



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

Ειδικά Κεφάλαια Παραγωγής Ενέργειας

Ενότητα 1^η : Παγκόσμιο Ενεργειακό Ισοζύγιο

Αναπλ. Καθηγητής: Γεώργιος Μαρνέλλος

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ψηφιακά Μαθήματα του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Περιεχόμενα

| | |
|--|----|
| 1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ..... | 4 |
| 1.1 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις..... | 6 |
| 1.2 Εξάντληση των Αποθεμάτων Ορυκτών Καυσίμων | 8 |
| 1.2.1 Θεωρία της κορύφωσης της παραγωγής ορυκτών καυσίμων..... | 9 |
| 1.3 Ενεργειακό Ισοζύγιο στην ΕΕ..... | 10 |
| 1.4 Ενεργειακό Ισοζύγιο στην Ελλάδα..... | 11 |
| 2. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ..... | 11 |
| 2.1 Η κατάσταση σήμερα και ο στόχος για το 2020 στην ΕΕ | 14 |
| 2.2 Η κατάσταση σήμερα και ο στόχος για το 2020 στην Ελλάδα..... | 15 |

1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

Η παγκόσμια παραγωγή (= κατανάλωση + απώλειες) εκτιμάται σήμερα σε περίπου 10 Gtoe/a (10.000 Mtoe/a, 120.000.000 GWh/a ή 420 EJ/a), αν και οι εκτιμήσεις αποκλίνουν:

10.312 Mtoe/a = 120.299.792 GWh/a [International Energy Outlook]

10.375 Mtoe/a = 121.034.750 GWh/a [International Energy Agency]

Από αυτά:

36 % παράγεται από πετρέλαιο,

23 % παράγεται από γαιάνθρακες,

21 % παράγεται από φυσικό αέριο,

13 % παράγεται από ανανεώσιμες πηγές
(βιομάζα: 10,5 %, Υ/Η: 2,2 %, αλλά: 0,3 %),

7 % παράγεται από ουράνιο.

Το ειδικό ενεργειακό περιεχόμενο των κυριότερων ορυκτών καυσίμων είναι:

| | | | | | |
|---------|------|--------------------|-----------------|-------|--------------------------------|
| Αργό | 1,00 | toe/tn καυσίμου | Γαιάνθρακας | 0,65 | toe/tn καυσίμου |
| Ντίζελ | 1,05 | toe/tn καυσίμου | Λιγνίτης | 0,12 | toe/tn καυσίμου |
| Βενζίνη | 1,10 | toe/tn καυσίμου | Φυσικό αέριο | 0,001 | toe/m ³ καυσίμου |

Οι αναπτυσσόμενες χώρες (μέλη του ΟΟΣΑ και πρώην Σοβ. Ένωση – 1.2 δις κάτοικοι) καταναλώνουν το 60% της παγκόσμιας παραγωγής ενέργειας, οι αναπτυσσόμενες (Ασία, Λατ. Αμερική και Αφρική – 5.3 δις κάτοικοι) το 40%. Παρά την ανισοκατανομή, είναι η πρώτη φορά που ο αναπτυσσόμενος κόσμος καταναλώνει τόσο μεγάλο ποσοστό του παγκόσμιου ισοζυγίου ενέργειας και μάλιστα το ποσοστό αυτό αυξάνει με πολύ γρήγορο ρυθμό.

Συγκεκριμένα:

| Το | 21% | καταναλώνεται στις | ΗΠΑ | (4,6 % | του παγκόσμιου πληθυσμού) |
|----|------|--------------------|------------|---------|---------------------------|
| » | 16 % | » | ΕΕ | (7,8 % | » |
| » | 15% | » | Κίνα | (20,0 % | » |
| » | 6% | » | Ρωσία | (2,2 % | » |
| » | 5% | » | Ινδία | 17,0 % | » |
| » | 5% | » | Ιαπωνία | (2,0 % | » |
| » | 3% | » | Καναδάς | (0,5 % | » |
| » | 2% | » | Κορέα | (0,8 % | » |
| » | 2% | » | Βραζιλία | (3,0 % | » |
| » | 2% | » | Μεξικό | (1,7 % | » |
| » | 26% | » | Υπ. Κόσμος | (40,4% | » |

ενώ η κατά κεφαλή κατανάλωση ενέργειας είναι της τάξης των 1,65 toe/κάτοικο και διαρθρώνεται ως εξής:

| | | |
|----------|-----------------|---------------------|
| Καναδάς | 7,6 toe/κάτοικο | (~ 7,5 toe/κάτοικο) |
| ΗΠΑ | 7,1 toe/κάτοικο | (~ 7,0 toe/κάτοικο) |
| Ρωσία | 4,1 toe/κάτοικο | (~ 4,0 toe/κάτοικο) |
| Κορέα | 3,8 toe/κάτοικο | (~ 4,0 toe/κάτοικο) |
| Ιαπωνία | 3,6 toe/κάτοικο | (~ 3,5 toe/κάτοικο) |
| ΕΕ | 3,3 toe/κάτοικο | (~ 3,5 toe/κάτοικο) |
| Βραζιλία | 3,0 toe/κάτοικο | (~ 3,0 toe/κάτοικο) |
| Μεξικό | 1,4 toe/κάτοικο | (~ 1,5 toe/κάτοικο) |
| Κίνα | 1,2 toe/κάτοικο | (~ 1,0 toe/κάτοικο) |
| Ινδία | 0,4 toe/κάτοικο | (~ 0,5 toe/κάτοικο) |

