

1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



1.1 Τι είναι οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) [Renewable Energy Sources – RES]

Πώς θα μπορούσαν να οριστούν οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) [Renewable Energy Sources – RES];

Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η ανανεώσιμη ενέργεια είναι «ενέργεια που την αντλούμε από τις επαναλαμβανόμενες ροές [flows] ενέργειας που εμφανίζονται διαρκώς στο φυσικό περιβάλλον» (Twidell & Weir, 2006) ή ότι είναι «ενέργεια που αναπληρώνεται με τον ίδιο ρυθμό με τον οποίο καταναλώνεται» (Boyle et al, 2004). Διαφορετικά μπορεί να ειπωθεί ότι οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) είναι πηγές που είναι ανεξάντλητες [inexhaustible] σε χρονικούς όρους της ανθρώπινης ζωής (Kaltschmitt et al, 2007).

Σήμερα (2011) ως τεχνολογίες ανανεώσιμης ενέργειας [Renewable Energy Technologies – RET] θεωρούνται:

- τα ηλιακά θερμικά συστήματα (ενεργητικά και παθητικά)
- τα φωτοβολταϊκά συστήματα
- οι ανεμογεννήτριες
- η βιομάζα και τα παράγωγά της (βιοντίζελ-αιθανόλη κ.λπ.)
- τα υδροηλεκτρικά (κυρίως τα μικρά) συστήματα
- η ενέργεια από τα κύματα και την παλίρροια [wave (ή ocean) energy, tidal energy]

- η γεωθερμία¹.

Δεν θεωρούνται ΑΠΕ η πυρηνική ενέργεια² και οι κυψέλες υδρογόνου³ (για διαφορετικούς λόγους η καθεμία).

Σε αντιπαράθεση με τις ΑΠΕ οι *μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας* ή οι *συμβατικές πηγές ενέργειας* [*fossil fuel energies*], δηλαδή ο άνθρακας, ο λιγνίτης, το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, το ουράνιο κ.λπ., χρειάστηκαν χιλιάδες χρόνια για να δημιουργηθούν και με όρους ανθρώπινης ζωής είναι εξαντλήσιμες (σε μερικές δεκάδες χρόνια, τουλάχιστον με τους σημερινούς ρυθμούς⁴). Κατ' αυτή την έννοια οι συμβατικές πηγές ενέργειας θεωρούνται αποθήκες ενέργειας [*stocks of energy*], ενώ οι ΑΠΕ αποτελούν ουσιαστικά ροές ενέργειας [*flows of energy*].

Ο διαχωρισμός ανάμεσα σε *ανανεώσιμες* και *μη ανανεώσιμες* πηγές (ή τεχνολογίες) ενέργειας δεν είναι ο μόνος που μπορεί να συναντηθεί στην εγχώρια και

¹ Τα τελευταία χρόνια γίνεται συζήτηση για το αν η καύση απορριμμάτων για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος [Waste to Energy – WTE] μπορεί να θεωρηθεί τεχνολογία ΑΠΕ (www.wte.org).

² Η πυρηνική ενέργεια δε θεωρείται ΑΠΕ, καθώς χρησιμοποιεί ως (πυρηνικό) καύσιμο το ουράνιο (ή το πλουτώνιο), που είναι ορυκτά καύσιμα [*fossil fuels*]. Επίσης η λειτουργία των πυρηνικών εργοστασίων συνδέεται με τεράστιους περιβαλλοντικούς κινδύνους όσον αφορά τις περιπτώσεις πυρηνικού ατυχήματος (π.χ., Τσέρνομπιλ, Φουκουσίμα) αλλά και τη διάθεση των πυρηνικών αποβλήτων.

