



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών

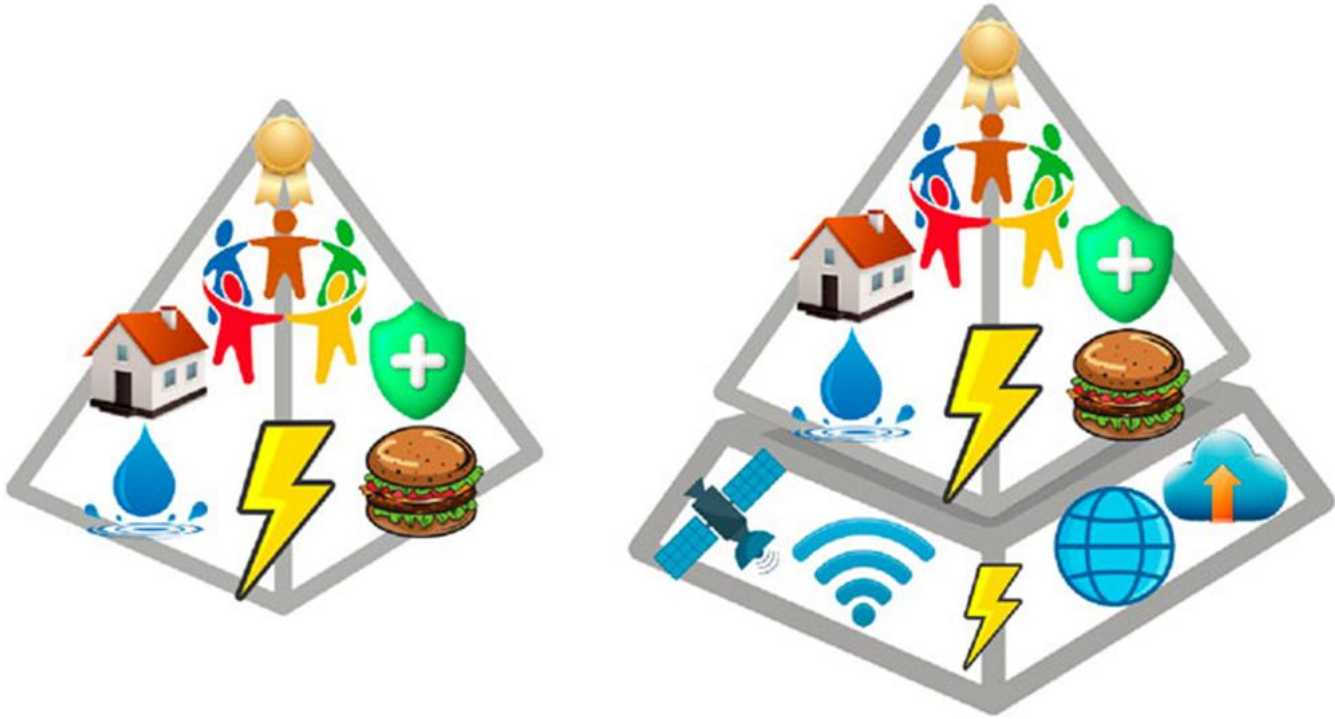
ΑΠΕ και κόστος ηλεκτρικού ρεύματος – Ο ρόλος της αποθήκευσης ενέργειας

Γ.-Φοίβος Σαργέντης, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, ΕΔΙΠ ΕΜΠ
Προσκεκλημένη διάλεξη

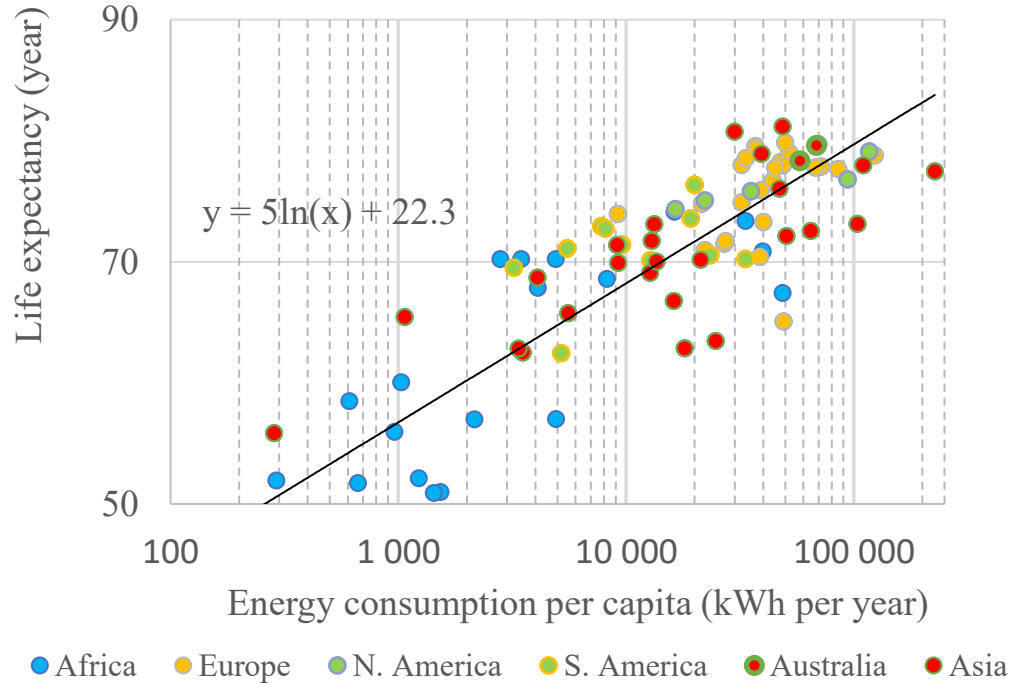
Μάιος 2026

Διαχρονικότητα των προβλημάτων

Η πυραμίδα των ανθρώπινων αναγκών (update)



Ενέργεια και προσδόκιμο ζωής



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>

Ενεργειακή φτώχεια (χειμώνας 2022-2023)

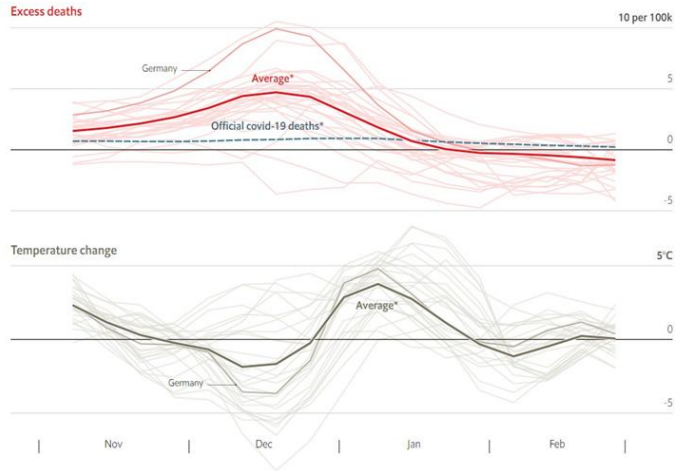
Graphic detail | Out in the cold

Expensive energy may have killed more Europeans than covid-19 last winter

Our modelling estimates that high energy prices claimed 68,000 lives

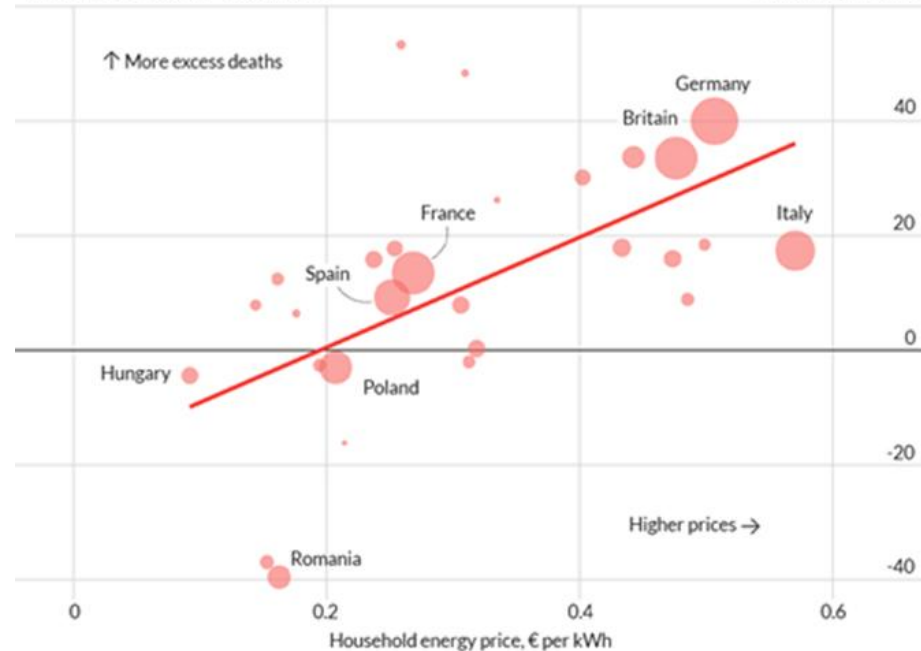
Europe, excess deaths v average temperatures

Winter 2022-23 compared with 2015-19, three-week moving average



Winter 2022-23, size = population

60 deaths per 100K



Πως ξεκίνησε το παρακάτω paper

Sargentis G.-F.; Ioannidis R.; Mamassis N.; Zoukos V.; Koutsoyiannis D. A Review of the Energy Policy in Greece in the Last 50 Years and Its Implications for Prosperity. Clean Energy and Sustainability 2024, 2, 10021. <https://doi.org/10.70322/ces.2024.10021>

G-Fivos Sargentis
22 Νοεμβρίου 2023 · G

The image shows a Greek electricity bill from 1991 with several handwritten annotations in blue ink. The bill is from the Public Electricity Corporation (DEH) and is addressed to a customer in Athens. The bill number is 558. The amount due is 1,221. The bill includes a table of charges and a section for payment information. The annotations include 'Νοστολικοί' (Nostalgic) and 'Ουδένως Ευνοϊκός' (Not at all favorable) written in blue ink. There are also some other markings and a small circular stamp.

ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ
ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΕΝΑΝΤΙ

ΤΕΡΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ 17 05 91 16 07 91 52 112 52 20 51 ΤΡΑΠΕΖΑ ΤΡΑΠΕΖΑΚΡΑΤΟΥ
ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΤΕΛΟΣ ΤΑΚΤΗΡΙΑΣ ΔΑΝΕΙΟΝ Σ. ΟΥΔ ΤΡΟΠΟΣΙΣ ΟΥΔ ΤΡΟΠΟΣΙΣ ΟΥΔ ΣΡ. ΣΤΗΝΟΝ
ΝΕΤΡΗΤΗ 574

ΑΝΑΛΥΣΗ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΥ
ΕΝΑΝΤΙ ΑΣΤΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΛΟΓ/ΣΜΟΥ ΤΕΤΡΑΜΗΝΟΥ ΔΡΧ 558

* ΜΗ ΣΠΑΤΑΛΑΤΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ
* ΚΑΝΟΝΤΑΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΣΤΟ ΡΕΥΜΑ:
- ΚΕΡΔΙΖΕΤΕ ΧΡΗΜΑΤΑ
- ΒΟΗΘΑΤΕ ΣΤΟΒΑΡΑ ΤΗΝ ΕΘΝΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

ΓΙΑ ΤΗ ΔΕΗ ΠΑΗΡΟΝΕΤΕ ΔΡΧ. 558
Ο.Π.Α. 10% 100 ΔΗΜ. ΤΕΛΗ 971
Ε.Ρ.Τ. -25 ΔΗΜ. ΦΟΡΟΣ 173

ΓΙΑ ΕΡΤ ΔΗΜΟ. ΚΑΤ. ΠΑΗΡΟΝΕΤΕ ΔΡΧ. 1,221

ΕΣΤΙΜΩΜΕΝ ΜΕΤΡΗΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ 17 09 91-17 09 91 6810011 6815927 16 08 91 ΔΡΧ. *1,779
ΑΥΣΗΘΕΝΗ ΕΙΣΦΟΡΑ ΕΡΤ ΜΕ ΑΝΑΔΡΟΜΙΚΑ ΡΗΘΜΟΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ

Προβολή περισσότερων σχολίων

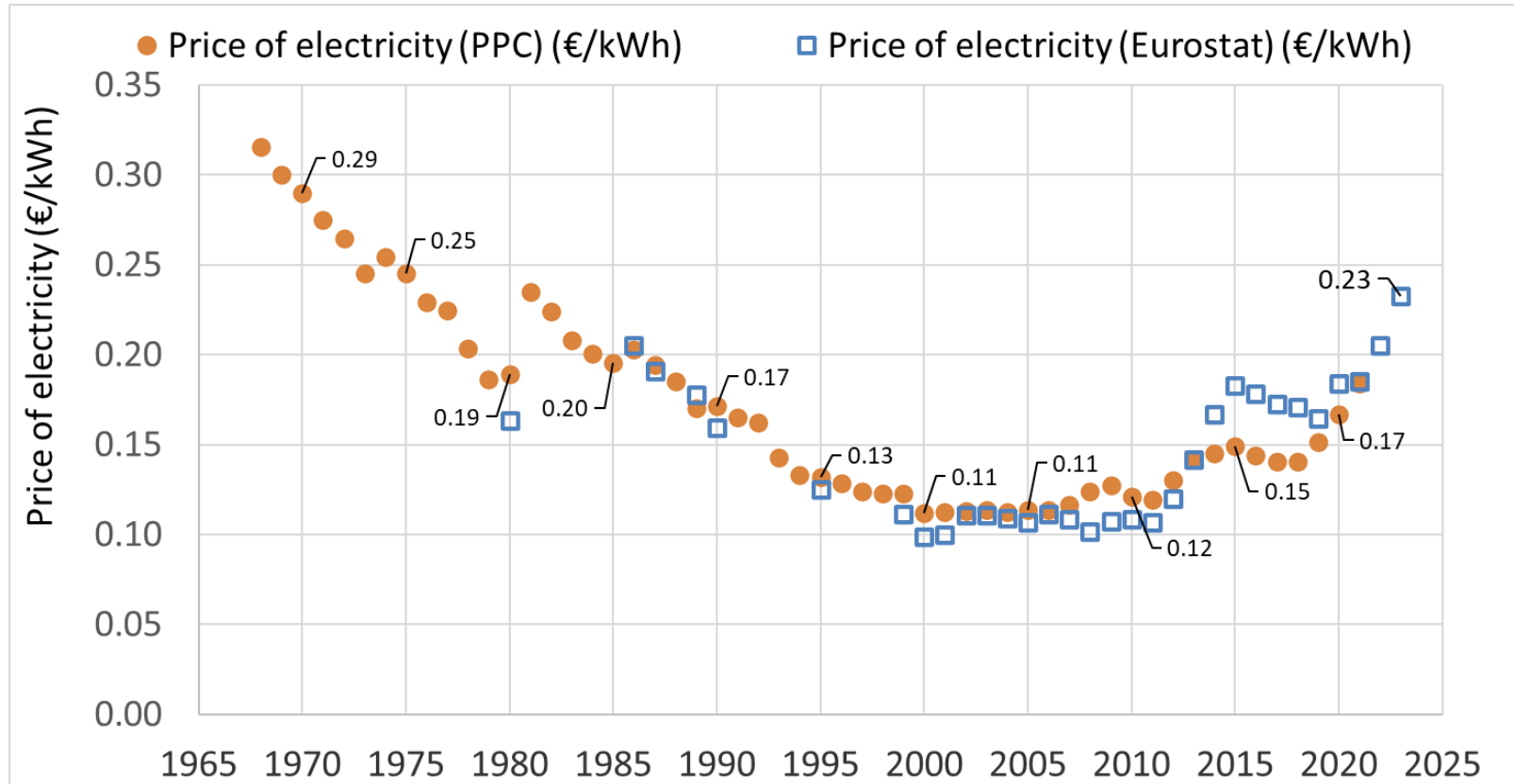


George Koliarakis

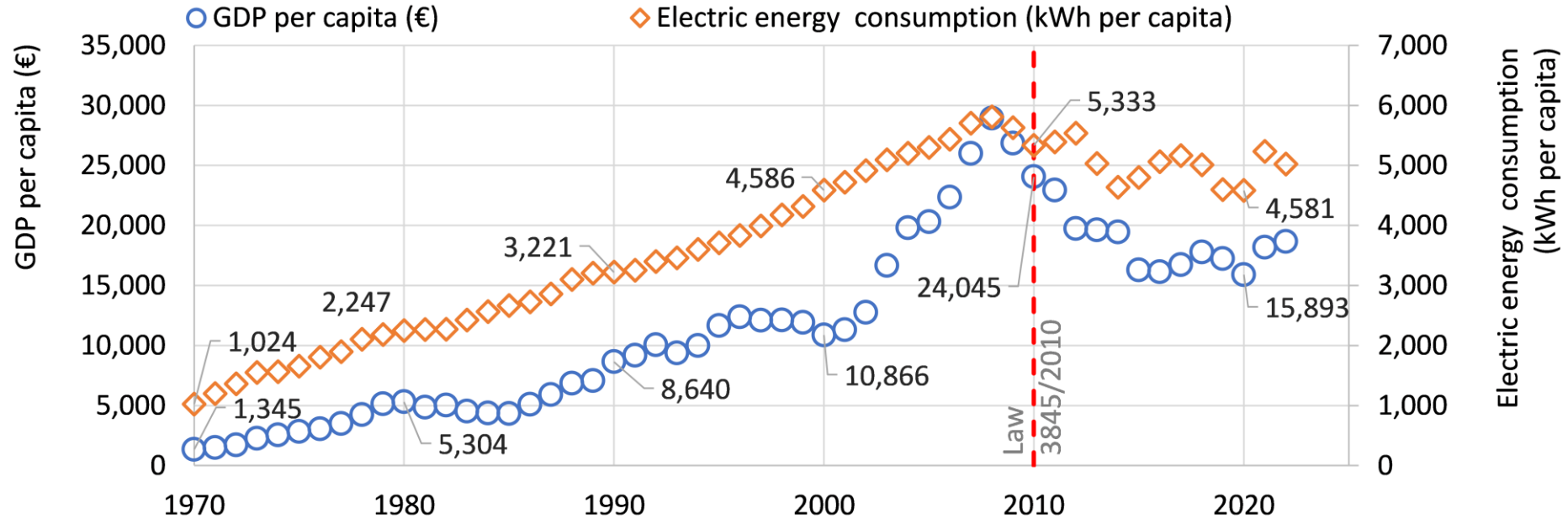
Η ανάρτηση αυτή δεν δείχνει κάτι. Πέρα από την γενικότερη αδυναμία αποτελεσματικής συγκρίσης μεταξύ των δυο εποχών, δεν εμφανίζεται ούτε κατανάλωση ούτε χρέωση/KW για να βγει κάποιο συμπέρασμα. Σίγουρα το ρεύμα έχει δεί πολύ μεγαλύτερες αυξήσεις σε σχέση με τις αντοίσιτες στα εισοδήματα αλλά με αυτό το " με την ΔΕΗ κρατική ξοφλούσες τον λογαριασμό με ένα μεροκάματο" γελάνε και οι Φωτόπουλοι. Καλημέρα ξάδελφε.

1 χρ. **Μου αρέσει!** Απάντηση

Τιμές του ηλεκτρικού ρεύματος



Πόσο ηλεκτρικό ρεύμα καταναλώνουμε?

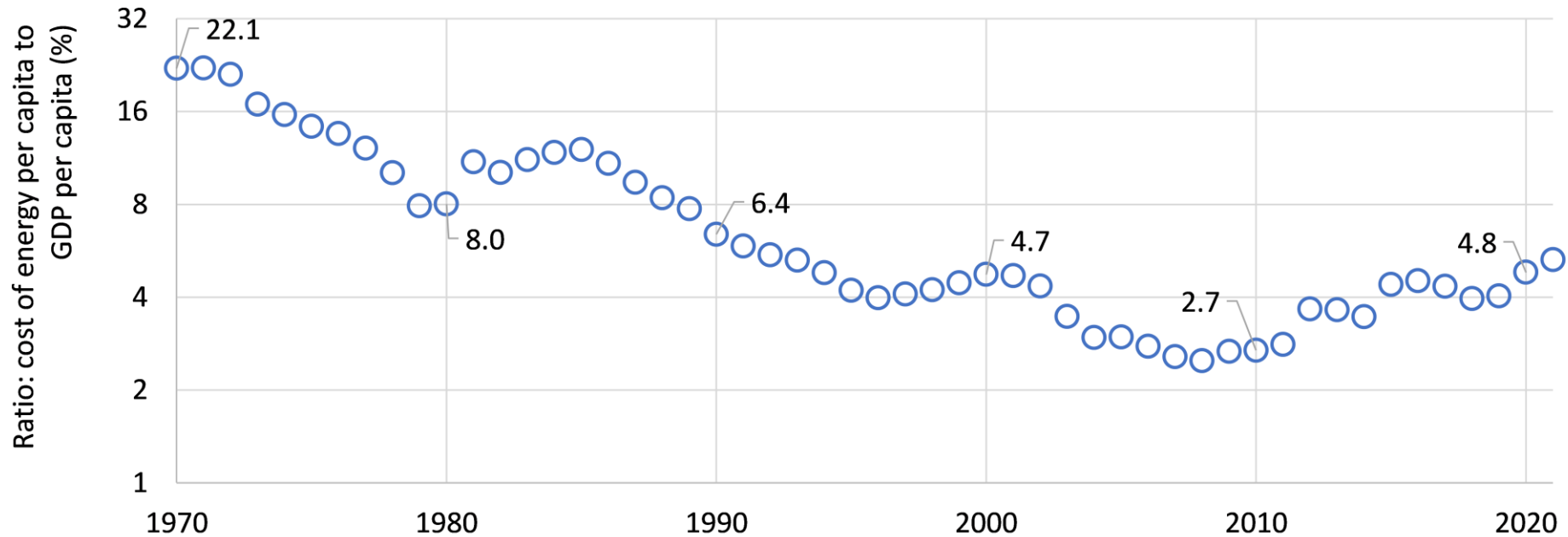


World Bank. GDP per Capita (Current US\$)—Greece. Available online: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD?locations=GR>

World Bank. Electric Power Consumption (kWh per Capita)—Greece. Available online: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC?locations=GR>

