

Η χρονική εξέλιξη του μίγματος ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα: Από την ανάπτυξη στην εξάρτηση

Νίκος Μαμάσης¹, Γ.-Φοίβος Σαργέντης², Δημήτρης Κουτσογιάννης³

¹Καθηγητής ΕΜΠ, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ

²ΕΔΙΠ ΕΜΠ, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ

³Ομότιμος Καθηγητής ΕΜΠ, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ

Περίληψη

Η τεχνολογία του ηλεκτρισμού ήρθε στην Ελλάδα το 1889, με την ηλεκτροπαραγωγή να βασίζεται σε λιγνίτη, υδροηλεκτρικά έργα και πετρέλαιο. Μέχρι το 1950, ιδιωτικές μονάδες τροφοδοτούσαν τις μεγάλες πόλεις χωρίς εκτεταμένο δίκτυο. Το 1950 ιδρύθηκε η ΔΕΗ, απορροφώντας ιδιωτικές εταιρείες και κατασκευάζοντας μονάδες και δίκτυα. Θεωρώντας τον ηλεκτρισμό κοινωνικό αγαθό, η ΔΕΗ ηλεκτροδότησε απομακρυσμένες περιοχές με χαμηλές τιμές, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη. Η νεοφιλελεύθερη πολιτική της ΕΕ έφερε ιδιωτικοποιήσεις και στην αγορά ενέργειας. Το 1999, η αγορά ενέργειας απελευθερώθηκε και η ΔΕΗ ιδιωτικοποιήθηκε. Στην συνέχεια εμφανίστηκαν ιδιωτικές μονάδες φυσικού αερίου και αιολικής ενέργειας, ενώ το 2012-13 αυξήθηκε ραγδαία το ποσοστό των φωτοβολταϊκών στο ενεργειακό μίγμα. Το χρηματιστήριο ενέργειας που ακολούθησε, προκάλεσε και αυτό στρεβλώσεις και ζημιές στη ΔΕΗ. Το 2050 είναι τελευταίο έτος, στο οποίο αναφέρεται το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ). Στο σχέδιο περιγράφεται η χρονική εξέλιξη του ενεργειακού μίγματος για τα επόμενα 25 έτη. Η μελέτη της χρονικής εξέλιξης του μίγματος αποκαλύπτει μακροχρόνιες πολιτικές που σκοπό είχαν τη μετατροπή ενός κοινωνικού αγαθού σε εμπόρευμα. Σήμερα η εξάρτηση της χώρας από εισαγόμενα καύσιμα και η εμπορευματοποίηση της ενέργειας έχει οδηγήσει σε υψηλές τιμές που πλήττουν τον πληθυσμό. Δυστυχώς το μέλλον προδιαγράφεται ζοφερό, αφού το ΕΣΕΚ προδιαγράφει μια σειρά από πολιτικές οι οποίες θα κάνουν την κατάσταση ακόμη πιο δυσμενή.

Temporal evolution of the electric energy mix in Greece: From development to dependence

Nikos Mamassis¹, Fivos Sargentis², Demetris Koutsoyiannis³

¹Professor, Department of Water Resources and Environmental Engineering, School of Civil Engineering, NTUA

²Laboratory Teaching Staff, Department of Water Resources and Environmental Engineering, School of Civil Engineering, NTUA

³Professor Emeritus, Department of Water Resources and Environmental Engineering, School of Civil Engineering, NTUA

Abstract

The technology of electricity arrived in Greece in 1889, with power generation relying on lignite, hydroelectric projects, and oil. Until 1950, private units supplied cities without an extensive grid. In 1950, the Public Power Corporation (PPC) was established, absorbing private companies and building units and networks. Viewing electricity as a social good, PPC electrified remote areas at low prices, contributing to development. The EU's neoliberal policy brought privatizations, including in the energy market. In 1999, the energy market was liberalized, and PPC was privatized. Subsequently, private natural gas and wind energy units emerged, while in 2012-13, the share of photovoltaics in the energy mix surged. The energy exchange, that followed, caused distortions and losses for PPC. The year 2050 is the final year referenced in the National Energy and Climate Plan (Ministry of Environment and Energy, 2024). The plan outlines the evolution of the energy mix over the next 25 years. Studying this evolution reveals long-term policies aimed at turning a social good into a commodity. Today, the country's dependence on imported fuels and the commodification of energy have led to high prices that harm the population. Unfortunately, the future looks bleak, as the National Plan foreshadows policies that will make the situation even more unfavorable.

1 Εισαγωγή

Η τεχνολογία του ηλεκτρισμού ήρθε στη χώρα μας το 1889 και μέχρι τα τέλη του 20^{ου} αιώνα, η ηλεκτροπαραγωγή βασιζόταν αποκλειστικά στον εγχώριο λιγνίτη, τα υδροηλεκτρικά έργα, και το εισαγόμενο πετρέλαιο. Μέχρι το 1950 οι μονάδες ηλεκτροπαραγωγής ήταν κυρίως ιδιωτικές και τροφοδοτούσαν τις μεγάλες πόλεις χωρίς να υπάρχει εκτεταμένο δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Μετά το τέλος του 2^{ου} παγκοσμίου πολέμου και με το νόμο 1468/1950 ιδρύεται η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) με στόχο να απορροφήσει όλες τις τοπικές ιδιωτικές εταιρίες και να κατασκευάσει μεγάλες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής και εκτεταμένα δίκτυα μεταφοράς. Για το σκοπό αυτό υπεγράφη συμβόλαιο με την Αμερικανική εταιρεία EBASCO με τον αναγκαστικό νόμο 1566/1950, ώστε η ΔΕΗ να έχει υποστήριξη στον εκσυγχρονισμό της ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα. Είναι χαρακτηριστικό ότι στο Βασιλικό Διάταγμα ιδρύσεως της ΔΕΗ (20.1.1951) μεταξύ άλλων αναγράφεται: *«Η ΔΕΗ θα καθορίζει τις τιμές της πωληθησόμενης υπ' αυτής ηλεκτρικής ενέργειας, αποβλέπουσα αφ' ενός μεν ίνα αυτά είναι όσον το δυνατόν χαμηλότεραι, αφ' ετέρου δε ίνα επιτρέπουν την πραγματοποίηση εσόδων ανωτέρων του εξ οιασδήποτε αιτίας κόστους, προσδιοριζόμενων επί τη βάσει υγειών οικονομικών αρχών, ως και των σχετικών διατάξεων του παρόντος»* (Σχήμα 1)



Σχήμα 1. Η πρώτη σελίδα του Βασιλικού Διατάγματος (20.1.1951) και το Άρθρο 3

Με γνώμονα την αρχή ότι ο ηλεκτρισμός είναι κοινωνικό αγαθό και όχι εμπόρευμα, τα επόμενα 50 έτη η κρατική ΔΕΗ φρόντισε να φθάσει η ηλεκτρική ενέργεια σε κάθε γωνιά της χώρας, με προσιτές τιμές, συμβάλλοντας σημαντικά στην ανάπτυξη της μεταπολεμικής Ελλάδας. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ηλεκτροδότηση δύσβατων ορεινών περιοχών ή απομονωμένων νησιών θα μπορούσε να επιτευχθεί μόνο από κρατικές δομές και όχι από ιδιωτικούς φορείς που θα είχαν στόχο το κέρδος.

Η επικράτηση της νεοφιλελεύθερης σκέψης στην οικονομική πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) έφερε αλλαγές στη διαχείριση δημοσίων αγαθών και κατά συνέπεια στην ηλεκτρική ενέργεια (Sargentis et al., 2025). Συνέπεια αυτού ήταν να επιβληθούν ιδιωτικοποιήσεις και αρχές όπως η «ελάχιστη κρατική παρέμβαση» και οι «χρήστες πληρώνουν». Το 1999 κατόπιν της Οδηγίας 96/92/ΕΚ, το ελληνικό κοινοβούλιο ψήφισε το νόμο 2773/1999, με βάση τον οποίο το κόστος της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας απελευθερώθηκε και η ΔΕΗ έγινε ιδιωτική εταιρεία (ΠΔ 333/2000) χάνοντας τον δημόσιο χαρακτήρα της. Σύντομα εμφανίστηκαν οι πρώτες ιδιωτικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής από φυσικό αέριο.

Η χρήση φυσικού αερίου για ηλεκτροπαραγωγή είχε ξεκινήσει από τη ΔΕΗ από τα μέσα της δεκαετίας του 1990 με κύριο στόχο να αντικαταστήσει τις πετρελαϊκές μονάδες που είχαν υψηλό κόστος. Αν και το φυσικό αέριο έχει πολλά πλεονεκτήματα, είναι εισαγόμενο καύσιμο και όπως αποδείχθηκε πρόσφατα, δεν εγγυάται την ενεργειακή ασφάλεια της χώρας. Την ίδια περίπου εποχή γιγαντώθηκε το χρηματιστήριο ενέργειας που θεωρητικά είχε στόχο τον ανταγωνισμό και την πτώση των τιμών για τον καταναλωτή. Ακόμη κατασκευάστηκαν σταδιακά ιδιωτικές μονάδες αιολικής ενέργειας και τα έτη 2012-13 έχουμε την έκρηξη των φωτοβολταϊκών (ΦΒ). Η περιγραφή των νόμων και των κανονισμών που έγιναν για να ρυθμίσουν το χώρο της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας θα απαιτούσε τόμους και ξεφεύγει από τα πλαίσια αυτής της εργασίας. Οι στρεβλώσεις ήταν πολλές και τελικά ζημίωσαν τον ελληνικό λαό. Ας αναφέρουμε ενδεικτικά μερικές από αυτές.