³ Οι κυψέλες υδρογόνου [*fuel cells*] αποτελούν συσκευές *μετατροπής* της χημικής σε ηλεκτρική ενέργεια. Το υδρογόνο (το οποίο θεωρείται ενεργειακό καύσιμο-φορέας [*energy carrier*]) που χρησιμοποιείται στις κυψέλες υδρογόνου δεν υπάρχει ελεύθερο στη φύση, αλλά πρέπει να εξαχθεί από τις ενώσεις του (π.χ., από το νερό). Για να γίνει αυτό απαιτείται η κατανάλωση ενέργειας. Αν αυτή η ενέργεια προέρχεται από τις συμβατικές-παραδοσιακές πηγές (ορυκτά καύσιμα), τότε υπάρχουν οι γνωστές περιβαλλοντικές συνέπειες. Αν η ενέργεια προέρχεται από ΑΠΕ, τότε υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης στην *καθαρή μορφή* του υδρογόνου. Κάτι τέτοιο γίνεται πειραματικά σε μεγάλη κλίμακα κυρίως σε περιοχές της Ισλανδίας όπου η *περίσσεια* των δύο κύριων μορφών ΑΠΕ της χώρας –υδροηλεκτρική και γεωθερμική– αποθηκεύεται στο υδρογόνο για να χρησιμοποιηθεί σε κυψέλες υδρογόνου κυρίως για τις μεταφορές (αυτοκίνητα). Για περισσότερες πληροφορίες βλ. Ingason H.T. et al, 2008, *Optimizing site selection for hydrogen production in Iceland*, International Journal of Hydrogen Energy 33, 3632-3643 και Barry D. Solomon, Abhijit Banerjee, 2006, *A global survey of hydrogen energy research, development and policy*, Energy Policy 34, 781-792.

⁴ Ένας τεχνικός όρος για την εκτίμηση των αποθεμάτων [*reserves*] των συμβατικών καυσίμων είναι η λεγόμενη αναλογία αποθεμάτων/παραγωγής [*ratio of reserves/production – R/P ratio*]. Αυτή η αναλογία εκφράζει τον αριθμό των ετών που διαρκούν τα βεβαιωμένα αποθέματα ενός στερεού καυσίμου αν η κατανάλωσή τους συνεχίζεται τα επόμενα χρόνια με το σημερινό ρυθμό. Ο άνθρακας έχει το μεγαλύτερο R/P ratio, που είναι περίπου τα 200 έτη, ενώ τα αντίστοιχα R/P ratio για το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο είναι περίπου 40 και 60 χρόνια αντίστοιχα (Boyle et al, 2003). Βέβαια αυτοί οι αριθμοί θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με μεγάλη επιφυλακτικότητα, καθώς στο άμεσο μέλλον μπορεί να αλλάξουν τόσο ο αριθμός των βεβαιωμένων αποθεμάτων όσο και ο ρυθμός με τον οποίο καταναλώνονται τα ορυκτά καύσιμα. Επίσης τεχνολογικές βελτιώσεις μπορούν να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα με την οποία γίνεται η εκμετάλλευση των ορυκτών πόρων. Όποιες αλλαγές όμως κι αν συμβούν, το βασικό συμπέρασμα δεν αλλάζει: ο όγκος των συμβατικών καυσίμων είναι περιορισμένος και αργά ή γρήγορα θα εξαντληθεί.

(κυρίως) στη διεθνή βιβλιογραφία (έντυπη και ηλεκτρονική). Μπορούν επίσης να βρεθούν διαχωρισμοί ανάμεσα σε περισσότερο και λιγότερο καθαρές [clean] τεχνολογίες (ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνέπειες που έχουν⁵ ή τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά ηλεκτρική kWh που παράγουν)⁶. Επίσης συνδέεται η ανανεωσιμότητα μιας πηγής ενέργειας με το αν είναι εγχώρια [indigenous] ή όχι.⁷ Τέλος συνδέεται η εκτίμηση για τις περιβαλλοντικές συνέπειες μιας τεχνολογίας με την Ανάλυση του Κύκλου Ζωής [Life Cycle Assessment – LCA].

1.2 Πηγές προέλευσης των ΑΠΕ

Η κύρια πηγή δημιουργίας των ΑΠΕ είναι ο Ήλιος, δηλαδή η ηλιακή ακτινοβολία. Οι περισσότερες μορφές ΑΠΕ (και οι αντίστοιχες τεχνολογίες), έμμεσα ή άμεσα, προέρχονται από την κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα και στην επιφάνεια της Γης (τα ηλιακά θερμικά συστήματα, τα φωτοβολταϊκά συστήματα, οι ανεμογεννήτριες, η βιομάζα και τα παράγωγά της, τα υδροηλεκτρικά κ.λπ.). Υπάρχουν όμως και δύο μορφές ΑΠΕ που οφείλονται σε διαφορετικά αίτια. Η πρώτη είναι η γεωθερμία της οποίας τα αίτια προέρχονται από το εσωτερικό της Γης⁸. Η δεύτερη είναι η ενέργεια από την παλίρροια [tidal energy], η οποία οφείλεται στην ύπαρξη των βαρυτικών δυνάμεων μεταξύ της Γης και της Σελήνης.