Ourworldindata. Energy Consumption by Source. Greece. Available online: <https://ourworldindata.org/grapher/energy-consumption-by-source-and-country?stackMode=absolute&country=~GRC>

Το κόστος του ρεύματος σε σχέση με το εισόδημα

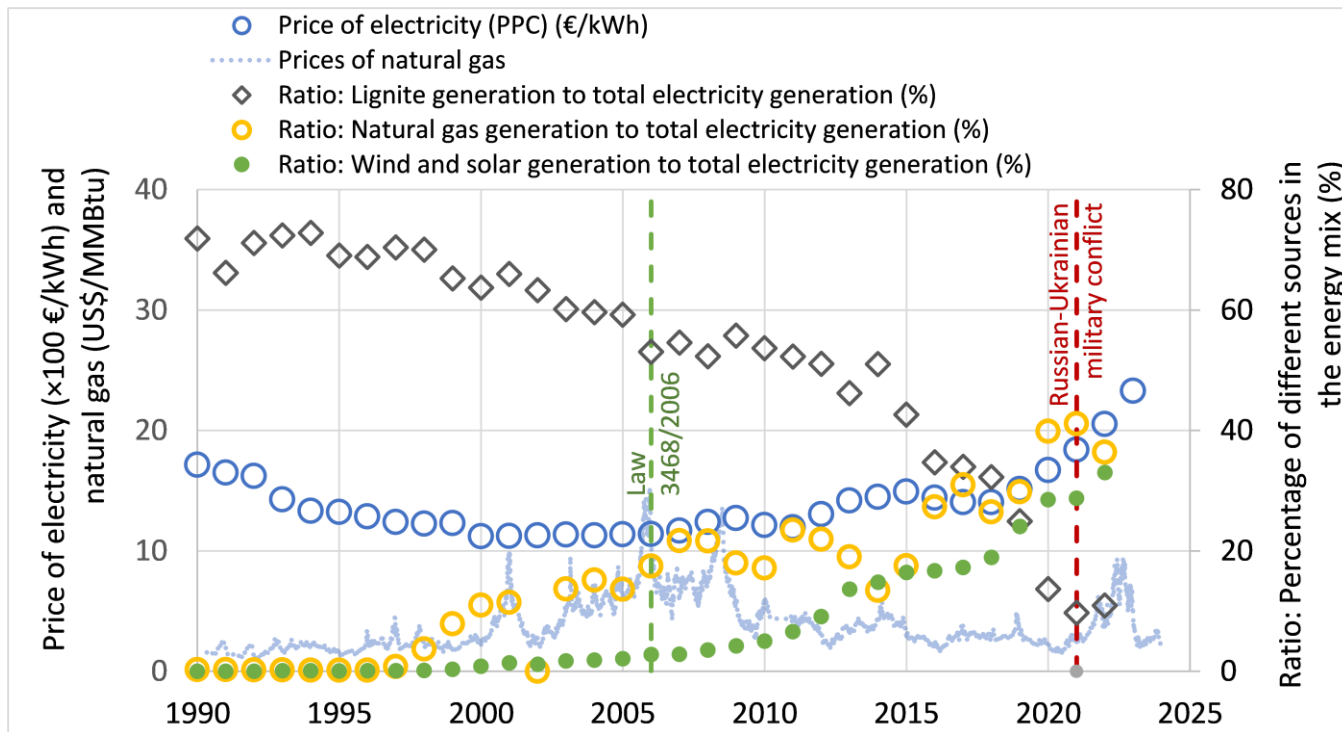


World Bank. GDP per Capita (Current US\$)—Greece. Available online: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD?locations=GR>

World Bank. Electric Power Consumption (kWh per Capita)—Greece. Available online: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC?locations=GR>

Ourworldindata. Energy Consumption by Source. Greece. Available online: <https://ourworldindata.org/grapher/energy-consumption-by-source-and-country?stackMode=absolute&country=~GRC>

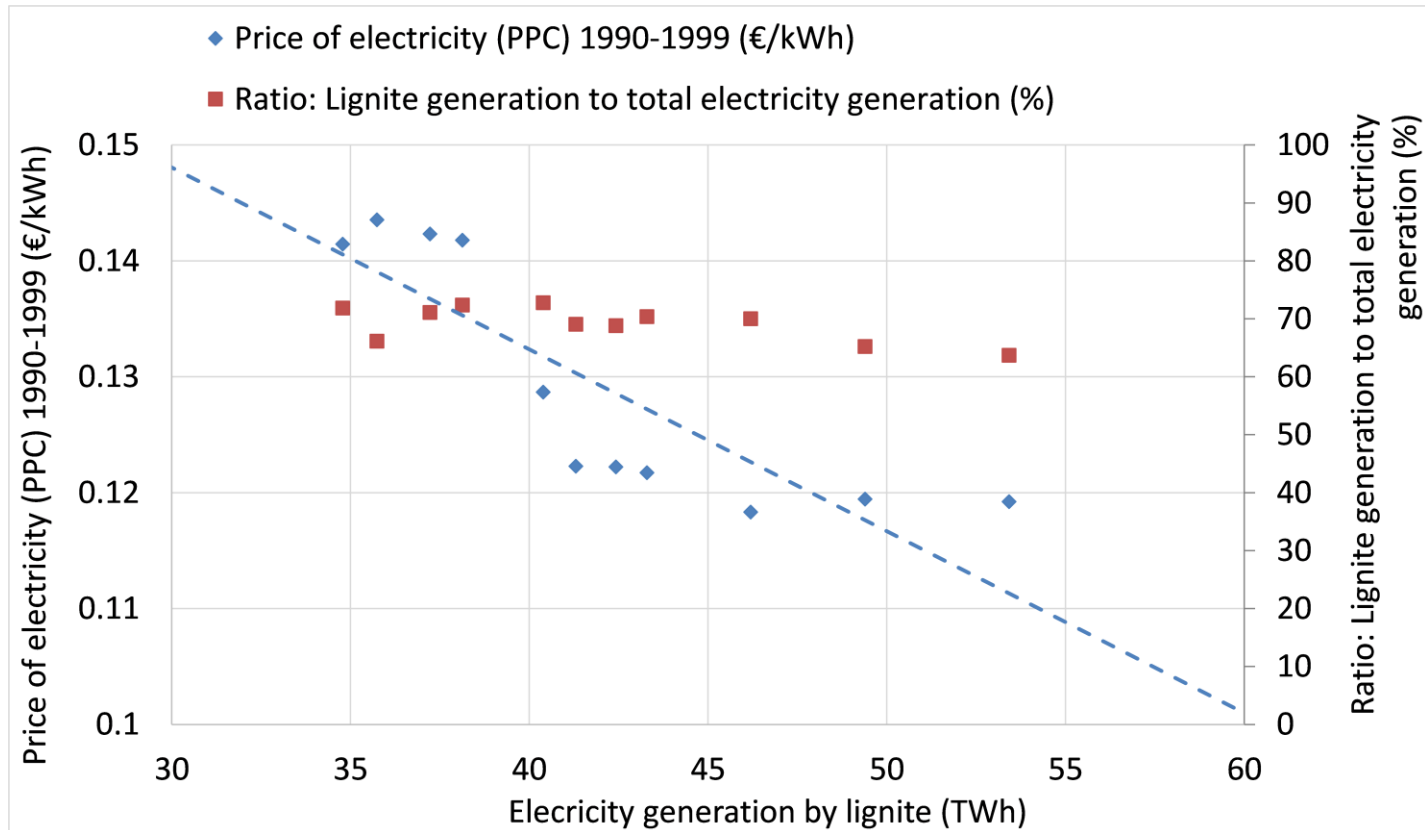
Το κόστος του ρεύματος σε σχέση με τους πόρους



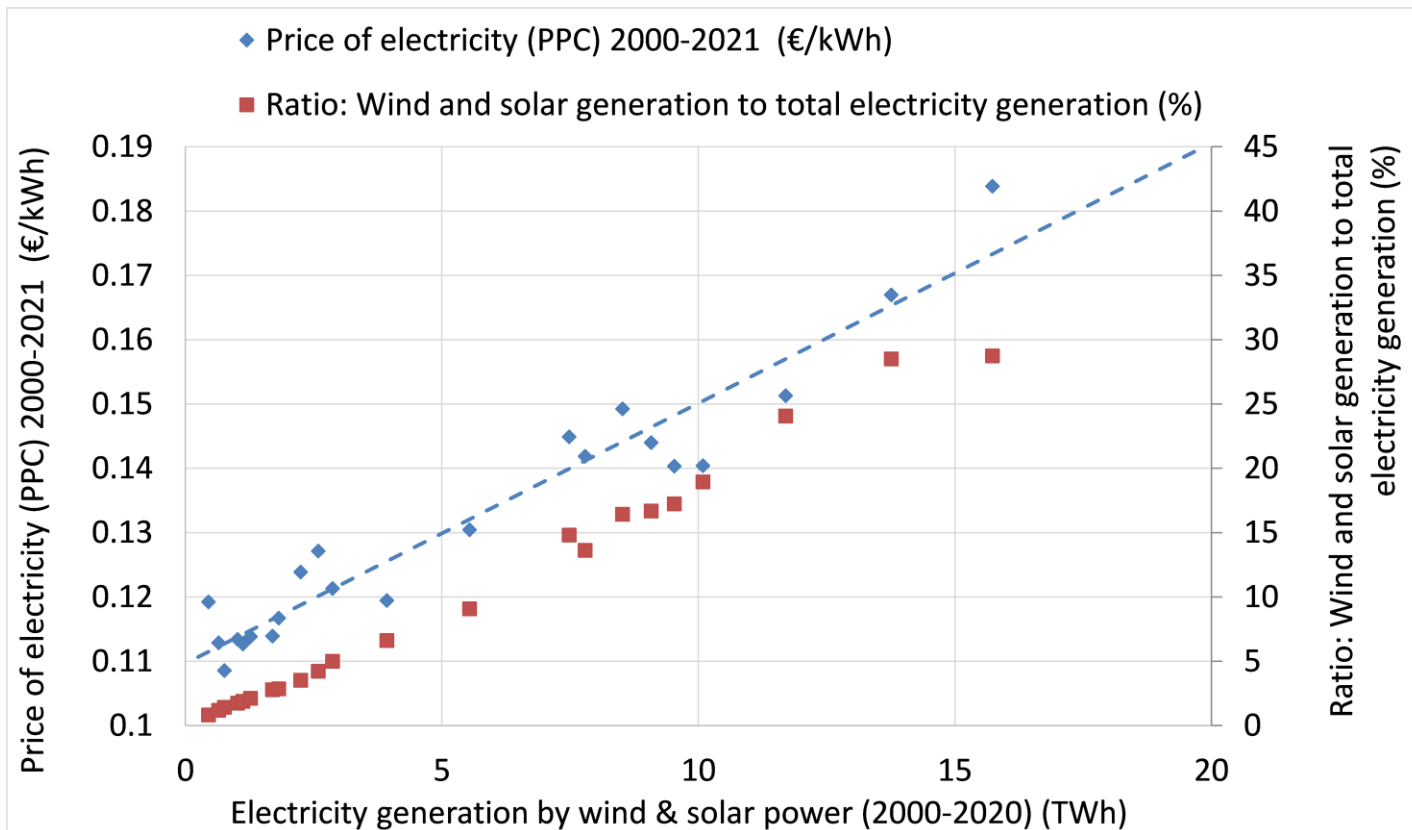
Prices of Natural Gas. Available online: <https://www.investing.com/commodities/natural-gas>

