



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΧΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ
ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Π.Μ.Σ. ΑΣΤΙΚΕΣ ΑΝΑΠΛΑΣΕΙΣ ΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ
ΚΑΙ ΑΓΟΡΑ ΑΚΙΝΗΤΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΧΕΡΣΑΙΟΥ
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΣΤΟ ΔΗΜΟ Η.Π.
ΝΑΟΥΣΑΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΚΑΙ
ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

ΚΥΡΙΑΚΙΔΟΥ ΕΛΕΝΗ
Α.Μ.: Μ11110321002

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΚΑΛΛΙΩΡΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΒΟΛΟΣ, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2023

UNIVERSITY OF THESSALY
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF PLANNING AND
REGIONAL DEVELOPMENT

MASTER'S THESIS

ONSHORE PHOTOVOLTAIC FARM SITING IN THE
MUNICIPALITY OF H.C. NAOUSAS USING
GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS AND
MULTI-CRITERIA ANALYSIS

KYRIAKIDOU ELENI
R.N.: M11110321002

SUPERVISOR
PROFESSOR KALLIORAS DIMITRIOS

VOLOS, JANUARY 2023

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή μου, κύριο Καλλιώρα Δημήτριο, για την υποστήριξή του στην εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας, καθώς επίσης και τον Δήμο Νάουσας και τον Δήμαρχο Νάουσας κύριο Καρανικόλα Νικόλα, για τις πληροφορίες, τα δεδομένα και την βοήθεια που μου παρείχε.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	3
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	6
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ	7
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	8
ABSTRACT	9
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
Α΄ ΜΕΡΟΣ: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	14
1.1 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	14
1.2 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΕΡΓΕΙΑ.....	18
1.3 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	22
1.4 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	27
1.5 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ-ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ... 31	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΔΗΜΟΙ.....	33
2.1. ΔΗΜΟΙ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΤΑΒΑΣΗ	33
2.2. ΔΗΜΟΙ ΚΑΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	38
3.1 ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (MULTI-CRITERIA ANALYSIS)	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΦΟΡΟΡΙΩΝ (GIS)	40
4.1 ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ	40
Β' ΜΕΡΟΣ: ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ Η.Π. ΝΑΟΥΣΑΣ	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΔΗΜΟΥ Η.Π. ΝΑΟΥΣΑΣ.....	43
1.1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ-ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	43
1.2. ΟΙΚΙΣΤΙΚΗ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ-ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	49
1.3.ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	53
1.4. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	55
1.6. ΔΗΜΟΣ Η.Π. ΝΑΟΥΣΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΡΟΤΑΣΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ	61
2.1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ.....	61
2.2. 1 ^Η ΦΑΣΗ: ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΣ ΑΣΥΜΒΑΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΚΑΙ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΠΙΘΑΝΩΝ ΘΕΣΕΩΝ	62
2.3. 2 ^Η ΦΑΣΗ: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΙΘΑΝΩΝ ΘΕΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ	70
Γ' ΜΕΡΟΣ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	76
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	76

3.1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΘΟΔΩΝ	76
3.2. ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΗΣ.....	89
3.3. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ	90
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	93
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	95
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	102
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΡΤΩΝ.....	102
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΕΙΚΟΝΩΝ	113

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Εθνικοί ενεργειακοί και περιβαλλοντικοί στόχοι για την περίοδο 2021-2030, στο πλαίσιο των Ευρωπαϊκών πολιτικών

Πίνακας 2: Διοικητική διάρθρωση Δήμου Η.Π. Νάουσας

Πίνακας 3: Νόμιμος πληθυσμός Δήμου Η.Π. Νάουσας, 2021

Πίνακας 4: Μόνιμος πληθυσμός Δήμου Η.Π. Νάουσας

Πίνακας 5: Κριτήρια αποκλεισμού

Πίνακας 6: Κριτήρια αξιολόγησης

Πίνακας 7: Πίνακας δυαδικής σύγκρισης κριτηρίων της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας

Πίνακας 8: Κλίμακα αξιολόγησης 9 βαθμών του Saaty

Πίνακας 9: Τιμές RI

Πίνακας 10: Πίνακας σύγκρισης κριτηρίων κατά ζεύγη

Πίνακας 11: Κανονικοποιημένος πίνακας σύγκρισης κατά ζεύγη

Πίνακας 12: Βάρη κριτηρίων

Πίνακας 13: Υπολογισμός Διανυσμάτων προτεραιότητας

Πίνακας 14: Υπολογισμός του λόγου των διανυσματικών προτεραιοτήτων προς τα βάρη των κριτηρίων

Πίνακας 15: Χαρακτηριστικά πιθανών θέσεων ως προς τα κριτήρια αξιολόγησης

Πίνακας 16: Κανονικοποιημένος Πίνακας Κριτηρίων Αξιολόγησης

Πίνακας 17: Σταθμισμένος κανονικοποιημένος πίνακας

Πίνακας 18: Θετικές και αρνητικές ιδεατές λύσεις

Πίνακας 19: Ευκλείδεια απόσταση των πιθανών θέσεων από την θετική και αρνητική ιδεατή λύση

Πίνακας 20: Κατάταξη εναλλακτικών θέσεων

Πίνακας 21: Ενδεικτικό κοστολόγιο φωτοβολταϊκού σταθμού

Πίνακας 22: Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του Δήμου Η.Π. Νάουσας, έτους 2021

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

- Χάρτης 1:** Εμπορικές κινήσεις ενέργειας 2021
- Χάρτης 2:** Παγκόσμια Οριζόντια Ακτινοβολία στην Ελλάδα
- Χάρτης 3:** Άμεση Κανονική Ακτινοβολία στην Ελλάδα
- Χάρτης 4:** Δήμος Η.Π. Νάουσας στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας
- Χάρτης 5:** Ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο Δήμου Η.Π. Νάουσας
- Χάρτης 6:** Περιοχή Natura 2000-Περιοχή Φυσικού Κάλλους στον Δήμο Η.Π. Νάουσας
- Χάρτης 7:** Ηλιακό δυναμικό- Global Horizontal Irradiation, Δήμος Η.Π. Νάουσας
- Χάρτης 8:** Καλύψεις γης, Δήμος Η.Π. Νάουσας
- Χάρτης 9:** Δημοτικές Ενότητες Δήμου Η.Π. Νάουσας
- Χάρτης 10:** Δομικό Σχέδιο Χωρικής Οργάνωσης, Γ.Π.Σ. Δήμου Νάουσας
- Χάρτης 11:** Ζώνες Οικιστικού Ελέγχου Νάουσας
- Χάρτης 12:** Δομικό Σχέδιο Χωρικής Οργάνωσης, Σ.Χ.Ο.Ο.Α.Π. Δ.Ε. Ειρηνούπολης
- Χάρτης 13:** Χάρτης ηλιοφάνειας Δήμου Η.Π. Νάουσας
- Χάρτης 14:** Ζώνη αποκλεισμού από το οδικό δίκτυο
- Χάρτης 15:** Ζώνες αποκλεισμού από τους οικισμούς
- Χάρτης 16:** Ζώνες αποκλεισμού από τους αρχαιολογικούς χώρους
- Χάρτης 17:** Ζώνη αποκλεισμού από το καταφύγιο άγριας ζωής
- Χάρτης 18:** Περιοχές αποκλεισμού βάσει ηλιοφάνειας
- Χάρτης 19:** Περιοχές αποκλεισμού βάσει κλίσης
- Χάρτης 20:** Ζώνες αποκλεισμού των κριτηρίων 3,4,5,6
- Χάρτης 21:** Άγονες περιοχές
- Χάρτης 22:** Πιθανές εναλλακτικές θέσεις χωροθέτησης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ενεργειακή κρίση και η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας, έχουν μετατραπεί σε ζητήματα μείζονος ανησυχίας για τις σύγχρονες κοινωνίες και τους πολίτες. Αντίστοιχα και οι εκπρόσωποι των Ο.Τ.Α., τοποθετούν τα συγκεκριμένα ζητήματα πολύ ψηλά στην ατζέντα για την ανάπτυξη των Δήμων τους. Καθώς η διάθεση των συμβατικών ορυκτών καυσίμων μειώνεται και παράλληλα οι αρνητικές τους επιπτώσεις γίνονται όλο και πιο εμφανείς, η ανάγκη εισχώρησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα γίνεται όλο και πιο επιτακτική. Για τους ελληνικούς Δήμους που υπερτερούν έναντι άλλων σε ηλιακό δυναμικό, η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας αποτελεί μια αποτελεσματική λύση προς την κατεύθυνση της ενεργειακής αυτάρκειας.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής διατριβής, είναι η παρουσίαση ενός ολοκληρωμένου, μεθοδολογικά, σχεδίου χωροθέτησης φωτοβολταϊκού συστήματος στον Δήμο Η.Π. Νάουσας. Η μεθοδολογική προσέγγιση περιλαμβάνει τη χρήση των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) και της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης, την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού σταθμού καθώς και τον υπολογισμό της ετήσιας παραγωγής ενέργειας και τη συμβολή της στην ενεργειακή κατανάλωση του Δήμου.

Λέξεις κλειδιά: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), ηλιακή ενέργεια, φωτοβολταϊκά συστήματα, Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS), Πολυκριτηριακή Ανάλυση, Δήμος Η.Π. Νάουσας

ABSTRACT

The energy crisis and the increasing demands for energy, have become major concerns for modern societies and citizens. Similarly, the representatives of the local authorities place these issues very high on the agenda for the development of their municipalities. As traditional fossil fuels become scarce and their negative impact on the environment becomes more apparent, the need for renewable energy sources is becoming increasingly urgent. For the Greek Municipalities that excel over others in terms of solar potential, the use of solar energy is an effective solution towards energy self-sufficiency. The purpose of this master thesis is the presentation of a methodologically integrated plan for the siting of a photovoltaic system in the Municipality of Heroic City of Naousa. The process includes the use of Geographic Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Analysis, the installation of the photovoltaic plant as well as the calculation of electricity and its contribution to the Municipality's energy consumption.

Keywords: Renewable Energy Sources (RES), solar energy, photovoltaic systems, Geographic Information Systems (GIS), Multi-Criteria Analysis, Municipality of Heroic City of Naousa

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κύριος σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη και η εφαρμογή μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης για την ορθή χωροθέτηση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου με σκοπό την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του Δήμου Ηρωικής πόλης Νάουσας.

Η επιλογή της ηλιακής ενέργειας έναντι των υπολοίπων μορφών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), πραγματοποιήθηκε βάσει των δεδομένων ηλιοφάνειας της Ελλάδας (από τις πρώτες χώρες σε ετήσιο αριθμό ημερών ηλιοφάνειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση). Σημαντικό παράγοντα για την επιλογή της περιοχής μελέτης αποτέλεσε το ερώτημα κατά πόσο ο γενικευμένος μέσος όρος της ηλιακής ακτινοβολίας ισχύει για έναν ορεινό Δήμο της βόρειας Ελλάδας όπως αυτός της Νάουσας. Η επιλογή του Δήμου της Νάουσας βασίστηκε στο μέγεθος και τα φυσικά χαρακτηριστικά του Δήμου αφού είναι ο μεγαλύτερος ορεινός Δήμος της χώρας, ενώ το ανάγλυφο της περιοχής εκτείνεται με έντονες διακυμάνσεις και κλίσεις από υψόμετρο 2.000 μ. έως μηδενικό υψόμετρο.

Βασικές παράμετροι της έρευνας υπήρξαν τόσο οι σημερινές ενεργειακές ανάγκες του Δήμου όσο και η προβολή στα επόμενα έτη αντικατοπτρίζοντας την ενεργειακή μετάβαση σε μία πράσινη παραγωγή ενέργειας.

Τέλος, το θέμα έρχεται να αντιμετωπίσει τόσο κλασσικά ερωτήματα παραγωγής ενέργειας όσο και σύγχρονες απαιτήσεις των σημερινών κοινωνιών.

Άλλωστε οι σύγχρονες πόλεις, έρχονται καθημερινά αντιμέτωπες με ποικίλες προκλήσεις και κινδύνους, οι οποίοι επηρεάζουν την ανθεκτικότητά τους:

- οικονομική αστάθεια,
- ενεργειακή κρίση και κλιματική αλλαγή,
- κοινωνικοί προβληματισμοί κ.α.

Ειδικότερα, δε, η κλιματική αλλαγή, είναι μια εκ των μεγαλύτερων προκλήσεων της σημερινής εποχής, τα αποτελέσματα της οποίας μειώνουν την δυνατότητα όλων των κρατών και των πόλεων να επιτύχουν μια βιώσιμη ανάπτυξη.

Εξίσου σημαντικό ζήτημα, αποτελεί και η ενέργεια, στην οποία τα τελευταία χρόνια έχουν στραφεί τόσο ο εθνικός, όσο και ο Παγκόσμιος Στρατηγικός και Αναπτυξιακός Σχεδιασμός.

Ένα από τα μεγαλύτερα ερωτήματα που καλούνται να απαντήσουν σήμερα οι πόλεις, είναι ο τρόπος παραγωγής ενέργειας σε σχέση με τις ολοένα αυξανόμενες ανάγκες τους. Τα συνεχώς και εκθετικά αυξανόμενα ποσά ενέργειας που καταναλώνουν οι σημερινές κοινωνίες για την κάλυψη όλων των ειδών των αναγκών τους, οδηγούν σταδιακά στην εξάντληση των συμβατικών καυσίμων και κατά συνέπεια στην αναζήτηση νέων μορφών παραγωγής ενέργειας.

Η εκμετάλλευση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, της ενέργειας δηλαδή η οποία προέρχεται από φυσικές και ανεξάντλητες πηγές, όπως είναι ο ήλιος ή ο άνεμος, αποτελεί στην παρούσα φάση το κλειδί για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και των επιπτώσεών της, αλλά και μέρος της λύσης στο ζήτημα της ενεργειακής κρίσης.

Με την πάροδο των χρόνων, η ζήτηση και η κατανάλωση της ενέργειας αυξάνονται με ταχύτατους ρυθμούς. Χαρακτηριστικό αποτελεί το γεγονός ότι η παγκόσμια ζήτηση ενέργειας το 2021, αυξήθηκε κατά 5,8% συγκριτικά με το 2020, ξεπερνώντας κατά 1,3% τα επίπεδα του 2019, πριν την πανδημία του κορονοϊού όπου τα επίπεδα κατανάλωσης ενέργειας, είχαν μειωθεί σημαντικά (bp Statistical Review of World Energy, 2022).

Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την μακροχρόνια εξάρτηση των χωρών και ειδικότερα της Ελλάδος από τα ορυκτά καύσιμα, όπως ο λιγνίτης και το πετρέλαιο, καθιστούν επιτακτική την ανάγκη εισχώρησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο ενεργειακό σύστημα της κάθε χώρας.

Τόσο οι κατευθυντήριες γραμμές και οι στόχοι για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη που έχουν δοθεί από τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών με την Ατζέντα 2030, όσο και η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία που αποτελεί τον οδικό χάρτη για μία κλιματική ουδετερότητα μέχρι το 2050, συνθέτουν τους οδηγούς για την ενεργειακή μετάβαση της χώρας. Η Ελλάδα, εναρμονίζεται πλήρως με αυτές τις κατευθύνσεις και έχοντας ως πυξίδα το δικό της Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα, χτίζει τα θεμέλια για την εθνική της στροφή προς ένα πιο καθαρό και πράσινο μέλλον.

Έχει καταστεί λοιπόν σαφές, ότι ένα από τα βασικότερα ζητήματα που απασχολεί και θα συνεχίσει να απασχολεί τις επόμενες δεκαετίες τις κοινωνίες, είναι το ζήτημα της ενέργειας. Σε αυτήν την προσπάθεια εφαρμογής των εθνικών κατευθύνσεων, οι Δήμοι έχουν πρωταγωνιστικό ρόλο, δεδομένου ότι αποτελούν τη γέφυρα μεταξύ του κεντρικού κράτους και της κοινωνίας των πολιτών. Η εφαρμογή των μέτρων και δράσεων για να επιτευχθεί η ενεργειακή μετάβαση, ξεκινάει από την κλίμακα των οργανισμών τοπικής αυτοδιοίκησης. Οι Δήμοι σήμερα επιδιώκουν την μείωση του κόστους κατανάλωσης της ενέργειας τους, ενώ ταυτόχρονα αντίστοιχος είναι ο στόχος της μεγαλύτερης δυνατής εξοικονόμησης αλλά και παραγωγή ενέργειας, με απώτερο σκοπό την μετάβαση σε ενεργειακά ουδέτερες κοινωνίες.

