίριο

- Ανεμογεννήτριες μέχρι 10 KW δίνουν μέγιστη ισχύ σε ταχύτητες 9,9-12,4 m/s ( περίπου 6 beau fort).
- Μια τυπική αιολική εγκατάσταση (1 KW) εξοικονομεί (παράγει) ετησίως 2.600-3.000 KWh.

Αιολικά συστήματα συνδεδεμένα στο δίκτυο για παραγωγή ενέργειας

- 1<sup>η</sup> συνδεδεμένη ανεμογεννήτρια το 1984.
- Εγκατεστημένη ισχύς μέχρι τον Απρίλιο του 2012: 1.387,84 MW.
- Μέση ετήσια παραγωγή από αιολικά στην Ελλάδα: 2.600-3.000 KWh/KWp.
- Μία GWh αιολικής ενέργειας αντιστοιχεί σε αποφυγή 850 tn ρύπων CO<sub>2</sub> από λιγνίτη. Επίσης 1 MW αιολικής ενέργειας είναι ικανό να καλύψει περίπου τις ανάγκες 350 οικιακών καταναλωτών ή 1000 ατόμων και εξοικονομεί περίπου 300 τόνους πετρελαίου. [8],[6]

## 2.6-Βιομάζα

### 2.6.1-Ορισμός

Ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Πρακτικά περιλαμβάνεται σε αυτήν οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από τον φυτικό κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, με τον όρο βιομάζα εννοούνται τα φυτικά και δασικά υπολείμματα, τα ζωικά απόβλητα (κοπριά, άχρηστα αλιεύματα), τα φυτά που καλλιεργούνται στις ενεργειακές φυτείες για να χρησιμοποιηθούν ως πηγή ενέργειας, καθώς επίσης και τα αστικά απορρίμματα και τα υπολείμματα της βιομηχανίας τροφίμων, της αγροτικής βιομηχανίας και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των αστικών απορριμμάτων.

Η βιομάζα χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Ειδικότερα μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (θέρμανσης, ψύξης, ηλεκτρισμού κ.λπ.) και ακόμα για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλη, βιοντήζελ κ.λπ.).

Οι χώρες εκείνες που καταναλώνουν ενέργεια που προέρχεται από βιομάζα, σε σημαντικές αναλογίες, είναι εκείνες που βρίσκονται στο στάδιο της ανάπτυξης, πχ, στην Αφρική, το 70% της ενέργειας προέρχεται από βιομάζα, στην Ινδία το 60% και στην Λατινική Αμερική το 50%. Αντιθέτως στην Ελλάδα η ενέργεια αυτή χρησιμοποιείται περιορισμένα.

Από τη στιγμή που η βιομάζα έχει σχηματιστεί, μπορούμε να την χρησιμοποιήσουμε ως πηγή ενέργειας. Οι μέθοδοι της ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας είναι :

- 1)Θερμοχημικές (ξηρές)
- 2)Βιοχημικές (υγρές)

Είναι πολύ σημαντικό να αναφέρουμε ότι η ηλεκτροπαραγωγή από βιομάζα συνδυάζεται με συστήματα συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού γιατί επιτυγχάνουν υψηλούς βαθμούς απόδοσης, της τάξης του 80-90% (απόδοση σε ηλεκτρισμό 30-34%). Χρησιμοποιούνται μικρής δυναμικότητας μονάδες ηλεκτροπαραγωγής (1-100MW), διεσπαρμένες σε αγροτικές περιοχές, δηλαδή σε κοντινή απόσταση από την πρώτη ύλη.

### 2.6.2-Κόστος της Βιομάζας.

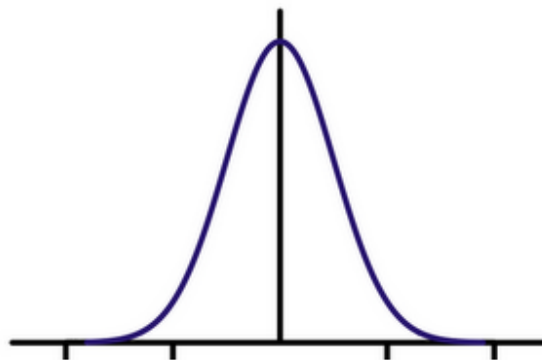
- Τιμή βιομάζας για τον παραγωγό : μπορεί να κυμανθεί γύρω στα 6-7 λεπτά / κιλό. Αυτή η τιμή αποφέρει στον παραγωγό κέρδος της τάξης 72-150 € / στρέμμα ( χωρίς επιδότηση).

- Κόστος αγοράς ενός λέβητα πυρηνόξυλου: εκτιμάται στα 0,1 € /kcal/h με χρόνο απόσβεσης ενός έτους.
- Κόστος καυσίμου pellet : εκτιμάται στα 180-200 € / τόνο.
- Κόστος καυσίμου (πυρηνόξυλο) : εκτιμάται στα 0,05€ /κιλό ( 0,012 €/KWh).
- Κόστος καυσίμου ( κοινό ξύλο) : εκτιμάται στα 0,12 € /κιλό ( 0,026 €/KWh). [8],[6],[7]

## Κεφάλαιο 3-Προβλέψεις με βάση τη φυσιολογική ανάπτυξη

### **3.1- Ο νόμος της φυσιολογικής ανάπτυξης και η γκαουσιανή καμπύλη**

Ο νόμος της φυσιολογικής ανάπτυξης αναφέρεται στη διάρκεια μιας ζωής, όπου η αρχή συνδέεται με την ανάπτυξη και η παρακμή με το θάνατο. Η πορεία από την εμφάνιση μιας ύπαρξης μέχρι τον αφανισμό της ονομάζεται κύκλος ζωής και η πιο συνηθής γραφική της παράσταση είναι μια καμπύλη σε σχήμα καμπάνας (γκαουσιανή καμπύλη), Σχήμα 3.1.



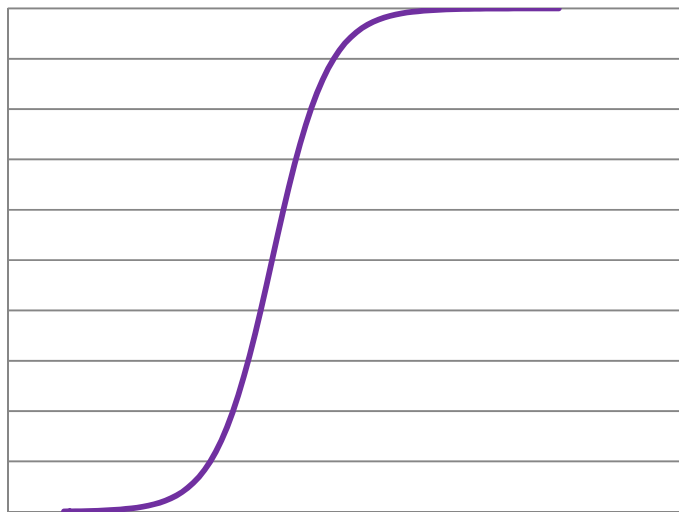
Σχήμα 3 .1 γκαουσιανή καμπύλη

Η γκαουσιανή καμπύλη που χρησιμοποιήθηκε αρχικά στη βιολογία, εκφράζει γραφικά πως ότι ζει, αναπτύσσεται με έναν ρυθμό που κορυφώνεται στη μέση της πορείας ανάπτυξης. Για παράδειγμα αν ένα ηλιοτρόπιο φτάνει σε ένα τελικό ύψος 250 εκατοστών μέσα σε εβδομήντα μέρες, ο ρυθμός ανάπτυξής του φτάνει σε ένα μέγιστο γύρω στις 35 μέρες. Ακόμα, η γκαουσιανή καμπύλη θα μπορούσε να αντιπροσωπεύει τον « κύκλο ζωής» της σταδιοδρομίας ενός πιανίστα, όπου ο ρυθμός εκφράζεται από τον αριθμό των κοντσέρτων που δίνει ετησίως. Μια κατά προσέγγιση χρονική κλίμακα θα έδειχνε τη «γέννηση» στα είκοσι περίπου χρόνια την «ανάπτυξη» στα τριάντα, την ωριμότητα στα σαράντα πέντε, την «παρακμή» στα εξήντα και τον «θάνατο» γύρω στα εβδομήντα χρόνια. Η κωδωνοειδής καμπύλη θα προσδιόριζε τον πιανίστα σαν ελπιδοφόρο νεαρό εκτελεστή στα είκοσι του χρόνια, θα έδειχνε ότι κερδίζει δημοτικότητα στα τριάντα, ότι γίνεται παγκοσμίως γνωστός στα σαράντα πέντε και ότι βρίσκεται σε παρακμή στα εξήντα του. Σε όλες τις περιπτώσεις η γκαουσιανή καμπύλη αναφέρεται στον ρυθμό ανάπτυξης, που είναι μηδενικός στην αρχή και ξαναγίνεται μηδενικός στο τέλος. [1]



### 3.2-Η σιγμοειδής καμπύλη της αθροιστικής ανάπτυξης

Προχωρώντας κατά μήκος της καμπύλης του κύκλου ζωής και περνώντας από τα διάφορα στάδια, ο αθροιστικός αριθμός (το άθροισμα) των μονάδων που αντιπροσωπεύονται από την κωδωνοειδή καμπύλη αυξάνεται με τέτοιο τρόπο, που η παραστατική καμπύλη του διαγράφει τη μορφή ενός S ,όπως δείχνει το Σχήμα 3.2.