EU Energy Statistical Pocketbook and Country Datasheets. Available online: https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/eu-energy-statistical-pocketbook-and-country-datasheets_en#country-datasheets

Το κόστος του ρεύματος με τον λιγνίτη

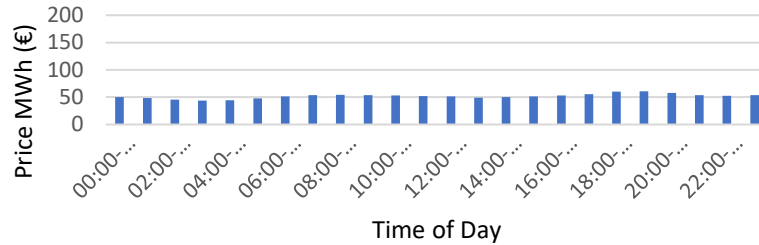


Το κόστος του ρεύματος με τις ΑΠΕ

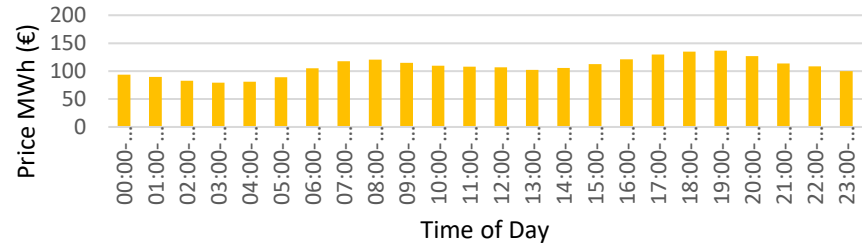


Το κόστος του ρεύματος (μέσες ωριαίες τιμές)

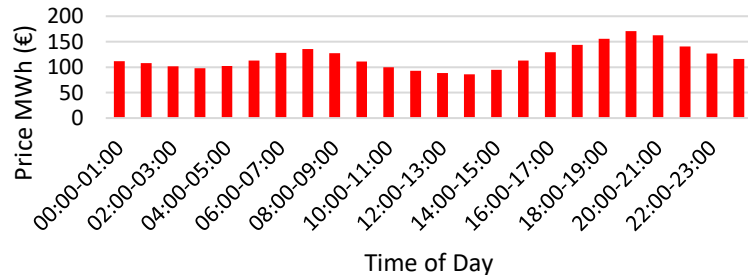
Average Electricity Price per hour
(€/MWh) – 2015



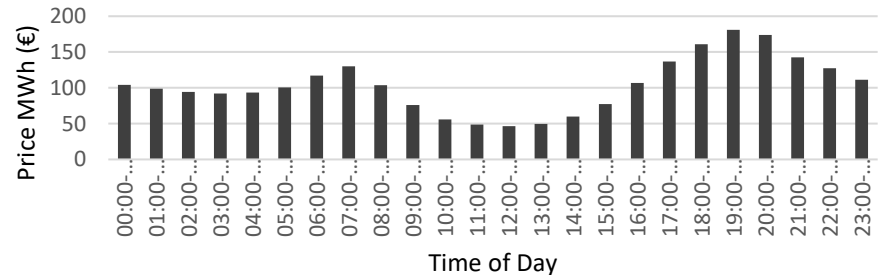
Average Electricity Price per hour (€/MWh) –
2020



Average Electricity Price per hour
(€/MWh) – 2023



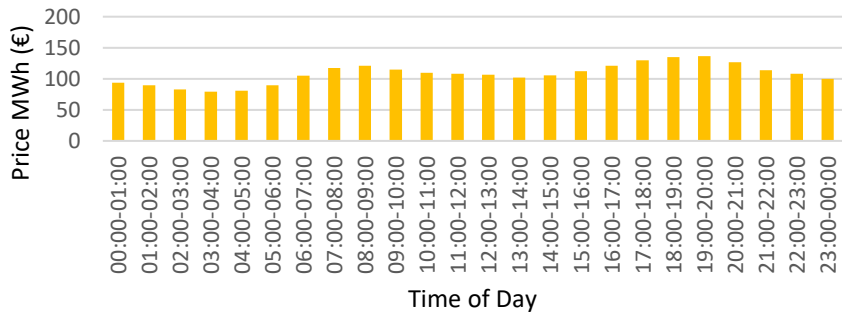
Average Electricity Price per hour (€/MWh) –
2025



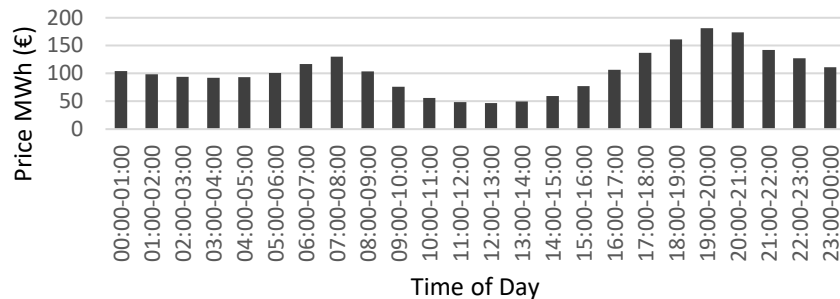
Saperopoulou, D., Kouzelis, V., Sargentis, G.-F., Efstratiadis, A., and Tepetidis, N.: Social prosperity and natural resource management: Stochastic evaluation of two operational paradigms of pumped-storage hydropower in North Euboea under renewable energy integration and energy market dynamics, EGU General Assembly 2026, Vienna, Austria, 3–8 May 2026, EGU26-8099, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu26-8099>, 2026.

Παραγωγή και κόστος του ρεύματος

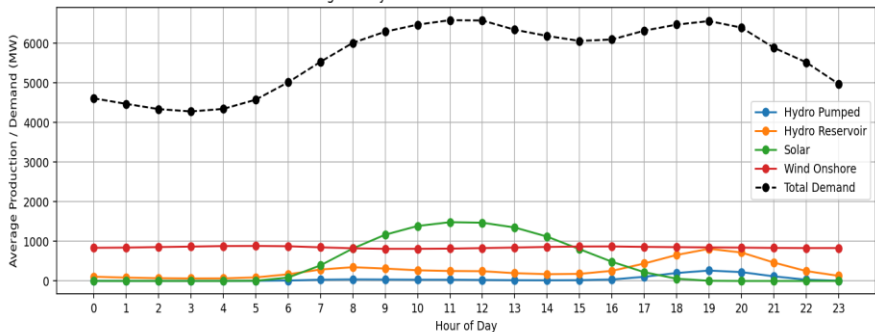
Average Electricity Price per hour (€/MWh) – 2020



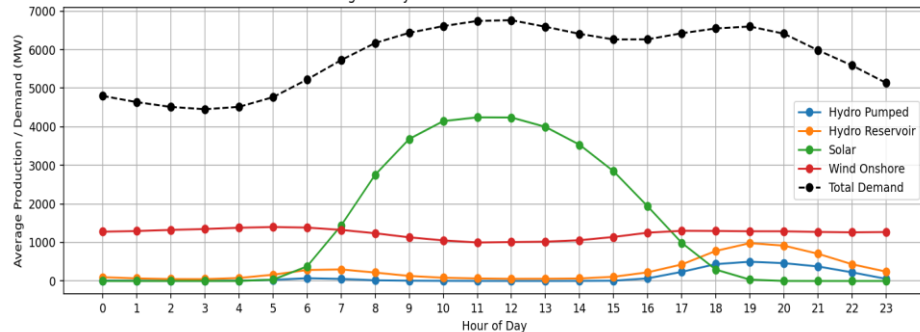
Average Electricity Price per hour (€/MWh) – 2025



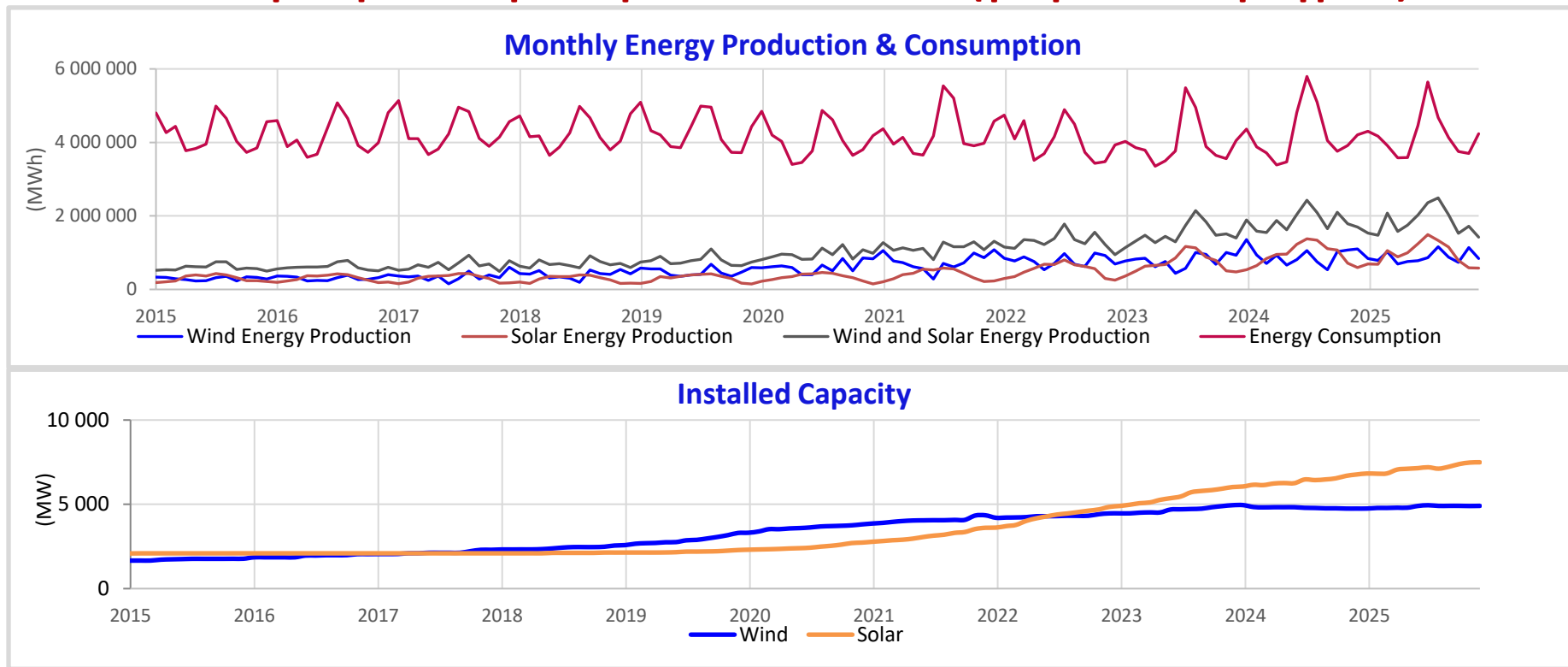
Average Hourly Renewable Production & Demand - 2020