- Στο χρηματιστήριο ενέργειας μπήκε μεγάλος αριθμός προμηθευτών οι οποίοι δεν ήταν παραγωγοί αλλά απλοί μεσάζοντες. Το 2011 ξεσπάει το σκάνδαλο των εταιρειών προμήθειας Energa και Hellas Power. Από 2006 έως και το 2011 δεν κατέβαλαν τα ποσά που εισέπρατταν από τους πελάτες τους, προς τους παραγωγούς μέσω του τότε ΔΕΣΜΗΕ. Ακόμη δεν απέδιδαν το Ειδικό Τέλος

Ακινήτων που εισέπρατταν μέσω των λογαριασμών ρεύματος στο το ελληνικό δημόσιο και τους Δήμους. Η συνολική ζημιά εκτιμήθηκε σε 250 εκατομμύρια €. Το 2021 υπήρχαν 35 προμηθευτές και μόλις 8 παραγωγοί ενώ το 2025 οι παραγωγοί είναι 6 και οι προμηθευτές 23 με ορισμένους από αυτούς να μην έχουν σχέση με το χώρο της ενέργειας (ΕΛΤΑ, ΟΤΕ) (Blados et al. 2021).

- Το 2012 δόθηκαν εξωφρενικά μεγάλες εγγυημένες τιμές για την ενέργεια από ΦΒ (μέχρι 400 €/MWh και 550 €/MWh για τα ΦΒ στις στέγες). Δεδομένου ότι η μέση λιανική τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας εκείνη την εποχή ήταν της τάξης των 70-80 €/MWh και η εγγυημένη τιμή της αιολικής ενέργεια ήταν 90 €/MWh (Koutsoyiannis 2011) η διαφορά έχει υπολογιστεί σε περίπου 8 δισεκατομμύρια €. Τη διαφορά αυτή την πλήρωσαν οι καταναλωτές μέσα από τους λογαριασμούς ρεύματος.
- Το 2014 με το νόμο 4273 προβλέφθηκε η μεταβίβαση από τη ΔΕΗ του 30% των ενεργειακών της έργων σε μια νέα εταιρεία τη γνωστή τότε ως «μικρή ΔΕΗ». Σύμφωνα με το πρώτο άρθρο του νόμου, σκοπός ήταν η απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Τα έργα που επρόκειτο να δοθούν σε ιδιώτες περιλάμβαναν λιγνιτικά, υδροηλεκτρικά, μονάδες ΦΑ αλλά και ορυχεία λιγνίτη. Η διαδικασία αυτή δεν προχώρησε και καταργήθηκε με το νόμο 4389 του 2016 που όμως περιλάμβανε την παρακάτω παράλογη διαδικασία. Η ΔΕΗ ήταν υποχρεωμένη να κάνει δημοπρασίες ηλεκτρικής ενέργειας (τις γνωστές ΝΟΜΕ) ώστε να πουλάει στους ανταγωνιστές της ρεύμα σε τιμή χαμηλότερη του κόστους. Σύμφωνα με το νόμο σκοπός ήταν ο περιορισμός του μεριδίου της ΔΕΗ στην προμήθεια από το 90% το 2016 στο 50% το 2019. Τελικά ο νόμος καταργήθηκε το 2019 ενώ η συνολική ζημιά για τη ΔΕΗ ήταν της τάξης των 600 εκατομμυρίων €.

Τη δεκαετία του 2010 κατασκευάστηκε μεγάλος αριθμός ιδιωτικών ενεργειακών έργων (κυρίως ανανεώσιμων πηγών ενέργειας - ΑΠΕ) και έγιναν νομοθετικές ρυθμίσεις ώστε αυτά να γίνουν με τεχνητό τρόπο ανταγωνιστικά. Η μόνη μορφή ανανεώσιμης ενέργειας που δεν αναπτύχθηκε ήταν η υδροηλεκτρική. Από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα που λειτούργησαν τα πρώτα έργα ηλεκτροπαραγωγής, το νερό αποτελούσε βασικό καύσιμο. Η υδροηλεκτρική ενέργεια αναπτύχθηκε γρήγορα σε όλο τον κόσμο δεδομένων των σημαντικών πλεονεκτημάτων που έχει σε σχέση με τις άλλες μορφές ηλεκτροπαραγωγής. Ειδικότερα οι υδροηλεκτρικοί ταμιευτήρες και τα συνοδευτικά έργα τους: (1) είναι έργα πολλαπλού σκοπού αφού εκτός από ηλεκτρική ενέργεια προσφέρουν νερό ύδρευσης και άρδευσης, αντιπλημμυρική προστασία καθώς και αναψυχή, (2) έχουν το πλεονέκτημα της γρήγορης παραλαβής και απόρριψης ηλεκτρικού φορτίου και για αυτό χρησιμοποιούνται για την άμεση κάλυψη των αιχμών ζήτησης, (3) παράγουν ελεγχόμενη ανανεώσιμη ενέργεια σε φτηνές τιμές, ιδιαίτερα σήμερα που οι άλλες ελέγξιμες μορφές ενέργειας επιβαρύνονται με δικαιώματα εκπομπών CO₂ και (4) μπορούν να αξιοποιηθούν για την αποθήκευση των απροβλέπτων ΑΠΕ μέσω της διαδικασίας της αντλησιοταμίευσης.

Η υδροηλεκτρική ενέργεια έχει τη δυνατότητα να κυριαρχήσει στο ενεργειακό μίγμα. Μεγάλες χώρες όπως ο Καναδάς και η Βραζιλία παράγουν πάνω από το 60%

της ηλεκτρικής ενέργειας από υδροηλεκτρικά ενώ αρκετές χώρες στον κόσμο, π.χ. η Νορβηγία, καλύπτουν πάνω από το 80% της ηλεκτροπαραγωγής.

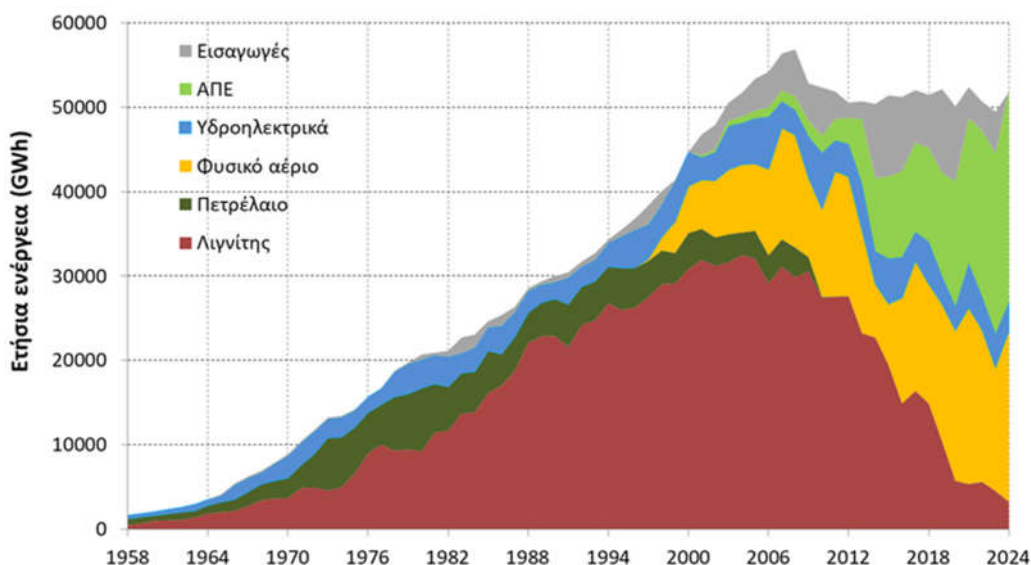
Στην Ελλάδα έχει αξιοποιηθεί περίπου το 1/3 της διαθέσιμης και οικονομικά αξιοποιήσιμης υδραυλικής ενέργειας. Το φράγμα Πλατανόβρυσης στο Νέστο ήταν το τελευταίο που η κατασκευή του ολοκληρώθηκε χωρίς αντιδράσεις και λειτούργησε το 1999. Τα λίγα έργα που είχαν προγραμματιστεί για τον 21^ο αιώνα συνάντησαν σημαντικές αντιδράσεις και πλην του Ιλαρίωνα στον Αλιάκμονα (λειτούργησε το 2014) δεν υλοποιήθηκαν ποτέ. Τα φράγματα Μεσοχώρας και Συκιάς συνδέθηκαν με την εκτροπή του Αχελώου και η κατασκευή τους συνάντησε πολλά εμπόδια. Όμως ο ΥΗΣ Μεσοχώρας τελικά ολοκληρώθηκε το 2001 και σήμερα 24 χρόνια μετά παραμένει ανενεργός παρότι έχουν επενδυθεί περίπου 410 Μ€. Η ετήσια απώλεια από την μη παραγωγή της ενέργειας των 384 GWh φτάνει τα 27 Μ€ (θεωρώντας τιμή μόλις τα 70 €/MWh). Πρόσθετα, το ετήσιο κόστος για την εξυπηρέτηση των ανενεργών κεφαλαίων που έχουν επενδυθεί στο έργο εκτιμάται σε τουλάχιστον 22 Μ€.

Σήμερα η ηλεκτρική ενέργεια, η οποία μέχρι το 1999 θεωρούνταν δημόσιο αγαθό που έπρεπε να πωλείται στη χαμηλότερη δυνατή τιμή, είναι εμπόρευμα, που πωλείται με στόχο το κέρδος των εμπλεκόμενων εταιρειών αντί της κοινωνικής ευημερίας (Sargentis 2022). Δυστυχώς το μέλλον προδιαγράφεται ζοφερό, αφού το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ· ΥΠΕΝ, 2024) προδιαγράφει μια σειρά από πολιτικές οι οποίες θα κάνουν την κατάσταση ακόμη πιο δυσμενή.