Στην παρούσα εργασία, θα μελετηθεί η περίπτωση του Δήμου Νάουσας, ενός ορεινού Δήμου με υψηλές δυνατότητες αξιοποίησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, κυρίως λόγω της γεωμορφολογίας του. Ο Δήμος Νάουσας, όπως και η πλειοψηφία των Δήμων της χώρας, καταναλώνουν τεράστια ποσά ηλεκτρικής ενέργειας κυρίως για την θέρμανση και φωτισμό των δημοτικών κτιρίων, τον οδικό φωτισμό κλπ. Τα κόστη όλης αυτής της ενέργειας, σε συνδυασμό με τη δεινή οικονομική κατάσταση στην οποία βρίσκονται σήμερα οι δήμοι, καθιστούν αναγκαία την εφαρμογή μιας νέας ενεργειακής πολιτικής, με δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας και διείσδυσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο τελικό μίγμα της ηλεκτροπαραγωγής.

Για τον λόγο αυτό, μελετάται σε αυτήν την εργασία μέσω μιας ολοκληρωμένης μεθοδολογικής προσέγγισης, ένα σχέδιο χωροθέτησης φωτοβολταϊκού πάρκου στο Δήμο Νάουσας.

Η παρούσα εργασία διαρθρώνεται σε τρία επιμέρους μέρη.

Στο πρώτο μέρος το οποίο αποτελείται από τρία επιμέρους κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο, πραγματοποιείται μία θεωρητική προσέγγιση του θέματος και τίθενται οι ερευνητικοί στόχοι της εργασίας. Στο επόμενο κεφάλαιο παρατίθενται ενεργειακά ζητήματα που καλούνται να αντιμετωπίσουν σήμερα οι Δήμοι. Τέλος, στο τελευταίο κεφάλαιο του πρώτου μέρους παρουσιάζεται το εργαλείο των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών και ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να αποτελέσει καταλυτικό παράγοντα στη χωροθέτηση έργων ΑΠΕ και συγκεκριμένα φωτοβολταϊκών.

Στο δεύτερο μέρος της εργασίας αναπτύσσεται η εφαρμογή στον Δήμο της Νάουσας. Στο πρώτο κεφάλαιο του δεύτερου μέρους γίνεται μία γεωγραφική καταγραφή του Δήμου δίνοντας όλα τα απαραίτητα στοιχεία και τις πηγές για την ανάπτυξη του μοντέλου χωροθέτησης. Στη συνέχεια με την χρήση των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) χαρτογραφούνται όλα τα απαραίτητα δεδομένα και αναπτύσσεται η μεθοδολογία της εύρεσης βέλτιστης θέσης χωροθέτησης του πάρκου, με τη διαδικασία της πολυκριτηριακής ανάλυσης.

Στο τρίτο και τελευταίο μέρος της εργασίας παρουσιάζονται τα τελικά αποτελέσματα μετά την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου και παρατίθενται τα συμπεράσματα της διατριβής.

Α' ΜΕΡΟΣ: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

1.1 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

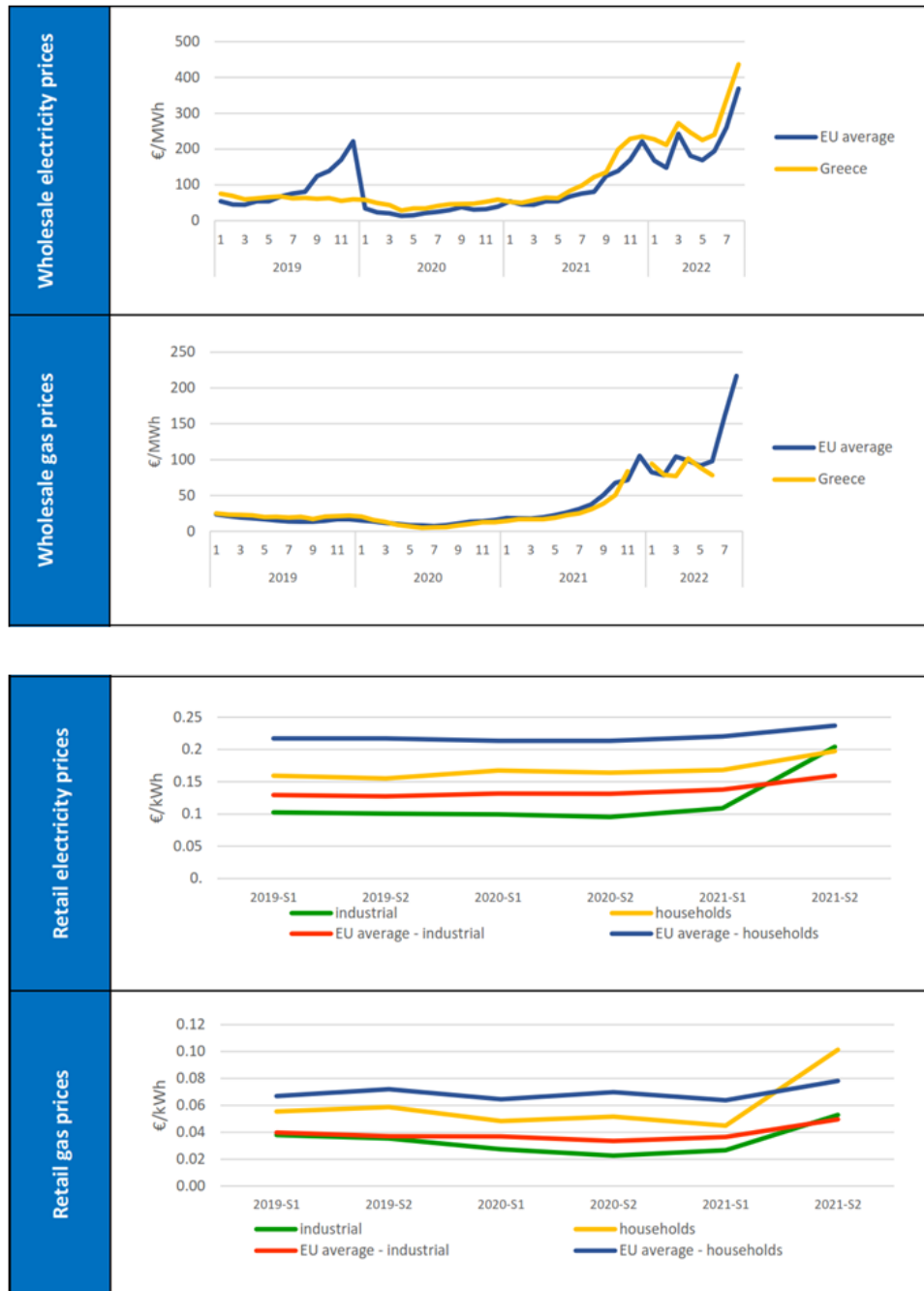
Στις σημερινές κοινωνίες, η ενέργεια είναι μια έννοια η οποία είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την επιβίωση και την ποιότητα ζωής, αλλά και στην οποία στηρίζονται όλων των ειδών οι δραστηριότητες. Το ενεργειακό ζήτημα και η ενεργειακή κρίση, δεν είναι φαινόμενα που δημιουργήθηκαν ξαφνικά. Ήδη από τη δεκαετία του '70 και τις ενεργειακές κρίσεις, δημιουργήθηκε η έννοια του “ενεργειακού προβλήματος” (Ανδρίτσος, 2008).

Η σταδιακή αύξηση του πληθυσμού, σε συνδυασμό με τις ολοένα αυξανόμενες ανάγκες ενέργειας, τις μετακινήσεις, την υγεία και κάθε είδους δραστηριότητα, οδηγούν όλο και περισσότερο στην εξάντληση των συμβατικών καυσίμων. Ως επί το πλείστον για την κάλυψη των παραπάνω αναγκών, χρησιμοποιούνται ορυκτά καύσιμα, όπως ο λιγνίτης, το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο, των οποίων η διαθεσιμότητα είναι πεπερασμένη (μη ανανεώσιμες πηγές). Οι παραγόμενες, από την καύση τους, εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, έχουν καταστροφικές συνέπειες για το περιβάλλον, μεγεθύνοντας το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής και της μόλυνσης του περιβάλλοντος (Παπαδοπούλου, 2018).

Η Ευρώπη καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος των ενεργειακών της αναγκών από εισαγόμενα καύσιμα. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός πως το 2020, το ποσοστό εξάρτησης -δηλαδή το κατά πόσο μια οικονομία βασίζεται σε εισαγωγές για να ικανοποιήσει τις ανάγκες της-, άγγιξε το 60% (Eurostat). Ειδικότερα για την Ελλάδα αλλά και για όλη την Ευρώπη, ο εφοδιασμός καυσίμων όπως το πετρέλαιο ή το φυσικό αέριο, γίνεται πρωτίστως από τη Ρωσία και δευτερευόντως από χώρες όπως η Νορβηγία, οι ΗΠΑ, η Σαουδική Αραβία.

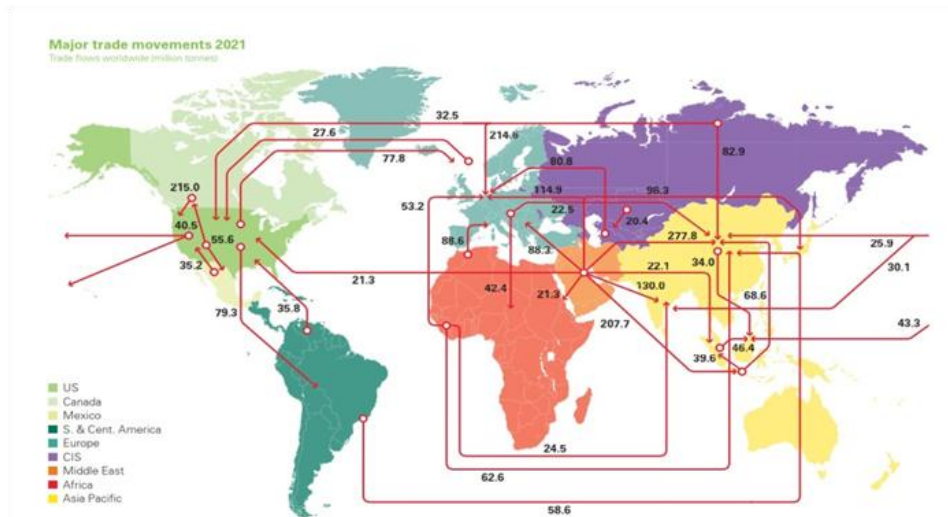
Η εξάρτηση αυτή, αποδεικνύεται ιδιαίτερα επισφαλής, καθώς το ενεργειακό απόθεμα και κατά συνέπεια το κόστος της ενέργειας, εξαρτάται από τρίτους και μη προβλεπόμενους παράγοντες. Ειδικότερα δε μετά τον πόλεμο μεταξύ Ρωσίας και Ουκρανίας, οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας, του φυσικού αερίου και της βενζίνης εκτινάχθηκαν και ο παγκόσμιος κύκλος εφοδιασμού ενέργειας διαταράχθηκε

(B2Green). Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 1), παρουσιάζεται η εκθετική αύξηση τόσο των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας, όσο και φυσικού αερίου, ειδικότερα το διάστημα 2021-2022.



Εικόνα 1: Τιμές ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου

Πηγή: energy.ec.europa.eu



Χάρτης 1: Εμπορικές κινήσεις ενέργειας 2021

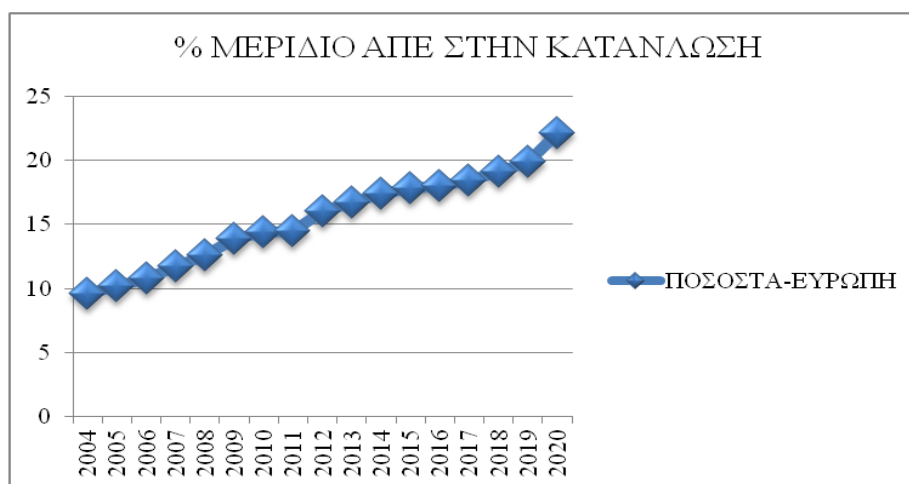
Πηγή: bp Statistical Review of World Energy 2022, 71st edition

Για τον λόγο αυτό έχουν εντατικοποιηθεί, ειδικότερα τα τελευταία χρόνια, προσπάθειες τόσο εξοικονόμησης και ορθολογικής χρήσης της ενέργειας, όσο και αναζήτησης νέων τρόπων παραγωγής της (Βοριαζίδης, 2018). Η παραγωγή ενέργειας που προέρχεται από πηγές όπως ο ήλιος, ο αέρας, η γη και το νερό, οι οποίες είναι πρακτικά ανεξάντλητες ή ανανεώνονται με εξαιρετικά γρήγορους ρυθμούς, παίζει καθοριστικό ρόλο προς την κατεύθυνση της αειφόρου ανάπτυξης και της βιωσιμότητας. Η αναγκαιότητα της χρήσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, προκύπτει από μια σειρά πλεονεκτημάτων που αυτές έχουν, έναντι των συμβατικών καυσίμων (Alrikabi, 2014):

- Φιλικές για το περιβάλλον
- Βιωσιμότητα
- Δημιουργία θέσεων εργασίας και οικονομία
- Ενεργειακή ασφάλεια και αυτάρκεια
- Χαμηλό λειτουργικό κόστος των υποδομών
- Ευρεία γεωγραφική κατανομή, χωρίς συνοριακούς περιορισμούς και εξαρτήσεις

Υπάρχει μια πληθώρα εφαρμογών των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, όπως άλλωστε και των συμβατικών καυσίμων, με βασικότερη αυτή της παραγωγής ηλεκτρισμού, αλλά και τις μεταφορές, τη θερμότητα κ.α. (Ανδρίτσος, 2008). Όπως αποτυπώνεται στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 1) από τα δεδομένα της

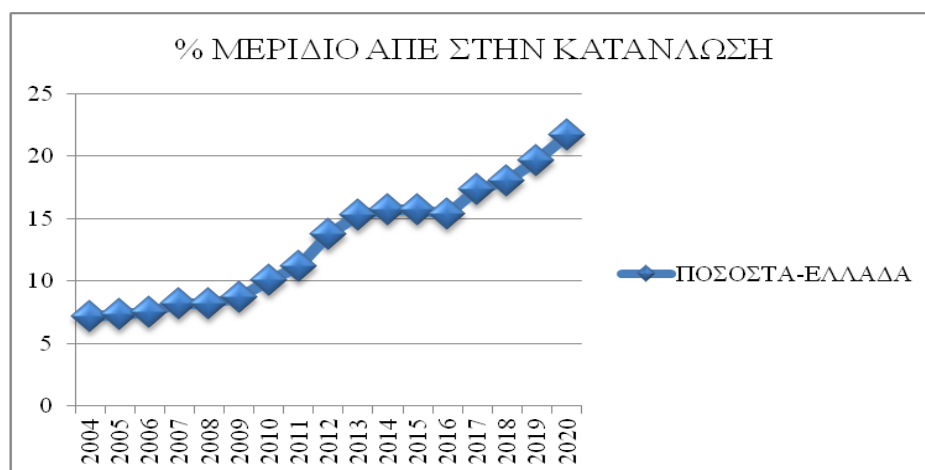
Eurostat για την ενέργεια, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας αυξάνουν βαθμιαία τη συμμετοχή τους στη συνολική κατανάλωση ενέργειας. Ήδη παρατηρείται αύξηση κατά 12 ποσοστιαίες μονάδες από το 2004 (9,6%) έως το 2020 (22,1%) χωρίς να υπάρχει καμία πτωτική τάση σε όλο αυτό το χρονικό διάστημα. Το γεγονός αυτό εκφράζει την μετάβαση σε ένα νέο μοντέλο ενέργειας, όπου οι ΑΠΕ κατέχουν βασικό ρόλο.