Average Hourly Renewable Production & Demand - 2025

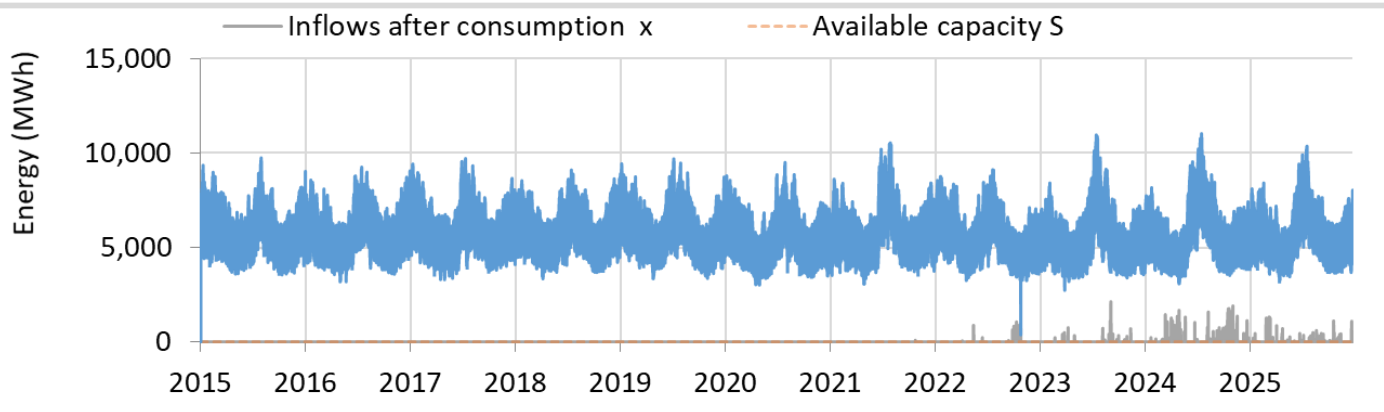
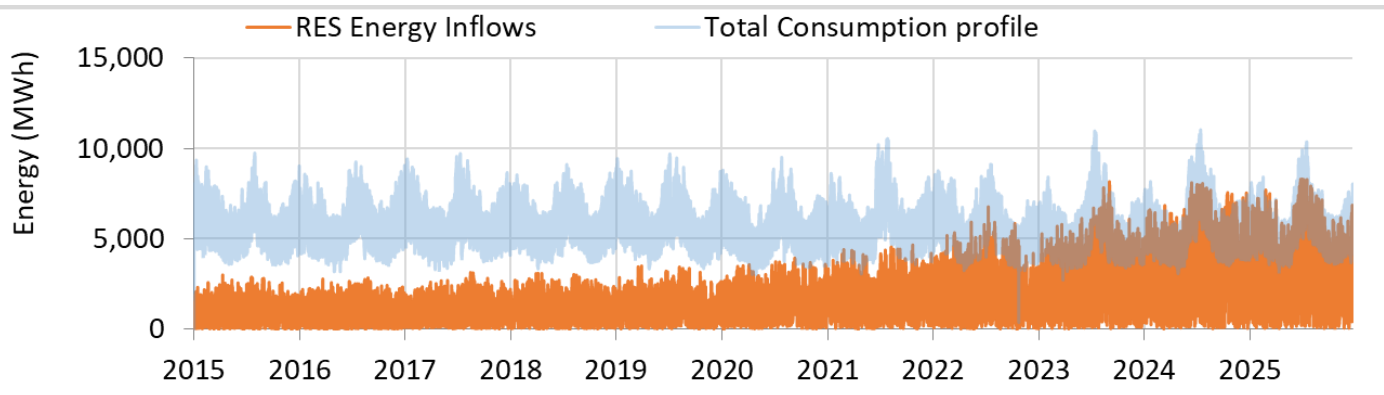


Πότε παράγουν ρεύμα οι ΑΠΕ? (μηνιαίο βήμα)



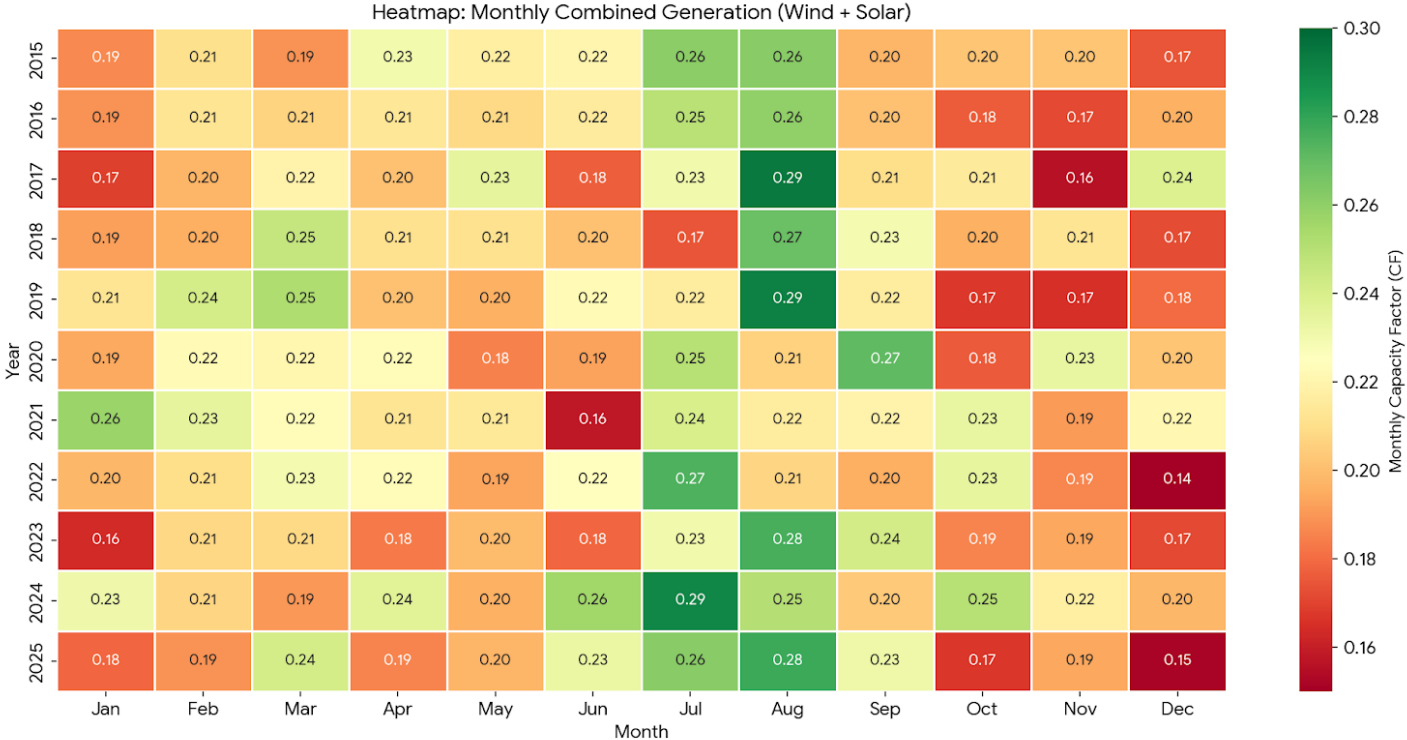
Pagoulatou, P., Mandilaki, E., Iliopoulou, T., Sargentis, G.-F., and Ioannidis, R.: Stochastic Investigation of Solar and Wind Processes for Renewable Energy Storage in Greece, EGU General Assembly 2026, Vienna, Austria, 3–8 May 2026, EGU26-9942, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu26-9942>, 2026.

Πότε παράγουν ρεύμα οι ΑΠΕ? (ωριαίο βήμα)



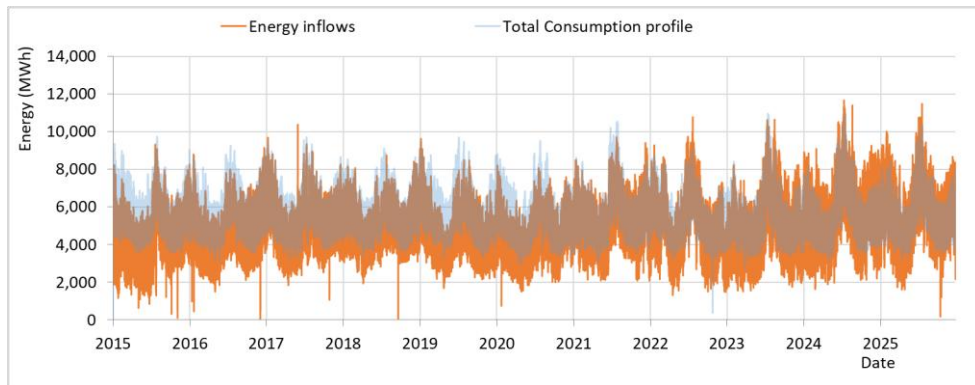
- Η μεγάλη εικόνα είναι ότι μετά το 2021 η παραγωγή ενέργειας άρχισε να φτάνει το προφίλ κατανάλωσης.
- Αν εξετάσουμε μόνο τις ΑΠΕ το προφίλ παραγωγής δείχνει ότι δεν «περισεύουν»
- Η αύξηση των ΑΠΕ θα μπορούσε να δημιουργήσει το πλεόνασμα που θα ρυθμίσαμε.

Πότε παράγουν ρεύμα οι ΑΠΕ? Ενεργειακές ξηρασίες

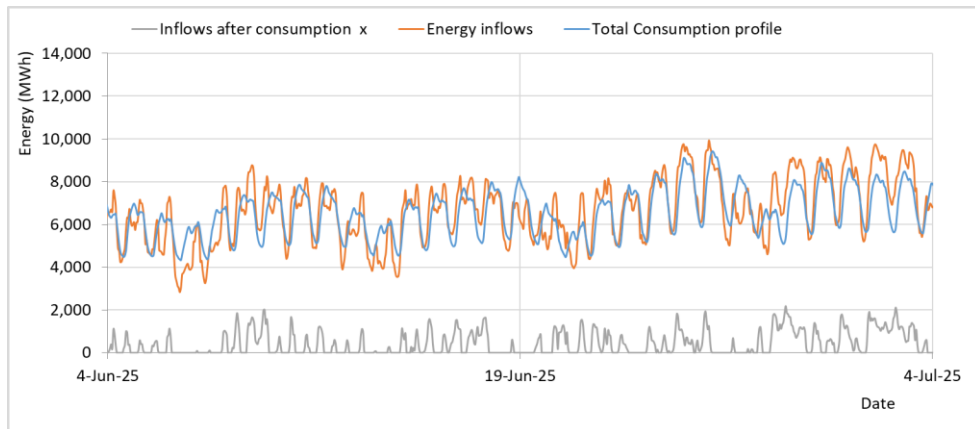


Pagoulatou, P., Mandilaki, E., Iliopoulou, T., Sargentis, G.-F., and Ioannidis, R.: Stochastic Investigation of Solar and Wind Processes for Renewable Energy Storage in Greece, EGU General Assembly 2026, Vienna, Austria, 3–8 May 2026, EGU26-9942, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu26-9942>, 2026.