Στην εργασία αυτή εξετάζεται το μίγμα της ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας σε τρεις επιλεγμένες χρονικές στιγμές, και ειδικότερα τα έτη: 1995, 2025 και 2050. Το 1995 είναι το έτος όπου έγινε το Πρώτο Διεπιστημονικό Συνέδριο του ΕΜΠ για το Μέτσοβο. Τότε είχε παρουσιαστεί το σημαντικό υδροενεργειακό δυναμικό της περιοχής (Κουτσογιάννης και Μαμάσης, 1998). Το 2025 είναι το έτος όπου διεξάγεται το 11^ο Διεπιστημονικό Συνέδριο του ΜΕΚΔΕ και τα 30 χρόνια που πέρασαν επιτρέπουν μια ιστορική αποτίμηση της εξέλιξης του μίγματος ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Το 2050 είναι τελευταίο έτος, στο οποίο αναφέρεται το ΕΣΕΚ. Στο σχέδιο περιγράφεται η χρονική εξέλιξη του ενεργειακού μίγματος για τα επόμενα 25 έτη και στην παρούσα εργασία αξιολογείται αυτή η προοπτική.

2 Η εξέλιξη του μίγματος ηλεκτρικής ενέργειας

Στο Σχήμα 2 παρουσιάζεται η χρονική εξέλιξη της ετήσιας παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στο διασυνδεδεμένο σύστημα σε GWh για την περίοδο 1958-2024. Τα δεδομένα προέρχονται από διάφορες πηγές όπως η ΔΕΗ, ΡΑΕ, ΑΔΜΗΕ, και ΔΕΔΔΗΕ.



Σχήμα 2. Χρονική εξέλιξη ετήσιας παραγομένης ηλεκτρικής ενέργειας (GWh)

Από τα δεδομένα του Σχήματος 2 μπορούμε να παρατηρήσουμε τα παρακάτω:

- Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αυξήθηκε σχεδόν γραμμικά από τις 1648 GWh το 1958 στις 56871 GWh το 2008. Στη συνέχεια η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας μειώθηκε και παραμένει σταθερή μέχρι σήμερα λίγο πάνω από τις 50000 GWh.
- Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1990 το μίγμα περιλάμβανε λιγνίτη, υδροηλεκτρικά και πετρέλαιο. Όμως η υποστήριξη της αυξανόμενης ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας βασίστηκε σχεδόν αποκλειστικά στην ανάπτυξη των λιγνιτικών μονάδων.
- Η δεκαετία του 2000 όπου η ηλεκτρική ενέργεια έγινε εμπορεύμα, χαρακτηρίζεται από τη σημαντική συμμετοχή στο μίγμα του φυσικού αερίου, των ΑΠΕ και των εισαγωγών από γειτονικές χώρες. Η παραγωγή των μορφών αυτών γίνεται κυρίως από ιδιώτες.
- Η δεκαετία 2010 χαρακτηρίζεται από την απολιγνιτοποίηση και την επικράτηση του φυσικού αερίου και των ΑΠΕ στο μίγμα. Οι εισαγωγές είναι αυξημένες ενώ η υδροηλεκτρική ενέργεια παραμένει στάσιμη.

3 Κλιματική αλλαγή και ενεργειακό μίγμα

Η μεταπολεμική ανάπτυξη των ευρωπαϊκών κρατών προκάλεσε σημαντικές οικολογικές καταστροφές. Τα περιβαλλοντικά προβλήματα αντιμετωπίστηκαν αποτελεσματικά ήδη από τη δεκαετία του 1990 με τη χρήση καινοτόμων τεχνολογιών προστασίας του περιβάλλοντος. Το οικολογικό κίνημα που είχε αναπτυχθεί έπρεπε να βρει νέους στόχους που να έχουν απήχηση στη νεολαία των εύπορων δυτικών κοινωνιών. Έτσι προέκυψε το αφήγημα της υπερθέρμανσης του πλανήτη το οποίο αντικατέστησε το αφήγημα της παγκόσμιας ψύξης που

επικρατούσε κατά τη δεκαετία του 1970. Στη συνέχεια μετονομάστηκε σε κλιματική αλλαγή για να συμπεριλάβει κάθε είδους κλιματικές διακυμάνσεις και σήμερα ονομάζεται κλιματική κρίση. Πλημμύρες αλλά και ξηρασίες, καύσωνες αλλά και κύματα ψύχους αποδίδονται στην κλιματική κρίση. Το αφήγημα εξυπηρετεί πολλούς και ειδικότερα: (1) τις κυβερνήσεις, δεδομένου ότι κάθε φυσική καταστροφή αποδίδεται στην κλιματική αλλαγή και όχι στην ανυπαρξία τεχνικών έργων ή στην πλημμελή διαχείρισή τους, (2) τις μεγάλες εταιρείες που κατασκευάζουν ενεργειακά έργα και πουλάνε νέα προϊόντα και υπηρεσίες προστασίας και «ελέγχου» του περιβάλλοντος, (3) τους επιστήμονες που παίρνουν κονδύλια για απίθανες έρευνες και δημοσιεύουν εύκολα τα άρθρα τους απλά προσθέτοντας στον τίτλο τους τις δύο μαγικές λέξεις, (4) τις οικολογικές οργανώσεις που εκμεταλλεύονται την ευαισθησία και την επαναστατικότητα νέων ανθρώπων και τους κατευθύνουν σε μάταιους αγώνες που ευνοούν επιχειρηματικά και γεωπολιτικά συμφέροντα και (5) τους υποστηρικτές της παγκόσμιας διακυβέρνησης (π.χ. World Economic Forum), που με το επιχείρημα της διάσωσης του πλανήτη επεμβαίνουν στις ενεργειακές και κοινωνικές πολιτικές των χωρών.

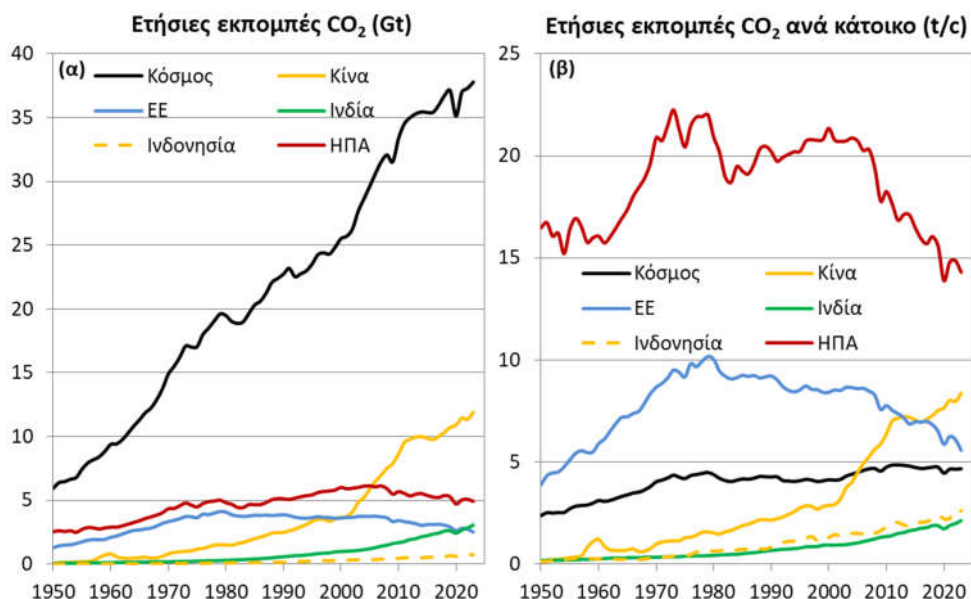
Το ενεργειακό μίγμα της Ελλάδας αλλά και της ΕΕ έχει καθοριστεί από το αφήγημα της κλιματικής αλλαγής, σύμφωνα με το οποίο το CO₂ από αέριο της ατμόσφαιρας, τροφή της χλωρίδας και βασικό συστατικό της ίδιας μας της εκπνοής μετατράπηκε σε ρύπο που παίζεται στο χρηματιστήριο. Στην εργασία του Koutsoyiannis (2024) αναφέρεται ότι:

- Το ατμοσφαιρικό CO₂ αντιπροσωπεύει σήμερα το 0.04% του συνολικού αριθμού των μορίων της ατμόσφαιρας, ενώ το υπόλοιπο 99.96% είναι μόρια άλλων ουσιών (κυρίως αζώτου, οξυγόνου, αργού και υδρατμών).
- Ο άνθρωπος συμβάλλει σήμερα κατά 4% στις συνολικές εκπομπές CO₂, ενώ το υπόλοιπο 96% οφείλεται σε φυσικά αίτια.
- Το ατμοσφαιρικό CO₂ συμβάλλει μόλις κατά 4% στο ατμοσφαιρικό φαινόμενο θερμοκηπίου, ενώ το υπόλοιπο προέρχεται από το νερό και τα σύννεφα (95%), και τα άλλα ιχνοαέρια (1%).
- Τόσο η ατμοσφαιρική συγκέντρωση CO₂ όσο και η μέση ατμοσφαιρική θερμοκρασία σε παγκόσμιο επίπεδο αυξάνονται τις τελευταίες δεκαετίες. Όμως οι αλλαγές στην ατμοσφαιρική συγκέντρωση του CO₂ έπονται των αλλαγών στη θερμοκρασία.

Συνεπώς σύμφωνα με την επίσημη αφήγηση για το κλίμα οι ανθρώπινες εκπομπές CO₂ (οι οποίες αποτελούν το 4% του συνόλου και συμβάλλουν κατά 0.16% στο φαινόμενο του θερμοκηπίου) προκαλούν αύξηση της θερμοκρασίας, η οποία μάλιστα εμφανίζεται πριν από την αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂.