Διάγραμμα 1: Μερίδιο συμμετοχής των ΑΠΕ στην κατανάλωση στην Ευρώπη

Πηγή: Eurostat, Ιδία επεξεργασία

Αντίστοιχα είναι και τα ποσοστά αναφορικά με την συμμετοχή των ΑΠΕ στην κατανάλωση στην Ελλάδα, με τη συνολική εισχώρησή τους να αγγίζει το 22% το έτος 2020 (Διάγραμμα 2).



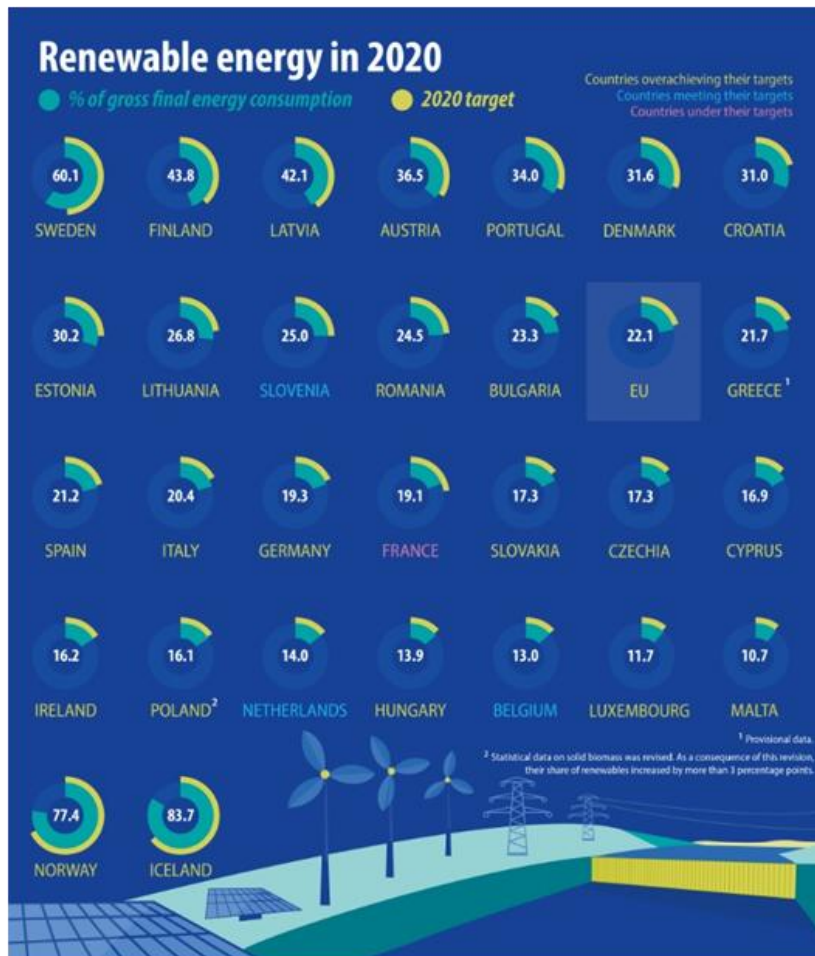
Διάγραμμα 2: Μερίδιο συμμετοχής των ΑΠΕ στην κατανάλωση στην Ελλάδα

Πηγή: Eurostat, Ιδία επεξεργασία

1.2 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΕΡΓΕΙΑ

Η διεθνής αλλά και η Ευρωπαϊκή ενεργειακή πολιτική, αποτελούσε ανέκαθεν το κλειδί προς την ορθή και την αποτελεσματική διαχείριση των πόρων, τόσο ως παράμετρος της ζωής των ανθρώπων όσο και ως οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη (Κατσούλας, 2020). Ήδη από το 1995, όταν και υπεγράφη η λεγόμενη «Λευκή Βίβλος», η Ευρωπαϊκή Επιτροπή οριοθέτησε ένα συνεκτικό ενεργειακό πλαίσιο, προκειμένου να υπάρξει μια ισορροπημένη προσέγγιση στα ενεργειακά ζητήματα. Ακολούθως, η «Πράσινη Βίβλος» το 2013, ως ένας αναπτυξιακός μοχλός για τη βιωσιμότητα, όρισε το πλαίσιο και τις πολιτικές για την ενέργεια και το κλίμα μέχρι το 2030. Οι στόχοι πολιτικής που τέθηκαν, περιελάμβαναν την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, την διασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού, την ανάπτυξη της ανταγωνιστικότητας κ.α. Οι τρεις βασικοί άξονες γύρω από τους οποίους σχεδιάστηκαν οι στόχοι, ήταν η μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η εξοικονόμηση ενέργειας.

Ενθαρρυντικό στοιχείο αποτελεί το γεγονός πως η Ευρώπη ξεπέρασε τον στόχο της για το 2020 για 20% συμμετοχή των ΑΠΕ στην συνολική κατανάλωση ενέργειας κατά 2 ποσοστιαίες μονάδες. Οι αρχικοί ενεργειακοί στόχοι για το 2020 που είχαν τεθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση στο πλαίσιο της δεσμευτικής νομοθεσίας για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, επετεύχθησαν σχεδόν από όλα τα κράτη-μέλη.



Εικόνα 2: Μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, 2020 (% της ακαθάριστης τελικής κατανάλωσης)

Πηγή: Eurostat

Σήμερα, προς την κατεύθυνση της βιώσιμης ανθεκτικότητας και ανάπτυξης, ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών έχει χαράξει μια στρατηγική πολιτική με ολοκληρωμένα σχέδια και προτάσεις, τα οποία οι χώρες που τον απαρτίζουν οφείλουν να ακολουθήσουν. Κύριο και βασικότερο όλων, είναι η Ατζέντα 2030 για τη βιώσιμη ανάπτυξη, ένα σχέδιο δράσης του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών για τους ανθρώπους, τον πλανήτη και την ευημερία. Η παγκόσμια αυτή συμφωνία που εγκρίθηκε στη Σύνοδο Κορυφής των Ηνωμένων Εθνών για τη βιώσιμη ανάπτυξη στις 25 Σεπτεμβρίου 2015, δεσμεύει όλες τις ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες να υλοποιήσουν στόχους παγκόσμιας κλίμακας. Σε μία ολιστική προσέγγιση, η Ατζέντα απαρτίζεται από 17 στόχους, στοχεύοντας ο καθένας από αυτούς σε έναν από τους πυλώνες της βιώσιμης ανάπτυξης: κοινωνία, περιβάλλον, οικονομία (United Nations).

ΣΤΟΧΟΙ ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Εικόνα 3: Οι 17 στόχοι της Ατζέντας 2030

Πηγή: Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών

Οι δύο από τους συνολικά 17 στόχους αφορούν την ενέργεια και το κλίμα. Ο Στόχος 7: φθηνή και καθαρή ενέργεια, αφορά τη διασφάλιση πρόσβασης σε οικονομική αξιόπιστη ενέργεια για όλους. Ο Στόχος 13: δράση για το κλίμα, αφορά δράσεις για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και των συνεπειών της. Γίνεται έτσι αντιληπτή η σπουδαιότητα και η σημασία που έχει η διαχείριση των πόρων και η προστασία του περιβάλλοντος στην αειφόρο ανάπτυξη (Κατσούλας, 2020).

Αντίστοιχα, η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία (Δεκέμβριος 2019) αποτελεί μια μακροπρόθεσμη στρατηγική -για πρώτη φορά κοινή ενεργειακή πολιτική- της Ευρωπαϊκής Ένωσης προκειμένου να επιτευχθεί κλιματική ουδετερότητα έως το 2050. Συμπερασματικά, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο εξέφρασε την πεποίθηση πως μια διατομεακή προσέγγιση, μπορεί να συνεισφέρει στον τελικό στόχο για το κλίμα. Δράσεις και πολιτικές συνολικά στους τομείς του κλίματος, της βιομηχανίας, της ενέργειας, των μεταφορών κλπ., μπορούν να συμβάλλουν στην ενεργειακή μετάβαση. Βασική δέσμευση των κρατών-μελών, ήταν η μείωση των καθαρών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου τουλάχιστον κατά 55% έως το 2030. Απώτερος στόχος είναι η μετατροπή της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε μια ανθεκτική στην κλιματική αλλαγή κοινωνία, έως το 2050 (consilium.europa.eu).

Εναρμονιζόμενη με τις Ευρωπαϊκές κατευθύνσεις, η Ελλάδα έχει συντάξει το δικό της Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ), με αντίστοιχους στόχους και προτεραιότητες. Στόχος και πάλι, είναι η προστασία του περιβάλλοντος με ταυτόχρονη προσπάθεια αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής, καθώς επίσης και η βιώσιμη ανάπτυξη στον τομέα της ενέργειας, από το στάδιο της παραγωγής μέχρι την κατανάλωση. Οι ΑΠΕ έχουν πρωταγωνιστικό ρόλο στην ενεργειακή μετάβαση που επιχειρείται μέσω του ΕΣΕΚ, καθώς επιδιώκεται η σταδιακή αντικατάσταση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων από αυτές. Οι βασικές πολιτικές/ προτεραιότητες που καθορίζονται από το Σχέδιο, αποτυπώνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1):

ΜΕΙΩΣΗ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ	ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ	ΑΥΞΗΣΗ ΑΠΕ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΣΤΗΝ ΣΤΗΝ	ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ
Οι εκπομπές στους τομείς εκτός του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών να μειωθούν κατά τουλάχιστον 16% σε σχέση με το έτος 2005 και να μην ξεπεράσουν τα 54 Mt CO ₂ eq		Το μερίδιο συμμετοχής των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας να ανέλθει τουλάχιστον στο 31%*	Η τελική κατανάλωση ενέργειας να μην ξεπεράσει τα 18,1Mtoe το έτος 2030	
Μειώσεις εκπομπών σε σχέση με το 2005 για τους τομείς εντός του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών, ώστε να επιτευχθεί μείωση κατά τουλάχιστον 43% σε σχέση με το έτος 2005 και να μην ξεπεράσουν τα 41 Mt CO ₂ eq		Το μερίδιο συμμετοχής των ΑΠΕ στην τελική ηλεκτρικής ενέργειας να ανέλθει τουλάχιστον στο 55%	Η πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας να μην ξεπεράσει τα 25 Mtoe το έτος 2030	

Επίτευξη ποσοτικών στόχων για τη μείωση των εθνικών εκπομπών συγκεκριμένων ατμοσφαιρικών ρύπων	Το μερίδιο των ΑΠΕ για τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης να ξεπεράσει το 30%	Να επιτευχθούν τουλάχιστον 7-7.3Mtoe σωρευτικής εξοικονόμησης ενέργειας κατά την περίοδο 2021-2030**
	Το μερίδιο των ΑΠΕ στον τομέα των μεταφορών να ξεπεράσει το 14% σύμφωνα με τη σχετική μεθοδολογία υπολογισμού της ΕΕ	Να γίνει σε ετήσια βάση ενεργειακή ανακαίνιση του 3% του συνολικού εμβαδού της θερμικής ζώνης των κτιρίων της κεντρικής δημόσιας διοίκησης έως το έτος 2030

Πίνακας 1: Εθνικοί ενεργειακοί και περιβαλλοντικοί στόχοι για την περίοδο 2021-2030, στο πλαίσιο των Ευρωπαϊκών πολιτικών

Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, ίδια επεξεργασία

Διαπιστώνεται από τα παραπάνω, ότι τόσο σε εθνικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο, επιχειρείται η σταδιακή αλλαγή του μοντέλου ενέργειας, όχι μόνο με κατευθυντήριες γραμμές, αλλά κυρίως με στοχευμένα μέτρα και πολιτικές, προκειμένου να γίνει ομαλά και αποτελεσματικά η πράσινη ενεργειακή μετάβαση.

1.3 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

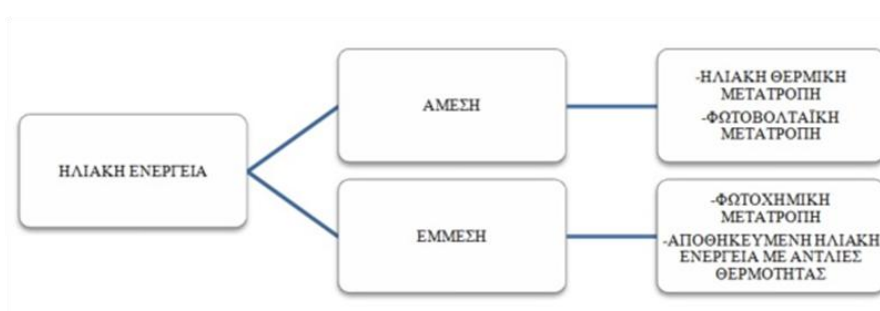
Ο ήλιος αποτελεί τη μεγαλύτερη πηγή ενέργειας εδώ και χιλιάδες χρόνια και οι προσπάθειες συλλογής αυτής της ενέργειας, χρονολογούνται ήδη από τον 7^ο αιώνα π.Χ. (Kumar,2023). Όπως αναφέρει το National Renewable Energy Laboratory (NREL), σε διάστημα μόλις μιας ώρας, εκπέμπεται στη γη περισσότερη ηλιακή ενέργεια από την συνολική ετήσια ενέργεια που καταναλώνεται παγκοσμίως (www.nrel.gov). Το γεγονός αυτό, κατατάσσει αυτόματα την ηλιακή ενέργεια σε μια από τις αποδοτικότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Εκτός αυτού όμως, η ηλιακή ενέργεια πρακτικά χρησιμοποιείται και για τις υπόλοιπες μορφές ΑΠΕ (εξαιρουμένων της γεωθερμίας και της παλλιροϊκής ενέργειας). Ο κύκλος του νερού, το αιολικό δυναμικό κλπ, οφείλονται στην ακτινοβολία που «πέφτει» επάνω στη γη (Ανδρίτσος, 2008).

Όλες οι μορφές ενέργειας που προέρχονται από τον ήλιο, χαρακτηρίζονται ως ηλιακή ενέργεια. Τέτοιες μπορεί να είναι το φως, η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμότητα κλπ (Παπαδοπούλου, 2018). Η ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας, δηλαδή της ενέργειας του ήλιου που φτάνει στα όρια της ατμόσφαιρας της γης, είναι τεράστια και αγγίζει κατά μέσο όρο τις $1,5 \times 10^{18}$ kWh (κιλοβατώρες) (Αμανατίδης, 2019). Η κατανομή και η έντασή της βέβαια κατά τη διάρκεια της ημέρας και του έτους ποικίλει, γεγονός που αποτελεί ένα από τα λίγα μειονεκτήματα της ηλιακής ενέργειας, καθώς χρειάζονται μεγάλες δαπάνες για τη δημιουργία εγκαταστάσεων αποθήκευσής της. Παρόλα αυτά, στα πλεονεκτήματα θα μπορούσαν να προστεθούν πως η ηλιακή ενέργεια εκτός του ότι παρέχεται σε αφθονία, κατανέμεται ισόποσα σε περιοχές με το ίδιο γεωγραφικό πλάτος, όπως επίσης οι υποδομές για την αξιοποίησή της, έχουν χαμηλά λειτουργικά κόστη (Βοριαζίδης, 2018).