Πως λειτούργησε το σύστημα 2015-2025

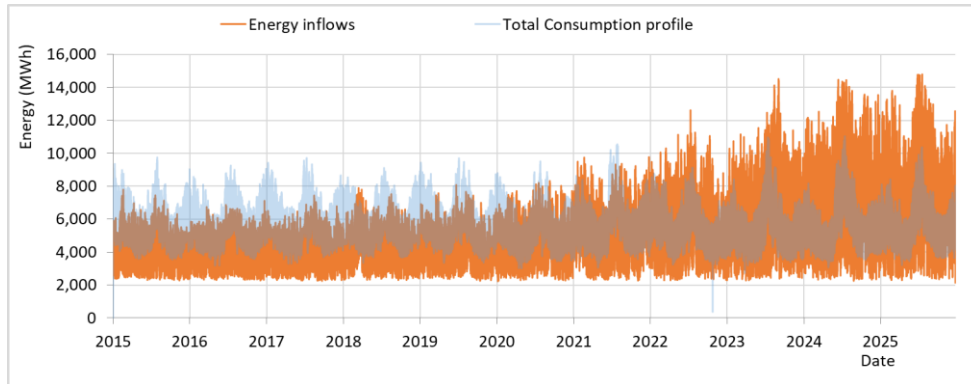


Το 2025, το σύστημα καλύπτει τις ανάγκες του το 63% του χρόνου και μετά αστοχεί. Τις ελλείψεις (που είναι πολλές) τις καλύπτουμε από εισαγόμενο ρεύμα.

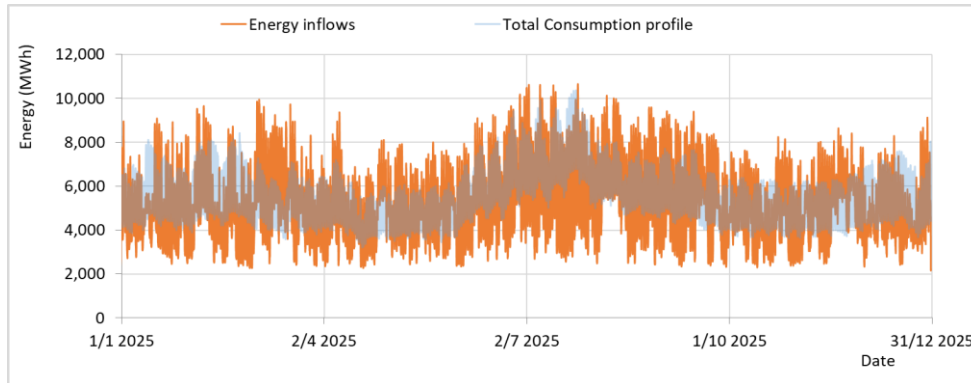


Το 2025 το σύστημα δεν μπορεί να αποθηκεύσει όλη την ενέργεια που παράγεται. Το μοντέλο δείχνει ότι πετιόνται 3.62 TWh αλλά εκτιμάται ότι πετάξαμε μόνο 1.82 TWh. Με απλά λόγια, θα πετάγαμε την διπλάσια ενέργεια αλλά καταφέραμε να πουλήσουμε τη μισή.

Τογ model 2015-2025 με εγχώριους πόρους

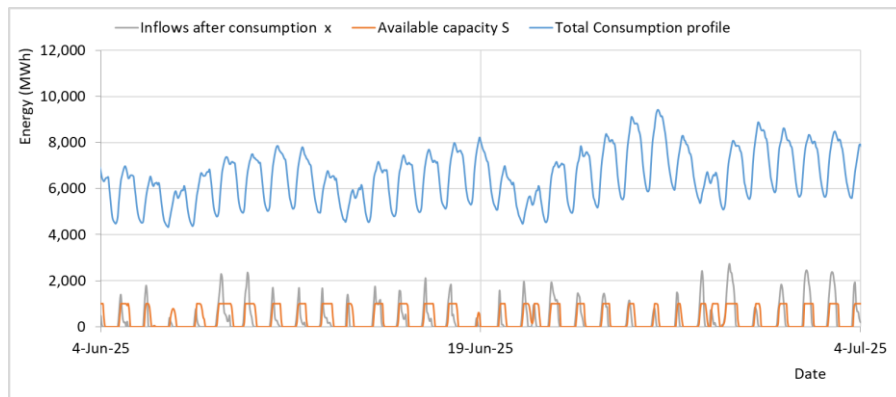
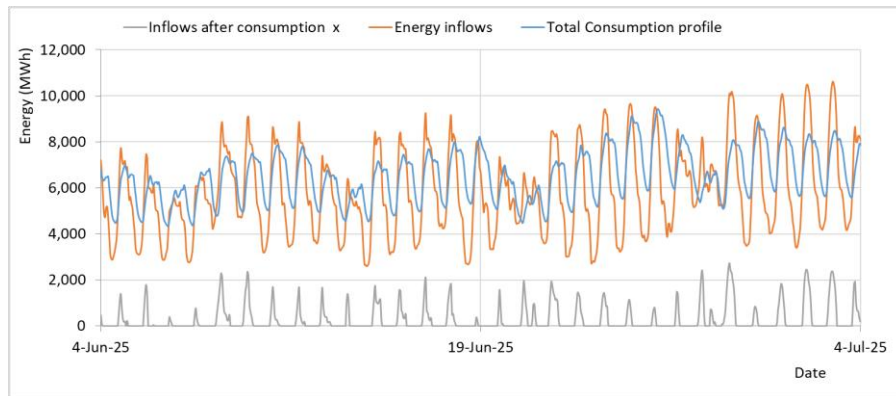


Το σύστημα λειτουργεί μόνο με εγχώριους φυσικούς πόρους (εγκατεστημένες λιγνιτικές μονάδες που υπάρχουν σήμερα, 2200 MW με το ίδιο προφίλ παραγωγής των Υ/Η που αγωνίζονται να σταθεροποιήσουν το σύστημα όπως αυτό λειτούργησε από το 2015 μέχρι σήμερα).



Το 2025 το σύστημα θα κάλυπτε τις ανάγκες **μόνο το 33%** του συνολικού χρόνου

Του model 2015-2025 με εγχώριους πόρους

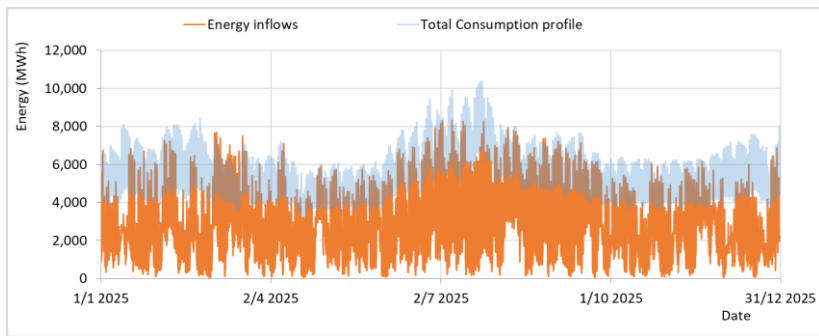
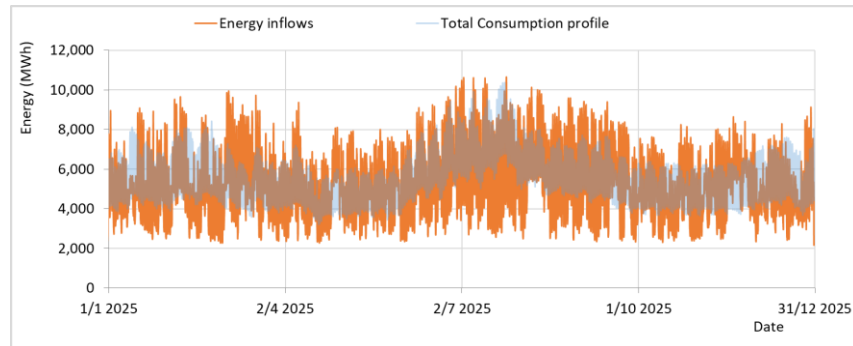


Για να πετύχουμε κάποια ουσιαστική αξιοπιστία στο σύστημα από εγχώριους πόρους, έχουμε δύο δυνατότητες:

1. Να γίνουν μεγάλες επενδύσεις και αποκατάσταση των λιγνιτικών εργοστασίων που θα απαιτήσει μεγάλο βάθος χρόνου.
2. Να εγκατασταθούν επιπλέον ΑΠΕ που θα δώσουν το απαιτούμενο πλεόνασμα για να λειτουργήσουν αποτελεσματικά τα έργα αποθήκευσης.

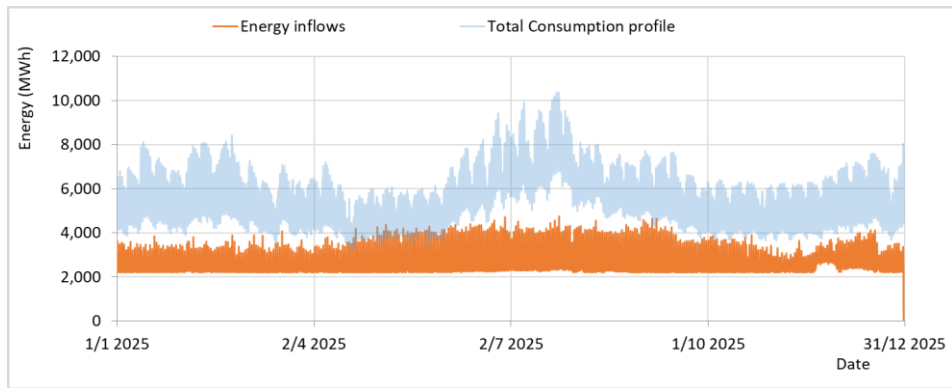
Toy model 2025

Με τις ΑΠΕ, τον λιγνίτη και τα Υ/Η που έχουμε σήμερα, θα είχαμε ρεύμα περίπου το 40% του χρόνου.