Έχουν περάσει πάνω από 25 έτη από το πρωτόκολλο που υπεγράφη στο Kyoto το 1997, με βάση το οποίο τα συμβαλλόμενα κράτη δεσμεύτηκαν να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και ειδικότερα του CO₂. Από τότε δισεκατομμύρια € έχουν διατεθεί για μάταιες έρευνες και δράσεις που συνδέονται με τον έλεγχο της κλιματικής αλλαγής. Μεγάλο βάρος δόθηκε στη μείωση των ορυκτών καυσίμων στα ενεργειακά μίγματα των χωρών που έγινε γνωστή ως απανθρακοποίηση. Είχαν όμως αποτέλεσμα οι δράσεις αυτές;

- Στο Σχήμα 3α παρουσιάζεται η χρονική εξέλιξη των συνολικών εκπομπών CO₂ (σε Gt/έτος) του πλανήτη, των τεσσάρων πολυπληθέστερων κρατών (Ινδία, Κίνα, ΗΠΑ και Ινδονησία) καθώς και της ΕΕ. Στο Σχήμα 3β παρουσιάζεται για τις ίδιες γεωγραφικές περιοχές η χρονική εξέλιξη των ετησίων εκπομπών CO₂ σε t ανά κάτοικο.



Σχήμα 3. Χρονική εξέλιξη των ετησίων εκπομπών CO₂ (α) σε Gt και (β) σε t ανά κάτοικο.
Πηγή δεδομένων: Our World in Data

Από τα δεδομένα του Σχήματος 3 μπορούν να εξαχθούν τα παρακάτω συμπεράσματα.

- Οι παγκόσμιες εκπομπές CO₂ αυξάνονται σχεδόν γραμμικά από το 1950 με ρυθμό της τάξης των 0.436 Gt/έτος. Κατά την πρόσφατη πανδημία υπήρξε μια μείωση αλλά στη συνέχεια οι εκπομπές συνεχίστηκαν με τον ίδιο ρυθμό αύξησης. Προφανώς υπάρχει άμεση συσχέτιση με την αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού ο οποίος στο ίδιο διάστημα αυξάνεται επίσης γραμμικά με ρυθμό 77.7×10^6 κατοίκους/έτος.
- Το 1980 τις μεγαλύτερες εκπομπές είχαν οι ΗΠΑ και η ΕΕ (συνολικά αντιστοιχούσαν στο 46% του συνόλου). Το 2023 οι χώρες με τις μεγαλύτερες εκπομπές ήταν η Κίνα (31.5% του συνόλου), οι ΗΠΑ (13% του συνόλου) και η Ινδία (8.1% του συνόλου).
- Τι τελευταίες δεκαετίες οι εκπομπές των ΗΠΑ και της ΕΕ παρουσιάζουν σημαντική μείωση και της Κίνας σημαντική αύξηση. Το 2023 οι εκπομπές ανά κάτοικο των ΗΠΑ, της Κίνας και της ΕΕ είναι πολύ μεγαλύτερες από τις μέσες παγκόσμιες με τις εκπομπές των ΗΠΑ να είναι τριπλάσιες από τις μέσες.
- Οι παγκόσμιες εκπομπές ανά κάτοικο έχουν σταθεροποιηθεί την τελευταία δεκαετία σε λίγο κάτω από 5 t ανά κάτοικο. Όμως οι εκπομπές της Ινδίας και

της Ινδονησίας ανά κάτοικο είναι οι μισές από τις παγκόσμιες και παρουσιάζουν συνεχή άνοδο.

Με βάση τα παραπάνω είναι σχεδόν αδύνατο να μειωθούν οι παγκόσμιες εκπομπές στο μέλλον δεδομένου ότι: (α) ο παγκόσμιος πληθυσμός αυξάνεται και (β) οι πολυπληθείς χώρες (Κίνα, Ινδία, Ινδονησία) που σήμερα έχουν το 39% του παγκόσμιου πληθυσμού δείχνουν συνεχή αύξηση των εκπομπών λόγω της ανάπτυξης που εμφανίζουν. Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί ότι αφού ο δυτικός κόσμος αναπτύχθηκε με ορυκτά καύσιμα όλο τον 20^ο αιώνα, σήμερα απαιτεί από τις αναπτυσσόμενες χώρες να χρησιμοποιήσουν «πράσινη» τεχνολογία.

4 Η απανθρακοποίηση στην Ελλάδα

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2, τα τελευταία έτη επετεύχθη η απανθρακοποίηση της χώρας με τον εξοβελισμό του εγχώριου λιγνίτη από το μίγμα και την εξάρτηση της χώρας από το εισαγόμενο φυσικό αέριο. Αυτό βέβαια είχε ως συνέπεια τον έλεγχο των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα αλλά και στην ΕΕ από τις χώρες παραγωγής του φυσικού αερίου. Οι ετήσιες εκπομπές της Ελλάδας μειώθηκαν σημαντικά αφού το 2007 ήταν 114.6×10^6 t (10.4 t ανά κάτοικο) και το 2023 55.2×10^6 t (5.4 t ανά κάτοικο). Έτσι ενώ το 2007 στη χώρα αντιστοιχούσε το 0.36% των παγκόσμιων εκπομπών το 2023 αντιστοιχούσε το 0.15%.

Όμως η βίαιη απανθρακοποίηση της Ελλάδας αλλά και της ΕΕ (στην οποία αντιστοιχεί το 6.6% παγκόσμιων εκπομπών το 2023) (OurWorldinData) δεν αφορούσε περιβαλλοντικούς στόχους αλλά επιχειρηματικά συμφέροντα. Έτσι εκτός από τη στροφή της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε ιδιωτικές εταιρίες αξίζει να αναφερθούν ενδεικτικά δύο «επιχειρηματικές» κινήσεις: (α) η μεταφορά ελληνικού λιγνίτη στη Βόρεια Μακεδονία και (β) η κατασκευή μονάδας αποθήκευσης άνθρακα στον Πρίνο Καβάλας.

4.1 Μεταφορά λιγνίτη στη Βόρεια Μακεδονία.

Το Σεπτέμβριο του 2022 συμφωνήθηκε η μεταφορά ελληνικού λιγνίτη από τα ορυχεία Αχλάδας Φλώρινας στον ΑΗΣ Bitola (Μοναστήρι) στη Βόρεια Μακεδονία. Όπως αναφέρεται σε έγγραφο του ΥΠΕΝ που διαβιβάστηκε στη Βουλή μετά από επερώτηση, εγκρίθηκε η μίσθωση του δημόσιου λιγνιτωρυχείου Αχλάδας στη μισθώτρια εταιρεία ΛΙΓΝΙΤΩΡΥΧΕΙΑ ΑΧΛΑΔΑΣ Α.Ε. Με βάση την ετήσια έκθεση που υποχρεούνται να υποβάλει η μισθώτρια εταιρία στο ΥΠΕΝ προκύπτει ότι το έτος 2023 πώλησε στη Βόρεια Μακεδονία 768 827.11 τόνους λιγνίτη με τιμή πώλησης 28-30 €/t. Η μεταφορά έγινε κυρίως με φορτηγά της Βόρειας Μακεδονίας όπου η τιμή πετρελαίου είναι φτηνότερη.

Με βάση στοιχεία της ΔΕΗ από τον ΑΗΣ Μελίτης για την παραγωγή μιας MWh ηλεκτρικής ενέργειας απαιτούνται περίπου 1.38 t λιγνίτη και εκλύονται 1.32 t CO₂. Θεωρώντας ότι ο ΑΗΣ Bitola είναι αντίστοιχης τεχνολογίας με τον ΑΗΣ Μελίτης τότε με την πωληθείσα ποσότητα λιγνίτη παρήχθησαν περίπου 557 MWh ενώ οι αντίστοιχες εκπομπές ήταν 737 000 t CO₂. Δεδομένου τα δικαιώματα εκπομπών CO₂ το 2023 ήταν τάξης των 80-100 €/t η καύση του λιγνίτη στο ελληνικό έδαφος θα

στοίχιζε τουλάχιστον 59 εκατομμύρια €. Εφόσον η Βόρεια Μακεδονία δεν είναι στην ΕΕ, τα δικαιώματα αυτά δεν εισπράχθηκαν και η ηλεκτρική ενέργεια που παράχθηκε, προφανώς εξήχθηκε στην Ελλάδα. Σημειώνεται ότι το 2023 οι καθαρές εισαγωγές από τη Βόρεια Μακεδονία ξεπέρασαν τις 2000 MWh. Ακόμη και αν θεωρήσουμε ότι η τιμή της εισαγόμενης MWh ήταν της τάξης των 90 € τότε η εταιρεία εισέπραξε 22 εκατομμύρια € από την πώληση του λιγνίτη και η χώρα πλήρωσε 50 εκατομμύρια € για την ηλεκτρική ενέργεια που εισήγαγε. Πρόσθετα οι συνολικές εκπομπές CO₂ ήταν περισσότερες, αφού σε αυτές πρέπει να συνυπολογιστεί και η καύση πετρελαίου για τη μεταφορά του λιγνίτη σε απόσταση περίπου 50 km.

4.2 Μονάδα Αποθήκευσης CO₂ στον Πρίνο.

Το 2023 εγκρίθηκε από το Ταμείο Ανάκαμψης και Ανθεκτικότητας στα πλαίσια της Πράσινης Μετάβασης το έργο «Ανάπτυξη Εγκατάστασης Δέσμευσης και Αποθήκευσης Άνθρακα». Το έργο έχει συνολικό προϋπολογισμό 478 000 000 € ενώ το 2024 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ενέκρινε ενίσχυση του έργου με 150 000 000 €. Ο Φορέας Ευθύνης είναι το ΥΠΕΝ και ο Φορέας Υλοποίησης η Ελληνική Διαχειριστική Εταιρεία Υδρογονανθράκων ΑΕ.