⁵ Αν και θα γίνει αναφορά στις περιβαλλοντικές συνέπειες των ΑΠΕ παρακάτω, είναι καλό από νωρίς να ξεκαθαριστεί ότι *κάθε* τεχνολογία παραγωγής ενέργειας έχει περιβαλλοντικές συνέπειες. Είναι όμως γενικά αποδεκτό ότι οι ΑΠΕ έχουν *μικρότερες* περιβαλλοντικές συνέπειες από τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Πολλές φορές ακούγεται ισχυρά η άποψη ότι η καθαρότερη πηγή ενέργειας είναι η εξοικονόμηση ενέργειας.

⁶ Υπάρχει η άποψη που υποστηρίζει ότι η καύση βιομάζας (π.χ., ξύλου) για τη θέρμανση (είτε οικιακή είτε τηλεθέρμανση [district heating]), δεν είναι τόσο καθαρή τεχνολογία, καθώς εκπέμπονται αέρια του θερμοκηπίου (λιγότερα ίσως απ' ό,τι από αντίστοιχα συμβατικά καύσιμα, όπως το μαζούτ). Βέβαια ο αντίλογος είναι ότι τα φυτά (από τα οποία προέρχεται η βιομάζα) δεσμεύουν μέρος CO₂ από την ατμόσφαιρα την περίοδο που αναπτύσσονται, συνεπώς σε μια ανάλυση κύκλου ζωής της βιομάζας μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι ουδέτερη από άποψη εκπομπής CO₂.

⁷ Προφανώς οι ΑΠΕ σε κάθε χώρα είναι εγχώριες (και έτσι μειώνουν και την εξάρτηση από εξωτερικούς προμηθευτές), αλλά δεν ισχύει και το αντίστροφο, δηλαδή κάθε εγχώρια πηγή να είναι και ανανεώσιμη. Στην Ελλάδα, για παράδειγμα, ο λιγνίτης είναι εγχώρια πηγή ενέργειας αλλά δεν είναι ανανεώσιμη, όπως το ίδιο ισχύει στις πετρελαιοπαραγωγές χώρες με το πετρέλαιο.

⁸ Στο αντίστοιχο κεφάλαιο θα αναφερθούν περισσότερα, όμως αρκεί τώρα να ειπωθεί ότι η γεωθερμική ενέργεια έχει τρεις διαφορετικές πηγές προέλευσης: α) ενέργεια που αποθηκεύτηκε στο εσωτερικό της Γης κατά το σχηματισμό της, β) αρχέγονη θερμότητα που προϋπήρχε του σχηματισμού της Γης και τέλος γ) ενέργεια που προέρχεται από τη διάσπαση των ραδιενεργών στοιχείων στο εσωτερικό της Γης (Kaltschmitt et al, 2007).

1.3 Βασικά χαρακτηριστικά των ΑΠΕ

Οι τεχνολογίες αξιοποίησης των ΑΠΕ έχουν μεγάλη ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια, αλλά αυτή διαφέρει από τεχνολογία σε τεχνολογία. Κάποιες βρίσκονται σε αρχική (π.χ., τεχνολογίες αξιοποίησης θαλάσσιων κυμάτων), άλλες βρίσκονται σε προχωρημένη (π.χ., φωτοβολταϊκές τεχνολογίες) και άλλες είναι σε υψηλή ωριμότητα (π.χ., τεχνολογίες αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας) και συνεπώς μπορούν να ανταγωνίζονται ακόμα και σε επίπεδα οικονομοτεχνικού κόστους τις συμβατικές πηγές ενέργειας⁹. Ανεξάρτητα από το βαθμό ωριμότητάς τους οι ΑΠΕ μοιράζονται ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά:

- Είναι ανανεώσιμες (σύμφωνα με την ονομασία τους), δηλαδή η ροή ενέργειας που προσφέρουν εμφανίζεται διαρκώς στο περιβάλλον.
- Είναι αρκετά καθαρές και ήπιες, δηλαδή προκαλούν μικρότερες (έως πολύ μικρότερες) επιπτώσεις στο περιβάλλον (τόσο στο ανθρωπογενές όσο και στο φυσικό) σε σύγκριση με τις συμβατικές.
- Έχουν μεγάλη προσαρμοστικότητα στο σχεδιασμό τους ανάλογα με τις συγκεκριμένες ανάγκες των χρηστών.