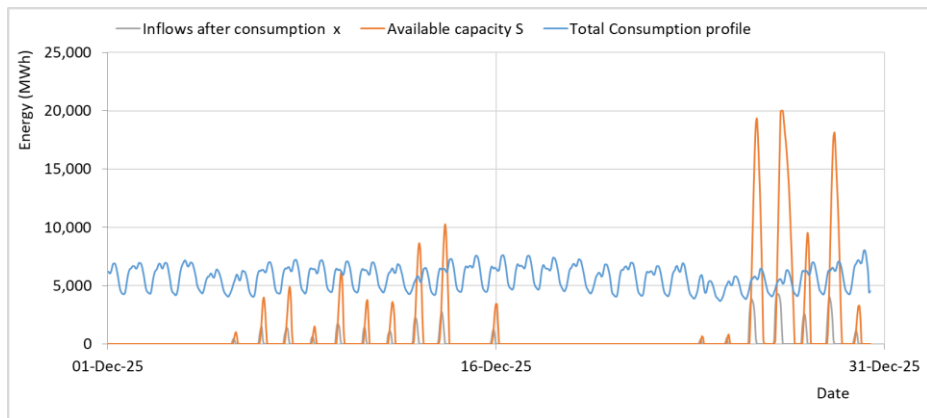
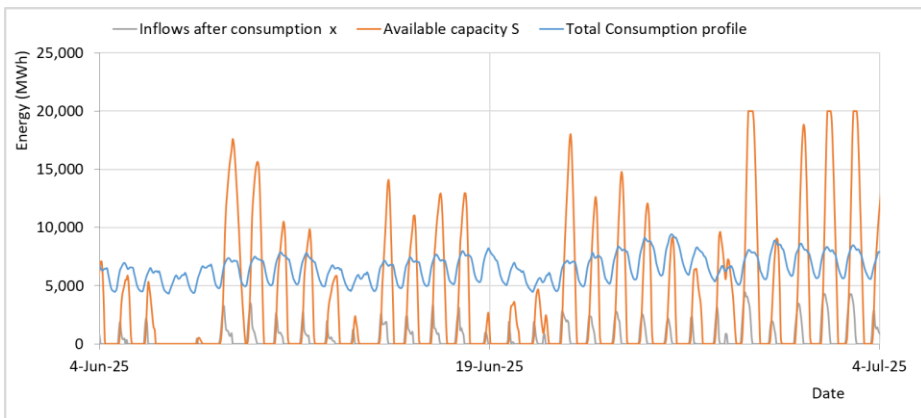
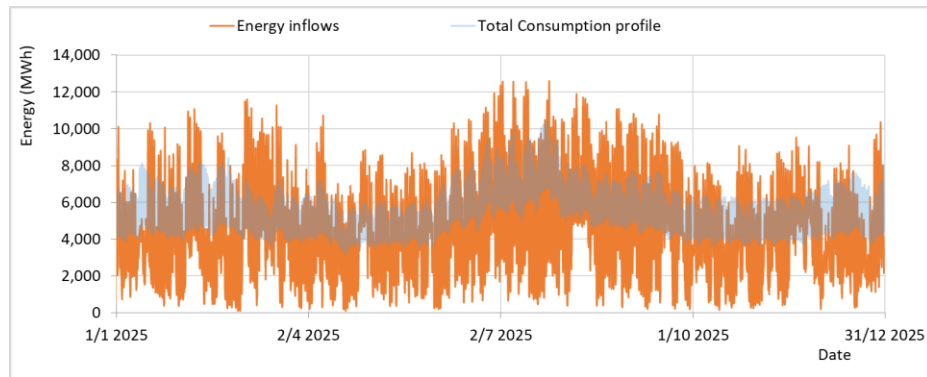
Μόνο με τις ΑΠΕ που έχουμε σήμερα θα είχαμε ρεύμα το 5% του χρόνου.

Μόνο με τον λιγνίτη και τα Υ/Η, (τα Υ/Η με το προφίλ που λειτούργησαν το 2025) δεν θα είχαμε καθόλου ρεύμα (δεν επαρκούν για να καλύψουν τις ανάγκες).



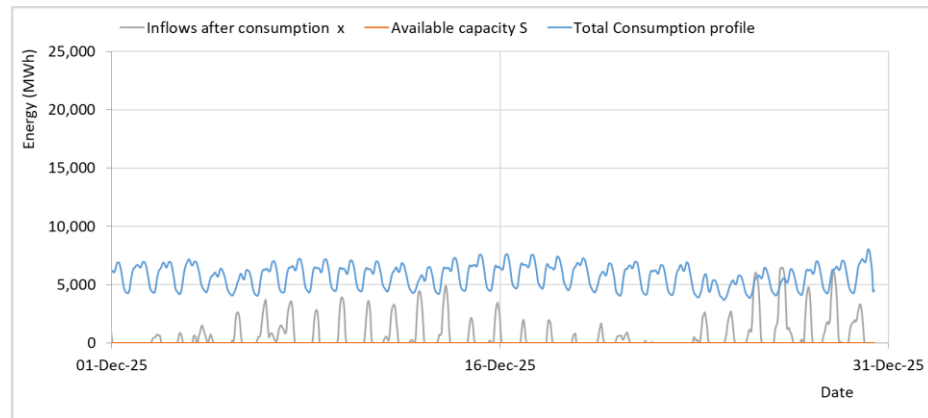
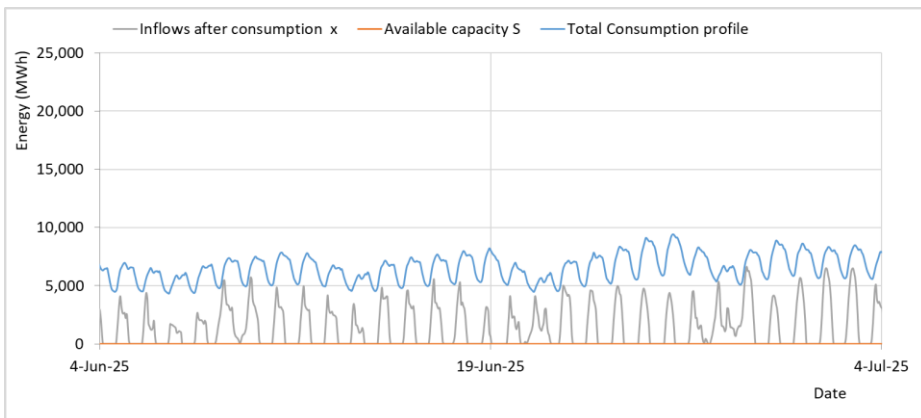
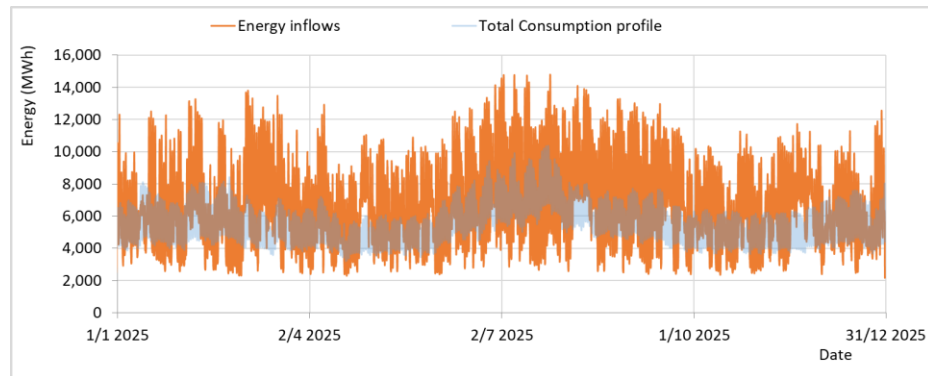
Τογ model 2025

Αν είχαμε 1.5 φορές περισσότερες ΑΠΕ από τις ΑΠΕ που έχουμε σήμερα, με το ενεργειακό μίγμα με τα Υ/Η αλλά **χωρίς τον λιγνίτη** και με ένα εύλογο σύστημα αποθήκευσης 20 GWh **θα είχαμε ρεύμα το 43% του χρόνου**



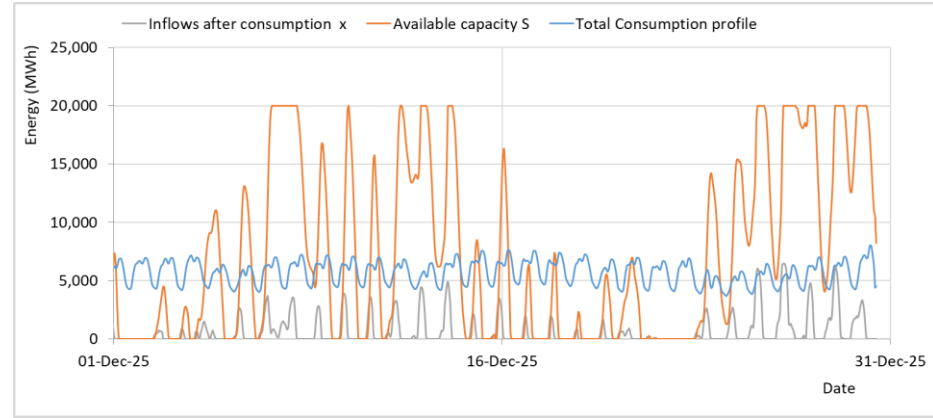
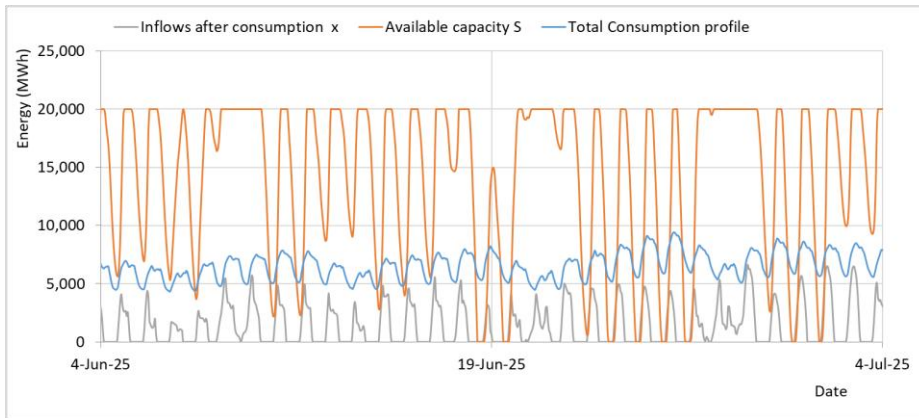
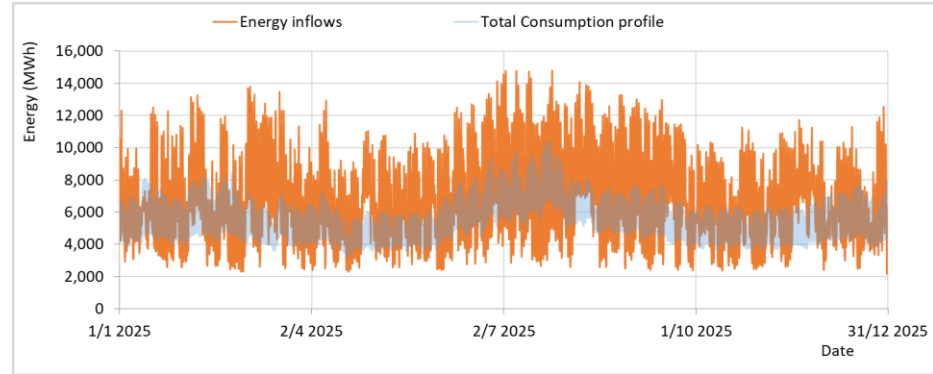
Τογ model 2025

Αν είχαμε 1.5 φορές περισσότερες ΑΠΕ από τις ΑΠΕ που έχουμε σήμερα, με το ενεργειακό μίγμα που θα συμμετείχε ο λιγνίτης και τα Υ/Η και χωρίς σύστημα αποθήκευσης θα είχαμε ρεύμα το **58%** του χρόνου.