Σχήμα 3. 1. Σιγμοειδής καμπύλη

Αυτή η σιγμοειδής καμπύλη μπορεί επομένως να θεωρηθεί ως το οπτικό σύμβολο της αθροιστικής ανάπτυξης.

Τα χαρακτηριστικά της φυσιολογικής ανάπτυξης έχουν εκφραστεί με μαθηματικές εξισώσεις που ονομάζονται συναρτήσεις ανάπτυξης. Η απλούστερη μαθηματική συνάρτηση που δημιουργεί μια σιγμοειδή καμπύλη ονομάζεται λογιστική συνάρτηση . Προκύπτει από έναν νόμο που ορίζει ότι ο ρυθμός ανάπτυξης είναι ανάλογος τόσο του ποσού της ανάπτυξης είναι ανάλογος τόσο του ποσού της ανάπτυξης που έχει ήδη επιτευχθεί όσο και του ποσού της ανάπτυξης που μένει ακόμα να επιτευχθεί. Αν η μια ή η άλλη από αυτές τις δύο ποσότητες είναι μικρή, ο ρυθμός ανάπτυξης είναι επίσης μικρός. Αυτό συμβαίνει στην αρχή και το τέλος της διαδικασίας. Στη μέση όμως όπου τόσο η ανάπτυξη που έχει επιτευχθεί όσο και αυτή που μένει να επιτευχθεί είναι μεγάλες, ο ρυθμός ανάπτυξης είναι μέγιστος. Επιπλέον μια τέτοια ανάπτυξη συνεπάγεται ένα όριο , ένα πεπερασμένο μέγεθος.

Αυτό το όριο λοιπόν μπορεί να αποτελέσει μια πρόβλεψη για την τιμή στην οποία θα σταθεροποιηθεί οποιοδήποτε φαινόμενο που ακολουθεί φυσιολογική ανάπτυξη.[1], [3], [4], [5]

### 3.3-Η λύση της διαφορικής εξίσωσης

Η διαφορική εξίσωση της οποίας η λύση είναι η εξίσωση που περιγράφει μια σιγμοειδή καμπύλη είναι η:

$$\frac{dy}{dt} = ky(L - y)$$

Ο ρυθμός μεταβολής του μεγέθους  $y$  είναι ανάλογος της τιμής του  $y$  και της απόστασής του από την τελική τιμή  $L$ .

#### Λύση εξίσωσης:

Ισχύει ότι: 
$$\frac{1}{y(L-y)} = \frac{A}{y} + \frac{B}{L-y} = \frac{A(L-y)}{y(L-y)} + \frac{By}{y(L-y)} = \frac{AL - Ay + By}{y(L-y)}$$

Όπου προκύπτει ότι :

$$\begin{aligned} AL - Ay + By &= 1 \\ \Leftrightarrow AL - (A - B)y &= 1 \\ \Leftrightarrow AL - (A - B)y &= 0y + 1 \end{aligned}$$

Συνεπώς:  $A - B = 0$  και  $AL = 1$ ,  $\rightarrow A = B = 1/L$

Άρα: 
$$\int dy \left( \frac{1/L}{y} + \frac{1/L}{L-y} \right) = \int k dt \Leftrightarrow \int \frac{1}{L} \frac{dy}{y} + \int \frac{-1}{L} \frac{d(L-y)}{L-y} = \int k dt$$
$$\frac{1}{L} \ln|y| - \frac{1}{L} \ln|L-y| = kt + c \rightarrow \ln \left| \frac{y}{L-y} \right| = Lkt + c$$
$$\Leftrightarrow \frac{y}{L-y} = e^{Lkt+c}$$

Έστω :  $Lkt + c = \varphi$

Άρα :

$$\begin{aligned} y &= (L-y)e^\varphi \\ y &= Le^\varphi - ye^\varphi \\ y(1 + e^\varphi) &= Le^\varphi \end{aligned}$$

$$\Leftrightarrow y = \frac{Le^{\varphi}}{1+e^{\varphi}} \frac{e^{-\varphi}}{e^{-\varphi}} = \frac{L}{1+e^{-\varphi}}$$

Όμως :  $-\varphi = -Lkt - c$

Έστω  $A = Lk$

$B = -c$

Άρα:  $-\varphi = -ak + b$

Τελικά προκύπτει ότι η λύση της διαφορικής είναι η εξής:

$$y = \frac{L}{1 + e^{-At+B}}$$

Παρατηρείται ότι η σιγμοειδής καθορίζεται από τρεις παραμέτρους των οποίων η σημασία είναι η εξής :

**L:** Η ασυμπτωτική τελική τιμή του μεγέθους

**A:** Όταν το μέγεθος  $A$  αυξάνεται η καμπύλη μετατοπίζεται «προς τα πάνω» ενώ όταν μειώνεται η καμπύλη μετατοπίζεται «προς τα κάτω», δείχνει δηλαδή πόσο απότομη είναι η καμπύλη στην άνοδο και την κάθοδό της.

**B:** Όταν το μέγεθος  $B$  αυξάνεται η καμπύλη μετατοπίζεται προς τα δεξιά ενώ όταν μειώνεται η καμπύλη μετατοπίζεται προς τα αριστερά.

## Κεφάλαιο 4-Δεδομένα

### 4.1-Μεγέθη που εξετάστηκαν

Στη συλλογή των δεδομένων επιλέχθηκε να εξεταστεί η ενέργεια και η ισχύς που αποδίδει κάθε ανανεώσιμη πηγή, στο χρονικό πλαίσιο από το 2004 μέχρι και σήμερα. Πιο συγκεκριμένα για κάθε μήνα συγκεντρώθηκαν στοιχεία για :

- την εγκατεστημένη ισχύ των μονάδων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας σε λειτουργία στο διασυνδεδεμένο σύστημα,
- την συμβολαιοποιημένη ισχύ των μονάδων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, (δηλαδή την συνολική ισχύ αν λειτουργούσαν όλες οι μονάδες που έχουν πάρει Άδεια)
- την παραγωγή ενέργειας των μονάδων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

### 4.2-Πίνακας δεδομένων

$E_{Ai}$  : Αιολική Ενέργεια

$I_{Ai}$  : αιολική ισχύς

$E_{Υ/η}$  : Υδροηλεκτρική Ενέργεια

$I_{Υ/η}$  : Υδροηλεκτρική Ισχύς

$E_B$  : Ενέργεια Βιομάζας

$I_B$  : Ισχύς Βιομάζας,

$\tau$  : απόσταση σε έτη από το έτος 2000

Πίνακας 4. 1. Δεδομένα ισχύος και ενέργειας (αιολική, υδροηλεκτρική, βιομάζα)

Έτος	Μήνας	$\tau$	$E_{Ai}$	$I_{Ai}$	$E_{Υ/η}$	$I_{Υ/η}$	$E_B$	$I_B$
2004	1	3,08	57.433	283	14.705	34	8.449	21
2004	2	3,17	67.519	283	15.098	34	8.085	21
2004	3	3,25	84.024	283	16.783	34	8.753	21
2004	4	3,33	72.826	283	18.918	37	9.348	21
2004	5	3,42	62.666	283	16.682	37	9.369	21
2004	6	3,50	32.642	283	12.875	36	8.251	21
2004	7	3,58	73.395	283	7.978	36	8.628	21
2004	8	3,67	41.271	283	4.900	36	8.153	21
2004	9	3,75	72.208	288	4.054	38	7.222	20
2004	10	3,83	54.250	288	6.294	41	7.450	20
2004	11	3,92	68.642	300	9.591	43	7.670	20