Αυτή τη στιγμή Κίνα και Ινδία (1/3 του παγκόσμιου πληθυσμού καταναλώνουν 5 φορές λιγότερη ενέργεια/κάτοικο από την προηγμένη δύση, αναλογία που ανατρέπεται με γρήγορους ρυθμούς και τεράστιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις).

Η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας αυξάνεται με ρυθμό περίπου 2 % το χρόνο, αν και οι εκτιμήσεις αποκλίνουν. Η ετήσια ποσοστιαία αύξηση της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας, όπως αυτή εκτιμάται από διάφορους οργανισμούς είναι:

| - | IEO 2004 | - | IEO 2003 | IEA | (PIRA*) | |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| - ύφεση | αναφορά | ανάπτυξη | - | - | - | |
| πετρέλαιο | 1,1 %/a | 1,7 %/a | 2,2 %/a | 1,5 %/a | 1,7 %/a | 1,7 %/a |
| Άνθρακας | 1,0 %/a | 1,4 %/a | 1,8 %/a | 1,7 %/a | 1,4 %/a | 2,3 %/a |
| Φ/Α | 1,3 %/a | 1,7 %/a | 2,3 %/a | 2,5 %/a | 3,0 %/a | 2,8 %/a |
| Πυρηνική | 1,1 %/a | 1,6 %/a | 1,6 %/a | 1,3 %/a | 1,1 %/a | 0,8 %/a |
| ΑΠΕ | 1,3 %/a | 1,8 %/a | 2,3 %/a | 2,4 %/a | 2,8 %/a | 1,8 %/a |
| Σύνολο | 1,1 %/a | 1,6 %/a | 2,1 %/a | 1,9 %/a | 2,0 %/a | 2,0 %/a |

* Petr. Ind. Res. Ass.

1.1 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

Κατά την καύση ορυκτών καυσίμων εκλύεται διοξείδιο του άνθρακα:

| | | | |
|--------------|-------|---|----------------------------|
| Αργό | 3,0 | tnCO ₂ /tn καυσίμου | 2,9 tnCO ₂ /toe |
| Ντίζελ | 3,0 | tnCO ₂ /tn καυσίμου | 2,9 tnCO ₂ /toe |
| Βενζίνη | 3,1 | tnCO ₂ /tn καυσίμου | 2,8 tnCO ₂ /toe |
| Γαιάνθρακας | 2,7 | tnCO ₂ /tn καυσίμου | 4,1 tnCO ₂ /toe |
| Λιγνίτης | 0,5 | tnCO ₂ /tn καυσίμου | 3,9 tnCO ₂ /toe |
| Φυσικό αέριο | 0,002 | tnCO ₂ /m ³ καυσίμου | 2,1 tnCO ₂ /toe |

αλλά και άλλα αέρια (κυρίως CH₄ και N₂O) τα οποία συμβάλλουν στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Το CH₄ έχει 25 φορές μεγαλύτερη επίδραση από αυτή του CO₂, σε διάρκεια 100 ετών και 72 φορές σε διάρκεια 25 ετών (διασπάται γρηγορότερα από το CO₂) ενώ το N₂O 300 φορές μεγαλύτερη επίδραση σε διάρκεια 100 ετών.

Σαν αποτέλεσμα, οι ετήσιες συνολικές ισοδύναμες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα να ανέρχονται σε 27,14 Gtn (4,2 tn CO₂/κάτοικο) – κατά προσέγγιση 30 Gtn ή 4 tn/κάτοικο:

| | | | | | |
|----------|---------------------|---|--------|------------------------------------|--------|
| ΗΠΑ | 5,82 δισ. τν / έτος | ή | 21,4 % | (19,7 τν CO ₂ /κάτοικο) | (~ 20) |
| Κίνα | 5,10 δισ. τν / έτος | ή | 18,8 % | (3,9 τν CO ₂ /κάτοικο) | (~ 5) |
| ΕΕ | 4,54 δισ. τν / έτος | ή | 16,7 % | (9,1 τν CO ₂ /κάτοικο) | (~ 10) |
| Ρωσία | 1,54 δισ. τν / έτος | ή | 5,7 % | (10,8 τν CO ₂ /κάτοικο) | (~ 10) |
| Ιαπωνία | 1,21 δισ. τν / έτος | ή | 4,5 % | (9,5 τν CO ₂ /κάτοικο) | (~ 10) |
| Ινδία | 1,15 δισ. τν / έτος | ή | 4,2 % | (1,1 τν CO ₂ /κάτοικο) | (~ 1) |
| Καναδάς | 0,55 δισ. τν / έτος | ή | 2,0 % | (16,7 τν CO ₂ /κάτοικο) | (~ 15) |
| Κορέα | 0,45 δισ. τν / έτος | ή | 1,7 % | (9,4 τν CO ₂ /κάτοικο) | (~ 10) |
| Μεξικό | 0,39 δισ. τν / έτος | ή | 1,4 % | (3,5 τν CO ₂ /κάτοικο) | (~ 5) |
| Βραζιλία | 0,33 δισ. τν / έτος | ή | 1,2 % | (1,7 τν CO ₂ /κάτοικο) | (~ 1) |

Οι συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου είχαν παραμείνει σταθερές για περισσότερα από 10.000 χρόνια, μέχρι την προβιομηχανική περίοδο (1750).

Η συγκέντρωση του CO₂, είναι υπεύθυνη για το 25 % της υπερθέρμανσης του πλανήτη και:

- **αυξήθηκε από 280 ppm το 1750 σε 390 ppm σήμερα.**

Η συγκέντρωση του CH₄, είναι υπεύθυνη για το 5 % της υπερθέρμανσης του πλανήτη και:

- αυξήθηκε από 700 ppb το 1750 σε 1750 ppb σήμερα.

Η συγκέντρωση του N₂O, είναι υπεύθυνη για το 5 % της υπερθέρμανσης του πλανήτη και:

- αυξήθηκε από 270 ppb το 1750 σε 320 ppb σήμερα.

Το υπόλοιπο 65 % οφείλεται στην παρουσία υδρατμών, η συγκέντρωση όμως των οποίων επηρεάζεται θετικά από την ίδια την υπερθέρμανση.

Οι παγκόσμιες ετήσιες εκπομπές ισοδύναμου CO₂ αυξάνονται κατά περίπου 2% (το χρόνο, από το 1990 μέχρι σήμερα όπως και η παγκόσμια ενεργειακή παραγωγή / κατανάλωση). Η σχετική ευαισθητοποίηση έχει οδηγήσει σε σταθεροποίηση των εκπομπών μόνο στην ΕΕ.

% ετήσια μεταβολή

| | παραγωγή ενέργειας | εκπομπές CO ₂ |
|-----------|--------------------|--------------------------|
| ΗΠΑ | 1,3 | 1,2 |
| Κίνα | 6,2 | 8,0 |
| ΕΕ | 0,6 | -0,5 |
| Ρωσία | -1,6 | -1,8 |
| Ιαπωνία | 1,2 | 0,9 |
| Ινδία | 4,2 | 6,0 |
| Καναδάς | 1,9 | 1,7 |
| Κορέα | 8,1 | 6,1 |
| Μεξικό | 2,7 | 2,0 |
| Βραζιλία | 3,5 | 4,4 |
| παγκόσμια | 1,9 | 1,8 |

Η μέση ετήσια θερμοκρασία του πλανήτη είναι σήμερα 0,4 οC (από περίπου 0,05 οC που ήταν το 1900). Η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη με την αύξηση της μέσης συγκέντρωσης του CO₂ είναι:

| συγκέντρωση CO ₂ , ppm | αύξηση θερμοκρασίας, οC |
|-----------------------------------|-------------------------|
| 300 | 0,5 -- 1,5 |
| 400 | 1,5 -- 2,5 |
| 500 | 2 -- 4,0 |
| 600 | 2,5 -- 5,0 |
| 700 | 3 -- 6,0 |

Οπότε, και αν ακόμη η συγκέντρωση του CO₂ δεν αυξηθεί σε σχέση με τα σημερινά επίπεδα, θα πρέπει να αναμένουμε αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1 οC.

Σήμερα η ποσότητα του CO₂ στην ατμόσφαιρα είναι 3 Ttn (αντιστοιχεί σε συγκέντρωση 390 ppm). Θεωρώντας ως όριο ολικής ανατροπής της σημερινής περιβαλλοντικής κατάστασης την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κατά 3 οC, η οποία θα πρέπει να αναμένεται για συγκέντρωση CO₂:

- **550 ppm (αντιστοιχεί σε ποσότητα 4,2 Ttn)),**

με το σημερινό ρυθμό έκλυσης CO₂ (30 Gtn/a), αυτό θα συμβεί σε:

- **(4,2 – 3) Tth / 0,03 Ttn/a = 40 έτη.**

1.2 Εξάντληση των Αποθεμάτων Ορυκτών Καυσίμων

Οι εκτιμήσεις για τα παγκόσμια αποθέματα ορυκτών καυσίμων ποικίλουν και ποσοτικά αλλά και ποιοτικά. Έτσι:

- ο όρος “πόροι” αναφέρεται στην εκτίμηση των παρόντων αποθεμάτων αλλά και των αποθεμάτων που αναμένεται να ανακαλυφθούν, σύμφωνα με τον τρέχοντα ρυθμό ανακάλυψης νέων αποθεμάτων, που όμως φθίνει με το χρόνο,
- ο όρος “βεβαιωμένα αποθέματα” αναφέρεται στα αποθέματα που έχουν ήδη ανακαλυφθεί,
- ο όρος “αξιοποιήσιμα αποθέματα” αναφέρεται στο μέρος εκείνο των βεβαιωμένων αποθεμάτων που συμφέρει οικονομικά να εξορυχτούν σύμφωνα με τις κάθε φορά τρέχουσες τιμές του ορυκτού καυσίμου.

Το 2006 τα βεβαιωμένα αποθέματα, σύμφωνα με την BP, ήταν:

Ενεργειακό περιεχόμενο:

| | | ειδικό | ολικό |
|-----------------------------------|---------------------|--------------------------|----------|
| Βεβαιωμένα αποθέματα πετρελαίου: | 164 Gtn | 1,00 toe/tn | 164 Gtoe |
| Βεβαιωμένα αποθέματα άνθρακα: | 909 Gtn | 0,65 toe/tn | 590 Gtoe |
| Βεβαιωμένα αποθέματα φυσ. αερίου: | 180 Tm ³ | 0,001 toe/m ³ | 180 Gtoe |

και λαμβάνοντας υπόψη τον ετήσιο ρυθμό κατανάλωσης τους και την ετήσια αύξηση του κατά 2 %, αυτά αναμένεται να εξαντληθούν σε (με την προϋπόθεση ότι δεν θα ανακαλυφθούν νέα και με βάση τις σημερινές τιμές):

Εξάντληση αποθεμάτων:

| | | |
|--------------------------------|----------|--------|
| Ετήσια κατανάλωση πετρελαίου: | 3,6 Gtoe | 40 έτη |
| Ετήσια κατανάλωση άνθρακα: | 2,3 Gtoe | 90 έτη |
| Ετήσια κατανάλωση φυσ. αερίου: | 2,1 Gtoe | 50 έτη |

Με βάση τις σημερινές τιμές των ορυκτών καυσίμων, τα αξιοποιήσιμα αποθέματα, το 2006, είχαν εκτιμηθεί σε:

Ενεργειακό περιεχόμενο:

| | | | |
|-------------------------------------|---------------------|--------------------------|----------|
| αξιοποιήσιμα αποθέματα πετρελαίου: | 142 Gtn | 1,00 toe/tn | 142 Gtoe |
| αξιοποιήσιμα αποθέματα άνθρακα: | 880 Gtn | 0,65 toe/tn | 570 Gtoe |
| αξιοποιήσιμα αποθέματα φυσ. αερίου: | 150 Tm ³ | 0,001 toe/m ³ | 150 Gtoe |

ενώ οι εκτιμώμενοι πόροι ανέρχονται σε:

| | | | |
|-------------------------------------|---------------------|-----------|--------------------|
| αξιοποιήσιμα αποθέματα πετρελαίου: | 450 Gtn | 450 Gtoe | (300% αποθεμάτων) |
| αξιοποιήσιμα αποθέματα άνθρακα: | 5600 Gtn | 3900 Gtoe | (600 % αποθεμάτων) |
| αξιοποιήσιμα αποθέματα φυσ. αερίου: | 380 Tm ³ | 265 Gtoe | (150 % αποθεμάτων) |

1.2.1 Θεωρία της κορύφωσης της παραγωγής ορυκτών καυσίμων

Η ενεργειακή κρίση δεν θα έρθει με την εξάντληση των αποθεμάτων. Κάθε κοιτάσμα – και ιδίως αυτά του πετρελαίου και του Φ/Α – έχει μία μέγιστη δυναμικότητα ημερήσιας παραγωγής και συνήθως η εκμετάλλευση του πραγματοποιείται πολύ κοντά στη μέγιστη αυτή δυναμικότητα. Η μέγιστη δυναμικότητα ενός κοιτάσματος ελαττώνεται καθώς αυτό εξαντλείται. Καθώς η ζήτηση για ορυκτά καύσιμα αυξάνεται και τα κοιτάσματα εξαντλούνται, πολύ πριν την εξαφάνισή τους, η ημερήσια δυναμικότητα παραγωγής θα κορυφωθεί (από το σημείο

αυτό και μετά θα η παγκόσμια παραγωγή θα επιβραδύνεται αναγκαστικά) και από την κορύφωση της και μετά δεν θα είναι σε θέση να παρακολουθήσει την παγκόσμια ζήτηση. Το σημείο αυτό θα σηματοδοτήσει την τελευταία κρίση της σημερινής ενεργειακής υποδομής του πλανήτη και σημαντικές οικονομικές συνέπειες. Η κορύφωση της εγχώριας παραγωγής πετρελαίου στις ΗΠΑ συνέβη τη δεκαετία του 70 και προκάλεσε τη σημαντικότερη παγκόσμια οικονομική κρίση μέχρι τότε (η τιμή του πετρελαίου εκτοξεύτηκε από τα 5 στα 35 \$/βαρέλι), ενώ η κορύφωση στην παγκόσμια παραγωγή πετρελαίου τοποθετείται κάπου μεταξύ του 2000 και του 2020. Η κορύφωση της παραγωγής Φ/Α και άνθρακα τοποθετείται το 2030 και το 2050, αντίστοιχα.