Όμως κάποιες ΑΠΕ είναι *στοχαστικού* τύπου, δηλαδή δεν είναι σε κάθε χρονική στιγμή διαθέσιμες¹⁰ και δεν είναι γνωστή σε κάθε χρονική στιγμή η ποσότητα ενέργειας (τόσο πρωτογενούς όσο και τελικής, π.χ., ηλεκτρικής) που μπορεί να είναι διαθέσιμη¹¹. Γι' αυτό όλα σχεδόν τα συστήματα ΑΠΕ που δεν είναι συνδεδεμένα σε ευρύτερα δίκτυα (απομονωμένα συστήματα) χρειάζονται σύστημα αποθήκευσης (που θα αποταμιεύει την περίσσεια ενέργεια, όταν δε θα είναι αναγκαία, και θα την παρέχει όταν υπάρχει ανάγκη) ή σχεδιάζονται έτσι ώστε να μπορούν να λαμβάνουν υποστήριξη [backup] από συμβατικές πηγές ενέργειας.

Οι τεχνολογίες που αξιοποιούν τις ΑΠΕ ανάλογα με τη μορφή ενέργειας που παράγουν πρωτογενώς μπορούν να χωριστούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

⁹ Ιδιαίτερα αν συνυπολογιστούν στο κόστος των συμβατικών πηγών ενέργειας οι λεγόμενες εξωτερικότητες, δηλαδή το κόστος που προκύπτει από τις σοβαρές περιβαλλοντικές συνέπειες που έχουν και το οποίο μεταφέρεται σε όλη την κοινωνία.

¹⁰ Για παράδειγμα, μπορεί να αναφερθεί ότι η ηλιακή ενέργεια δεν είναι διαθέσιμη τη νύχτα, ενώ η αιολική ενέργεια έχει διακυμάνσεις μέσα στη χρονική περίοδο μιας ημέρας, ενός μήνα αλλά και ετησίως.

¹¹ Βέβαια αυτά τα χαρακτηριστικά δεν τα μοιράζονται όλες οι ΑΠΕ με την ίδια ένταση και έκταση. Για παράδειγμα, η ενέργεια από παλίρροια είναι προβλέψιμη στο χρόνο (δηλαδή γνωρίζουμε πότε είναι διαθέσιμη), καθώς και στην ποσότητα αλλά δεν είναι διαθέσιμη όλο το 24ωρο. Επίσης η ενέργεια από βιομάζα μπορεί να είναι συνεχώς διαθέσιμη (αρκεί να υπάρχουν οι απαραίτητες ποσότητες), ενώ το ίδιο ισχύει (όσον αφορά την παροχή της για όλο το 24ωρο) και για τη γεωθερμία.

- Στα τεχνολογικά συστήματα που πρωτογενώς παράγουν μηχανική ενέργεια, όπως τα υδροηλεκτρικά συστήματα, τα συστήματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας, της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων, καθώς και της παλίρροιας. Στη συνέχεια η μηχανική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική.
- Στα τεχνολογικά συστήματα που πρωτογενώς παράγουν θερμότητα (θερμική ενέργεια)¹², όπως είναι τα ηλιοθερμικά συστήματα που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια, τα συστήματα καύσης της βιομάζας, καθώς και τα γεωθερμικά συστήματα που εκμεταλλεύονται τη θερμότητα του εσωτερικού της Γης. Στη συνέχεια η θερμότητα μπορεί να δοθεί προς άμεση χρήση ή μπορεί μέσω των κατάλληλων τεχνολογικών εγκαταστάσεων να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια, με χαμηλότερες όμως αποδόσεις.
- Στα τεχνολογικά συστήματα που πρωτογενώς παράγουν ηλεκτρική ενέργεια εκμεταλλευόμενα την ηλιακή ακτινοβολία μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου, δηλαδή της μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα. Τέτοια είναι τα φωτοβολταϊκά συστήματα.