Αντικείμενο του έργου είναι η εγκατάσταση μιας πλήρους κλίμακας μονάδας αποθήκευσης CO₂ εντός της λεκάνης του Πρίνου, στον κόλπο της Καβάλας. Σύμφωνα με έκθεση του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΤΕΕ, 2025) το CO₂ θα αποθηκευτεί εντός του ταμιευτήρα «Πρίνος», στις ζώνες που περιέχουν υδρογονάνθρακες και στον υποκείμενο υδροφόρο ορίζοντα. Το CO₂ θα προέρχεται από τοπικές και απομακρυσμένες βιομηχανικές δραστηριότητες.

Η λειτουργία της εγκατάστασης θα αναπτυχθεί σε δύο διακριτές φάσεις. Κατά την πρώτη φάση, η δυναμικότητα του έργου θα είναι μέχρι 1 εκατομμύριο τόνοι CO₂ ανά έτος για 20 χρόνια, ενώ κατά τη δεύτερη φάση, η ονομαστική δυναμικότητα θα αυξηθεί έως τα 3 εκατομμύρια τόνοι CO₂ ανά έτος.

Η Φάση 1 περιλαμβάνει τις παρακάτω εργασίες:

- Κατασκευή του συλλέκτη υποδοχής και εγκαταστάσεις συμπίεσης και εκφόρτωσης του CO₂.
- Υποθαλάσσιο αγωγό μήκους περίπου 20 km που συνδέει τις εγκαταστάσεις με υπεράκτια εξέδρα.
- Χρήση των υφιστάμενων υπεράκτιων εγκαταστάσεων για την υποδοχή CO₂ από τον υποθαλάσσιο αγωγό και φορτίων CO₂ σε εμπορευματοκιβώτια, την εισπίαση σε γεωτρήσεις, και την επεξεργασία του παραγόμενου νερού.
- Έως 2 γεωτρήσεις εισπίασης CO₂ και έως 2 γεωτρήσεις παραγωγής νερού στις υφιστάμενες εξέδρες.

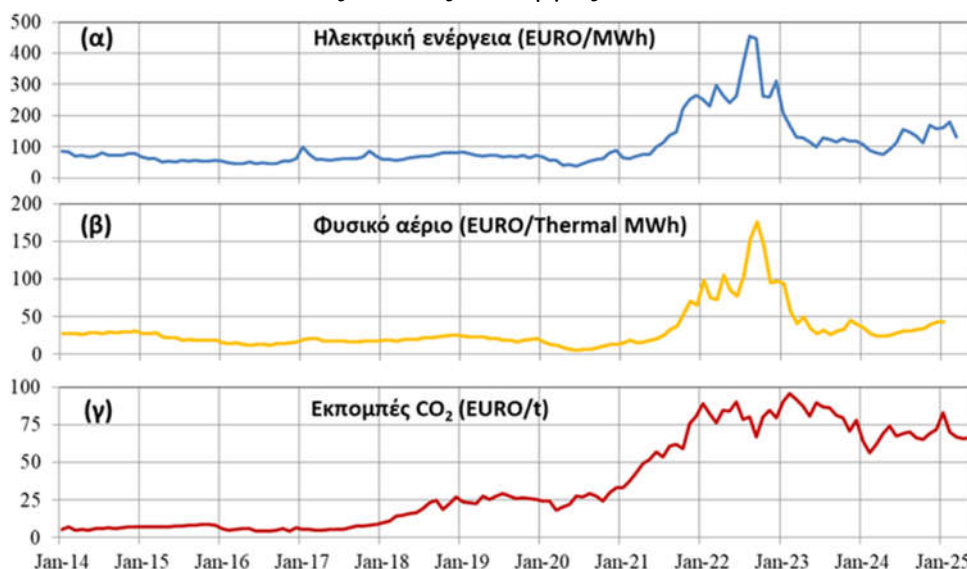
Τα φορτία CO₂ θα μεταφέρονται από την πηγή εκπομπής στις εγκαταστάσεις με φορτηγά εμπορευματοκιβωτίων χωρητικότητας 21.4 t. Η μονάδα αναμένεται να ξεκινήσει με τη φάση ανάπτυξης το 2027 και να τεθεί σε πλήρη λειτουργία το 2030.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι σχεδιάζεται ένα έργο με σημαντικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα (50 000 δρομολόγια φορτηγών το έτος, υποθαλάσσιοι αγωγοί και γεωτρήσεις, πιθανές διαρροές CO₂ στο θαλάσσιο περιβάλλον).

Προφανώς το αποτέλεσμα θα είναι ασήμαντο αφού θα αποθηκεύεται το 2% των ετησίων εκπομπών CO₂ της Ελλάδας για τα επόμενα 20 έτη.

5 Αύξηση των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας και ενεργειακή εξάρτηση.

Η εμπορευματοποίηση της ενέργειας και η απανθρακοποίηση υποτίθεται ότι θα είχε ως αποτέλεσμα την μείωση των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας για τον τελικό καταναλωτή. Όπως είναι γνωστό έγινε ακριβώς το αντίθετο. Στο Σχήμα 4 παρουσιάζεται η χρονική εξέλιξη των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου καθώς και των δικαιωμάτων εκπομπών CO₂. Τα δεδομένα προέρχονται από τα δελτία του ΑΔΜΗΕ και τις εκθέσεις λειτουργίας του ΔΕΣΦΑ.



Σχήμα 4. Χρονική εξέλιξη (α) των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας (β) των τιμών φυσικού αερίου και (γ) δικαιωμάτων εκπομπών CO₂. Πηγή δεδομένων: ΑΔΜΗΕ, ΔΕΣΦΑ.

Με βάση τα δεδομένα του Σχήματος 4 μπορεί να συνοψιστεί η επίδραση της αποτυχημένης ενεργειακής πολιτικής στις τιμές ηλεκτρικής ενέργειας στο παρακάτω χρονικό.

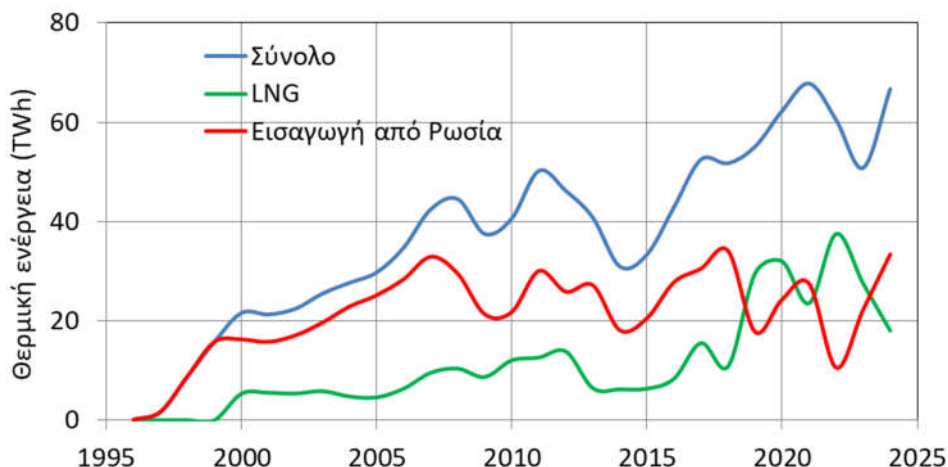
- Μέχρι το 2021 οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας είναι κάτω από τα 100 €/MWh. Οι τιμές αφορούν στις μονάδες που μπαίνουν στο χρηματιστήριο ενέργειας (θερμικές, υδροηλεκτρικά) και όχι τις ΑΠΕ που σε μεγάλο ποσοστό είχαν πολύ μεγαλύτερη εγγυημένη τιμή. Εδώ θα πρέπει να τονιστεί ότι η διαφορά της εγγυημένης τιμής των ΑΠΕ και της χρηματιστηριακής τιμής επιβαρύνει άμεσα τους καταναλωτές μέσω του Ειδικού Τέλους Μείωσης Εκπομπών Αέριων Ρύπων (ΕΤΜΕΑΡ). Την ίδια εποχή οι τιμές του φυσικού αερίου είναι πάντα κάτω από 30 € ανά θερμική MWh, ενώ τα δικαιώματα για τις εκπομπές CO₂ είναι σταθερά, ήδη από το 2019, σε περίπου 25 €/t. Τα δικαιώματα αυτής της τάξης επιβαρύνουν κάθε MWh από λιγνίτη και φυσικό αέριο κατά περίπου 35 και 10 €

αντίστοιχα. Με αυτόν τον τρόπο ο λιγνίτης έγινε λιγότερο ανταγωνιστικός στο χρηματιστήριο ενέργειας και εντάθηκε η απολιγνιτοποίηση.