Έτος	Μήνας	τ	Ε <sub>Α1</sub>	Ι <sub>Α1</sub>	Ε <sub>Υ/η</sub>	Ι <sub>Υ/η</sub>	Ε <sub>Β</sub>	Ι <sub>Β</sub>
2004	12	4,00	91.757	341	10.504	43	8.797	20
2005	1	4,08	73.881	341	14.322	43	8.083	20
2005	2	4,17	87.604	341	14.892	43	7.622	20
2005	3	4,25	67.589	341	23.709	43	8.482	20
2005	4	4,33	76.624	341	24.759	43	8.881	20
2005	5	4,42	59.469	341	20.808	43	8.836	20
2005	6	4,50	58.521	366	14.546	44	7.475	20
2005	7	4,58	69.707	366	8.052	44	7.995	20
2005	8	4,67	65.609	366	4.418	44	7.712	20
2005	9	4,75	55.652	366	4.974	44	8.083	20
2005	10	4,83	107.979	402	7.467	44	8.582	20
2005	11	4,92	98.890	412	7.588	46	6.845	20
2005	12	5,00	122.260	412	18.648	48	9.535	20
2006	1	5,08	103.432	429	25.509	48	8.121	20
2006	2	5,17	86.163	429	21.505	48	6.756	20
2006	3	5,25	97.754	481	29.840	52	7.842	23
2006	4	5,33	84.828	481	29.659	52	7.306	23
2006	5	5,42	87.500	482	28.337	52	6.292	31
2006	6	5,50	73.295	516	18.172	53	7.245	31
2006	7	5,58	167.991	516	11.148	61	7.044	31
2006	8	5,67	74.320	516	8.630	64	6.744	31
2006	9	5,75	101.039	516	7.138	64	9.675	37
2006	10	5,83	122.450	549	11.858	66	7.828	37
2006	11	5,92	100.068	549	12.109	67	7.873	37
2006	12	6,00	100.538	549	16.497	74	9.211	37
2007	1	6,08	130.532	552	15.293	76	9.538	37
2007	2	6,17	117.545	552	20.209	76	9.428	37
2007	3	6,25	142.420	552	25.079	77	11.574	37
2007	4	6,33	80.141	552	29.626	85	11.553	37
2007	5	6,42	73.847	592	24.735	92	12.459	37
2007	6	6,50	67.244	601	18.969	92	12.716	37
2007	7	6,58	134.664	637	7.976	94	14.020	37
2007	8	6,67	103.672	637	6.645	94	14.890	37
2007	9	6,75	106.090	637	6.497	94	14.393	37
2007	10	6,83	109.789	637	10.869	94	14.874	37
2007	11	6,92	128.993	637	26.148	94	14.873	37
2007	12	7,00	138.123	637	31.152	96	15.583	37
2008	1	7,08	122.671	667	28.780	97	15.262	37
2008	2	7,17	114.505	675	26.259	116	13.954	37
2008	3	7,25	172.910	675	35.680	131	15.175	38
2008	4	7,33	142.991	675	45.273	142	15.541	38
2008	5	7,42	78.037	690	37.124	142	14.953	39
2008	6	7,50	114.988	697	26.419	144	14.420	39
2008	7	7,58	130.599	697	21.101	148	15.240	39
2008	8	7,67	178.069	697	17.136	149	14.871	39
2008	9	7,75	107.427	745	13.496	149	14.051	39

Έτος	Μήνας	τ	Ε <sub>Α</sub>	Ι <sub>Α</sub>	Ε <sub>Υ/η</sub>	Ι <sub>Υ/η</sub>	Ε <sub>Β</sub>	Ι <sub>Β</sub>
2008	10	7,83	160.060	772	17.131	150	14.381	39
2008	11	7,92	127.223	773	17.710	151	13.955	39
2008	12	8,00	211.749	791	38.821	158	14.894	39
2009	1	8,08	196.185	812	60.178	170	15.313	37
2009	2	8,17	181.521	831	67.085	170	13.985	41
2009	3	8,25	159.813	831	68.463	170	15.559	41
2009	4	8,33	131.513	831	74.549	176	14.801	41
2009	5	8,42	111.337	845	66.842	177	15.384	41
2009	6	8,50	111.984	865	47.140	180	14.914	41
2009	7	8,58	140.117	865	42.040	180	15.385	41
2009	8	8,67	190.379	909	29.630	180	15.677	41
2009	9	8,75	160.407	909	26.427	180	15.080	41
2009	10	8,83	157.498	917	37.289	180	15.665	41
2009	11	8,92	146.646	917	59.255	182	14.663	41
2009	12	9,00	220.850	917	78.270	183	15.498	41
2010	1	9,08	231.075	923	80.996	183	15.700	41
2010	2	9,17	197.363	941	81.403	183	14.184	41
2010	3	9,25	179.761	941	91.192	183	16.086	41
2010	4	9,33	179.989	941	80.844	184	16.033	41
2010	5	9,42	104.659	941	71.231	184	16.823	41
2010	6	9,50	105.918	941	51.661	184	16.573	41
2010	7	9,58	139.247	941	41.604	184	16.271	41
2010	8	9,67	148.824	963	32.565	185	16.524	41
2010	9	9,75	148.964	983	32.458	185	16.017	41
2010	10	9,83	162.048	1.003	53.154	192	16.801	41
2010	11	9,92	220.747	1.006	63.586	195	16.477	41
2010	12	10,00	243.084	1.039	72.803	197	16.444	41
2011	1	10,08	138.098	1.053	65.333	197	17.548	41
2011	2	10,17	194.701	1.091	64.656	197	15.765	41
2011	3	10,25	210.476	1.092	81.767	197	16.992	41
2011	4	10,33	249.840	1.111	72.748	197	16.780	41
2011	5	10,42	202.418	1.134	68.668	197	16.984	44
2011	6	10,50	134.248	1.173	51.526	205	16.029	44
2011	7	10,58	15.409	1.173	36.333	205	16.928	44
2011	8	10,67	244.242	1.211	28.670	205	16.508	45
2011	9	10,75	238.788	1.231	22.066	205	15.488	45
2011	10	10,83	300.216	1.245	27.017	205	16.533	45
2011	11	10,92	24.139	1.330	22.545	205	16.457	45
2011	12	11,00	287.343	1.363	39.298	205	17.091	45
2012	1	11,08	305.773	1.364	49.672	205	17.125	45
2012	2	11,17	240.182	1.364	61.441	206	15.604	45
2012	3	11,25	214.512	1.388	83.472	212	16.109	45

- E<sub>Σ</sub>** : Ενέργεια Συμπαραγωγής  
**I<sub>Σ</sub>** : Ισχύς συμπαραγωγής  
**I<sub>ΣΣ</sub>** : συμβολαιοποιημένη ισχύς συμπαραγωγής  
**E<sub>Φ/β</sub>** : φωτοβολταϊκή ενέργεια  
**I<sub>Φ/β</sub>** : φωτοβολταϊκή ισχύς  
**I<sub>Φ/βΣ</sub>** : συμβολαιοποιημένη ισχύς φωτοβολταϊκής παραγωγής  
**τ** : απόσταση σε έτη από το έτος 2000

Πίνακας 4. 2. Δεδομένα ισχύος και ενέργειας (συμπαραγωγή, φωτοβολταϊκά)

Έτος	Μήνας	τ	E <sub>Σ</sub>	I <sub>Σ</sub>	I <sub>ΣΣ</sub>	E <sub>Φ/β</sub>	I <sub>Φ/β</sub>	I <sub>Φ/βΣ</sub>
2004	1	3,08	990	50				
2004	2	3,17	873	50				
2004	3	3,25	671	50				
2004	4	3,33	733	50				
2004	5	3,42	684	50				
2004	6	3,50	466	50				
2004	7	3,58	657	50				
2004	8	3,67	553	50				
2004	9	3,75	1.180	50				
2004	10	3,83	945	51				
2004	11	3,92	1.399	51				
2004	12	4,00	1.165	51				
2005	1	4,08	1.780	232	51			
2005	2	4,17	1.994	232	51			
2005	3	4,25	2.044	232	51			
2005	4	4,33	2.331	232	51			
2005	5	4,42	1.053	232	51			
2005	6	4,50	829	163	32			
2005	7	4,58	640	163	32			
2005	8	4,67	372	163	32			
2005	9	4,75	570	163	32			
2005	10	4,83	871	163	32			
2005	11	4,92	994	163	32			
2005	12	5,00	917	163	32			
2006	1	5,08	951	163	32			
2006	2	5,17	956	163	32			
2006	3	5,25	1.138	163	32			
2006	4	5,33	960	163	32			
2006	5	5,42	820	113	22			
2006	6	5,50	388	113	22			
2006	7	5,58	658	113	22			
2006	8	5,67	591	113	22			
2006	9	5,75	960	113	22			
2006	10	5,83	664	103	42			