1.3 Ενεργειακό Ισοζύγιο στην ΕΕ

Η ακαθάριστη παραγωγή (= κατανάλωση + απώλειες) ενέργειας στην ΕΕ εκτιμάται σήμερα σε περίπου 1.850 Mtoe.

Από αυτά:

- ✓ 37% παράγεται από πετρέλαιο
- ✓ 17% παράγεται από γαιάνθρακες
- ✓ 24% παράγεται από φυσικό αέριο
- ✓ 8% παράγεται από ανανεώσιμες πηγές (βιομάζα: 4,8%, Υ/Η: 1,4%, αλλά: 0,8%)
- ✓ 14% παράγεται από ουράνιο

Από την παραγωγή αυτή:

- ✓ 35% είναι οι απώλειες της ενεργειακής υποδομής (από την θερμική ηλεκτροπαραγωγή)
- ✓ 30% είναι η παραγωγή θερμότητας σε οικιακό/βιομηχανικό τομέα
- ✓ 20% είναι τα καύσιμα για μεταφορές και
- ✓ 15% είναι η ηλεκτροπαραγωγή

Αφαιρώντας τις απώλειες, προκύπτει η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση, η οποία ανέρχεται σε 1.240 Mtoe και διαρθρώνεται ως εξής:

- ✓ 50 % η παραγωγή θερμότητας σε οικιακό/βιομηχανικό τομέα,
- ✓ 30 % τα καύσιμα για μεταφορές και,
- ✓ 20 % η ηλεκτροπαραγωγή.

Το 2020 η αντίστοιχη ακαθάριστη παραγωγή προβλέπεται να είναι 1.967 Mtoe (αύξηση 6%). Η εξάρτηση της ΕΕ από εισαγωγές ενέργειας ανέρχεται στο 55 % του ενεργειακού της ισοζυγίου.

1.4 Ενεργειακό Ισοζύγιο στην Ελλάδα

Η ακαθάριστη παραγωγή (= κατανάλωση + απώλειες) ενέργειας στην ΕΕ εκτιμάται σήμερα σε περίπου 34 Mtoe. Από αυτά:

- ✓ 58% παράγεται από πετρέλαιο,
- ✓ 26% παράγεται από λιγνίτες,
- ✓ 9% παράγεται από φυσικό αέριο,
- ✓ 6% παράγεται από ανανεώσιμες πηγές,
- ✓ 0% παράγεται από ουράνιο.

Από την παραγωγή αυτή:

- ✓ 32% είναι απώλειες της ενεργειακής υποδομής
- ✓ (κυρίως στην θερμοηλεκτρική παραγωγή),
- ✓ 27% είναι η παραγωγή θερμότητας σε οικιακό/βιομηχανικό τομέα,
- ✓ 27% είναι τα καύσιμα για μεταφορές και,
- ✓ 14% είναι η ηλεκτροπαραγωγή.

Αφαιρώντας τις απώλειες, προκύπτει η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση, η οποία ανέρχεται σε 23 Mtoe και διαρθρώνεται ως εξής:

- ✓ 39 % η παραγωγή θερμότητας σε οικιακό/βιομηχανικό τομέα,
- ✓ 40 % τα καύσιμα για μεταφορές και,
- ✓ 21 % η ηλεκτροπαραγωγή.

Το 2020 η αντίστοιχη ακαθάριστη παραγωγή προβλέπεται να είναι 36,7 Mtoe (αύξηση 8%), και η κατανομή μεταξύ των διαφόρων πηγών αναμένεται να παραμείνει ουσιαστικά αμετάβλητη αν ακολουθηθούν οι σημερινές τάσεις ανάπτυξης της ενεργειακής της υποδομής. Η εξάρτηση της Ελλάδας από εισαγωγές ενέργειας ανέρχεται στο 75 % του ενεργειακού της ισοζυγίου.

2. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Θεωρητικό δυναμικό: το ανώτατο φυσικό όριο της ενέργειας που διατίθεται από μία πηγή.

| | | |
|----------------|--------------------|----------------------------------|
| Υδροηλεκτρική: | δεν έχει εκτιμηθεί | - |
| Αιολική: | 55 Gtoe | 550 % του παγκ. Εν. ισοζυγίου |
| Ηλιακή: | 7500 Gtoe | 75.000 % του παγκ. Εν. ισοζυγίου |
| Βιομάζα: | 50 Gtoe | 500 % του παγκ. Εν. ισοζυγίου |
| Γεωθερμία: | 4500 Gtoe | 45.000 % του παγκ. Εν. ισοζυγίου |
| Κυματική: | 1,5 Gtoe | 15 % του παγκ. Εν. ισοζυγίου |

| | | |
|--------------|--------------------|---|
| Παλιρροιακή: | δεν έχει εκτιμηθεί | - |
|--------------|--------------------|---|

Τεχνικό δυναμικό: το ανώτατο όριο της ενέργειας που είναι τεχνολογικά εφικτό να αξιοποιηθεί.

| | | |
|----------------|--------------------|-------------------------------|
| Υδροηλεκτρική: | 1,5 Gtoe | 15 % του παγκ. Εν. ισοζυγίου |
| Αιολική: | 5 Gtoe | 50 % του παγκ. Εν. ισοζυγίου |
| Ηλιακή: | 40 Gtoe | 400 % του παγκ. Εν. ισοζυγίου |
| Βιομάζα: | 4 Gtoe | 40 % του παγκ. Εν. ισοζυγίου |
| Γεωθερμία: | 10 Gtoe | 100 % του παγκ. Εν. ισοζυγίου |
| Κυματική: | 0,5 Gtoe | 5 % του παγκ. Εν. ισοζυγίου |
| Παλιρροιακή: | δεν έχει εκτιμηθεί | - |

Οικονομικά βιώσιμο δυναμικό: το ανώτατο όριο της ενέργειας που είναι οικονομικά αποτελεσματικό να αξιοποιηθεί. Το οικονομικά βιώσιμο δυναμικό καθορίζεται από το ύψος της αρχικής επένδυσης και το λειτουργικό κόστος και μεταβάλλεται με την πρόοδο της τεχνολογίας, τις καμπύλες μάθησης των αντίστοιχών βιομηχανιών, τα λειτουργικά κόστη αλλά και το κόστος παραγωγής ενέργειας με συμβατικές μεθόδους και ορυκτά καύσιμα. Το κόστος της ηλεκτρικής MWh σήμερα στην ΕΕ κυμαίνεται από 80 έως 140 €, το κόστος της θερμικής από 15 έως 25 € ενώ το klt καυσίμων κίνησης (βενζίνη ή ντίζελ) κοστολογείται (προ φόρων) στα 400 – 500 €. Αντίστοιχα, το κόστος της ηλεκτρικής και θερμικής MWh από ΑΠΕ δίνεται στον παρακάτω Πίνακα:

| | κόστος ηλεκτρικής MWh | κόστος θερμικής MWh |
|--------------------------------|-----------------------|---------------------|
| Μεγάλα υδροηλεκτρικά | 30 – 40 € | - |
| Μικρά υδροηλεκτρικά | 40 – 70 € | - |
| Αιολικά | 50 – 80 € | - |
| Υπεράκτια Αιολικά | 80 – 120 € | - |
| Ηλεκτροπαραγωγή από βιομάζα | 50 – 120 € | - |
| Θερμότητα από βιομάζα | - | 10 – 60 € |
| Φωτοβολταϊκά | 200 – 800 € | - |
| Ηλιακή θερμότητα | - | 10 – 200 € |
| Συγκεντρωμένη ηλιακή θερμότητα | - | 120 – 180 € |
| Γεωθερμική θερμότητα | - | 5 – 20 € |
| Γεωθερμική ηλεκτροπαραγωγή | 440 – 510 € | - |
| Κυματική ηλεκτροπαραγωγή | 160 – 290 € | - |

Το klt βιοντίζελ κοστολογείται στα 550 – 650 € και της βιοαιθανόλης σε 350 – 400 € (η τελευταία με θερμογόνο δύναμη στα 2/3 της βενζίνης).

Σήμερα, οι ΑΠΕ αντιστοιχούν στο 13 % του παγκόσμιου ενεργειακού ισοζυγίου δηλαδή σε περίπου 1,3 Gtoe/a. Από αυτά:

| | | | | |
|--------|---|------|------|-------------------------------|
| 80 % | ή | 1050 | Mtoe | παράγονται από βιομάζα, |
| 16,5 % | ή | 220 | Mtoe | παράγονται από υδροηλεκτρικά, |
| 3 % | ή | 40 | Mtoe | παράγονται από γεωθερμία, |
| 0,3 % | ή | 4 | Mtoe | παράγονται από αιολικά, |
| 0,2 % | ή | 2,5 | Mtoe | παράγονται από φωτοβολταϊκά. |