Η ηλιακή ενέργεια, μπορεί να αξιοποιηθεί με ποικίλους τρόπους. Οι τρεις βασικότεροι είναι:

1. μέσω των παθητικών ηλιακών συστημάτων, τα οποία χρησιμοποιούνται για τη ψύξη και τη θέρμανση,
2. μέσω των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων, τα οποία χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση και
3. μέσω των φωτοβολταϊκών συστημάτων, τα οποία χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

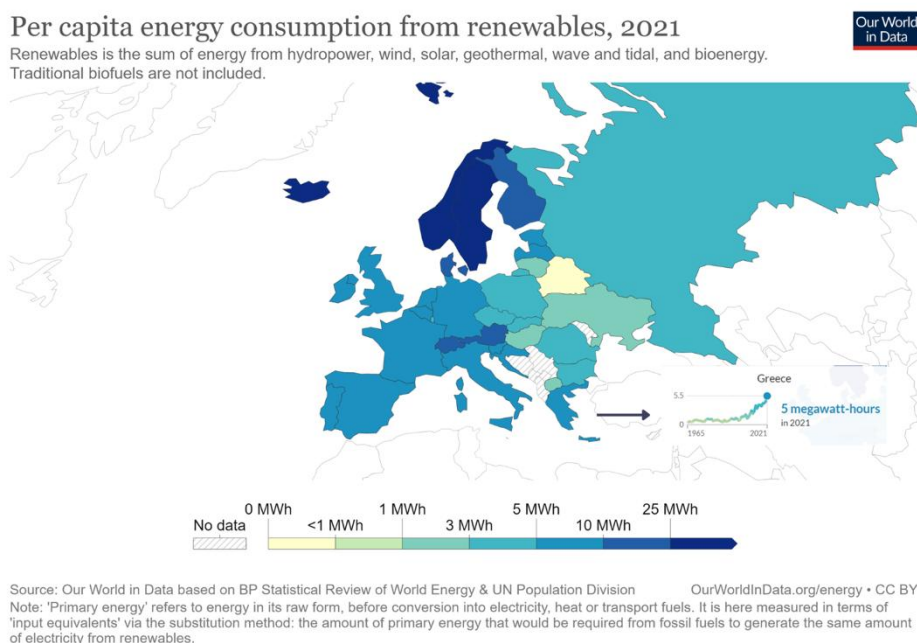
Για τις δυο πρώτες διαδικασίες, χρησιμοποιείται η θερμότητα και το φως που εκπέμπεται από την ηλιακή ακτινοβολία, ενώ κατά την τρίτη διαδικασία, η ηλιακή ακτινοβολία μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια (Παπαδοπούλου, 2018). Επιπρόσθετα η ηλιακή ενέργεια ως πρωτογενής ανανεώσιμη ενέργεια (primary energy), μπορεί να διαχωριστεί σε έμμεση και άμεση, με τον διαχωρισμό να αποτυπώνεται στο ακόλουθο διάγραμμα (Διάγραμμα 3):



Διάγραμμα 3: Διαχωρισμός ηλιακής ενέργειας

Πηγή: Ανδρίτσος, 2008

Στην Ευρώπη, η ηλιακή ενέργεια είναι η πλέον διαδεδομένη και η πιο ανταγωνιστική μορφή ανανεώσιμης ενέργειας, ιδίως για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Χαρακτηριστικό αποτελεί το γεγονός πως το 2020, το 5,2% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης, προήλθε από την ηλιακή ενέργεια (energy.ec.europa.eu). Ενδιαφέρον αποτελούν τα στατιστικά στοιχεία για τη χώρα μας, καθώς από τις συνολικά 5 μεγαβατώρες (MWh) ενέργειας που καταναλώθηκαν από ανανεώσιμες πηγές το 2021, οι 1304 κιλοβατώρες (kWh) προήλθαν από την κατανάλωση ηλιακής ενέργειας, γεγονός που αποτυπώνει την ολοένα αυξανόμενη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών (Ourworldindata.org).



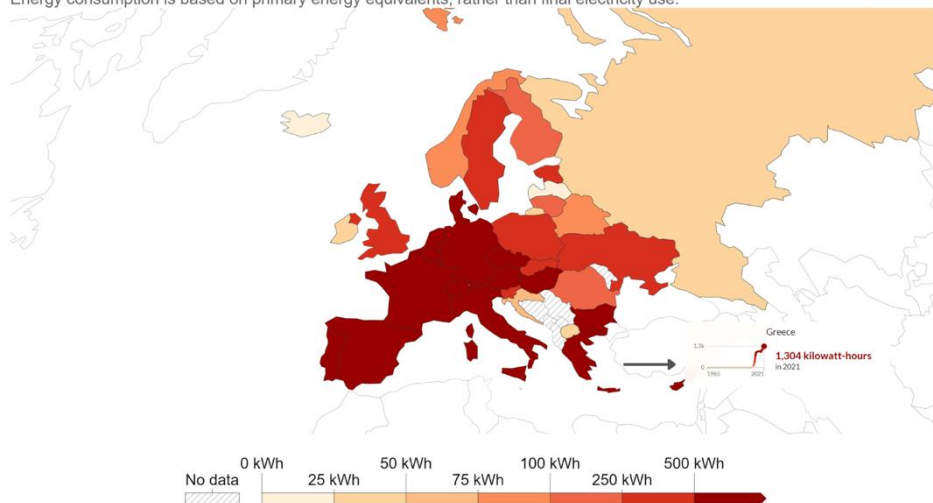
Εικόνα 4: Κατανάλωση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην Ελλάδα

Πηγή: ourworldindata.org

Per capita energy consumption from solar, 2021

Energy consumption is based on primary energy equivalents, rather than final electricity use.

Our World
in Data



Source: Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy & UN Population Division
OurWorldInData.org/energy · CC BY
Note: 'Primary energy' refers to energy in its raw form, before conversion into electricity, heat or transport fuels. It is here measured in terms of 'input equivalents' via the substitution method: the amount of primary energy that would be required from fossil fuels to generate the same amount of electricity from solar.

Εικόνα 5: Κατανάλωση ενέργειας από ηλιακή ενέργεια στην Ελλάδα

Πηγή: ourworldindata.org

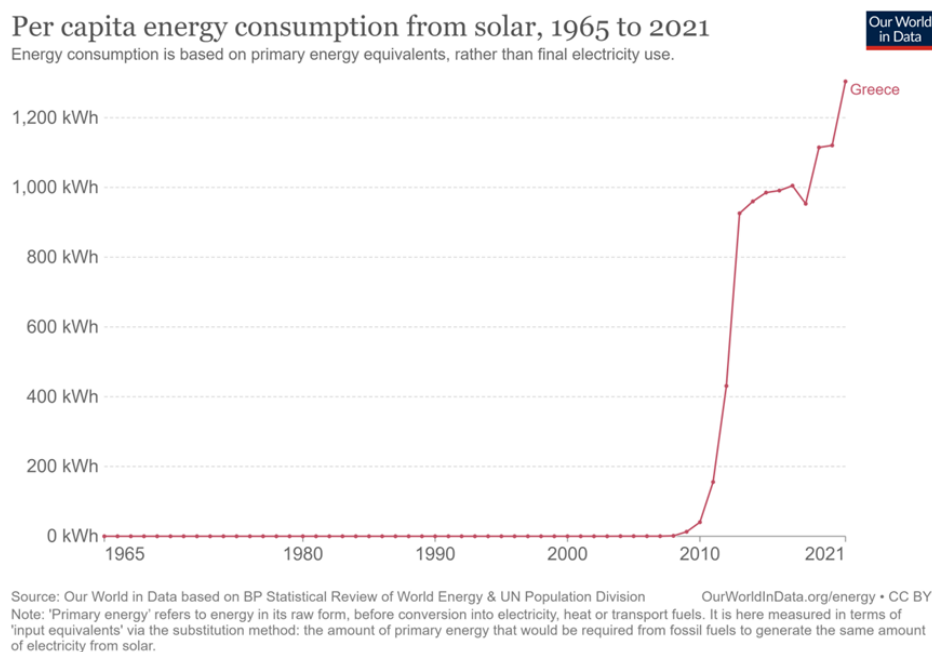
Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει το σχέδιο REPowerEU, μια πρωτοβουλία για την απεξάρτηση από τα ρωσικά ορυκτά καύσιμα και την επιτάχυνση της μετάβασης στην καθαρή ενέργεια. Το σχέδιο παρουσιάστηκε τον Μάιο του 2022, και απαρτίζεται από μια σειρά δράσεων στα πλαίσια της μετάβασης σε καθαρή ενέργεια, της ενίσχυσης της βιομηχανικής ανταγωνιστικότητας αλλά και της εξοικονόμησης ενέργειας μέσω μεμονωμένων ενεργειών (commission.europa.eu). Σε αυτό το εγχείρημα, η ηλιακή ενέργεια αποτελεί βασικό άξονα για την μείωση της εξάρτησης από τα εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα, από τη μικρότερη έως τη μεγαλύτερη κλίμακα της οικονομίας της Ευρώπης. Εκτός αυτού, η ανάπτυξη της ηλιακής ενέργειας, μπορεί να δημιουργήσει νέες θέσεις εργασίας και νέα επιχειρηματικά μοντέλα, στοχεύοντας στη συνολική ενίσχυση της βιομηχανικής υπεροχής της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Μέσω τεσσάρων ενεργειών/πρωτοβουλιών, η ΕΕ επιχειρεί να ανταπεξέλθει στις ενεργειακές προκλήσεις και ζητήματα των ημερών, προωθώντας και ενισχύοντας την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας (Ευρωπαϊκή Επιτροπή 2022):

1. Με τη διευκόλυνση της ταχείας και μεγάλης κλίμακας εγκατάστασης φωτοβολταϊκών, μέσω της πρωτοβουλίας αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας στις στέγες

2. Με την απλοποίηση και συντόμευση των διαδικασιών αδειοδότησης
3. Με τη διασφάλιση της διαθεσιμότητας μεγάλου αριθμού ειδικευμένου εργατικού δυναμικού για την αντιμετώπιση των προκλήσεων της ηλιακής παραγωγής και ανάπτυξης ολόκληρης της Ένωσης
4. Με την εκκίνηση της Ευρωπαϊκής Συμμαχίας για τη βιομηχανία των φωτοβολταϊκών, αποσκοπώντας στην επέκτασή του με γνώμονα την καινοτομία μιας ανθεκτικής βιομηχανίας , ειδικά για τον κλάδο της κατασκευής των φωτοβολταϊκών

Όπως αποτυπώνεται και στο ακόλουθο διάγραμμα (Διάγραμμα 4), στην Ελλάδα παρατηρείται μια εκθετική αύξηση της αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας την τελευταία δεκαετία. Πλην της γενικής εθνικής στρατηγικής για την επίτευξη των ενεργειακών στόχων για την ενεργειακή μετάβαση, η ηλιακή ενέργεια αξιοποιείται εύκολα και σε οικιακό επίπεδο για την ενεργειακή αυτάρκεια των νοικοκυριών.



Διάγραμμα 4: Κατανάλωση ενέργειας από ηλιακή ενέργεια-Ελλάδα

Πηγή: ourworldindata.org

Η συνηθέστερη μορφή αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας για τα νοικοκυριά στη χώρα μας, είναι οι γνωστοί σε όλους μας ηλιακοί θερμοσίφωνες, μια μορφή θερμικών ηλιακών συστημάτων. Η δράση τους είναι απλή, καθώς απορροφώντας την ηλιακή ενέργεια μέσω ηλιακών συλλεκτών, την μεταφέρουν με τη μορφή της θερμότητας, κυρίως για τη θέρμανση του νερού. Ιδιαίτερα σημαντικό, είναι πως η Ελλάδα έχει

αναπτύξει μια βιομηχανία παραγωγής ηλιοθερμικών συστημάτων, και μάλιστα τη 2^η μεγαλύτερη στη Ευρώπη (venman.gr). Πέραν όμως από τη χρήση ηλιακών συστημάτων, τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Ελλάδα, έχουν αναπτυχθεί ιδιαίτερα και τα φωτοβολταϊκά συστήματα, τα οποία μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια (ΥΠΕΝ). Τέλος, ιδιαίτερα εξελισσόμενα τα τελευταία χρόνια, είναι τα παθητικά ηλιακά συστήματα που εφαρμόζονται στα κτίρια. Συλλέγοντας την ηλιακή ενέργεια και ακτινοβολία, αυτή αποθηκεύεται με τη μορφή της θερμότητας και διανέμεται στο χώρο, με σκοπό τη ρύθμιση της θερμοκρασίας εντός των κτιρίων (ΚΑΠΕ).

1.4 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Στο πλαίσιο του στόχου για παγκόσμια ουδετερότητα εκπομπών άνθρακα, ο τομέας της ηλεκτρικής ενέργειας υφίσταται σημαντικό μετασχηματισμό. Προς αυτήν την κατεύθυνση, απαιτείται ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας βασισμένο στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Η ηλιακή ενέργεια και ειδικότερα τα φωτοβολταϊκά συστήματα, μπορούν να παίξουν καθοριστικό ρόλο στην κάλυψη μεγάλου μέρους της ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια, χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις και με μειωμένο κόστος για τους καταναλωτές. (Cai et al, 2022).

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα (PV) λειτουργούν εκμεταλλευόμενα την ενέργεια του ήλιου για να παράγουν απευθείας ηλεκτρική ενέργεια. Συνήθως, αποτελούνται από ηλιακούς επεξεργαστές (φωτοβολταϊκά πάνελ), τα οποία είτε συνδέονται με μπαταρίες είτε εναλλακτικά συνδέονται στα δίκτυα ενέργειας. Από το γεγονός αυτό προκύπτει και ο διαχωρισμός τους, καθώς διακρίνονται με βάση τον τρόπο διασύνδεσής τους σε διασυνδεδεμένα και σε αυτόνομα. Τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα, χρησιμοποιούν σειρές ηλεκτρικών συσσωρευτών (μπαταρίες) για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας (Βοριαζίδης, 2018). Αντίθετα, τα διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα, μεταφέρουν την ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται, συμψηφίζεται στον λογαριασμό ηλεκτρικού ρεύματος σε ετήσια βάση με την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται (oleng.eu).

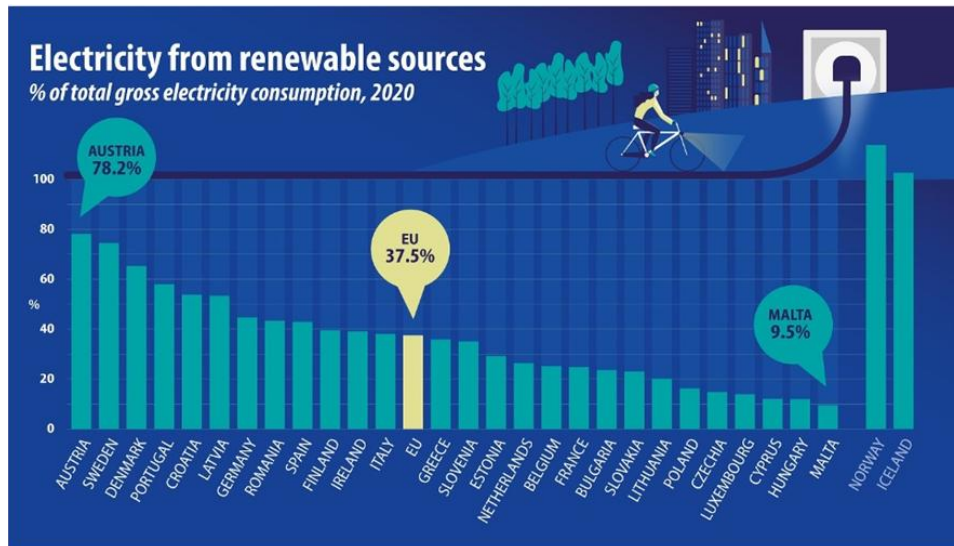
Τα φωτοβολταϊκά ως συστήματα που προκύπτουν από καθαρή ανανεώσιμη πηγή, έχουν μια πληθώρα πλεονεκτημάτων. Βασικό χαρακτηριστικό των φωτοβολταϊκών

συστημάτων, είναι πως μπορούν αναλόγως του μεγέθους τους να εγκατασταθούν σε διάφορες τοποθεσίες, είτε σε στέγες κτιρίων (χωρητικότητας από 3 έως 20 kW) είτε να εγκατασταθούν στο έδαφος, δημιουργώντας τα λεγόμενα ηλιακά πάρκα, χωρητικότητας ακόμα και πολλών εκατοντάδων GW (irena.org). Αυτό αποτελεί και ένα από τα βασικότερα πλεονεκτήματά τους, καθώς μπορούν να αποτελέσουν τον βασικό πυρήνα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, τόσο σε εθνικό, περιφερειακό ή δημοτικό επίπεδο, όσο και του εκάστοτε νοικοκυριού.