Έτος	Μήνας	τ	ΕΣ	ΙΣ	ΙΣΣ	ΕΦ/β	ΙΦ/β	ΙΦ/βΣ
2006	11	5,92	716	103	42			
2007	2	6,17	3.049	108	46			
2007	3	6,25	3.037	108	46			
2007	4	6,33	2.772	108	46			
2007	5	6,42	1.272	113	51	0,14	0,0	1
2007	6	6,50	1.133	113	51	0,19	0,1	1
2007	7	6,58	1.043	113	51	0,14	0,1	1
2007	8	6,67	716	113	51	0,22	0,1	2
2007	9	6,75	2.301	113	51	64	0,2	2
2007	10	6,83	5.111	113	51	0	0,4	3
2007	11	6,92	5.726	113	51	24	0,51	3
2007	12	7,00	5.175	110	51	56	0,72	4
2008	1	7,08	5.560	98	52	77	0,89	5
2008	2	7,17	6.120	98	52	40	1,08	7
2008	3	7,25	5.207	98	52	97	1,19	8
2008	4	7,33	4.766	98	52	133	1,29	8
2008	5	7,42	2.562	98	52	119	1,93	15
2008	6	7,50	1.390	98	52	390	2,36	16
2008	7	7,58	274	98	52	373	3,82	19
2008	8	7,67	306	98	52	802	5,84	23
2008	9	7,75	669	103	67	676	6,36	23
2008	10	7,83	2.700	103	67	665	8,28	26
2008	11	7,92	2.539	99	63	809	10,50	33
2008	12	8,00	2.699	99	63	915	10,98	34
2009	1	8,08	2.269	99	63	780	14,08	44
2009	2	8,17	7.226	115	79	1.037	17,06	44
2009	3	8,25	17.959	128	92	1.664	19,21	49
2009	4	8,33	5.224	128	105	2.600	20,30	51
2009	5	8,42	6.770	141	105	4.692	24,31	53
2009	6	8,50	10.877	141	105	5.417	27,76	55
2009	7	8,58	10.995	141	105	3.315	29,84	57
2009	8	8,67	17.353	141	105	3.759	33,53	70
2009	9	8,75	12.603	141	105	3.699	37,89	75
2009	10	8,83	15.124	141	105	9.595	40,56	79
2009	11	8,92	19.116	141	105	4.479	44,26	82
2009	12	9,00	18.646	141	105	4.062	46,04	83
2010	1	9,08	15.516	141	105	4.251	53,70	111
2010	2	9,17	13.830	141	105	2.713	55,55	116
2010	3	9,25	15.556	141	105	5.641	58,76	120
2010	4	9,33	10.370	141	105	7.165	63,10	160
2010	5	9,42	4.504	143	107	8.252	71,20	195
2010	6	9,50	3.323	143	107	18.950	77,76	207
2010	7	9,58	2.853	143	107	9.730	84,76	215
2010	8	9,67	2.994	125	89	10.672	99,25	300
2010	9	9,75	5.169	125	89	11.523	113,70	330
2010	10	9,83	11.193	125	89	25.868	127,87	446

Έτος	Μήνας	$\tau$	$E_{\Sigma}$	$I_{\Sigma}$	$I_{\Sigma\Sigma}$	$E_{\Phi/\beta}$	$I_{\Phi/\beta}$	$I_{\Phi/\beta\Sigma}$
2010	11	9,92	13.419	125	89	14.296	139,84	511
2010	12	10,00	15.833	125	89	12.889	152,92	613
2011	1	10,08	16.571	125		14.288	162,55	701
2011	2	10,17	15.883	125		13.305	188,94	729
2011	3	10,25	15.932	125		21.029	208,35	749
2011	4	10,33	13.129	125		25.262	219,87	786
2011	5	10,42	11.500	89		28.956	235,00	896
2011	6	10,50	7.429	89		57.535	257,00	898
2011	7	10,58	4.608	89		37.169	280,00	1.245
2011	8	10,67	3.867	89		40.857	301,00	1.513
2011	9	10,75	5.956	89		40.700	326,58	1.795
2011	10	10,83	11.700	89		85.420	358,65	1.954
2011	11	10,92	16.309	89		39.279	400,25	2.074
2011	12	11,00	18.754	89		37.754	439,11	2.121
2.012	1	11,08	18.382	89		45.357	481,74	2.233
2.012	2	11,17	16.776	89		37.779	504,47	2.322
2.012	3	11,25	15.942	89		61.577	535,05	2.385

### 4.3-Πηγές δεδομένων

Τα δεδομένα συλλέχτηκαν από τον διαδικτυακό τόπο : ΛΑΓΗΕ(Λειτουργός Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας <http://www.lagie.gr/>) και πιο συγκεκριμένα από τα μηνιαία δελτία ΑΠΕ. [9],[10],[7]

## Κεφάλαιο 5 - Προβλέψεις

### 5.1- Η πρόβλεψη του ορίου L

Η εξίσωση:  $y = \frac{L}{1+e^{-At+B}}$  όπως αναφέρθηκε και στο τρίτο κεφάλαιο, περιγράφει μια σιγμοειδή καμπύλη. Τα αθροιστικά μεγέθη που εξετάστηκαν και για τα οποία συλλέχτηκαν δεδομένα, δηλαδή η φωτοβολταϊκή ισχύς, η αιολική ισχύς, η υδροηλεκτρική ισχύς, η ισχύς βιομάζας και συμπαραγωγής θεωρητικά υπάγονται στο νόμο της φυσιολογικής ανάπτυξης.

Το L, έχει φυσική σημασία, είναι το όριο της σιγμοειδούς καμπύλης η τιμή δηλαδή στην οποία σταθεροποιείται η καμπύλη και σταματάει η ανάπτυξη.

Στην περίπτωση που εξετάζεται, δηλαδή πότε και σε ποια τιμή θα σταθεροποιηθεί η ισχύς των μεγεθών, το L εξαρτάται από παράγοντες όπως οι ενεργειακές ανάγκες του Ελλαδικού πληθυσμού καθώς και από την πορεία και εξέλιξη των ανταγωνιστικών πηγών ενέργειας ( ορυκτά καύσιμα).

Οπότε σε μια ακριβέστερη προσέγγιση θα έπρεπε να χρησιμοποιηθεί η γενικευμένη εξίσωση Volterra-Lotka η οποία αναφέρεται σε πληθυσμούς που αναπτύσσονται υπό συνθήκες ανταγωνισμού.

$$\frac{dN_i}{dt} = \alpha_i N_i - \sum_{j=1}^n b_{ij} N_i N_j$$

Αλλά επειδή δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για τις ανταγωνιστικές μορφές ενέργειας θα χρησιμοποιηθεί η εξίσωση μαλθουσιανού τύπου:

$$y = \frac{L}{1 + e^{-At+B}}$$

Το όριο L λοιπόν δεν θα ήταν σωστό να προβλεφθεί μέσω της σιγμοειδούς καμπύλης διότι αφενός τα δεδομένα δεν ταυτίζονται απαραίτητα με τις τιμές που προκύπτουν από την εξίσωση, έχουν δηλαδή μεγάλο θόρυβο και παρουσιάζουν απόκλιση από τα θεωρητικά δεδομένα.