ενώ από το μερίδιο της βιομάζας:

| | | | | |
|-------|---|------|------|---|
| 97 % | ή | 1020 | Mtoe | αφορούν στην παραδοσιακή καύση ξύλου για θέρμανση |
| 1,5 % | ή | 15 | Mtoe | στην ενεργειακή αξιοποίηση απορριμμάτων και αποβλήτων |
| 1,0 % | ή | 5 | Mtoe | σε υγρά βιοκαύσιμα (βιοαιθανόλη και βιοντίζελ) |
| 0,5 % | ή | 5 | Mtoe | στην παραγωγή βιοαερίου από αναερόβια χώνευση και ΧΥΤΑ. |

Χαρακτηριστικό είναι ότι το 80 % της βιομάζας καταναλώνεται στον αναπτυσσόμενο κόσμο (πληθυσμός 5,3 δις) ενώ το 80 % των υπόλοιπων ΑΠΕ στον αναπτυγμένο κόσμο (πληθυσμός 1,2 δις).

2.1 Η κατάσταση σήμερα και ο στόχος για το 2020 στην ΕΕ

Η ΕΕ ένωση έχει θέσει ως στόχο το 20 % του ενεργειακού της ισοζυγίου να προέρχεται από ΑΠΕ, το 2020. Οι μέχρι σήμερα τάσεις ανάπτυξης της ενεργειακής της υποδομής αποκλίνουν από το στόχο αυτό.

Συγκεκριμένα:

Mtoe

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | σήμερα | % | | % προβλεπόμενη αύξηση | 2020 | % | | % απαιτούμενη αύξηση | στόχος 20% |
|---------------|--------|-----|---------------|-----------------------------|-------|-----|---------------|----------------------------|---------------|
| βιομάζα | 56,22 | 80 | | 6,6 | 59,91 | 74 | | 14,6 | 64,4 |
| βιομάζα (συμ) | 11,10 | 16 | | 31,2 | 14,57 | 18 | | 123,5 | 31,19 |
| ηλιακή | 1,97 | 3 | | 175,1 | 5,42 | 7 | | 692,5 | 15,6 |
| γεωθερμία | 0,75 | 1 | | 0,0 | 0,75 | 1 | | 0,0 | 0,8 |
| σύνολο | 70,04 | 13 | στο σύνολο | 15,1 | 80,65 | 14 | στο σύνολο | 59,9 | 111,98 |
| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | | | | | | | | | |
| Υδροηλεκτρική | 28,65 | 39 | | 1,0 | 28,93 | 31 | | 5,7 | 30,3 |
| Βιομάζα | 27,76 | 38 | | 31,2 | 36,43 | 39 | | 180,9 | 78,0 |
| αιολική | 12,44 | 17 | | 87,5 | 23,32 | 25 | | 506,7 | 75,5 |
| ηλιακή | 0,18 | 0 | | 355,6 | 0,82 | 1 | | 2059,8 | 3,9 |
| γεωθερμία | 4,81 | 7 | | 4,6 | 5,03 | 5 | | 26,5 | 6,1 |
| σύνολο | 73,84 | 8 | στο σύνολο | 28,0 | 94,53 | 10 | στο σύνολο | 162,3 | 193,7 |
| ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ | | | | | | | | | |
| βιομάζα | 17,98 | 100 | | 82,9 | 32,90 | 100 | | 387,8 | 87,7 |

| | | | | | | | | | |
|------------------------|--------|----|---------------|-------|--------|----|---------------|--------|-------|
| σύνολο | 17,98 | 5 | στο σύνολο | 82,9 | 32,90 | 8 | στο σύνολο | 387,8 | 87,72 |
| ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ | | | | | | | | | |
| Υδροηλεκτρική | 28,65 | 19 | | 1,0 | 28,93 | 15 | | 5,6 | 30,2 |
| βιομάζα | 101,96 | 68 | | 26,7 | 129,23 | 67 | | 151,9 | 256,8 |
| αιολική | 12,44 | 8 | | 87,5 | 23,32 | 12 | | 496,8 | 74,2 |
| ηλιακή | 2,15 | 1 | | 190,2 | 6,24 | 3 | | 1080,5 | 25,4 |
| γεωθερμία | 5,56 | 4 | | 3,6 | 5,76 | 3 | | 20,4 | 6,7 |
| σύνολο | 150,76 | 8 | στο σύνολο | 28,3 | 193,48 | 10 | στο σύνολο | 160,9 | 393,4 |

Η συμμετοχή των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο της ΕΕ είναι περίπου 8% και το 70% των ΑΠΕ αφορά στη βιομάζα. Η συμμετοχή των ΑΠΕ κλιμακώνεται από περίπου 5% των καυσίμων μεταφοράς σε 8 % της ηλεκτροπαραγωγής και 13% της παραγωγής θερμότητας. Στην παραγωγή θερμότητας από ΑΠΕ, κυρίαρχη είναι η συμμετοχή της βιομάζας (80%), στην ηλεκτροπαραγωγή 40% περίπου προέρχεται από υδροηλεκτρικά, 40% από βιομάζα και 15% από αιολικά. Για να επιτευχθεί ο στόχος του 20% το 2020, η συμμετοχή της ηλιακής ηλεκτροπαραγωγής προβλέπεται να 10πλασιαστεί, η αιολική ηλεκτροπαραγωγή να 5πλασιαστεί και η συμπαραγωγή από βιομάζα να διπλασιαστεί.