Επιπρόσθετα, αποτελούν έναν φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς δεν παράγονται κατά τη χρήση τους ρυπογόνες ουσίες, είναι αθόρυβα και κατασκευάζονται από ανακυκλώσιμα υλικά. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για την μετάβαση σε ένα διαφορετικό μοντέλο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές και απεξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα, είτε για την ενεργειακή/ηλεκτρική αυτονομία των νοικοκυριών, είτε για την ηλεκτροδότηση περιοχών οι οποίες είναι δύσκολο να ηλεκτροδοτηθούν από το κεντρικό δίκτυο (Βοριαζίδης, 2018).

Τέλος, παρά το κόστος εγκατάστασής τους, τα λειτουργικά κόστη των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι ελάχιστα έως μηδενικά. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τη μεγάλη διάρκεια ζωής τους (περισσότερο από 20 χρόνια) και τη δυνατότητα επέκτασής τους αναλόγως των αναγκών τους, τα καθιστούν άκρως ανταγωνιστικά έναντι άλλων μορφών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Μανίκα, 2021).

Στην Ευρώπη, η συμμετοχή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, αυξάνεται ολοένα και περισσότερο. Ήδη το 2020, το 37,5% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, προήλθε από ΑΠΕ. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει μια ξεκάθαρη ανάγκη για χρήση νέων και φθηνότερων τρόπων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, τόσο λόγω του αυξημένου κόστους της τα τελευταία χρόνια, όσο και λόγω των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκύπτουν από την χρήση των συμβατικών ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή της.



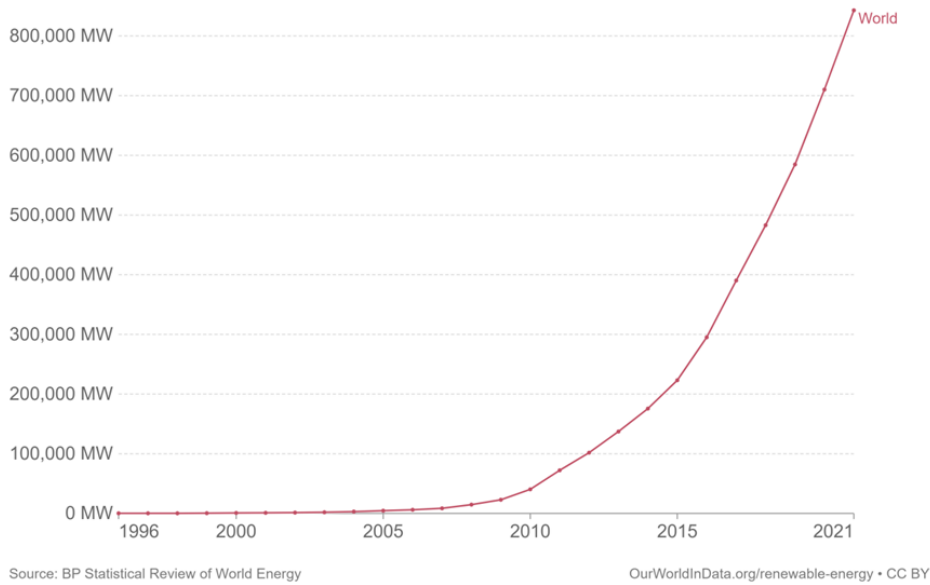
Εικόνα 6: Συμμετοχή των ΑΠΕ στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

Πηγή: Eurostat

Ειδικότερα για τα φωτοβολταϊκά, σε παγκόσμιο επίπεδο μάλιστα, παρατηρείται μια εκθετική αύξηση της χρήσης τους για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η αφθονία της ηλιακής ενέργειας, σε συνδυασμό με τη σταθερή πρόοδο των τεχνολογιών των φωτοβολταϊκών σχετικά με τη δυνατότητα παραγωγής ενέργειας, τα καθιστούν άκρως αναγκαία στην ενεργειακή μετάβαση (Amjad, Shah, 2020). Όπως αποτυπώνεται και στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 5), η εγκατεστημένη ισχύς των ηλιακών φωτοβολταϊκών, έφτασε τα 841 GW το 2021, αυξημένη κατά 18,7% σε σχέση με το 2020 και 44,3% σε σχέση με το 2019 (ourworldindata.org).

Solar PV cumulative capacity

Cumulative capacity of solar photovoltaics is given in megawatts (MW).



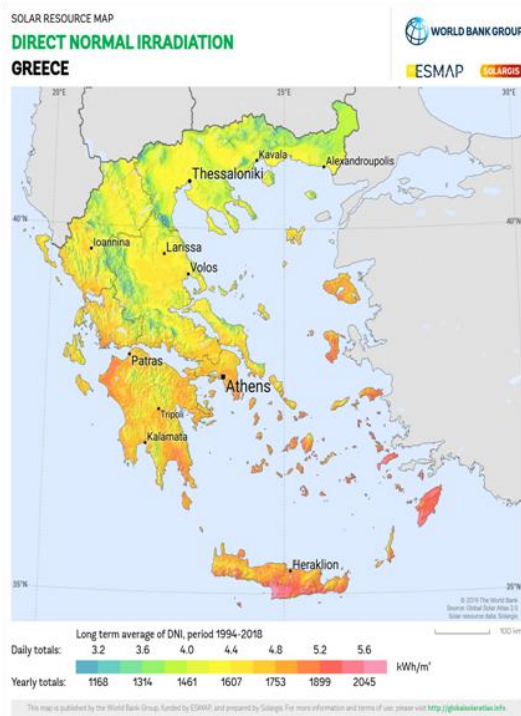
Διάγραμμα 5: Παγκόσμια μεταβολή εγκατεστημένης ισχύος ηλιακών φωτοβολταϊκών
Πηγή: ourworldindata.org

Αναπόσπαστο κομμάτι του σχεδιασμού εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών συστημάτων, είναι το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που θα δέχονται τα φωτοβολταϊκά πάνελ, η οποία μετριέται σε μονάδα ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας ανά μονάδα χρόνου, όπως είναι τα βατ ανά τετραγωνικό μέτρο ανά ώρα ($W/m^2/h$). Υπάρχουν δυο τύποι ηλιακής ακτινοβολίας που λαμβάνονται υπόψιν για τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Ο πρώτος τύπος είναι η παγκόσμια οριζόντια ακτινοβολία (Global Horizontal Irradiation-GHI) που αφορά τη συνολική ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια της γης, συμπεριλαμβανομένης τόσο της άμεσης, όσο και της διάχυτης ακτινοβολίας. Ο δεύτερος τύπος, είναι η άμεση κανονική ακτινοβολία (Direct Normal Irradiation-DNI) που αφορά την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που λαμβάνεται απευθείας από μια επιφάνεια που είναι κάθετη στις ακτίνες του ήλιου (solargis.com)

Η Ελλάδα διαθέτει υψηλό ηλιακό δυναμικό, όντας μάλιστα στις 5 χώρες με τα μεγαλύτερα ποσοστά ηλιοφάνειας. Το γεγονός αυτό ευνοεί την ανάπτυξη τεχνολογιών φωτοβολταϊκών συστημάτων, καθιστώντας τα μάλιστα έναν ανεξάντλητο ενεργειακό πόρο.



Χάρτης 2: Παγκόσμια Οριζόντια Ακτινοβολία στην Ελλάδα



Χάρτης 3: Άμεση Κανονική Ακτινοβολία στην Ελλάδα

Πηγή: Global Solar Atlas

Ήδη από το 2006, όταν και τέθηκε σε ισχύ ο νόμος 3468/2006 για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές, δόθηκαν κίνητρα για επενδύσεις στον τομέα των φωτοβολταϊκών (Παπαδοπούλου, 2018). Ταυτόχρονα όπως αναφέρεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, η μείωση του κόστους των ηλιακών συστημάτων κατά 82% την τελευταία δεκαετία, ενίσχυσε περισσότερο την ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων (energy.ec.europa.eu).

1.5 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ-ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η χωροθέτηση όλων των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, είναι ένα κρίσιμο ζήτημα για το οποίο θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν οι κείμενες νομοθεσίες, με στόχο την ελαχιστοποίηση των όποιων επιπτώσεων (Παπαδόπουλος, 2018). Ήδη από το 1994 και με τον Νόμο 2244 περί «Ρύθμισης θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας», εισήχθη ουσιαστικά για πρώτη φορά στην ελληνική νομοθεσία το ζήτημα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Μπάρλα, 2019). Από τότε, ενσωματώνονται στο νομοθετικό πλαίσιο Οδηγίες και Κανονισμοί, για την περαιτέρω προώθηση των ΑΠΕ.

Για τη χωροθέτηση των έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, εγκρίθηκε στο πλαίσιο του χωροταξικού σχεδιασμού το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ, το οποίο είναι σε ισχύ έως και σήμερα (ΕΠΧΣΑΑ-ΑΠΕ). Το ρυθμιστικό αυτό πλαίσιο, καθορίζει μέχρι και σήμερα την ορθή χωρική οργάνωση των δραστηριοτήτων των ΑΠΕ, λαμβάνοντας υπόψιν τις χωρικές ιδιαιτερότητες του ελλαδικού χώρου (Μπάρα, 2019).

Στο άρθρο 17 του ΕΠΧΣΑΑ-ΑΠΕ, καθορίζονται τα κριτήρια χωροθέτησης εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας, βάσει των οποίων γίνεται και η χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών. Συγκεκριμένα για τις περιοχές προτεραιότητας, ο Νόμος αναφέρει πως: *«Ως περιοχές προτεραιότητας για τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας μπορεί ενδεικτικά να θεωρηθούν οι περιοχές που είναι άγονες ή δεν είναι υψηλής παραγωγικότητας και κατά προτίμηση αθέατες από πολυσύχναστους χώρους, και με δυνατότητες διασύνδεσης με το Δίκτυο ή το Σύστημα. Ειδικότερα για τα νησιά πλην Κρήτης και Εύβοιας είναι επιθυμητή η κατά προτεραιότητα χωροθέτηση μικρών εγκαταστάσεων όπως αυτές προβλέπονται στα άρθρα 2 παρ. 4, 4, 8 παρ.8, του ν. 3468/2006 και στο άρθρο 2 της υπ' αριθμ. 19500/2004 κοινής υπουργικής απόφασης.»* (Απόφαση 49828/2008-ΦΕΚ 2464/Β/3-12-2008).

Επιπλέον, καθορίζονται οι ζώνες αποκλεισμού, δηλαδή περιοχές στις οποίες θα πρέπει να αποκλείονται οι εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας, οι οποίες περιλαμβάνουν:

- Κηρυγμένα διατηρητέα μνημεία
- Περιοχές απολύτου προστασίας της φύσης
- Πυρήνες εθνικών δρυμών
- Περιοχές που εντάσσονται στο δίκτυο Natura 2000
- Δάση και γεωργικές γαίες υψηλής παραγωγικότητας

(Απόφαση 49828/2008-ΦΕΚ 2464/Β/3-12-2008)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΔΗΜΟΙ

2.1. ΔΗΜΟΙ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΤΑΒΑΣΗ

Οι πόλεις καταναλώνουν το μεγαλύτερο μέρος της παγκόσμιας πρωτογενούς ενέργειας, για τις διάφορες λειτουργίες και δραστηριότητες τους: λειτουργία κτιρίων, οδοφωτισμός, μεταφορές κ.α. Κατά συνέπεια, είναι υπεύθυνες και για το μεγαλύτερο μέρος της εκπομπής ρυπογόνων ουσιών στον πλανήτη. Ταυτόχρονα, ο ολοένα αυξανόμενος παγκόσμιος πληθυσμός, δημιουργεί περισσότερες ενεργειακές ανάγκες, οι οποίες οφείλουν πλέον να καλύπτονται και από ήπιες μορφές ενέργειας. (irena.org).

Η μετάβαση σε ένα νέο, πράσινο ενεργειακό μοντέλο, απαιτεί τη συμμετοχή όλων των βαθμίδων της κοινωνίας με κάθε μέσο: από τον εθνικό κεντρικό σχεδιασμό έως την περιβαλλοντική συνείδηση του κάθε πολίτη. Στις αρμοδιότητες των δήμων και των πόλεων, εμπίπτουν τόσο ο στρατηγικός σχεδιασμός όσο και η λειτουργία διαφόρων τομέων.



Εικόνα 7: Παραδείγματα δράσεων σε επίπεδο πόλεων

Πηγή: IRENA

Οι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης, αποτελούν τη γέφυρα μεταξύ των κυβερνήσεων, των φορέων ανάπτυξης του ιδιωτικού τομέα και της τοπικής κοινωνίας

(Fall, Haas, 2022). Οι δήμοι, ως μεγάλης κλίμακας καταναλωτές ενέργειας, οφείλουν να λάβουν στοχευμένα μέτρα και πρωτοβουλίες, αλλάζοντας τον στρατηγικό τους σχεδιασμό, αποσκοπώντας στο να γίνουν ενεργειακά αυτόνομοι και αποδοτικοί (Varbanov et al, 2022). Μερικές από τις δράσεις που μπορούν να υλοποιήσουν οι Δήμοι προς αυτήν την κατεύθυνση, είναι (Kata et al., 2022):

- Η θέσπιση στόχων και πολιτικών προς την κατεύθυνση της ενεργειακής βιωσιμότητας
- Η παροχή οικονομικών κινήτρων προς τους πολίτες για την αξιοποίηση των ΑΠΕ
- Η εγκατάσταση συστημάτων ΑΠΕ για την παραγωγή ενέργειας
- Η ενημέρωση και προώθηση των ΑΠΕ προκειμένου να ευαισθητοποιηθούν οι δημότες

Η αξιοποίηση και η προώθηση των ΑΠΕ, στον βαθμό δυνατότητας του εκάστοτε δήμου, αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της ενεργειακής μετάβασης. Οι ελληνικοί δήμοι, εναρμονισμένοι με τα ευρωπαϊκά πλαίσια, καλούνται να διαδραματίσουν βασικό ρόλο στην ενεργειακή μετάβαση (cordis.europa.eu). Εκτός αυτού, ένα επιπλέον ζήτημα το οποίο έχουν κληθεί να αντιμετωπίσουν, είναι το υψηλό κόστος κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο έχει πολλαπλασιαστεί. Για την επίλυση αυτού του ζητήματος, οι δήμοι έχουν ξεκινήσει να υλοποιούν έργα και δράσεις, ύψιστης σημασίας για τον μετριασμό του ενεργειακού τους κόστους και την εξοικονόμηση ενέργειας. Βασικότερα, είναι οι ενεργειακές αναβαθμίσεις δημοτικών κτηρίων, η αντικατάσταση των συμβατικών λαμπτήρων του οδοφωτισμού, αλλά και η αξιοποίηση των ΑΠΕ για την κάλυψη τόσο των αναγκών των ίδιων των δήμων, όσο και για τη στήριξη πολιτών που δεν μπορούν να ανταποκριθούν στο ενεργειακό κόστος.

2.2. ΔΗΜΟΙ ΚΑΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Βασικά ζητήματα που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι δήμοι, είναι μεταξύ άλλων η μείωση του περιβαλλοντικού τους αποτυπώματος, η μείωση τόσο της κατανάλωσης όσο και του κόστους ενέργειας, αλλά και η ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών των δημοτών. Η ένταξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στον σχεδιασμό, μπορεί να επιφέρει τη μείωση του - αυξημένου τα τελευταία χρόνια - κόστους ενέργειας των

δήμων, αλλά και τελικώς την επίτευξη της ενεργειακής τους αυτάρκειας (Engelken et al, 2016).

Δεδομένων της δυναμικής της αξιοποίησης των ΑΠΕ στον ελλαδικό χώρο λόγω των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών και του κλίματος, οι δήμοι της χώρας έχουν ή θα έπρεπε να έχουν την δυνατότητα να αναπτύξουν έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μεγάλης κλίμακας, όπως τα ηλιακά και αιολικά πάρκα.

Βέβαια αξίζει να σημειωθεί, πως οι μικρότεροι πληθυσμιακά δήμοι, στερούνται των μεγάλων χρηματοδοτήσεων και των πολιτικών για την αποτελεσματική κλιμάκωση και υλοποίηση έργων ΑΠΕ (irena.org). Παρ' όλα αυτά, γίνονται προσπάθειες αξιοποίησης των ΑΠΕ ακόμα και με έργα μικρότερης κλίμακας (π.χ. τοποθέτηση φωτοβολταϊκών σε στέγες δημοτικών κτηρίων), προκειμένου να εξοικονομηθεί ενέργεια και να μειωθεί το ενεργειακό κόστος όσο το δυνατόν περισσότερο.