Η επιλογή του L επομένως γίνεται με βάση την εμπειρία και μέσω αυτής της τιμής προσδιορίζονται τα πλέον κατάλληλα a και b ώστε η καμπύλη να είναι όσο δυνατόν καλύτερα προσαρμοσμένη. [1], [4],[5]

## 5.2-Επιλογή ορίου-διαγράμματα

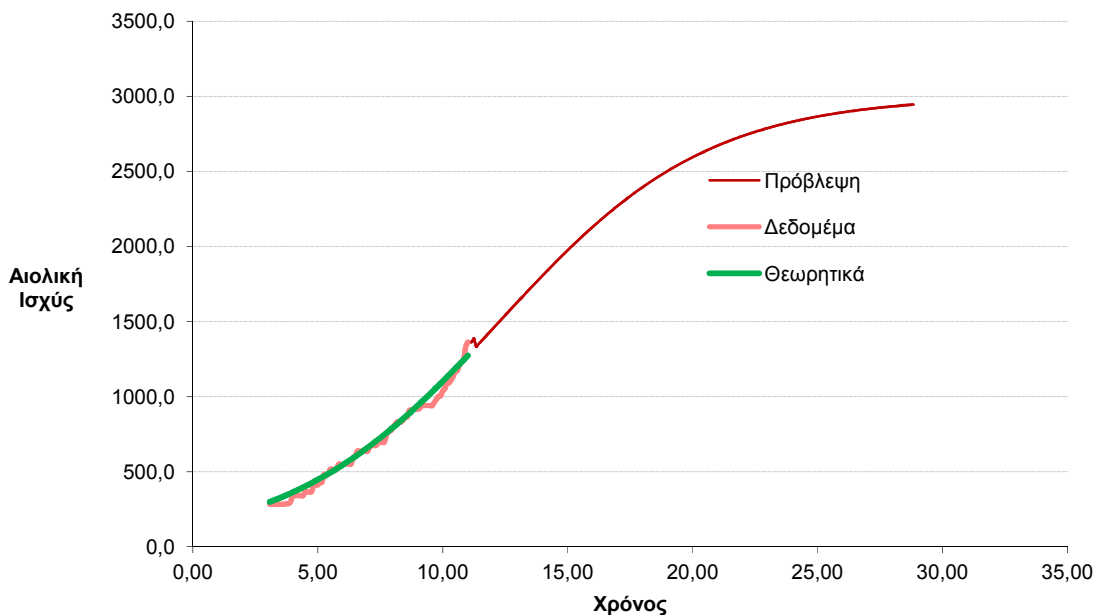
### 5.2.1-Αιολική ισχύς

#### 5.2.1.1-Πρόβλεψη 1<sup>η</sup> : Προσαρμογή σιγμοειδούς καμπύλης

Για τον υπολογισμό των παραμέτρων  $a, b$  και  $Lim$ , αρχικά έγινε εκτίμηση μέσω solver και έπειτα βρέθηκαν ξεχωριστά για κάθε παράγοντα οι τιμές εκείνες που ελαχιστοποιούν το άθροισμα των διαφορών τετραγώνων των εμπειρικών και των θεωρητικών τιμών. Με αυτόν τον τρόπο βρέθηκε η εξίσωση που περιγράφει την σιγμοειδή καμπύλη η οποία προσαρμόστηκε στα αρχικά δεδομένα και βάση της οποίας προέκυψαν οι θεωρητικές μελλοντικές τιμές. Παρατηρείται ότι τα δεδομένα είναι αρκετά κοντά στις θεωρητικές τιμές που προκύπτουν από την εξίσωση, και η καμπύλη έχει αρκετά καλή προσαρμογή όπως φαίνεται.

Η πρόβλεψη που κρίθηκε καταλληλότερη είναι ότι η αιολική ισχύς θα σταθεροποιηθεί στα 3000 MW τον Δεκέμβριο του 2029. Η εξίσωση που περιγράφει την σιγμοειδή καμπύλη είναι η

$$P_{wind} = \frac{3000}{1 + e^{-0,24t+19}}$$



Γράφημα 5. 1. Σιγμοειδής προσαρμογή δεδομένων αιολικής ισχύος

### 2.5.1-1. Πρόβλεψη 2η: γραμμική ανάπτυξη.

Παρόλα αυτά τα δεδομένα που υπάρχουν είναι λίγα και αποτελούν μόνο την αρχή της σιγμοειδούς καμπύλης που προσαρμόστηκε, οπότε ο θόρυβος είναι αρκετά μεγάλος ώστε να προκύψει αξιόπιστο συμπέρασμα για το όριο στο οποίο θα σταθεροποιηθεί η καμπύλη.

Στα δεδομένα που υπάρχουν για την αιολική ισχύ βλέπουμε ότι ταιριάζει πολύ καλύτερα η γραμμική ανάπτυξη, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.

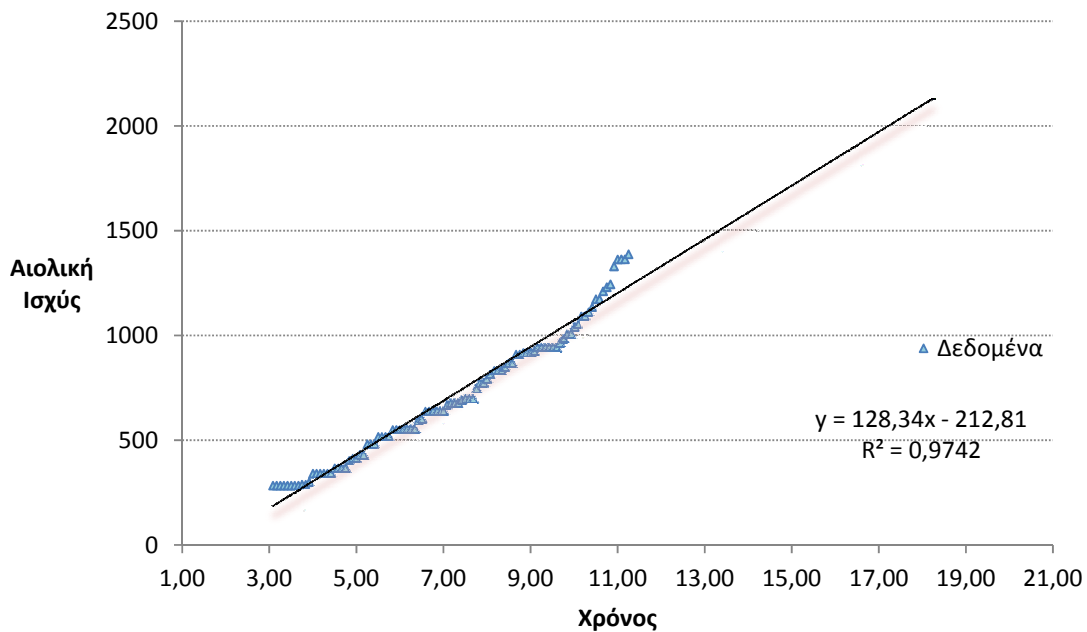
Τα δεδομένα της αιολικής ισχύος εμφανίζουν αύξηση. Η εξίσωση Ελαχίστων Τετραγώνων που περιγράφει την ευθεία των μέσων είναι η εξής

$$P_{\text{wind}} = 128,34 \cdot t - 212,81$$

Όπου  $t$  ο χρόνος σε μήνες και  $P_{\text{wind}}$  η ενέργεια σε MW

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα η ΕΕΤ των αρχικών δεδομένων έχει συντελεστή συσχέτισης ( $R^2 = 0,9742$ ) πολύ κοντά στη μονάδα.

Τα συμπεράσματα από το διάγραμμα και την ανωτέρω ανάλυση είναι ότι για κάποιο χρονικό διάστημα στο μέλλον η ανάπτυξη της αιολικής ισχύος θα είναι γραμμική. Η πρόβλεψή μας για την επόμενη 5-ετία φαίνεται στο διάγραμμα με αναμενόμενη τιμή τα **2.140,086 MW**.