1.4 Είναι όλες οι μορφές ενέργειας ίδιας ποιότητας; Πρωτογενής, δευτερογενής, τελική και χρήσιμη ενέργεια

Ανεξάρτητα από το αν η ενέργεια είναι ανανεώσιμη ή συμβατική, η ποιότητα που έχει δεν είναι πάντα η ίδια. Στη βιβλιογραφία η ποιότητα ενέργειας συνδέεται με τη δυνατότητά της να μετασχηματίζεται σε άλλες μορφές. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η δυνατότητα τόσο υψηλότερη ποιότητα θεωρείται ότι έχει αυτή η μορφή ενέργειας. Από αυτή την άποψη η ηλεκτρική ενέργεια έχει πολύ υψηλή ποιότητα, ενώ η θερμότητα θεωρείται ενέργεια κατώτερης ποιότητας¹³. Όμως η ποιότητα της

¹² Στη βιβλιογραφία πολλές φορές οι όροι θερμότητα [heat] και θερμική ενέργεια [thermal energy] χρησιμοποιούνται με την ίδια σημασία. Από φυσική άποψη η θερμική ενέργεια είναι ενέργεια που περιέχει ένα σώμα και σχετίζεται με τη θερμοκρασία του (όσο μεγαλύτερη θερμοκρασία έχει ένα σώμα τόσο μεγαλύτερη θερμική ενέργεια θεωρείται ότι έχει), ενώ η θερμότητα είναι ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο εξαιτίας της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ τους (από το σώμα με τη μεγαλύτερη θερμοκρασία στο σώμα με τη μικρότερη θερμοκρασία). Στα πλαίσια αυτού του βιβλίου χρησιμοποιούνται εναλλακτικά και οι δύο όροι χωρίς να γίνεται πάντα αυστηρός διαχωρισμός όταν δε δημιουργείται εννοιολογική σύγχυση.

¹³ Για παράδειγμα, η χρησιμοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση χώρων θεωρείται κακή ενεργειακή συμπεριφορά, καθώς η ανάγκη για θερμότητα μπορεί να καλυφθεί λαμβάνοντας κατευθείαν θερμότητα από την καύση ενός τελικού καυσίμου (έννοια που θα εξηγηθεί παρακάτω), όπως το πετρέλαιο-diesel (συμβατικό καύσιμο) ή τα συσσωματώματα βιομάζας (βιοκαύσιμο), παρά από την ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί, προτιμότερα, να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη αναγκών, όπως η λειτουργία των ηλεκτρικών συ-

ενέργειας συνδέεται ουσιαστικά και με τη δυνατότητα που έχει να χρησιμοποιηθεί από τον τελικό χρήστη για την κάλυψη των αναγκών του. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ενέργεια που περιέχει το αργό πετρέλαιο (συμβατική πηγή ενέργειας) ή η αιολική ενέργεια (ανανεώσιμη) κατευθείαν από έναν καταναλωτή σε μια κατοικία; Προφανώς η απάντηση είναι αρνητική. Για να χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να υποστεί κάποιες μετατροπές-μετασχηματισμούς που θα την καταστήσουν σε μορφή που να είναι έτοιμη για κατανάλωση. Αυτές οι μετατροπές απαιτούν τη διαμεσολάβηση της τεχνολογίας και συνδέονται πάντοτε με ενεργειακές απώλειες (ουσιαστικά στη μορφή θερμότητας). Για να γίνει κατανοητή η ποιοτική διαφοροποίηση της ενέργειας έχουν υιοθετηθεί στη βιβλιογραφία οι έννοιες της **πρωτογενούς, δευτερογενούς, τελικής και χρήσιμης** ενέργειας, που αφορούν τόσο συμβατικές όσο και ΑΠΕ, και αυτές οι έννοιες θα παρουσιαστούν παρακάτω.

Η ενέργεια που χρησιμοποιείται από τον τελικό χρήστη για την ικανοποίηση συγκεκριμένων αναγκών του, π.χ., θέρμανση χώρων, παρασκευή φαγητού, κίνηση μέσω κάποιου μεταφορικού μέσου, λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών κ.λπ., ονομάζεται **χρήσιμη ενέργεια** [*useful energy*] και αποτελεί τη μορφή που καλύπτει τη συγκεκριμένη ανάγκη του. Τι σχέση έχει όμως αυτή η **χρήσιμη ενέργεια** με αυτήν που περιέχει στη μάζα του το πετρέλαιο ή ο λιγνίτης ή τι σχέση έχει με την ηλιακή ενέργεια; Για να γίνει σαφέστερη αυτή η σχέση εισάγονται στη βιβλιογραφία οι όροι **πρωτογενής ενέργεια** [*primary energy*], **δευτερογενής ενέργεια** [*secondary energy*] και **τελική ενέργεια** [*final energy*].