- Τον Ιούλιο του 2021 η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας ξεπερνάει τα 100 €/MWh και μέχρι σήμερα κινείται πάνω από αυτή την τιμή. Τον ίδιο μήνα η τιμή του φυσικού αερίου είναι στα συνήθη επίπεδα (25 € ανά θερμική MWh) ενώ τα δικαιώματα για τις εκπομπές CO₂ έχουν ξεπεράσει τα 50 €/t και μέχρι σήμερα κινούνται πάνω από αυτή την τιμή. Σημειώνεται ότι με τιμές δικαιωμάτων σε αυτά τα επίπεδα εξοβελίζονται οι λιγνιτικές μονάδες από το σύστημα και η χώρα εξαρτάται από το εισαγόμενο φυσικό αέριο.
- Μέχρι τον Δεκέμβριο του 2021 οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας έχουν φτάσει στο εξωφρενικό επίπεδο των 264 €/MWh ξεπερνώντας κατά πολύ ακόμη και τις εγγυημένες τιμές των ΑΠΕ. Τον ίδιο μήνα οι τιμές του φυσικού αερίου έχουν φτάσει τα 64 € ανά θερμική MWh, ενώ τα δικαιώματα για τις εκπομπές CO₂ έχουν φτάσει τα 80 €/t. Παρά το γεγονός ότι το 2021 το 33% της ηλεκτρικής ενέργειας προήλθε από ΑΠΕ που είχαν πολύ χαμηλότερες τιμές, αυτό δεν επηρέασε την υπέρογκη αύξηση των τιμών, δεδομένου ότι η οριακή τιμή συστήματος ορίζεται από τις μονάδες φυσικού αερίου. Αυτές έρχονταν να καλύψουν τη ζήτηση σε ώρες που οι ΑΠΕ δεν ήταν επαρκείς ανεβάζοντας τις χρηματιστηριακές τιμές ηλεκτρικής ενέργειας. Την ίδια ώρα τα υδροηλεκτρικά που σκοπίμως δεν έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία 25 χρόνια δεν επαρκούσαν για να σώσουν την κατάσταση, ενώ οι λιγνιτικές μονάδες είχαν να επωμιστούν ένα βάρος δικαιωμάτων εκπομπών CO₂ της τάξης των 110 €/MWh.
- Όμως τα χειρότερα δεν είχαν έρθει. Το Φεβρουάριο του 2022 έγινε η στρατιωτική επιχείρηση της Ρωσίας στην Ουκρανία (Sargentis et al. 2022). Η Ελλάδα και η ΕΕ υποστήριξαν άμεσα την Ουκρανία πολιτικά και στρατιωτικά. Αυτό έφερε μεγάλη αναστάτωση στις αγορές του φυσικού αερίου δεδομένου ότι η ΕΕ και η Ελλάδα ήταν σε μεγάλο ποσοστό εξαρτημένες από το Ρώσικο φυσικό αέριο. Ειδικότερα το 2021 οι εισαγωγές φυσικού αερίου στην ΕΕ από τη Ρωσία ήταν 40.9% (στην Ελλάδα 40.5%) των συνολικών εισαγωγών. Τον Αύγουστο του 2022 τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας αγγίζει τα 455 €/MWh με την τιμή του φυσικού αερίου να είναι πάνω από 150 € ανά θερμική MWh.
- Στη συνέχεια οι τιμές αποκλιμακώθηκαν κυρίως λόγω της προσπάθειας απεξάρτησης της ΕΕ (και εν μέρει της Ελλάδας) από το Ρώσικο φυσικό αέριο με τις εισαγωγές να στρέφονται σε άλλες χώρες κυρίως στη Νορβηγία και τις ΗΠΑ. Στις αρχές του 2025 η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας παραμένει πολύ πάνω από τα 100 €/MWh, ενώ η τιμή του φυσικού αερίου αγγίζει τα 50 € ανά θερμική MWh.

Δυστυχώς η οικονομική απώλεια που έφερε η υπέρμετρη ανάπτυξη των ΑΠΕ με εγγυημένες τιμές τη δεκαετία του 2010 αποδείχτηκε πολύ μικρότερη από αυτή που έφερε η εξάρτηση από το εισαγόμενο φυσικό αέριο και οι κανόνες του χρηματιστηρίου ενέργειας.

Στο Σχήμα 5 παρουσιάζεται η χρονική εξέλιξη των συνολικών εισαγωγών φυσικού αερίου, το τμήμα των εισαγωγών που ήταν σε υγροποιημένη μορφή (LNG) και οι εισαγωγές από τη Ρωσία.



Σχήμα 5. Χρονική εξέλιξη των εισαγωγών φυσικού αερίου στην Ελλάδα (σε θερμικές TWh)
Πηγή: EUROSTAT

Από το 1996 όπου λειτούργησε ο αγωγός που συνέδεε τη Βουλγαρία με την Ελλάδα για τη μεταφορά Ρωσικού φυσικού αερίου, οι εισαγωγές αυξάνονται συνεχώς με εξαίρεση την περίοδο της οικονομικής κρίσης. Το 1999 λειτούργησε ο τερματικός σταθμός υγροποιημένου αερίου στη Ρεβυθούσα και άρχισε η προμήθεια και από άλλες χώρες, κυρίως από την Αλγερία. Δεδομένου ότι οι τιμές του υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι κατά κανόνα υψηλότερες, η Ρωσία παρέμεινε ο βασικός προμηθευτής της χώρας σε ποσοστό μεγαλύτερο από το 75%. Το 2008 λειτούργησε ο αγωγός μεταφοράς από την Τουρκία και οι εισαγωγές από τη Ρωσία τα επόμενα έτη αποτελούσαν το 45 έως 65%. Από το 2018 αυξήθηκαν οι εισαγωγές υγροποιημένου φυσικού αερίου και στους προμηθευτές προστέθηκαν η Νορβηγία, οι ΗΠΑ και η Αίγυπτος. Λίγο πριν ξεσπάσει ο πόλεμος στην Ουκρανία η Ελλάδα (όπως και η ΕΕ) ήταν εξαρτημένη από τη Ρωσία σε ποσοστό γύρω στο 40%. Η προσπάθεια απεξάρτησης από μια διακηρυγμένη «εχθρική» χώρα είχε σαν αποτέλεσμα το 2022 οι εισαγωγές από τη Ρωσία να είναι της τάξης του 17% και η χρήση LNG να φτάσει 62%. Όμως οι υψηλότερες τιμές του LNG οδήγησαν το 2024 η Ρωσία να είναι ο βασικός προμηθευτής της Ελλάδας με ποσοστό 50%.

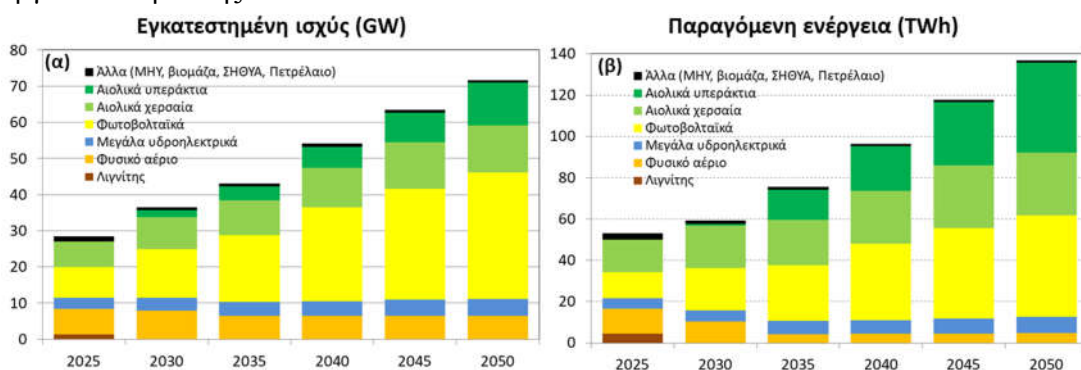
Σήμερα η χώρα κινείται μεταξύ της εξάρτησης από αγωγούς που έρχονται από διακηρυγμένες «εχθρικές» γεωπολιτικά χώρες και την εισαγωγή LNG που είναι κατά πολύ ακριβότερο.

6 Το μέλλον του ενεργειακού μίγματος σύμφωνα με το ΕΣΕΚ

Το 2024 δημοσιεύτηκε το ΕΣΕΚ (ΥΠΕΝ, 2024), το οποίο προδιαγράφει πολιτικές που έχουν στόχο την απόλυτη εμπορευματοποίηση της ενέργειας και την προώθηση συγκεκριμένων τεχνολογιών παραγωγής και αποθήκευσης. Χρησιμοποιώντας το αφήγημα της κλιματικής αλλαγής και τις προβλέψεις κλιματικών μοντέλων το ΕΣΕΚ ουσιαστικά προβλέπει: (α) ενεργειακή εξάρτηση για τις ελέγξιμες πηγές (χρήση φυσικού αερίου) εξαφανίζοντας από το μίγμα τον

εγχώριο λιγνίτη ενώ παράλληλα δεν αναπτύσσει όσο θα έπρεπε τα μεγάλα υδροηλεκτρικά, (β) υπέρμετρη ανάπτυξη των ιδιωτικών ΑΠΕ και (γ) αποθήκευση ενέργειας κυρίως με μπαταρίες καθώς και παράλογα μεγάλη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στις μεταφορές. Χαρακτηριστικά παραδείγματα της αξιοποίησης του αφηγήματος της κλιματικής αλλαγής στον ενεργειακό σχεδιασμό είναι: (α) η αναφερόμενη (σελίδα 168) μείωση της απόδοσης των θερμοηλεκτρικών σταθμών και της μεταφορικής ικανότητας των δικτύων λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας και (β) την προβλεπόμενη (από μοντέλα) μείωση της βροχόπτωσης στη χώρα κατά 15% το 2060 (σελίδα 288) και κατά συνέπεια και της υδροηλεκτρικής παραγωγής. Το παράλογο είναι ότι στο δεύτερο σημείο αναφέρει ότι η μείωση του υδατικού δυναμικού θα επιδράσει και στην αντλησιοταμίευση, ενώ είναι προφανές ότι αυτή μπορεί να λειτουργεί αέναα με περιορισμένες ποσότητες νερού.

Στο Σχήμα 6 παρουσιάζεται η χρονική εξέλιξη (μέχρι το 2050) της εγκατεστημένης ισχύος και της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ανά πηγή, σύμφωνα με το ΕΣΕΚ. Ακόμη στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται η χρονική εξέλιξη των έργων αποθήκευσης.