Επίσης σημαντική είναι η ανάγκη ανάπτυξης ενός θεσμικού πλαισίου που θα επιτρέπει στους Δήμους της χώρας να μην είναι απλά εκφραστές απόψεων αλλά συνδιαμορφωτές της εθνικής πολιτικής σε τοπικό επίπεδο.

Μέχρι σήμερα το τρίπτυχο Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας – Δήμοι – Τοπικές κοινωνίες αναφέρεται σε συνθήκες πόλωσης, κοινωνικών αντιδράσεων, δυσκολίας εξεύρεσης λύσεων.

Συγχρόνως σήμερα υπάρχουν τα εξής θεσμικά εργαλεία και συμφωνίες:

- Ο 7^{ος} στόχος από τους 17 στόχους της βιώσιμης ανάπτυξης του ΟΗΕ.
- Η Πράσινη Συμφωνία (Green Deal) σε Ευρωπαϊκό επίπεδο.
- Το Εθνικό σχέδιο για την ενέργεια και το κλίμα.
- Το Σχέδιο ανάπτυξης για την Ελληνική Οικονομία (Εκθεση Πισσαρίδη).
- Το Εθνικό σχέδιο ανάκαμψης και ανθεκτικότητας Ελλάδα 2.0 που κατατέθηκε το 2021 από την χώρα μας στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή και φιλοδοξεί να οδηγήσει την Ελληνική οικονομία σε μία νέα εποχή με πλήθος αναφορών για την αξιοποίηση του δυναμικού της χώρας και την ανάπτυξη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Όμως οι Δήμοι είναι σήμερα απλοί εκφραστές απόψεων αφού τα δημοτικά συμβούλια απλά γνωμοδοτούν σε τοπικό επίπεδο τις απόψεις τους στα αντίστοιχα

περιφερειακά συμβούλια και στις αποκεντρωμένες διοικήσεις των περιφερειών. Πολλές φορές υπάρχουν προσφυγές σε επίπεδο Συμβουλίου της Επικρατείας ή και Ευρωπαϊκών δικαστηρίων κατά των αδειών εγκατάστασης ΑΠΕ και σε κάποιες από αυτές συμμετέχουν και Δήμοι.

Τέλος, σύμφωνα με το άρθρο 25 του Ν. 3468/2006 περί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ, τα αντισταθμικά οφέλη των Δήμων αποτυπώνονται με ειδικό τέλος 3% επί των προ ΦΠΑ εσόδων του παραγωγού ενέργειας (άρθ.25 Ν3468/2006).

Συγχρόνως, σε εξέλιξη είναι δύο μεγάλα έργα που κρίνονται άκρως απαραίτητα για τα ζητήματα των ΑΠΕ. Αυτά είναι το νέο Ειδικό Χωροταξικό για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και οι Ειδικές Περιβαλλοντικές Μελέτες για το σύνολο των περιοχών Natura. Ιδιαίτερα το δεύτερο κρίνεται σημαντικό αφού θα είναι ο οδηγός της απαγόρευσης ή μη έργων ΑΠΕ σε όλη την επικράτεια.

Φαίνεται ότι οι Δήμοι σήμερα δεν είναι οι κύριοι συνομιλητές της πολιτείας ενώ θα πρέπει να αναδειχθούν ως συμμετέχοντες στην νέα εποχή της παραγωγής ενέργειας ακολουθώντας την αρχή του «μη βλάπτειν». Με τα συγκεκριμένα εργαλεία, η κριτική μπορεί να γίνει σε τρία επίπεδα.

- Πρώτον, στο ότι οι Δήμοι δεν έχουν κάποιο ουσιαστικό ρόλο στην συζήτηση της ενεργειακής μετάβασης πέρα από τον γνωμοδοτικό χαρακτήρα που τους παρέχεται σε όλα τα έργα ΑΠΕ εντός της επικράτειας τους.
- Δεύτερον, το μόνο σοβαρό αντισταθμιστικό όφελος για τους Δήμους είναι το οικονομικό παράβολο του 3% επί των κερδών του παραγωγού, ενώ σε άλλες χώρες τα αντισταθμιστικά οφέλη προς τις τοπικές κοινωνίες είναι πολύ σημαντικότερα (Αειχώρος, 2016). Για παράδειγμα όφελος πολύ υψηλότερο οικονομικά και η δυνατότητα σε κατοίκους να συμμετέχουν στα κέρδη των έργων με συγκεκριμένες και ευέλικτες οικονομικές παραμέτρους.
- Και τρίτον δεν δίνονται ακόμη (είναι υπό συζήτηση) τα απαραίτητα χρηματοδοτικά εργαλεία στους Δήμους για να γίνουν οι ίδιοι παραγωγοί ενέργειας. Πέρα από κάποια δάνεια από το ταμείο παρακαταθηκών και δανείων θα μπορούσε να αναπτυχθεί ένα πρόγραμμα χρηματοδότησης των Δήμων μέσα από το Πράσινο Ταμείο ή το Ταμείο Ανάκαμψης με σκοπό την

τελική ενεργειακή τους ουδετερότητα ή και την εξάλειψη της ενεργειακής φτώχειας των πολιτών.

Είναι προφανές ότι πολλοί Δήμοι δεν έχουν καν το προσωπικό ή την τεχνογνωσία να αναπτύξουν έναν ενεργειακό σχεδιασμό προς αυτή την κατεύθυνση και δεν διαθέτουν τις απαραίτητες μελέτες για τον σκοπό αυτό.

Σημαντικό βέβαια βήμα προς αυτή την κατεύθυνση είναι η θεσμοθέτηση Ενεργειακών Κοινοτήτων μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα από πολλούς Δήμους με σκοπό ενός «ανεξάρτητου» εργαλείου που θα αναλάβει αυτές τις πολιτικές σε τοπικό επίπεδο. Σήμερα, με το υπάρχον θεσμικό πλαίσιο προβλέπει την συγκρότηση Ενεργειακών Κοινοτήτων των Δήμων με ελάχιστο αριθμό τριών έως πέντε φορέων κατά περίπτωση για την συγκρότηση τους (Νόμος 4513/2018, ΦΕΚ 9/Α'/23-01-2018).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

3.1 ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (MULTI-CRITERIA ANALYSIS)

Καθημερινά οι άνθρωποι λαμβάνουν αποφάσεις, εξετάζοντας διαφορετικά κριτήρια για διαφορετικές εναλλακτικές. Η πολυπλοκότητα της κάθε απόφασης, φέρνει και την ανάγκη τυποποίησης μιας διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός πως για το ίδιο πρόβλημα, διαφορετικά άτομα (λήπτες απόφασης) μπορεί να λάβουν διαφορετικές αποφάσεις.

Ο Malczewski αναφέρει πως η πολυκριτηριακή ανάλυση είναι ένα εργαλείο λήψης αποφάσεων που αναπτύχθηκε για πολύπλοκα πολυκριτηριακά προβλήματα που περιλαμβάνουν ποιοτικές ή ποσοτικές πτυχές του προβλήματος στη διαδικασία λήψης αποφάσεων (Malczewski, 1999).

Η Πολυκριτηριακή Ανάλυση (Multi-Criteria Analysis) είναι η διαδικασία λήψης απόφασης και επιλογής της καλύτερης εναλλακτικής λύσης μεταξύ ενός πεπερασμένου συνόλου εναλλακτικών (Roszkowska, 2011). Μερικές από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μεθόδους Πολυκριτηριακής Ανάλυσης είναι οι ακόλουθες (Vagiona et al., 2022):

- Η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (Analytical Hierarchy Process-AHP), η οποία αποτελεί μια ιεραρχική μέθοδο λήψης αποφάσεων που χρησιμοποιεί συγκρίσεις κατά ζεύγη των κριτηρίων που τίθενται, για να αξιολογηθούν οι εναλλακτικές λύσεις
- Η Τεχνική για Σειρά Προτίμησης βάσει Ομοιότητας με την Ιδανική Λύση (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution-TOPSIS). Η TOPSIS, βασίζεται στην έννοια της απόστασης κάθε εναλλακτικής από την ιδεατή θετική και ιδεατή αρνητική λύση
- Η μέθοδος ELECTRE (ELimination Et Choice Translating REality), η οποία χρησιμοποιεί μια συμβιβαστική διαδικασία κατάταξης και εξάλειψης, προκειμένου να ταξινομήσει τις εναλλακτικές λύσεις
- Η μέθοδος PROMITHEE (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment of Evaluations), η οποία χρησιμοποιεί τη διαδικασία σύγκρισης κατά ζεύγη προκειμένου να καταταχθούν οι εναλλακτικές

Σύμφωνα με τους Tzeng και Huang, για όλες τις μεθόδους Πολυκριτηριακής Ανάλυσης, τα βασικά βήματα προς την επίλυση ενός προβλήματος και προς την εύρεση της βέλτιστης εναλλακτικής είναι (Tzeng & Huang, 2011):

1. Προσδιορισμός της φύσης του προβλήματος
2. Δημιουργία ενός συστήματος για την αξιολόγηση του προβλήματος
3. Επιλογή κατάλληλου μοντέλου αξιολόγησης
4. Λήψη βαρών και αξιολόγηση των αποδόσεων μεταξύ κάθε χαρακτηριστικού-κριτηρίου και εναλλακτικής λύσης
5. Προσδιορισμός της βέλτιστης εναλλακτικής

Σε πολλές περιπτώσεις, όπως για παράδειγμα στη χωροθέτηση αιολικών πάρκων, βασικό στοιχείο της διαδικασίας της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης, είναι η συμμετοχή του κοινού/ πολιτών, προκειμένου να σχεδιαστούν και να προγραμματιστούν κοινωνικά αποδεκτά έργα (Vagiona et al., 2022).

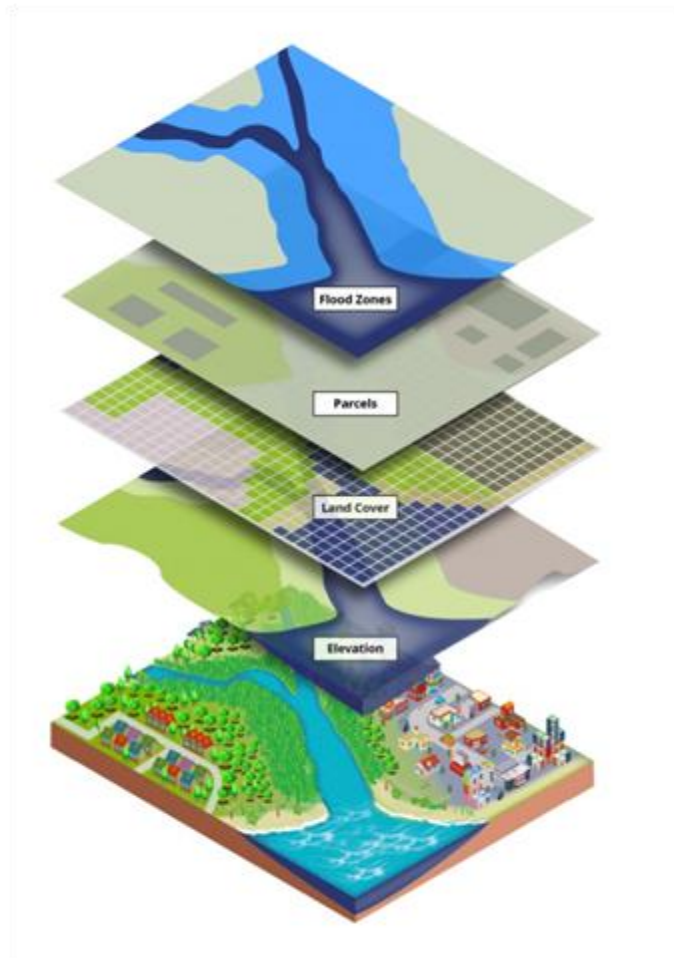
Η Πολυκριτηριακή Ανάλυση αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για τη διαδικασία λήψης αποφάσεων σε πολύπλοκα και πολυδιάστατα ζητήματα. Επιτρέπει στους λήπτες αποφάσεων να αξιολογούν και να ταξινομούν εναλλακτικές λύσεις με βάση πολλαπλά κριτήρια, αντί να βασίζονται σε ένα μόνο κριτήριο. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για πολύπλοκα προβλήματα, όπως για παράδειγμα η επιλογή της βέλτιστης θέσης χωροθέτησης για μια εγκατάσταση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπου πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν πολλοί παράγοντες. Στην περίπτωση ειδικά των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η Πολυκριτηριακή Ανάλυση μπορεί να είναι ένα ιδιαίτερα πολύτιμο εργαλείο για την αξιολόγηση πιθανών τοποθεσιών με βάση μια σειρά παραγόντων όπως η τεχνική σκοπιμότητα, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, η οικονομική βιωσιμότητα και η κοινωνική αποδοχή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΦΟΡΟΡΙΩΝ (GIS)

4.1 ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Η επιστήμη της χαρτογραφίας, έχει γεννηθεί εδώ και πολλά χρόνια για να ικανοποιήσει την ανάγκη αποτύπωσης του γήινου χώρου και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων επάνω σε αυτόν. Οι χάρτες, αποτελούν γεωγραφικές εικόνες, πάνω στις οποίες απεικονίζονται φαινόμενα που συμβαίνουν στον χώρο.

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) επιτρέπουν την εισαγωγή, την ανάλυση, την επεξεργασία και την απεικόνιση χωρικών δεδομένων και να αντιμετωπίσουν προβλήματα που υπάρχουν στους παραδοσιακούς χάρτες. (Δάιου, Κυριακίδου, 2020). Οι ψηφιακοί χάρτες σε ένα περιβάλλον GIS, αποτελούνται από τρία στοιχεία: τα σημειακά στοιχεία, τα γραμμικά στοιχεία και τα στοιχεία επιφανειών (πολύγωνα). Αναλόγως του είδους του αντικείμενου που χρήζει απεικόνισης (δρόμος, αγροτεμάχιο, ροές κλπ), χρησιμοποιείται και το αντίστοιχο στοιχείο. Ο συνδυασμός της απεικόνισης αυτής με τη δυνατότητα σύνδεσης των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών με περιγραφικές πληροφορίες και βάσεις δεδομένων, δημιουργεί ένα άρτιο και ολοκληρωμένο αποτέλεσμα.



Εικόνα 8: Επίπεδα GIS

Πηγή: gisgeography.com

Οι ψηφιακοί χάρτες και οι τεχνολογίες των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών, έχουν εξελιχθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, γεγονός που τα καθιστά απαραίτητα επιχειρησιακά και στρατηγικά εργαλεία. Στα οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση και αξιοποίηση των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών, συγκαταλέγονται: η αύξηση της αποδοτικότητας, οι αποφάσεις υψηλής ποιότητας και οι βελτιωμένες υπηρεσίες (Δάιου, Κυριακίδου, 2020).

Στα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, ενσωματώνονται πολλά και διαφορετικά είδη δεδομένων, έχοντας ως κοινό την χωρική τοποθεσία (esri.com). Ο συνδυασμός των γεωγραφικών και χωρικών στοιχείων, μαζί με περιγραφικά δεδομένα, μπορεί να οπτικοποιηθεί και απεικονιστεί σε θεματικούς χάρτες, μέσω της χωρικής ανάλυσης.

Η χωρική ανάλυση των GIS, παρέχει τη δυνατότητα γεωγραφικής μοντελοποίησης των διαφόρων προβλημάτων (π.χ. κλιματική αλλαγή, φυσικές καταστροφές κλπ) και εξαγωγής χρήσιμων, για αυτά, συμπερασμάτων. Έτσι για παράδειγμα και στην χωροθέτηση φωτοβολταϊκού πάρκου που μελετάται στην παρούσα εργασία, τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών αποτελούν κύριο εργαλείο για τον εντοπισμό πιθανών θέσεων χωροθέτησης (Sanchez-Lozano et. Al, 2013).