Ως **πρωτογενή ενέργεια** ή **πρωτογενή ενεργειακή ροή** ορίζεται η μορφή ενέργειας που λαμβάνεται ανεπεξέργαστη και απευθείας από το φυσικό περιβάλλον. Τέτοια μορφή ενέργειας αποτελεί η ενέργεια που περιέχεται σε συμβατικές πηγές ενέργειας, όπως στο αργό πετρέλαιο, στο γαιάνθρακα [coal], στο λιγνίτη, στο φυσικό αέριο, αλλά επίσης αποτελούν και ανανεώσιμες ροές ενέργειας, όπως η ηλιακή ενέργεια, η αιολική ενέργεια, η ανεπεξέργαστη δασική βιομάζα κ.λπ. **Δευτερογενής ενέργεια** ονομάζεται η ενέργεια που προκύπτει από την πρωτογενή μέσω μιας διαδικασίας μετατροπής-επεξεργασίας που συνεπάγεται την εμφάνιση απωλειών τόσο κατά τη μετατροπή όσο και κατά τη μεταφορά. Τέτοια μορφή είναι η ηλεκτρική ενέργεια, το κάρβουνο, τα παράγωγα του αργού πετρελαίου, τα υγρά βιοκαύσιμα κ.λπ. Η **τελική ενέργεια** είναι η ενέργεια που φτάνει στον τόπο

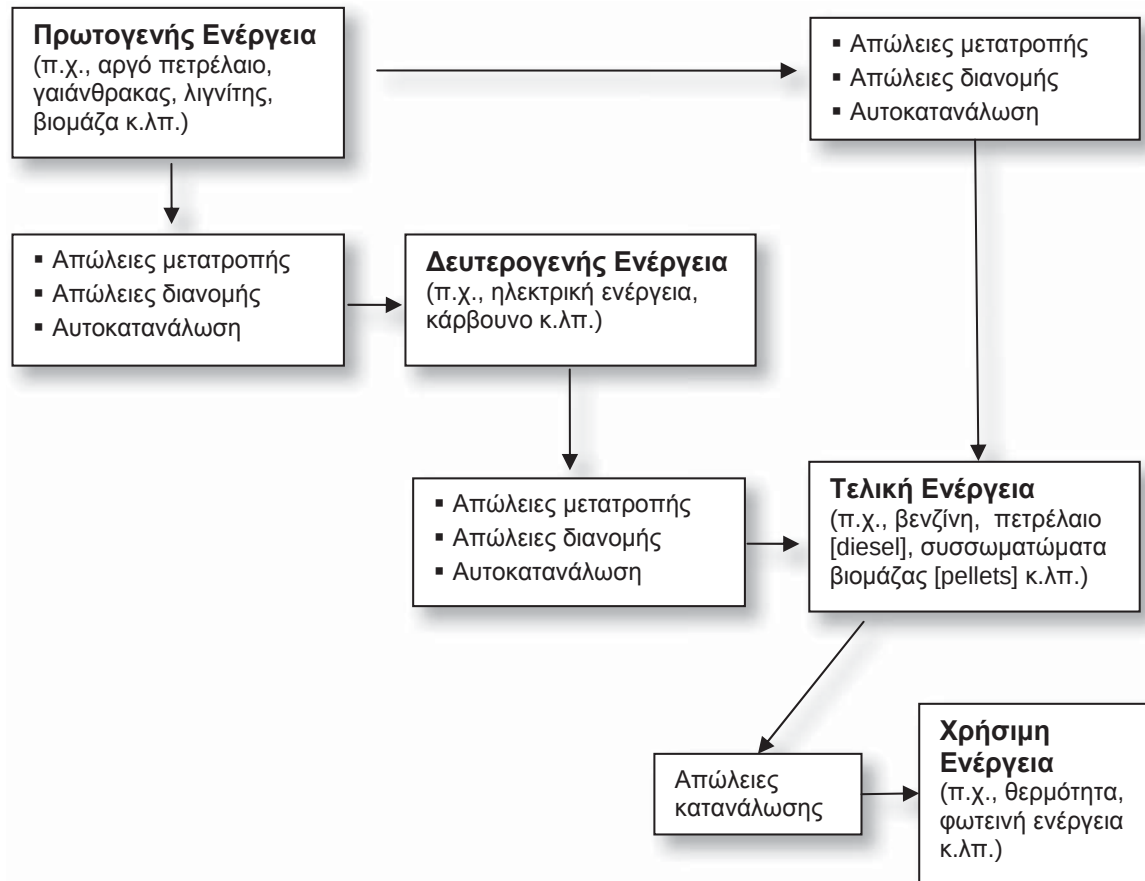
σκευών ψυχαγωγίας ή φωτισμού στις οποίες δεν μπορεί να ανταποκριθεί η θερμότητα. Με άλλα λόγια η ηλεκτρική ενέργεια, καθώς είναι ποιοτική ενέργεια (αφού μπορεί να μετατραπεί σε πάρα πολλές άλλες μορφές) και παράγεται με πολύ μεγαλύτερο ενεργειακό κόστος και απ' ό,τι η θερμότητα, δεν πρέπει να σπαταλιέται σε ανάγκες που μπορούν να καλυφθούν από χαμηλότερης ποιότητας ενέργειες.