Σχήμα 6. Χρονική εξέλιξη (α) της εγκατεστημένης ισχύος και (β) της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ανά πηγή σύμφωνα με το ΕΣΕΚ

Πίνακας 1. Χρονική εξέλιξη ισχύος έργων αποθήκευσης (GW)

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Αντλησιοταμιευτικά	0.7	1.7	2.9	4.5	5.3	5.5
Μπαταρίες	0.0	4.3	6.9	8.7	10.4	12.0
Σύνολο	0.7	6.1	9.8	13.2	15.6	17.5

Με βάση τα δεδομένα του Σχήματος 6 μπορούμε να παρατηρήσουμε τα παρακάτω:

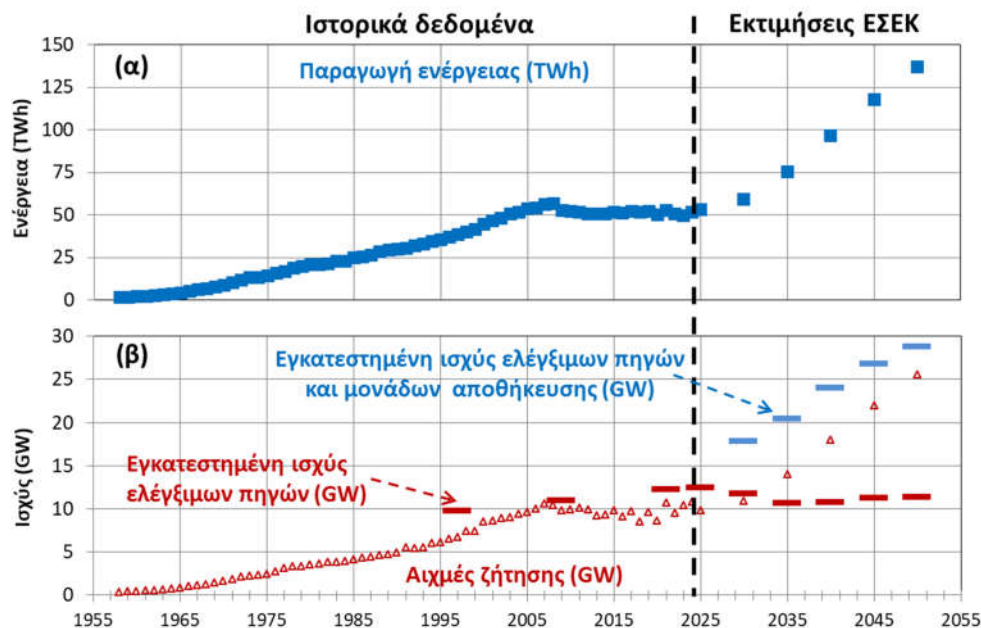
- Προβλέπεται υπέρογκη εγκατεστημένη ισχύς και παραγόμενη ενέργεια. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η εγκατεστημένη ισχύς το 1998 ήταν περίπου 10 GW, το 2024 περίπου 22 GW, ενώ το 2050 προβλέπεται να είναι 72 GW. Τα αντίστοιχα μεγέθη για την ετήσια παραγόμενη ενέργεια είναι 40 TWh το 1998, 52 TWh το

2024 ενώ το 2050 προβλέπεται να είναι σχεδόν 130 TWh. Οι αντίστοιχοι συντελεστές δυναμικότητας είναι 46%, 27% και 21%.

- Η εγκατεστημένη ισχύς των ελέγξιμων μορφών ενέργειας (φυσικό αέριο και μεγάλα υδροηλεκτρικά) μειώνεται τα επόμενα χρόνια και σταθεροποιείται γύρω στα 11 GW μετά το 2035. Αντίθετα η ισχύς των μη ελέγξιμων μορφών ενέργειας (ανεμογεννήτριες και φωτοβολταϊκά) συνεχώς αυξάνεται και το 2050 φτάνει τα 60 GW.
- Το προβλεπόμενο μίγμα κάνει το ηλεκτρικό σύστημα ευάλωτο σε περιόδους (α) υψηλών αιχμών ζήτησης, οι οποίες πρέπει να καλύπτονται από ελέγξιμες μορφές ενέργειας και (β) μεγάλης παραγωγής των ΑΠΕ όπου η παραγόμενη ενέργεια υπερβαίνει τη ζήτηση. Τα έργα αποθήκευσης που προβλέπονται (Πίνακας 1) δεν είναι επαρκή και ενδεικτικά αναφέρεται ότι για το 2050 προβλέπεται ισχύς 17.5 GW με το 69% να αφορά μπαταρίες. Η ισχύς αποθήκευσης είναι μόλις το 29% της εγκατεστημένης ισχύος των ΑΠΕ και οι απορρίψεις ενέργειας (που ήδη έχουν ξεκινήσει το 2025) αναμένονται να είναι μεγάλες.
- Εξαφανίζονται από το μίγμα σημαντικές εγχώριες πηγές όπως ο λιγνίτης και η βιομάζα. Ο πρώτος προφανώς έπεσε θύμα της απολιγνιτοποίησης αλλά η εκμετάλλευση βιομάζας θα μπορούσε να αποτελέσει σημαντικό πυλώνα της αγροτικής οικονομίας και της αντιτυρικής προστασίας (Sargentis et al. 2022, 2024). Παράλληλα τα υδροηλεκτρικά, που είναι η μοναδική εγχώρια πηγή ενέργειας, δεν αξιοποιούνται ούτε στην παραγωγή αλλά ούτε στην αποθήκευση ενέργειας. Έτσι ενώ η συνολική εγκατεστημένη ισχύς το 2050 θα είναι 320% αυξημένη σε σχέση με σήμερα, η ισχύς των υδροηλεκτρικών θα αυξηθεί μόνο κατά 48%.

Στο Σχήμα 7 παρουσιάζονται διάφορα ενεργειακά μεγέθη για την περίοδο 1958-2050. Οι τιμές της περιόδου (1958-2024) προέρχονται από ιστορικά δεδομένα ενώ οι τιμές της περιόδου 2025-2050 βασίζονται στις εκτιμήσεις του ΕΣΕΚ. Ειδικότερα στο Σχήμα 7α απεικονίζεται η χρονική εξέλιξη της ετήσιας παραγωγής ενέργειας σε TWh ενώ στο Σχήμα 7β απεικονίζονται σε GW: (α) οι αιχμές ζήτησης, (β) η εγκατεστημένη ισχύς των ελέγξιμων πηγών ενέργειας και (γ) το άθροισμα της εγκατεστημένης ισχύος και των μονάδων αποθήκευσης σε σύμφωνα με τις προβλέψεις του ΕΣΕΚ.

Διευκρινίζεται ότι οι αιχμές ζήτησης για το διάστημα 2025-2050 δεν αναφέρονται στο ΕΣΕΚ αλλά εκτιμήθηκαν με βάση την παραγόμενη ενέργεια, λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι τα ιστορικά δεδομένα δείχνουν ότι οι ετήσιες αιχμές ζήτησης παρουσιάζουν ισχυρή γραμμική συσχέτιση με την παραγόμενη ενέργεια.



Σχήμα 7. Χρονική εξέλιξη (α) της παραγωγής ενέργειας και (β) της εγκατεστημένης ισχύος των ελέγξιμων πηγών και των μονάδων αποθήκευσης και των αιχμών ζήτησης (ιστορικά δεδομένα και προβλέψεις ΕΣΕΚ)

Από το Σχήμα 7 μπορούμε να παρατηρήσουμε τα παρακάτω:

- Προβλέπεται από το ΕΣΕΚ μια τεράστια αύξηση της παραγόμενης ενέργειας που δεν συμβαδίζει με τις ιστορικές ζητήσεις. Δεδομένου ότι το μεγαλύτερο μέρος θα προέρχεται από ΑΠΕ θα υπάρξει πρόβλημα στη διαχείριση της και αναμένονται σημαντικές απορρίψεις ενέργειας (ήδη συμβαίνει).
- Οι ελέγξιμες πηγές δεν θα μπορούν να καλύψουν τις μελλοντικές αιχμές ζήτησης ήδη από το 2030. Θα πρέπει να επιστρατευθούν οι μονάδες αποθήκευσης και αυτό βάζει πρόσθετη πολυπλοκότητα στη διαχείριση του δικτύου και σημαντικούς κινδύνους blackout.

Πρόσθετα, όπως προκύπτει από τον πίνακα ακαθάριστης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (σελίδες 43 και 44 του ΕΣΕΚ) σημαντικό ποσοστό της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας θα διατίθεται στις μεταφορές και στην παραγωγή υδρογόνου. Ειδικότερα για το 2050 προβλέπονται 24.1 TWh ηλεκτρικής ενέργειας για τις μεταφορές. Θεωρώντας ως ετήσια κατανάλωση ενός μέσου ηλεκτρικού αυτοκινήτου που διανύει 15 000 km τις 3 MWh (200 Wh/km), η ηλεκτρική ενέργεια που αναφέρεται αντιστοιχεί σε περίπου 8 εκατομμύρια ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το 2024 κυκλοφορούσαν στην Ελλάδα λιγότερα από 7 εκατομμύρια τετράτροχα οχήματα κάθε τύπου εκ των οποίων μόλις τα 45 000 ήταν ηλεκτρικά (14 000 αμιγώς ηλεκτρικά και 30 000 υβριδικά)

7 Σύνοψη-Συμπεράσματα

Το 1995 (έτος που έγινε το Πρώτο Διεπιστημονικό Συνέδριο του ΕΜΠ στο Μέτσοβο) η ηλεκτρική ενέργεια ήταν δημόσιο αγαθό με την κρατική ΔΕΗ να είναι υπεύθυνη για τη παραγωγή, μεταφορά και διάθεση σε κάθε γωνία της Ελλάδας στη μικρότερη δυνατή τιμή. Δεν υπήρχαν μεσάζοντες, χρηματιστήριο ενεργείας και ιδιώτες, ενώ το 84% της ηλεκτρικής ενέργειας παραγόταν από εγχώριες πηγές (λιγνίτης και μεγάλα υδροηλεκτρικά).