Γράφημα 5. 2. Γραμμική προσαρμογή δεδομένων αιολικής ισχύος

## 5.2.2 -Αιολική ενέργεια

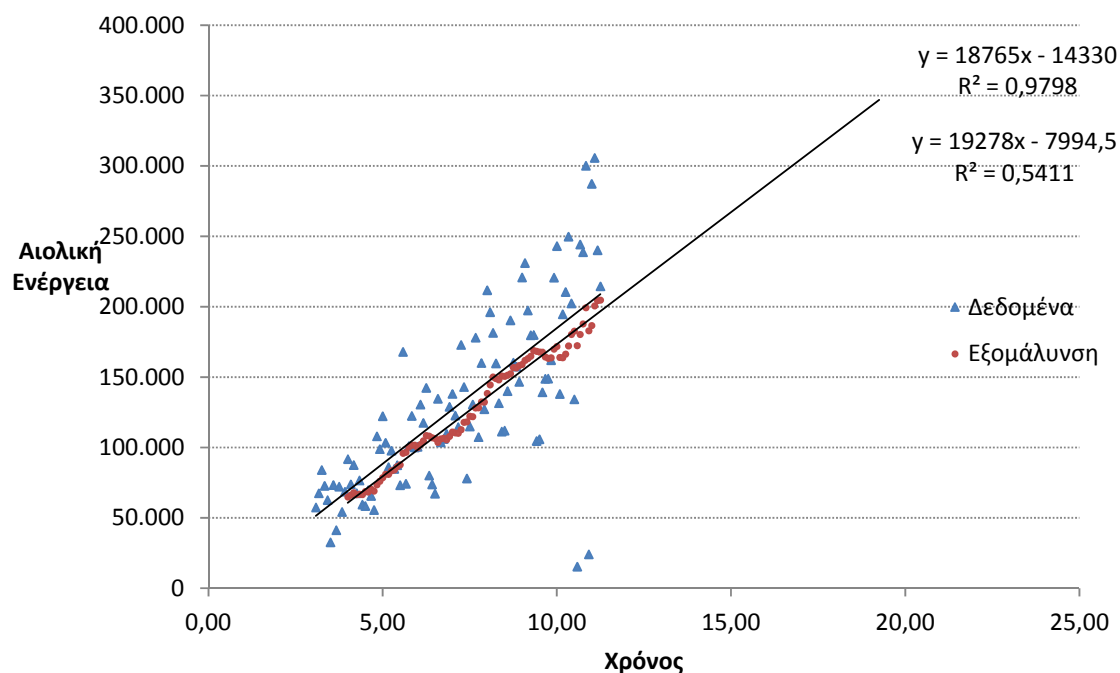
Τα δεδομένα της αιολικής ενέργειας εμφανίζουν αύξηση. Επειδή όμως παρουσιάζουν μεγάλο θόρυβο (αποκλίσεις από την ευθεία ελαχίστων τετραγώνων) έγινε χρήση κινούμενων μέσων όρων σε διάστημα έτους (12 μηνών) για εξομάλυνση. Η εξίσωση ET που περιγράφει την ευθεία των μέσων είναι η εξής:

$$E_{\text{wind}}=18765 \cdot t-14330$$

Όπου  $t$  ο χρόνος σε μήνες και  $E_{\text{wind}}$  η ενέργεια σε MW.

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα η ΕΕΤ των αρχικών δεδομένων έχει μικρό συντελεστή συσχέτισης ( $R^2=0,5411$ ) ενώ ο αντίστοιχος ΣΣ για την ευθεία των μέσων είναι πολύ κοντά στη μονάδα ( $R=0,9798$ ).

Τα συμπεράσματα από το διάγραμμα και την ανωτέρω ανάλυση είναι ότι για κάποιο χρονικό διάστημα στο μέλλον η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας θα είναι γραμμική. Η πρόβλεψή μας για την επόμενη 5-ετία φαίνεται στο διάγραμμα με αναμενόμενη τιμή τα **328.555 MW**.



Γράφημα 5. 3. Γραμμική προσαρμογή των δεδομένων της αιολικής ενέργειας

### 5.2-3 Υδροηλεκτρική ισχύς

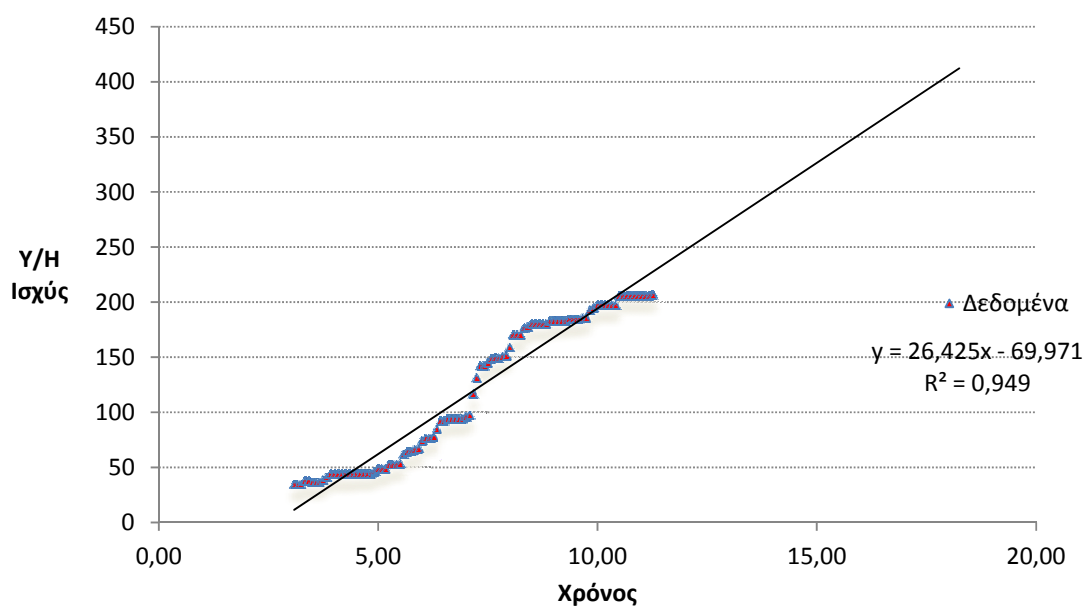
Τα δεδομένα της υδροηλεκτρικής ισχύος εμφανίζουν αύξηση. Η εξίσωση Ελαχίστων Τετραγώνων που περιγράφει την ευθεία των μέσων είναι η εξής:

$$P_{\text{hydro}} = 26,899 \cdot t - 72,693$$

Όπου  $t$  ο χρόνος σε μήνες και  $P_{\text{hydro}}$  η ενέργεια σε MW.

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα η ΕΕΤ των αρχικών δεδομένων έχει συντελεστή συσχέτισης ( $R^2 = 0,9493$ ) πολύ κοντά στη μονάδα.

Τα συμπεράσματα από το διάγραμμα και την ανωτέρω ανάλυση είναι ότι για κάποιο χρονικό διάστημα στο μέλλον η ανάπτυξη της υδροηλεκτρικής ισχύος θα είναι γραμμική. Η πρόβλεψή μας για την επόμενη 5-ετία φαίνεται στο διάγραμμα με αναμενόμενη τιμή τα **420,45 MW**.



Γράφημα 5. 4. Γραμμική προσαρμογή των δεδομένων της υδροηλεκτρικής ενέργειας

## 5.2-4 Υδροηλεκτρική ενέργεια

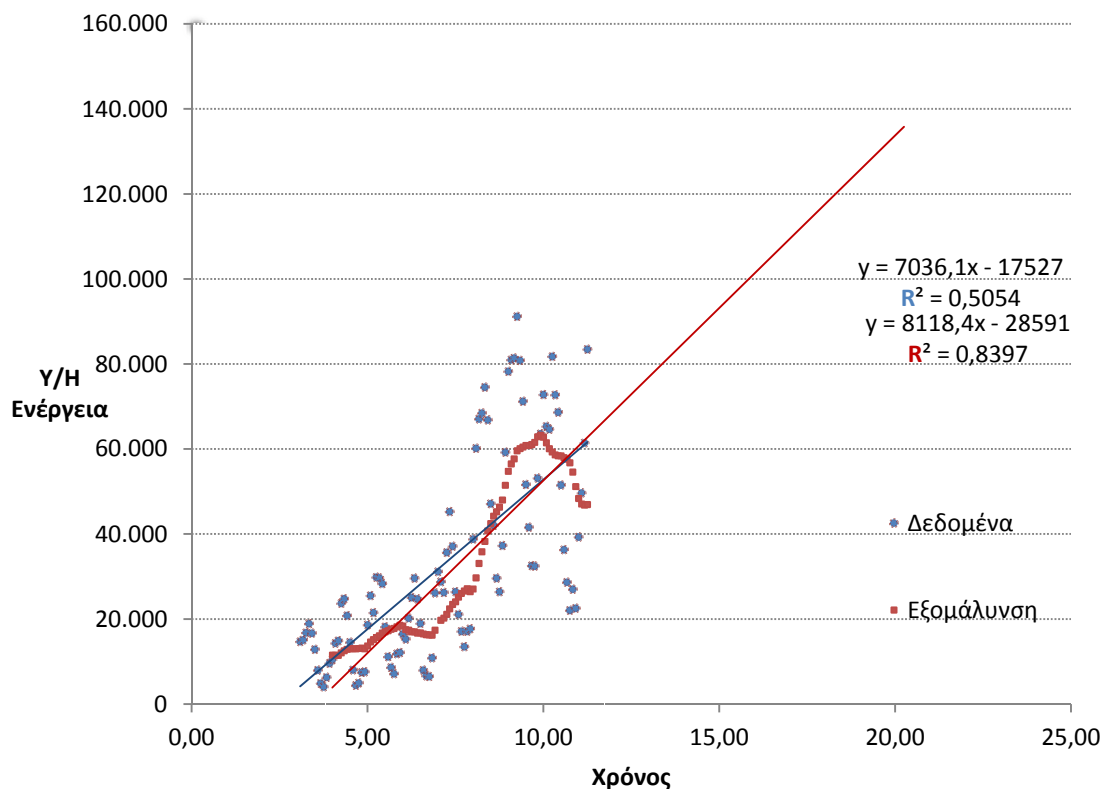
Τα δεδομένα της υδροηλεκτρικής ενέργειας εμφανίζουν αύξηση. Επειδή όμως παρουσιάζουν μεγάλο θόρυβο (αποκλίσεις από την ευθεία ελαχίστων τετραγώνων) έγινε χρήση κινούμενων μέσων όρων σε διάστημα έτους (12 μηνών) για εξομάλυνση. Η εξίσωση ET που περιγράφει την ευθεία των μέσων είναι η εξής:

$$E_{\text{hydro}}=8118,4t-28591$$

Όπου t ο χρόνος σε μήνες και  $E_{\text{hydro}}$  η ενέργεια σε MW.

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα η EET των αρχικών δεδομένων έχει μικρό συντελεστή συσχέτισης ( $R^2=0,5054$ ) ενώ ο αντίστοιχος ΣΣ για την ευθεία των μέσων είναι πιο κοντά στη μονάδα ( $R=0,8397$ ).

Τα συμπεράσματα από το διάγραμμα και την ανωτέρω ανάλυση είναι ότι για κάποιο χρονικό διάστημα στο μέλλον η ανάπτυξη της υδροηλεκτρικής ενέργειας θα είναι γραμμική. Η πρόβλεψή μας για την επόμενη 5-ετία φαίνεται στο διάγραμμα με αναμενόμενη τιμή τα **148.046 MW**.



Γράφημα 5. 5. Γραμμική προσαρμογή των δεδομένων της Y/H ενέργειας

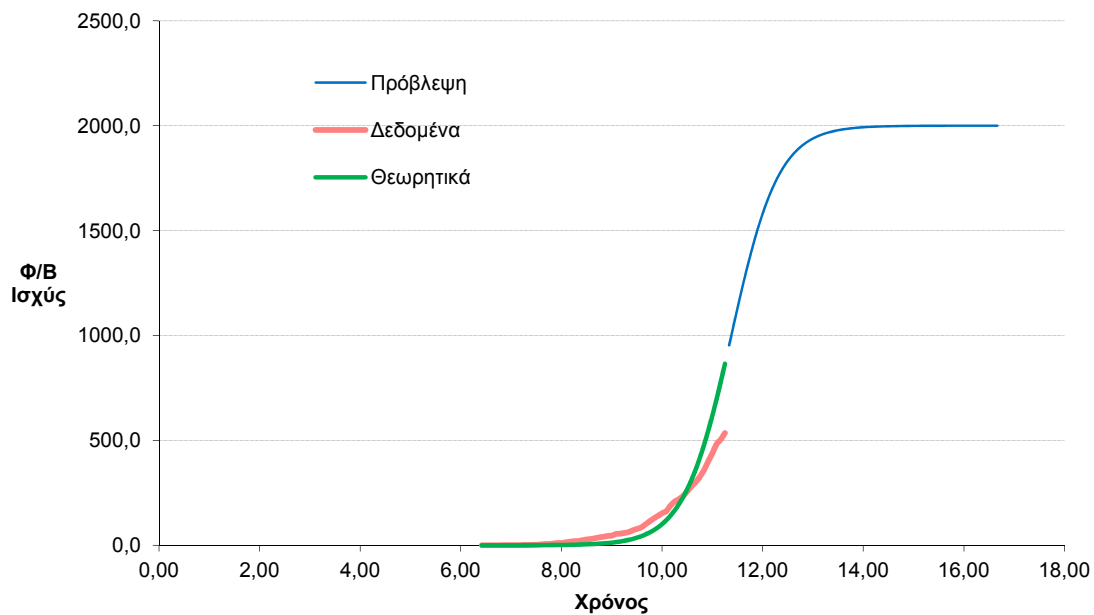


## 5.2-5 Φωτοβολταϊκή ισχύς

Για την πρόβλεψη της φωτοβολταϊκής ισχύος χρησιμοποιήθηκε ο solver για την εύρεση του παράγοντα b, ενώ ο παράγοντας a επιλέχθηκε έτσι ώστε να ελαχιστοποιεί το άθροισμα τετραγώνων. Το όριο επιλέχθηκε 2000 MW, τιμή που ελαχιστοποιεί κατά πολύ το άθροισμα της διαφοράς τετραγώνων και δίνει πολύ καλή προσαρμογή στην σιγμοειδή καμπύλη. Οι τιμές που προέκυψαν είναι οι εξής :  $L=2000$ ,  $a=2,13$ ,  $b=3,35 \cdot 10^{10}$ .

Η πρόβλεψη που προκύπτει είναι ότι η ισχύς των φωτοβολταϊκών θα σταθεροποιηθεί αρκετά γρήγορα, (συγκεκριμένα το 2017) στα **2000MW**. Η εξίσωση που περιγράφει την σιγμοειδή καμπύλη είναι η:

$$PVp = \frac{2000}{1 + e^{-2,13t + 3,35 \cdot 10^{10}}}$$



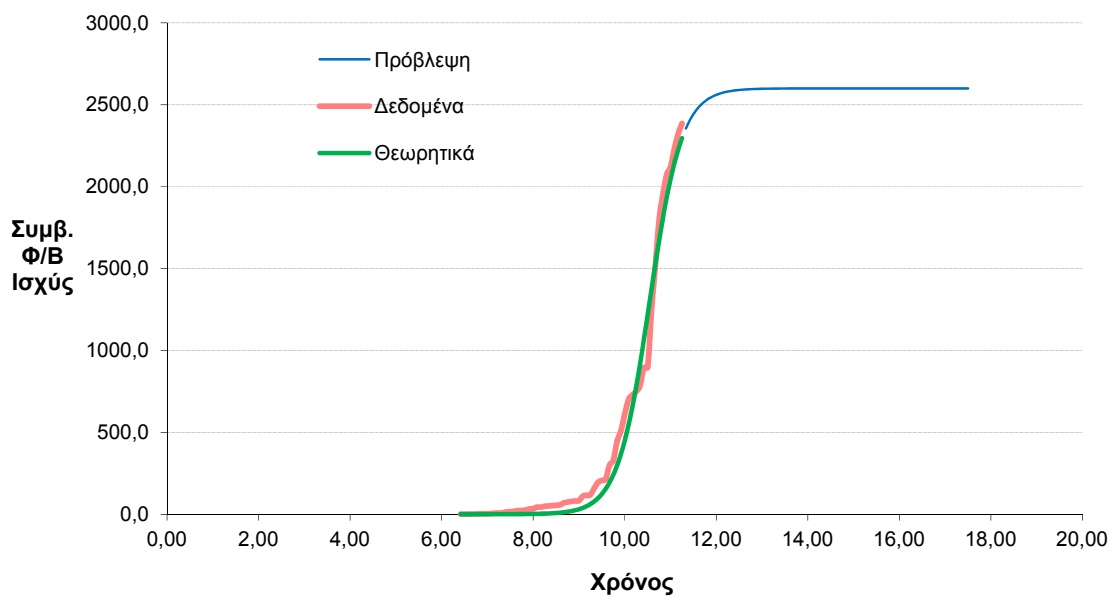
Γράφημα 5. 6. Σιγμοειδής προσαρμογή των δεδομένων της Φ/Β ισχύος;

### 5.2-6 Συμβολαιοποιημένη φωτοβολταϊκή ισχύς

Η τελική τιμή στην οποία θα σταθεροποιηθεί η συμβολαιοποιημένη φωτοβολταϊκή ισχύς προβλέφθηκε ίση με **2500 MW**. Από το διάγραμμα προκύπτει το συμπέρασμα ότι το μέγεθος έχει σχεδόν φτάσει στο ανώτατο όριο ανάπτυξης του. Οι τιμές που προέκυψαν για τους παράγοντες L,a,b είναι οι εξής: L=2500, a=2,87, b=1,39\*10<sup>13</sup>.