Κατά τη διαδικασία χωροθέτησης ενός έργου ΑΠΕ, το GIS είναι το λογισμικό που μπορεί να υποδείξει τελικώς τις πιθανές θέσεις εγκατάστασης. Διαφόρων ειδών δεδομένα-κριτήρια που επηρεάζουν την χωροθέτηση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου, όπως η ηλιοφάνεια, η κλίση του εδάφους, το υψόμετρο κ.α., συγκεντρώνονται και εισάγονται στο GIS, προκειμένου να αποτυπωθούν και να επεξεργαστούν. Ορίζοντας αποδεκτές και μη τιμές στα κριτήρια και επεξεργάζοντας τα στο GIS, προκύπτει το τελικό «προϊόν» που δεν είναι άλλο, από έναν χάρτη με τις πιθανές θέσεις χωροθέτησης (Κοντογιάννης, 2013).

Η διαδικασία επιλογής των κριτηρίων και αξιοποίησης των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών για την υπόδειξη των πιθανών θέσεων εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού πάρκου για την συγκεκριμένη εργασία, θα αναλυθούν στο Β' μέρος της.

Β' ΜΕΡΟΣ: ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ Η.Π. ΝΑΟΥΣΑΣ

Στο δεύτερο μέρος της εργασίας, θα αναλυθούν τόσο η υφιστάμενη κατάσταση της περιοχής μελέτης (Δήμος Ηρωικής Πόλεως Νάουσας), όσο και η μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθήθηκε, προκειμένου να εντοπιστεί η βέλτιστη θέση για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΔΗΜΟΥ Η.Π. ΝΑΟΥΣΑΣ

1.1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ-ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

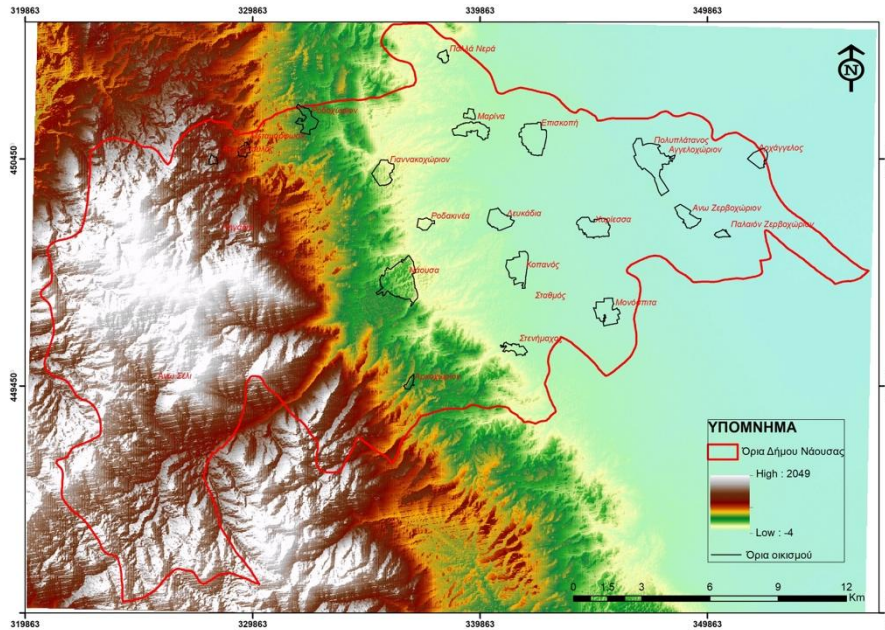
Ο Δήμος Ηρωικής Πόλεως Νάουσας με έδρα τη Νάουσα, αποτελεί έναν ορεινό δήμο της χώρας με ιδιαίτερα μορφολογικά χαρακτηριστικά, ο οποίος υπάγεται στην Περιφερειακή Ενότητα Ημαθίας, της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας, και καταλαμβάνει μία έκταση 424,9 τετραγωνικών χιλιομέτρων (km²).



Χάρτης 4: Δήμος Η.Π. Νάουσας στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

Πηγή: geodata.gov.gr, Ιδία επεξεργασία

Η γεωμορφολογία του ποικίλει κατά μήκος της έκτασής του. Καταλαμβάνει τόσο πεδινές εκτάσεις όσο και ορεινούς όγκους, με το υψόμετρο να κυμαίνεται από 0m στον κάμπο της Ημαθίας, φτάνοντας το μέγιστο υψόμετρο των 2.049 μέτρων στο όρος Βέρμιο.

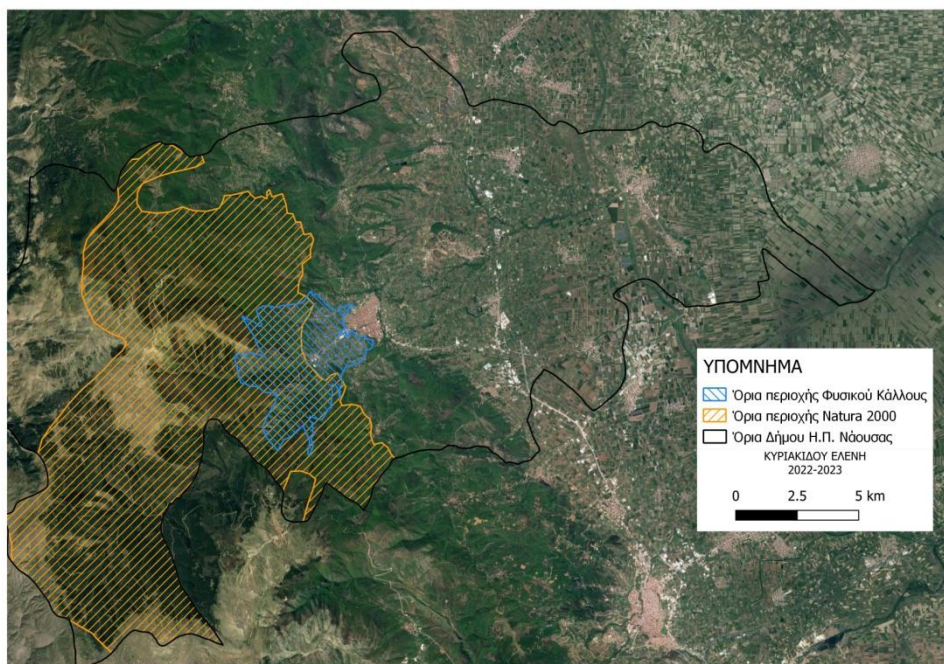


Χάρτης 5: Ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο Δήμου Η.Π. Νάουσας

Πηγή: earthexplorer.usgs.gov, Ίδια επεξεργασία

Όπως φαίνεται και από τον παραπάνω χάρτη, ο Δήμος πρακτικά χωρίζεται σε δύο κομμάτια: το ένα τμήμα του βρίσκεται και καταλαμβάνει μεγάλο μέρος της πεδιάδας της Ημαθίας, ενώ το δεύτερο τμήμα του καταλαμβάνεται από ορεινές περιοχές. Ορισμένα από τα σημαντικότερα στοιχεία του φυσικού περιβάλλοντος του Δήμου, είναι (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Η.Π. Νάουσας):

- Ο Δήμος είναι ο μεγαλύτερος ιδιοκτήτης δασικών εκτάσεων στην Ελλάδα, κατέχοντας συνολικά 75.000 στρέμματα δάσους, εκ των οποίων τα 72.000 στο όρος Βέρμιο
- Στο πλούσιο φυσικό περιβάλλον του Δήμου Η.Π. Νάουσας, συγκαταλέγεται και μια έκταση περίπου 254 τετραγωνικών χιλιομέτρων, χαρακτηρισμένη ως περιοχή προστασίας Natura 2000, με κωδικό GR1210001
- Στο δυναμικό του Δήμου, συγκαταλέγεται επίσης και το χαρακτηρισμένο ως περιοχή «ιδιαίτερου φυσικού κάλλους», το άλσος Αγ. Νικολάου, εκτάσεως 60 στρεμμάτων. Στο άλσος, βρίσκονται και οι πηγές του ποταμού Αράπιτσα, ο οποίος διασχίζει όλη την πόλη της Νάουσας. Για χρόνια, ο ποταμός αποτελούσε την κινητήριου δύναμη για τη λειτουργία των εργοστασίων της περιοχής.



Χάρτης 6: Περιοχή Natura 2000-Περιοχή Φυσικού Κάλλους στον Δήμο Η.Π. Νάουσας

Πηγή: Δήμος Νάουσας, Ιδία Επεξεργασία

Άξιο αναφοράς επίσης, είναι και το δημοτικό πάρκο της Νάουσας, το οποίο μάλιστα είναι και το πρώτο ιστορικό πάρκο της Ελλάδας, το οποίο έχει ενταχθεί στο Ευρωπαϊκό Δίκτυο Ιστορικών Κήπων ERHG.



Εικόνα 9: Δημοτικό πάρκο Νάουσας

Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

Αναφορικά με τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά, το κλίμα του Δήμου Νάουσας είναι μεσογειακό, ενώ σύμφωνα με τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού της Νάουσας, η μέση θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του προηγούμενου έτους (μετρήσεις Ιαν.2022-Δεκ.2022) κυμαινόταν τους 16°C , με την ελάχιστη τους χειμερινούς μήνες να έφτανε τους -5,3 °C ενώ η μέγιστη θερμοκρασία που καταγράφηκε τους θερινούς μήνες ήταν 36,7 °C (<https://penteli.meteo.gr/stations/naousa/>)

ANNUAL CLIMATOLOGICAL SUMMARY for 2022
National Observatory of Athens
Institute of Environmental Research and Sustainable Development, meteo.gr

Station Name: Naousa
Latitude: 40.60000 N
Longitude: 22.10000 E
Elevation: 365m
Date/Time in: LOCAL TIME

Year	Month	Mean Temp	Mean High Temp	Mean Low Temp	Abs High Temp	Abs Low Temp	Day	Acum Rain	Max Daily Rain	Day	Mean Wind Speed	Abs High Speed	Day	Dom Dir	
2022-01		5.3	8.4	2.4	19.3	01	-5.3	25	118.0	79.2	10	3.1	38.6	01	SW
2022-02		7.6	10.9	4.7	16.4	18	0.6	27	82.0	60.0	27	3.7	48.3	24	SW
2022-03		6.5	10.4	2.9	21.8	25	-3.7	12	91.2	16.6	01	3.4	37.0	22	SW
2022-04		13.7	18.3	9.6	26.1	09	4.6	19	21.2	5.2	17	3.6	56.3	11	ESE
2022-05		19.9	25.1	15.3	32.6	26	9.3	03	25.2	6.6	29	2.6	45.1	29	ESE
2022-06		24.5	29.7	20.0	36.0	23	15.9	11	91.2	53.6	10	3.0	48.3	06	SSW
2022-07		26.4	31.4	21.8	36.7	22	16.7	09	21.2	9.8	09	3.6	46.7	08	SSW
2022-08		25.5	30.4	21.6	35.2	19	17.9	25	79.6	18.4	16	3.5	54.7	16	SSW
2022-09		20.4	24.9	16.6	29.4	16	10.2	22	60.8	25.6	05	2.2	66.0	17	SSW
2022-10		16.8	21.0	13.6	26.0	01	10.4	22	42.8	29.2	14	2.0	38.6	02	SW
2022-11		12.8	15.6	10.4	23.8	02	4.2	28	135.6	68.4	06	1.3	48.3	25	SSW
2022-12		9.1	11.4	7.2	16.8	25	1.9	21	80.6	71.0	01	0.8	41.8	12	SW
2022		15.7	19.8	12.2	36.7	07	-5.3	01	849.4	79.2	01	2.7	66.0	09	

Εικόνα 10: Ετήσια κλιματολογικά στοιχεία 2022, Δήμος Η.Π. Νάουσας

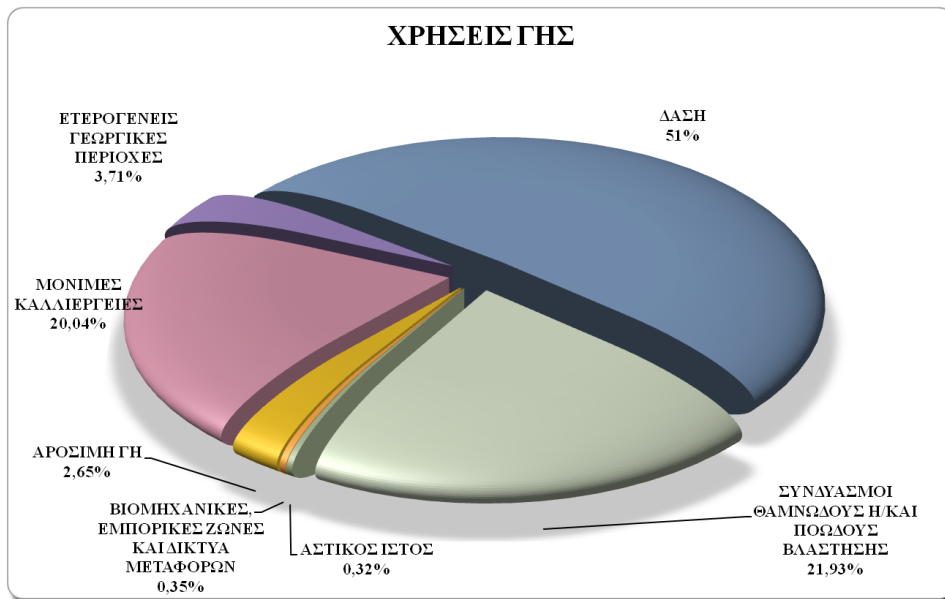
Πηγή: <https://penteli.meteo.gr/stations/naousa/>

Όπως φαίνεται στον παρακάτω χάρτη (Χάρτης -) ο Δήμος Η.Π. Νάουσας έχει ένα σχετικά υψηλό ηλιακό δυναμικό, με τις τιμές της Παγκόσμιας Ηλιακής Ακτινοβολίας (GHI) να κυμαίνονται από 1.570,21 kWh/m² η ελάχιστη, έως 1.187,79 kWh/m² η μέγιστη, στις πεδινές περιοχές του.



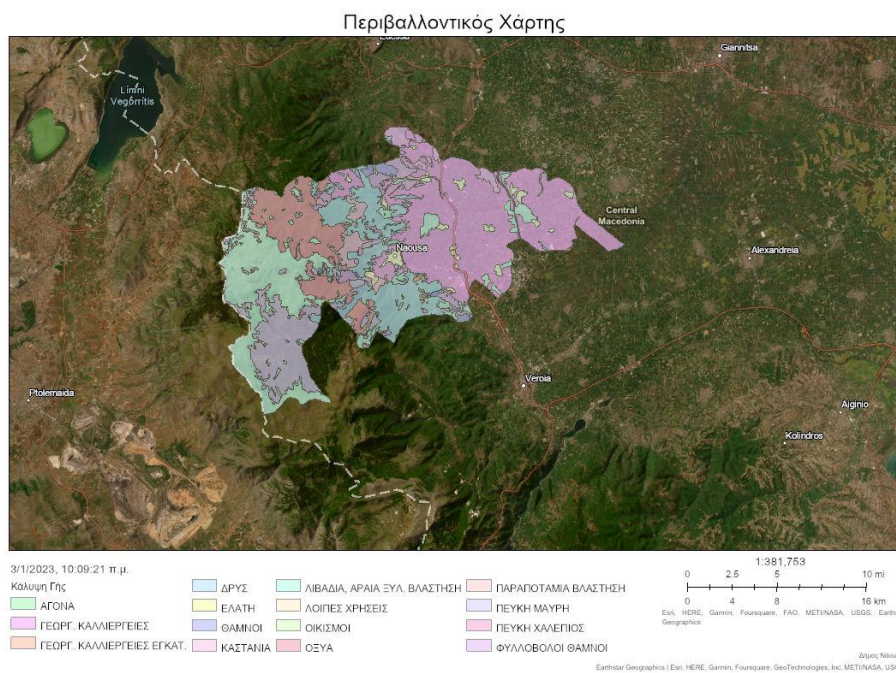
Χάρτης 7: Ηλιακό δυναμικό- Global Horizontal Irradiation, Δήμος Η.Π. Νάουσας
 Πηγή: Global Solar Atlas, Ιδία επεξεργασία

Τέλος, η ιδιαίτερη γεωμορφολογία του Δήμου Η.Π. Νάουσας, αντικατοπτρίζεται και στη λειτουργική δραστηριοποίηση του χώρου. Όπως αποτυπώνεται και στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 6), το μεγαλύτερο μέρος του περιεχομένου των χρήσεων γης του Δήμου, αφορά δασικές εκτάσεις.