Σήμερα, 30 χρόνια μετά, η ηλεκτρική ενέργεια έχει μετατραπεί σε εμπόρευμα που το διαχειρίζονται ιδιωτικές εταιρείες οι περισσότερες από τις οποίες αποτελούν μεσάζοντες. Χάθηκαν δισεκατομμύρια € από την πρόωρη και βίαιη ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών την περίοδο 2012-13, την εξάρτηση της χώρας από το εισαγόμενο φυσικό αέριο και τη βίαιη απολιγνιτοποίηση. Η εγκατεστημένη ισχύς υπερδιπλασιάστηκε σε σχέση με το 1995 χωρίς όμως να υπάρχει ασφάλεια έναντι των αιχμών ζήτησης αφού οι ελέγξιμες μορφές ενέργειας (θερμικά, υδροηλεκτρικά) παρέμειναν στα ίδια περίπου επίπεδα. Ενδεικτικό αυτού είναι ότι ο ΥΗΣ Μεσοχώρας παραμένει για 24 χρόνια εκτός λειτουργίας.

Αντίθετα η υπέρμετρη ανάπτυξη των ΑΠΕ χωρίς τα απαιτούμενα συστήματα αποθήκευσης το 2025 οδήγησε σε απορρίψεις ενέργειας και ενέχει μελλοντικό κίνδυνο blackout. Οι θερμικοί σταθμοί που σταθεροποιούν το ηλεκτρικό σύστημα τροφοδοτούνται από φυσικό αέριο το οποίο σε μεγάλο βαθμό εισάγεται από διακηρυγμένες «εχθρικές» χώρες. Οι τιμές ηλεκτρικής ενέργειας είναι στα ύψη ενώ η επιβολή της ενέργειας ως εμπορεύματος μεταφέρει έμμεσα την ευθύνη στους πολίτες για την εξεύρεση ενός «φτηνού» παρόχου.

Το ενεργειακό μέλλον σύμφωνα με το ΕΣΕΚ προδιαγράφεται ζοφερό. Η Ελλάδα θα γεμίσει από ιδιωτικά έργα παραγωγής ενέργειας και εισαγόμενες τεχνολογίες. Το 2050 προβλέπονται 60 GW εγκατεστημένης ισχύος σε αιολικά και φωτοβολταϊκά με μόλις 17.5 GW συστημάτων αποθήκευσης. Τα μόλις 11 GW ελέγξιμων πηγών ενέργειας (φυσικό αέριο, υδροηλεκτρικά) θα αγωνίζονται να σταθεροποιήσουν το ηλεκτρικό δίκτυο ενώ οι απορρίψεις θα είναι μεγάλες. Προβλέπεται τεράστια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στις μεταφορές η οποία αντιστοιχεί σε αριθμό ηλεκτρικών οχημάτων που είναι αδύνατον να επιτευχθεί. Η χώρα εκτός από υλικά για ανεμογεννήτριες και φωτοβολταϊκά θα εισάγει μπαταρίες, ηλεκτρικά αυτοκίνητα, τεχνολογίες αποθήκευσης CO₂ και παραγωγής υδρογόνου.

Για τη βίαιη αλλαγή του ενεργειακού μίγματος αξιοποιήθηκε το αφήγημα της κλιματικής αλλαγής. Οι πολίτες χειραγωγήθηκαν ώστε να αποδέχονται τις στρεβλώσεις του μίγματος με πρόσχημα το να σωθεί ο πλανήτης. Όμως ο λιγνίτης που δεν χρησιμοποιείται πια στη χώρα μας, εξάγεται και καίγεται σε απόσταση 20 km από το ελληνικά σύνορα. Έτσι η Ελλάδα η οποία είναι υπεύθυνη για το 0.15% των εκπομπών του πλανήτη εξαρτήθηκε ενεργειακά, ενώ οι χώρες που ευθύνονται για πάνω από το 80% των εκπομπών, αλλά ασκούν τον ορθολογισμό, συνεχίζουν την εκμετάλλευση των φυσικών τους πόρων.

Δεδομένου ότι: η ενέργεια είναι αγαθό επιβίωσης (όπως το νερό και τα τρόφιμα) και τα καύσιμα είναι δημόσια (κοιτάσματα ορυκτών, ήλιος, αέρας, νερό, βιομάζα) οι κοινωνίες θα πρέπει να περάσουν σε συστήματα διαχείρισης ενέργειας που να

εξασφαλίζουν την πρόσβαση όλων των ανθρώπων αλλά ταυτόχρονα να επιβραβεύουν την παραγωγικότητα και την καινοτομία, δημόσια και ιδιωτική.

Βιβλιογραφία

ΑΔΜΗΕ (Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας)
<https://www.admie.gr/>

Βασιλικό Διάταγμα 28.1.51 Περί οργάνωσης της διοικήσεως της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού. http://www.et.gr/api/DownloadFeksApi/?fek_pdf=19510100035

ΔΕΔΔΗΕ (Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας)
<https://deddie.gr/>

ΔΕΗ (Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού) <https://www.dei.gr/el/>

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας: Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (2024) <https://ypen.gov.gr/energeia/esek/>

ΡΑΕ (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας) <https://www.raaey.gr/energeia/>

Κουτσογιάννης Δ. και Ν. Μαμάσης (1998), *Μέτσοβο: η υδρολογική καρδιά της Ελλάδας*, Αθήνα, Πρακτικά του Πρώτου Διεπιστημονικού Συνεδρίου του ΕΜΠ, 209-229 Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ

Νόμος 1468/1950 Περί ιδρύσεως δημοσίας επιχειρήσεως ηλεκτρισμού
http://www.et.gr/api/DownloadFeksApi/?fek_pdf=19500100169

Νόμος 2773/1999, Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας – Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις.
http://www.et.gr/api/DownloadFeksApi/?fek_pdf=19990100286

Νόμος 4273/2014. Δημιουργία νέας καθετοποιημένης εταιρείας ηλεκτρικής ενέργειας.
<https://search.et.gr/el/fek/?fekId=510069>

Νόμος 4389/2016. Επείγουσες διατάξεις για την εφαρμογή της συμφωνίας δημοσιονομικών στόχων και διαρθρωτικών μεταρρυθμίσεων και άλλες διατάξεις.
<https://search.et.gr/el/fek/?fekId=529793>

Προεδρικό Διάταγμα 333/2000 Μετατροπή της Δημόσιας Επιχειρήσεως Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) σε Ανώνυμη Εταιρεία και έγκριση του καταστατικού της
http://www.et.gr/api/DownloadFeksApi/?fek_pdf=20000100278

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας-ΤΕΕ, 2025, *Γνωμοδότηση – Εισηγήση της Μόνιμης Επιτροπής Ενέργειας, Βιομηχανίας, Περιβάλλοντος και Πολιτικής Προστασίας για το Έργο: «Μονάδα Αποθήκευσης Διοξειδίου του Άνθρακα (CO₂) στον Πρίνο»* Καβάλα, Μόνιμη Επιτροπή Ενέργειας, Βιομηχανίας, Περιβάλλοντος και Πολιτικής Προστασίας
Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, (2024) *Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα*, Αναθεωρημένη έκδοση.

Blados, Charēs/Chatzinikolaou, Dimos et. al. (2021). Energy market liberalisation in Greece : structures, policy and prospects. In: International Journal of Energy Economics and Policy 11 (2), S. 115 - 126.
<https://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/download/10804/5712>.

doi:10.32479/ijeep.10804.

EUROSTAT, <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/>

Directive 96/92/EC of the European Parliament and of the Council of 19 December 1996 concerning common rules for the internal market in electricity <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A31996L0092>

- Koutsoyiannis D., The relationship between atmospheric temperature and carbon dioxide concentration, *Science of Climate Change*, 4 (3), 39–59, doi:10.53234/scc202412/15, 2024.
- Koutsoyiannis D. Scale of Water Resources Development and Sustainability: Small Is Beautiful, Large Is Great. *Hydrol. Sci. J.* 2011, 56, 553–575.
- A Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, Kyoto, 11 December 1997.
https://treaties.un.org/pages/viewdetails.aspx?src=treaty&mtdsg_no=xxvii-7-a&chapter=27&clang=en
- Our World in Data <https://ourworldindata.org/>
- Sargentis G-F Ioannidis R Mamassis N Zoukos V Koutsoyiannis D., (2025), *A Review of the Energy Policy in Greece in the Last 50 Years and Its Implications for Prosperity. Clean Energy and Sustainability* 3 10021. <https://doi.org/10.70322/ces.2024.10021>
- Sargentis, G.-F.; Lagaros, N.D.; Cascella, G.L.; Koutsoyiannis, D. Threats in Water–Energy–Food–Land Nexus by the 2022 Military and Economic Conflict. *Land* 2022, 11, 1569. <https://doi.org/10.3390/land11091569>
- Sargentis G-F. Issues of prosperity: stochastic evaluation of data related to environment, infrastructures, economy and society. Ph.D. Thesis, National Technical University of Athens, School of Civil Engineering, Athens, Greece. 2022.
- Sargentis G.-F.; Mamassis N.; Koutsoyiannis D. The multifaceted importance of mediterranean pine-tree forests to social cohesion. Energy, resin, grazing, and wildfire management in North Euboea, Greece. *Natural Resources Conservation and Research*. 2024, 7(2): 9962. <https://doi.org/10.24294/nrcr9962>
- Sargentis, G.-F.; Ioannidis, R.; Bairaktaris, I.; Frangedaki, E.; Dimitriadis, P.; Iliopoulou, T.; Koutsoyiannis, D.; Lagaros, N.D. Wildfires vs. Sustainable Forest Partitioning. *Conservation* 2022, 2, 195–218. <https://doi.org/10.3390/conservation2010013>
- World Economic Forum <https://www.weforum.org/>