Η εξίσωση που περιγράφει την σιγμοειδή καμπύλη είναι η:

$$PVpc = \frac{2500}{1 + e^{-2,87t + 1,39 \cdot 10^{13}}}$$



Γράφημα 5. 7. Σιγμοειδής προσαρμογή των δεδομένων της συμβολαιοποιημένης Φ/Β ισχύος.

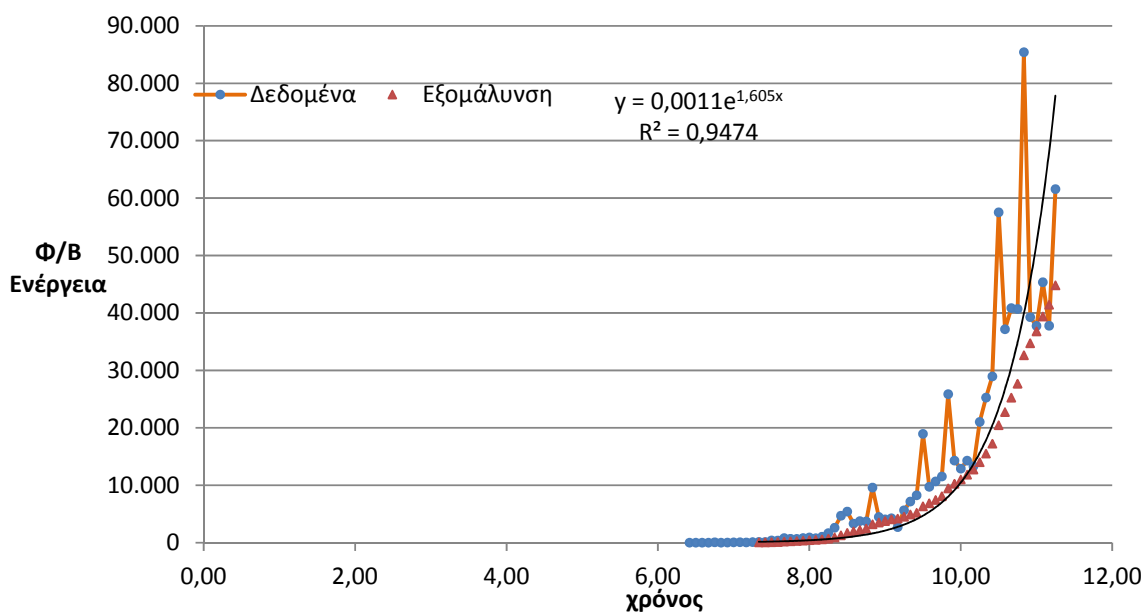
### 5.2-7 Φωτοβολταϊκή ενέργεια

Τα δεδομένα της φωτοβολταϊκής ενέργειας εμφανίζουν αύξηση. Επειδή όμως παρουσιάζουν μεγάλο θόρυβο (αποκλίσεις από την ευθεία ελαχίστων τετραγώνων) έγινε χρήση κινούμενων μέσων όρων σε διάστημα έτους (12 μηνών) για εξομάλυνση. Παρόλα αυτά ούτε η εξίσωση ET που περιγράφει την καμπύλη των μέσων είχε καλή προσαρμογή και η καμπύλη που ταίριαζε καλύτερα ήταν εκθετική και ήταν η :

$$E_{pv}=0,0011e^{1,605t}$$

Όπου t ο χρόνος σε μήνες και  $E_{pv}$  η ενέργεια σε MW.

Τα συμπεράσματα από το διάγραμμα και την ανωτέρω ανάλυση είναι ότι για κάποιο χρονικό διάστημα στο μέλλον η ανάπτυξη της φωτοβολταϊκής ενέργειας θα είναι εκθετική.



Γράφημα 5. 8. Προβλεπόμενη ανάπτυξη της Φ/B ενέργειας

## Κεφάλαιο 6-Συμπεράσματα

---

### Συμπεράσματα

- Τα υδροηλεκτρικά και τα αιολικά μεγέθη παρουσιάζουν γραμμική ανάπτυξη, ενώ τα φωτοβολταϊκά μεγέθη παρουσιάζουν σιγμοειδή ανάπτυξη πλην της  $\varphi/\beta$  ενέργειας, η οποία παρουσιάζει εκθετική ανάπτυξη.
- Τα μεγέθη συμπαραγωγή και βιομάζα θεωρητικά υπάγονται στο νόμο της φυσιολογικής ανάπτυξης, παρόλα αυτά επειδή είναι προσφάτως αναπτυσσόμενα μεγέθη για τα οποία υπάρχουν πολύ λίγα δεδομένα, δεν υπάρχει νόημα στο να γίνει προσαρμογή κάποιας καμπύλης και συνεπώς να προκύψει κάποια πρόβλεψη
- Οι προβλέψεις που έγιναν όπως εξηγήθηκε παραπάνω δεν είναι αρκετά αξιόπιστες διότι τα δεδομένα παρουσιάζουν μεγάλη απόκλιση από τις θεωρητικές τιμές ( θόρυβος). Για να ήταν ακριβέστερες οι προβλέψεις θα έπρεπε να χρησιμοποιηθεί η εξίσωση Volterra-Lotka διότι η ανάπτυξη των μεγεθών γίνεται υπό συνθήκες ανταγωνισμού, το όριο δηλαδή, στο οποίο θα φτάσει το μέγεθος, εξαρτάται και από άλλους παράγοντες.
- Όταν διατίθενται λίγα δεδομένα τα οποία αποτελούν μόνο την αρχή της σιγμοειδούς καμπύλης, δεν υπάρχει νόημα πρόβλεψης μέσω σιγμοειδούς καμπύλης μιας και δεν θα προκύψει αξιόπιστο συμπέρασμα. Σε αυτήν την περίπτωση είναι καλύτερο να προσαρμοστεί ευθεία που σημαίνει ότι το μέγεθος ακολουθεί γραμμική ανάπτυξη.

## Κεφάλαιο 7-Βιβλιογραφία

---

### Βιβλιογραφία

1. Θ.Μόδης, Προβλέψεις, Ηράκλειο 1996.
2. Δελτίο Πανελληνίου Συλλόγου Χημικών Μηχανικών Νοέμβριος-Δεκέμβριος 2011, Τεύχος Νο 202.
3. Tsoutsos T, Mavrogiannis I, Karapanagiotis N, Tselepis S, Agoris D, An analysis of the Greek photovoltaic market, Renewable and Sustainable Energy Reviews 8 (2004) 49–72.
4. Modis T, US Nobel laureates: Logistic growth versus Volterra-Lotka, technological forecasting and social change 78 (2011) 559-564.
5. Hook M, Li J, Oba N, Snowden S, Descriptive and Predictive Growth Curves in Energy System Analysis, Natural resources research, Vol. 20, No. 2, June 2011.
6. Υπουργείο περιβάλλοντος, ενέργειας και κλιματικής αλλαγής <http://www.ypeka.gr/>.
7. Ρυθμιστική αρχή ενέργειας <http://www.rae.gr>
8. WWF Ελλάδα: <http://climate.wwf.gr/>
9. Διαχειριστής ελληνικού συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας <http://www.desmie.gr/>
10. Λειτουργός αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας <http://www.lagie.gr/>
11. Διαχειριστής ελληνικού συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας <http://www.desmie.gr>
12. <http://www.solarserver.com/service/pvx-spot-market-price-index-solar-pv-modules.html?gclid=COGo56euxq0CFYulfAodu20Big>
13. Εταιρία Heliosystems: Σύνδεσμος εταιριών φωτοβολταϊκών [http:// www.helapco.gr](http://www.helapco.gr)
14. <http://iqsolarpower.com.pvpanels.htm> ιστοσελίδα για τα φωτοβολταϊκά.
15. [http://www.energia.gr/bizdir.asp?cat\\_id=34](http://www.energia.gr/bizdir.asp?cat_id=34) ελληνικό portal για την ενέργεια και το περιβάλλον.
16. <http://www.aenaon.net/gr/> Διαδικτυακή πύλη για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.