που βρίσκεται ο τελικός καταναλωτής-χρήστης και είναι έτοιμη για χρήση. Τέτοιες *τελικές ενέργειες* ή *τελικοί φορείς ενέργειας*¹⁴ είναι η βενζίνη, το πετρέλαιο ντίζελ, τα συσσωματώματα βιομάζας [pellets] κ.λπ. Η ηλεκτρική ενέργεια, γενικά, ανήκει ταυτόχρονα στην κατηγορία της δευτερογενούς ενέργειας και στην κατηγορία της τελικής ενέργειας. Όμως υπάρχει μια διαφορά: Στην κατηγορία της δευτερογενούς ενέργειας ανήκει η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στα εργοστάσια ισχύος, ενώ στην κατηγορία της τελικής ενέργειας ανήκει η ηλεκτρική ενέργεια που φτάνει στο σπίτι του καταναλωτή, αφού έχει ταξιδέψει μέσω του ηλεκτρικού δικτύου και έχει υποστεί τις ενεργειακές απώλειες (εκτός αν χρησιμοποιείται κάποιο εναλλακτικό οικιακό σύστημα, όπως τα φωτοβολταϊκά συστήματα ή ανεμογεννήτριες). Οι απώλειες που υφίσταται η ενέργεια είναι χαρακτηριστικό των μετατροπών της όταν περνάει από την κατηγορία της πρωτογενούς ενέργειας σ' αυτήν της δευτερογενούς ενέργειας και τελικά στην τελική ενέργεια.

Ολοκληρώνοντας χρειάζεται να τονιστεί ότι η διαφορά μεταξύ της τελικής ενέργειας και της χρήσιμης ενέργειας είναι μια ποιοτική διαφορά, καθώς η τελική ενέργεια σε κάθε τελικό χρήστη μπορεί να καλύψει διαφορετικές μορφές χρήσιμης ενέργειας. Για παράδειγμα, η ηλεκτρική ενέργεια (τελική ενέργεια) μπορεί να καλύψει ανάγκες θέρμανσης, παρασκευής φαγητού, λειτουργίας ηλεκτρικών συσκευών ψυχαγωγίας κ.λπ., ενώ το πετρέλαιο diesel (τελικός μεταφορέας ενέργειας) μπορεί να καλύψει ανάγκες θέρμανσης, παρασκευής φαγητού, μετακίνησης κ.λπ.

Η ενεργειακή αλυσίδα που εμφανίζεται στο Σχήμα 1.1 δείχνει με παραστατικό τρόπο τα παραπάνω.

¹⁴ Στη βιβλιογραφία μπορεί κάποιος να συναντήσει και τον όρο *energy carrier* –φορέας ενέργειας–, που έχει εισαχθεί για να αποδώσει πληρέστερα τις διαδικασίες που περιγράφονται. Σύμφωνα με αυτή την ορολογία μπορεί κάποιος να ισχυριστεί ότι η βενζίνη, το κάρβουνο, το βιοντίζελ, η βιοαιθανόλη, το υδρογόνο είναι τελικοί φορείς ενέργειας, ενώ ο γαιάνθρακας ή το αργό πετρέλαιο είναι πρωτογενείς φορείς ενέργειας. Για περισσότερα βλ. Kaltschmitt et al, 2007.



Σχήμα 1.1 Αλυσίδα ενεργειακών μετατροπών.