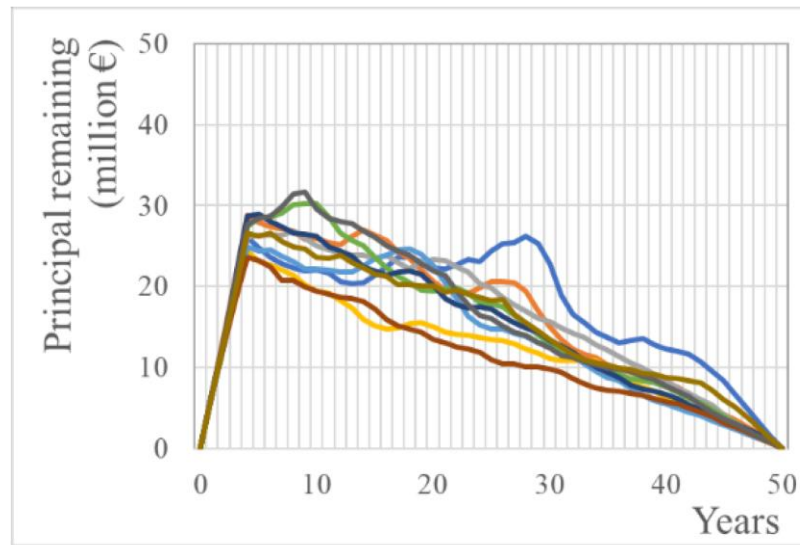
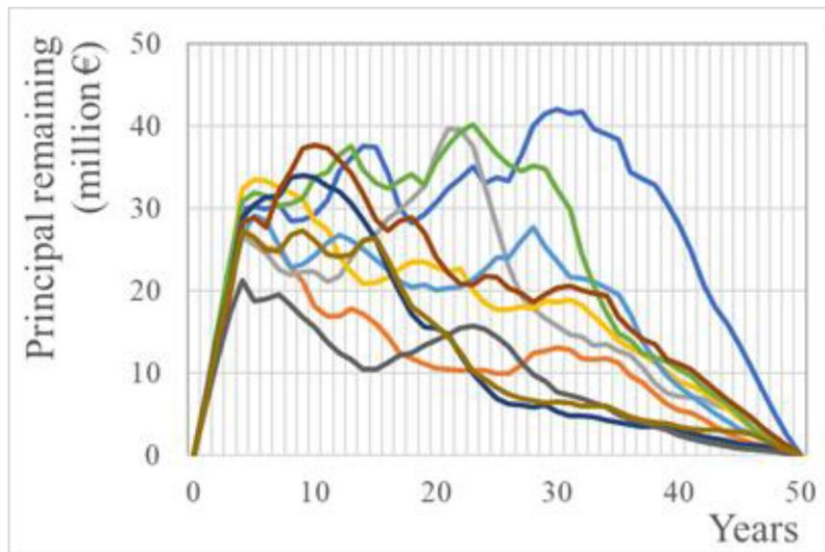


Τογ model 2025

Αν είχαμε 1.5 φορές περισσότερες ΑΠΕ από τις ΑΠΕ που έχουμε σήμερα, με το ενεργειακό μίγμα που θα συμμετείχε ο λιγνίτης και τα Υ/Η και με ένα εύλογο σύστημα αποθήκευσης 20 GWh θα είχαμε ρεύμα το **85%** του χρόνου.



Αποθήκευση? Πόση, πως, πότε?



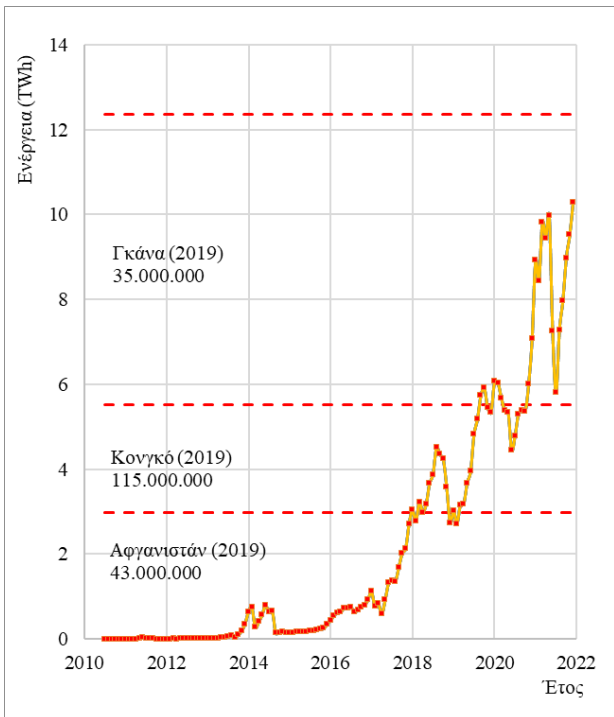
Στοχαστική εκτίμηση του κεφαλαίου που απομένει για την κατασκευή ενός μεγάλου έργου χρησιμοποιώντας συνθετικές χρονοσειρές που δημιουργήθηκαν (α) από δεδομένα από το 1907-1956 για το Ηνωμένο Βασίλειο και (β) από δεδομένα από το 1961-2014 για το Ηνωμένο Βασίλειο

«... σήμερα ζούμε χωρίς κατευθύνουσα ιδέα αλλά και χωρίς την αποδεικτική μέθοδο της συνειδητής επαγωγής. Δοκιμάζουμε στην τύχη σαν μαϊμούδες.»

R. Musil (1880-1942) Ο άνθρωπος χωρίς ιδιότητες

Ιεραρχώντας τις προτεραιότητες

Bitcoin



Europe's Data Centre Surge

Scale, Speed & Grid Stress | Sources: IEA (EV Outlook 2025, Electricity 2026) & Ember Energy (Grids for Data Centres, 2025)

96 TWh

EU electricity
consumed 2024
3% of all EU power

236 TWh

Projected
by 2035
↑ 146% in one decade

7-10 yrs

Grid connection
wait in FLAP-D
Frankfurt · Dublin · Amsterdam

19%

Ireland's share of
national grid
Highest in Europe

New Electricity Demand by Category (TWh)



Why This Matters for the Grid

Grid Congestion Crisis

Amsterdam & Dublin have paused new connections. Frankfurt's queue stretches past 2030. EU grid congestion cost €4.3bn in 2024 (IEA/ACER).

Spatial Concentration

FLAP-D hubs hold >50% of EU capacity yet cover tiny geographic footprints — local grids face extreme, concentrated load.

EU Policy Response

AI Continent Action Plan (April 2025) targets tripling of EU data centre capacity within 5-7 years.

Investment Migration

Developers pivoting to Nordics, Poland & Southern Europe where grid headroom and renewable energy are available.

AtkinsRéalis

Κουτσογιάννης Δ., Σαργέντης Γ.-Φ., Αδιέξοδα της αυτοκρατορίας της αγοράς, *Ακηδεμόνευτοι Στοχασμοί – Στη Μνήμη του Θεμιστοκλή Ξανθόπουλου, Πρύτανη ΕΜΠ 1997-2003*, επιμέλεια Δ. Κουτσογιάννης, Ν. Λαγαρός και Α.Γ. Μπουντουβής, 99–123, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2024.

Αναφορές (1)

1. Arvanitidis, I. and Sargentis, G.-F.: Spatial Indicators of Dynamic Self-Sufficiency and Resilience in the Water–Energy–Food Nexus. Case study: Small Rural Village in North Euboea, Greece, EGU General Assembly 2026, Vienna, Austria, 3–8 May 2026, EGU26-14761, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu26-14761>, 2026.
2. Koutsoyiannis, D. Scale of water resources development and sustainability: Small is beautiful, large is great, Hydrological Sciences Journal, 56 (4), 553–575, 2011. <https://doi.org/10.1080/02626667.2011.579076>
3. Markantonis, D.; Sargentis, G.-F.; Dimitriadis, P.; Iliopoulou, T.; Siganou, A.; Moraiti, K.; Nikolinakou, M.; Meletopoulos, I.T.; Mamassis, N.; Koutsoyiannis, D. Stochastic Evaluation of the Investment Risk by the Scale of Water Infrastructures—Case Study: The Municipality of West Mani (Greece). World 2023, 4, 1-20. <https://doi.org/10.3390/world4010001>
4. Pagoulatou, P., Mandilaki, E., Iliopoulou, T., Sargentis, G.-F., and Ioannidis, R.: Stochastic Investigation of Solar and Wind Processes for Renewable Energy Storage in Greece, EGU General Assembly 2026, Vienna, Austria, 3–8 May 2026, EGU26-9942, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu26-9942>, 2026.
5. Saperopoulou, D., Kouzelis, V., Sargentis, G.-F., Efstratiadis, A., and Tepetidis, N.: Social prosperity and natural resource management: Stochastic evaluation of two operational paradigms of pumped-storage hydropower in North Euboea under renewable energy integration and energy market dynamics, EGU General Assembly 2026, Vienna, Austria, 3–8 May 2026, EGU26-8099, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu26-8099>, 2026.
6. Sargentis G.-F.; Markantonis D. Water-energy-food nexus and its stochastic dynamics: case study Greece. Discover Sustainability, Springer-Nature, 2024, 5, 511. <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00751-z>
7. Sargentis G.-F.; Ioannidis R.; Dimitriadis,P.; Malamos N.; Lyra O.; Kitsou O.; Kougkia M.; Mamassis N.; Koutsoyiannis D. Energy Self-Sufficiency in Rural Areas, Case Study: North Euboea, Greece. Advances in Environmental and Engineering Research, 2024, 2766-6190. <https://doi.org/10.21926/aeer.2404025>
8. 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. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6785733>

Αναφορές (2)

9. Sargentis G.-F.; Kougkia M. Vulnerabilities of water-energy and food nexus in cities of digital era. *Insight - Civil Engineering*. 2024, 7(1): 608. <https://doi.org/10.18282/ice.v7i1.608>
10. Sargentis, G.-F. Fragility in Human Progress. A Perspective on Governance, Technology and Societal Resilience Front. *Complex Systems* 2025. <https://doi.10.3389/fcpxs.2025.1609467>
11. Sargentis G.-F.; Ioannidis R.; Mamassis N.; Zoukos V.; Koutsoyiannis D. A Review of the Energy Policy in Greece in the Last 50 Years and Its Implications for Prosperity. *Clean Energy and Sustainability* 2024, 2, 10021. <https://doi.org/10.70322/ces.2024.10021>
12. Sargentis, G.-F.; Koutsoyiannis, D. The Function of Money in Water–Energy–Food and Land Nexus. *Land* 2023, 12, 669. <https://doi.org/10.3390/land12030669>
13. 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>
14. Sargentis G.-F.; Papadodimas N.; Benekos I.; Katsoulakos N.M.; Dimitriadis P.; Tepetidis N.; Ioannidis R.; Arvanitidis I.; Angelidis M.-A.; Saperopoulou D.; Laoutaris G.-D.; Marvelakis M.; Amiralis O.-I.; Markantonis D.; Alexandridou A.; Mamassis N.; Koutsoyiannis D. Stochastic Assessment of Renewable Energy Reliability: A Case Study of North Euboea, Greece. *Journal of Energy and Power Technology* 2026; 8(2): 008; <http://dx.doi.org/10.21926/jept.2602008>.
15. Zisos, A; Sakki G.-K.; Efstratiadis A., Mixing renewable energy with pumped hydropower storage: Design optimization under uncertainty and other challenges, *Sustainability* 2023, 15 (18), 13313, doi:10.3390/su151813313.
16. Κουτσογιάννης Δ., Σαργέντης Γ.-Φ., Αδιέξοδα της αυτοκρατορίας της αγοράς, *Ακηδεμόνευτοι Στοχασμοί – Στη Μνήμη του Θεμιστοκλή Ξανθόπουλου, Πρύτανη ΕΜΠ 1997-2003*, επιμέλεια Δ. Κουτσογιάννης, Ν. Λαγαρός και Α.Γ. Μπουντουβής, 99–123, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2024.