2.2 Η κατάσταση σήμερα και ο στόχος για το 2020 στην Ελλάδα

Η αντίστοιχη κατάσταση στην Ελλάδα είναι:

Κtoe

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | σήμερα | % | | % προβλεπόμενη αύξηση | 2020 | % | | % απαιτούμενη αύξηση | στόχος 20% |
|---------------|---------|----|------------|-----------------------|---------|----|---------------|----------------------|------------|
| βιομάζα | 1179,00 | 88 | | 1,8 | 1200,00 | 79 | | 0,6 | 1185,5 |
| βιομάζα (συμ) | 21,20 | 2 | | 186,8 | 60,80 | 4 | | 451,2 | 221,71 |
| ηλιακή | 138,3 | 10 | | 63,3 | 225,8 | 15 | | 152,8 | 349,6 |
| γεωθερμία | 1 | 0 | | 2500,0 | 26 | 2 | | 6038,4 | 0,8 |
| σύνολο | 1339,50 | 17 | στο σύνολο | 12,9 | 1512,60 | 17 | στο σύνολο | 31,2 | 1757,6 |

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | σήμερα | % | - | % προβλεπόμενη αύξηση | 2020 | % | - | % απαιτούμενη αύξηση | στόχος 20% |
|----------------------------|--------|-----|------------|-----------------------|--------|-----|---------------|----------------------|------------|
| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| υδροηλεκτρική | 418 | 57 | - | 3,1 | 431 | 34 | - | 15,7 | 483,8 |
| βιομάζα | 53 | 7 | - | 186,8 | 152 | 12 | - | 945,8 | 554,3 |
| αιολική | 254 | 35 | - | 132,7 | 591 | 46 | - | 671,8 | 1960,3 |
| ηλιακή | 3,7 | 1 | - | 1202,7 | 48,2 | 4 | - | 6089,7 | 229,0 |
| γεωθερμία | 1 | 0 | - | 5900,0 | 60 | 5 | - | 29873,8 | 299,7 |
| σύνολο | 729,7 | 4 | στο σύνολο | 75,7 | 1282,2 | 7 | στο σύνολο | 383,4 | 3527,2 |
| ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| βιομάζα | 160,00 | 100 | -- | 243,8 | 550 | 100 | -- | 1181,9 | 2051,0 |
| σύνολο | 160,00 | 2 | στο σύνολο | 243,8 | 550 | 5 | - | 1181,9 | 2051 |
| ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Υδροηλεκτρική | 418 | 19 | - | 3,1 | 431 | 14 | - | 16,4 | 486,7 |
| βιομάζα | 1392 | 63 | - | 30,7 | 1820 | 57 | - | 162,5 | 3654,6 |
| αιολική | 254 | 12 | - | 132,7 | 591 | 19 | - | 701,4 | 2035,5 |
| ηλιακή | 142 | 6 | - | 93,0 | 274 | 9 | - | 491,4 | 839,8 |
| γεωθερμία | 2 | 0 | - | 3000,0 | 62 | 2 | - | 15859,2 | 319,2 |
| σύνολο | 2208 | 6 | στο σύνολο | 43,9 | 3178 | 9 | στο σύνολο | 232,2 | 7335,8 |

Η συμμετοχή των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας είναι περίπου 6 % και το 65 % των ΑΠΕ αφορά στη βιομάζα. Η συμμετοχή των ΑΠΕ κλιμακώνεται από περίπου 2 % των καυσίμων μεταφοράς σε 4 % της ηλεκτροπαραγωγής και 17 % της παραγωγής θερμότητας. Στην παραγωγή θερμότητας από ΑΠΕ, κυρίαρχη είναι η συμμετοχή της βιομάζας (90 %), στην ηλεκτροπαραγωγή 60 % περίπου προέρχεται από υδροηλεκτρικά και 35 % από αιολικά. Για να επιτευχθεί ο στόχος του 20 % το 2020, η συμμετοχή της ηλιακής ηλεκτροπαραγωγής προβλέπεται να 60πλασιαστεί, η αιολική ηλεκτροπαραγωγή να 7πλασιαστεί και η συμπαραγωγή από βιομάζα να 5πλασιαστεί. Επίσης στην Ελλάδα προβλέπεται πολύ σημαντική αύξηση της γεωθερμίας στην ηλεκτροπαραγωγή και η συμμετοχή της σε αυτή θα είναι υψηλότερη από αυτή των φωτοβολταϊκών και περίπου ανάλογη με την υδροηλεκτρική ηλεκτροπαραγωγή σήμερα.