Διάγραμμα 6: Χρήσεις γης, Δήμος Η.Π. Νάουσας

Πηγή: Χατζηδιαμαντής, 2022

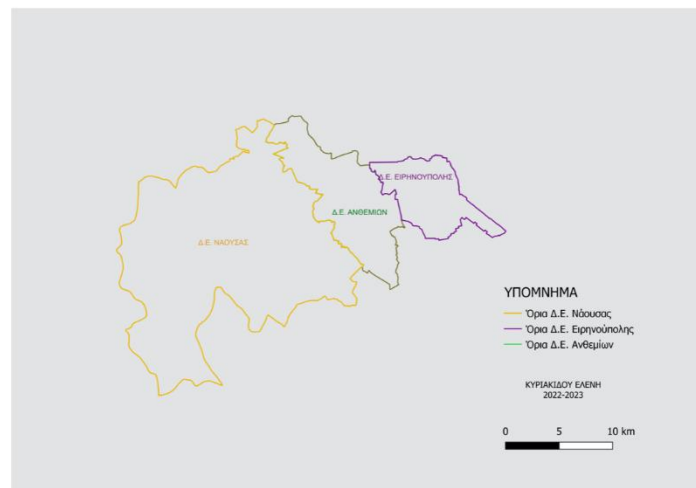


Χάρτης 8: Καλύψεις γης, Δήμος Η.Π. Νάουσας

Πηγή: gis.naoussa.gr

1.2. ΟΙΚΙΣΤΙΚΗ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ-ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Με τον Νόμο 3852/2010 (ΦΕΚ 87 Τεύχος Α' 07-06-2010) «*Νέα Αρχιτεκτονική της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης- Πρόγραμμα Καλλικράτης*», ο Δήμος Νάουσας συνενώθηκε με τους πρώην Καποδιστριακούς Δήμους Ειρηνούπολης και Ανθεμίων, αποτελώντας έτσι τον νέο, διευρυμένο Δήμο Η.Π. Νάουσας. Ο Δήμος Νάουσας έχει ως έδρα την πόλη της Νάουσας και αποτελείται από τρεις επιμέρους δημοτικές ενότητες: Νάουσας, Ανθεμίων, Ειρηνούπολης.



Χάρτης 9: Δημοτικές Ενότητες Δήμου Η.Π. Νάουσας

Πηγή: Δήμος Νάουσας, Ιδία Επεξεργασία

Η διάρθρωση των Δημοτικών Ενοτήτων και Κοινοτήτων του Δήμου, παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2):

ΔΗΜΟΣ ΗΡΩΙΚΗΣ ΠΟΛΕΩΣ ΝΑΟΥΣΑΣ		
ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΝΑΟΥΣΑΣ	ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΑΝΘΕΜΙΩΝ	ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΕΙΡΗΝΟΥΠΟΛΗΣ
Κοινότητα Νάουσας	Κοινότητα Κοπανού	Κοινότητα Αγγελοχωρίου
Κοινότητα Αρκοχωρίου	Κοινότητα Επισκοπής Νάουσας	Κοινότητα Ζερβοχωρίου
Κοινότητα Γιαννακοχωρίου	Κοινότητα Λευκαδίων	Κοινότητα Πολυπλατάνου
Κοινότητα Ροδοχωρίου	Κοινότητα Μαρίνης	
Κοινότητα Στενημάχου	Κοινότητα Μονοσπίτων	
	Κοινότητα Χαρίεσσας	

Πίνακας 2: Διοικητική διάρθρωση Δήμου Η.Π. Νάουσας
Πηγή: ΥΑ 28549/17-04-2019 - ΦΕΚ 1327/Β' /2019, Ιδία Επεξεργασία

Ο πληθυσμός του Δήμου Η.Π. Νάουσας, σύμφωνα με την απογραφή του 2021, ανέρχεται σε 32.319 κατοίκους (νόμιμος πληθυσμός) όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3) (ΕΛΣΤΑΤ).

ΝΟΜΙΜΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	
ΔΗΜΟΣ ΗΡΩΙΚΗΣ ΠΟΛΕΩΣ ΝΑΟΥΣΑΣ	32.319
ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΝΑΟΥΣΑΣ	20.960
ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΑΝΘΕΜΙΩΝ	7.353
ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΕΙΡΗΝΟΥΠΟΛΗΣ	4.006

Πίνακας 3: Νόμιμος πληθυσμός Δήμου Η.Π. Νάουσας, 2021
Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, Ιδία Επεξεργασία

Δεδομένου όμως ότι μέχρι σήμερα δεν έχουν δημοσιευτεί τα πλήρη στοιχεία από την απογραφή του έτους 2021 (οικονομικά, κοινωνικά κ.α.), θα παρουσιαστούν τα δεδομένα της απογραφής του έτους 2011.

Ο πληθυσμός του Δήμου τη δεκαετία 2001-2011 παρουσίασε μια εκθετική αύξηση της τάξης του 45 % (πληθυσμός 2011: 32.494 κάτοικοι, πληθυσμός 2001: 22.274 κάτοικοι) (ΕΛΣΤΑΤ), γεγονός που αποδίδεται όμως στη συνένωση των τριών καταργηθέντων Καποδιστριακών Δήμων. Αναλυτικά ο πληθυσμός του έτους 2011 ανά Δημοτική Ενότητα και Τοπική Κοινότητα του Δήμου Η.Π. Νάουσας, παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4) (ΕΛΣΤΑΤ):

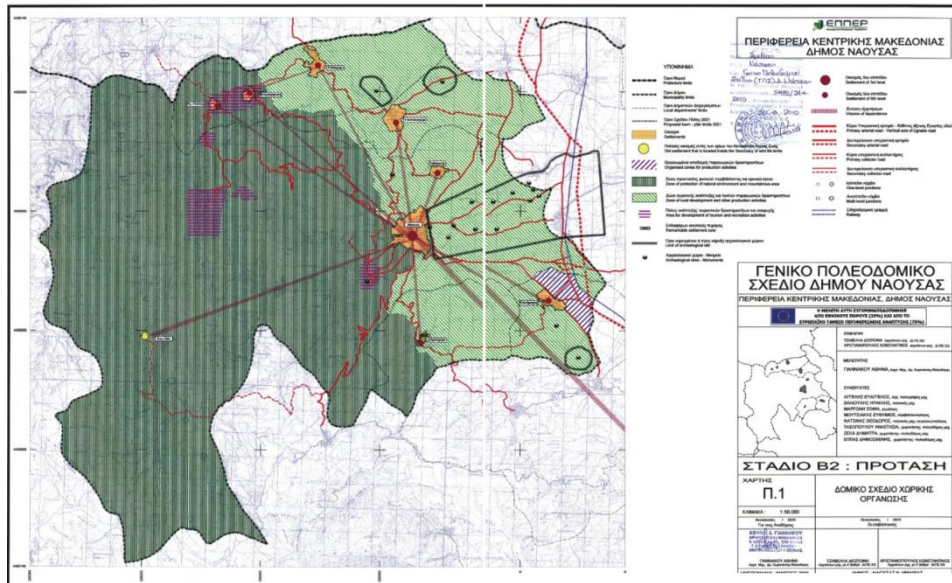
ΔΗΜΟΤΙΚΗ-ΤΟΠΙΚΗ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ	ΜΟΝΙΜΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ (2011)
Δ.Ε. ΝΑΟΥΣΑΣ	21.152
Δ.Κ. ΝΑΟΥΣΑΣ (Οικισμοί: Νάουσα, Αγ. Νικόλαος, Άνω Βέρμιο, Στράντζα, Σ.Σ. Νάουσας, 3-5 Πηγάδια)	19.268
Τ.Κ. ΣΤΕΝΗΜΑΧΟΥ	710
Τ.Κ. ΑΡΚΟΧΩΡΙΟΥ	256
Τ.Κ. ΓΙΑΝΝΑΚΟΧΩΡΙΟΥ	415
Τ.Κ. ΡΟΔΟΧΩΡΙΟΥ (Οικισμοί: Ροδοχώρι, Μεταμόρφωση, Αγ. Παύλος)	503
Δ.Ε. ΑΝΘΕΜΙΩΝ	7.534
Τ.Κ. ΚΟΠΑΝΟΥ	1.853
Τ.Κ. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣ	1.623

Τ.Κ. ΛΕΥΚΑΔΙΩΝ	1.021
Τ.Κ. ΜΑΡΙΝΑΣ (Οικισμοί: Μαρίνα, Πολλά Νερά)	1.181
Τ.Κ. ΜΟΝΟΣΠΙΤΩΝ	897
Τ.Κ. ΧΑΡΙΕΣΣΑΣ	959
Δ.Ε. ΕΙΡΗΝΟΥΠΟΛΗΣ	3.808
Τ.Κ. ΑΓΓΕΛΟΧΩΡΙΟΥ	1.701
Τ.Κ. ΖΕΡΒΟΧΩΡΙΟΥ (Οικισμοί: Άνω Ζερβοχώρι, Παλαιό Ζερβοχώρι, Αρχάγγελος)	1.340
Τ.Κ. ΠΟΛΥΠΛΑΤΑΝΟΥ	767
ΣΥΝΟΛΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	1.882.108
ΣΥΝΟΛΟ ΧΩΡΑΣ	10.816.286

Πίνακας 4: Μόνιμος πληθυσμός Δήμου Η.Π. Νάουσας
Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, Ιδία Επεξεργασία

Οι συνολικά 24 οικισμοί του Δήμου, βρίσκονται διασκορπισμένοι σε όλο το μήκος και το πλάτος της έκτασής του.

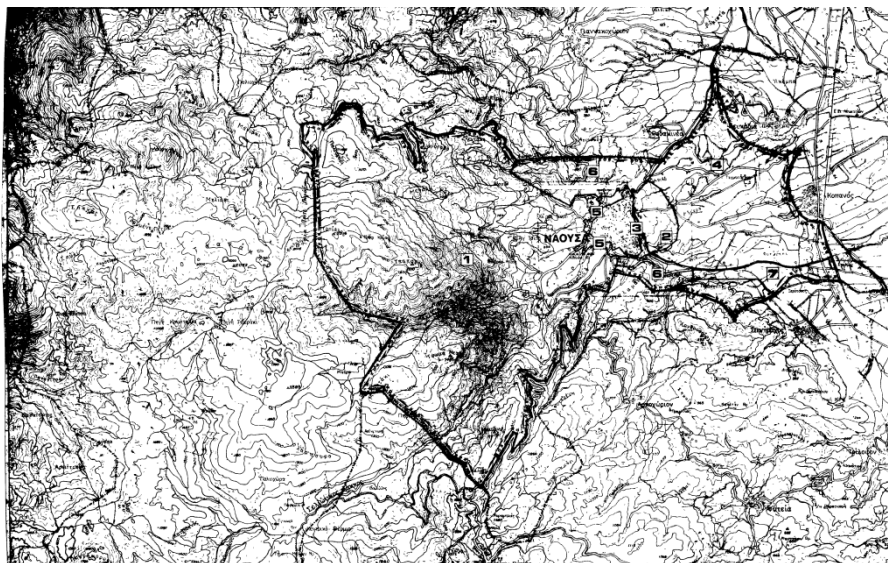
Αναφορικά με τα πολεοδομικά σχέδια, ο Δήμος Νάουσας διαθέτει εγκεκριμένο Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο (Γ.Π.Σ.) για τη Δημοτική Ενότητα Νάουσας (πρώην Δήμος Νάουσας), που αφορά τις Κοινότητες (πρώην Δημοτικά Διαμερίσματα) Νάουσας, Αρκοχωρίου, Γιαννακοχωρίου, Ροδοχωρίου και Στενημάχου. Το Γ.Π.Σ. εγκρίθηκε με το ΦΕΚ 289/Α.Α.Π./23-7-2010.



Χάρτης 10: Δομικό Σχέδιο Χωρικής Οργάνωσης, Γ.Π.Σ. Δήμου Νάουσας

Πηγή: ΦΕΚ 289/Α.Α.Π./23-07-2010

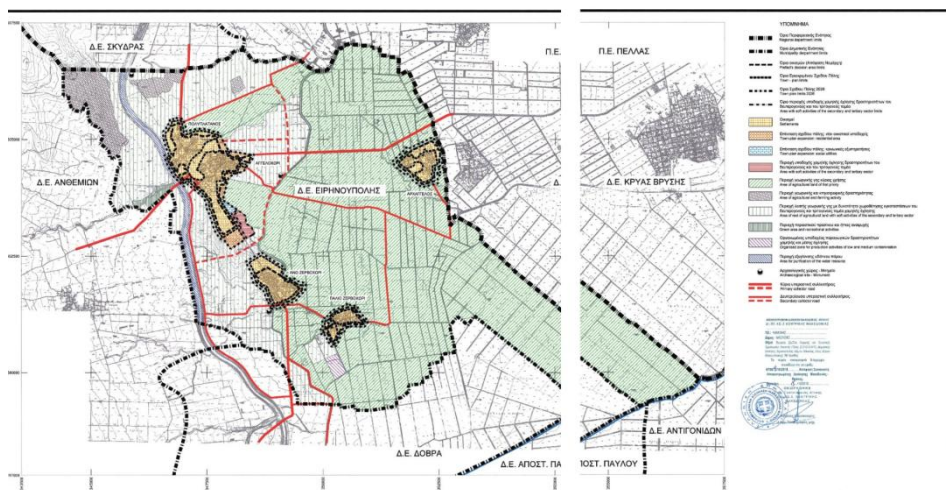
Επιπλέον, για το αστικό κέντρο της Νάουσας έχουν καθοριστεί με το ΦΕΚ Δ 407/29-4-1986 επτά Ζώνες Οικιστικού Ελέγχου, με ειδικές χρήσεις γης, κατώτατα όρια κατάτμησης και συγκεκριμένους όρους δόμησης.



Χάρτης 11: Ζώνες Οικιστικού Ελέγχου Νάουσας

Πηγή: ΦΕΚ Δ 407/29-4-1986

Τέλος, το 2018 εγκρίθηκε το Σχέδιο Χωρικής και Οικιστικής Οργάνωσης Ανοικτής Πόλης (Σ.Χ.Ο.Ο.Α.Π.) της Δημοτικής Ενότητας Ειρηνούπολης (πρώην Δήμου Ειρηνούπολης) του Δήμου Νάουσας με το ΦΕΚ 259/Α.Α.Π./1-11-2018.



Χάρτης 12: Δομικό Σχέδιο Χωρικής Οργάνωσης, Σ.Χ.Ο.Ο.Α.Π. Δ.Ε. Ειρηνούπολης

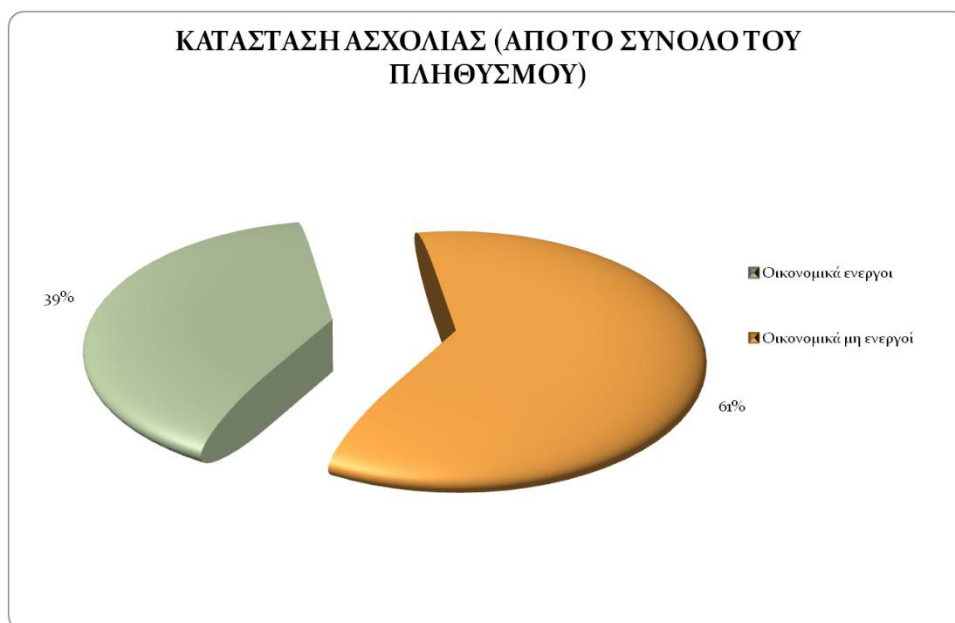
Πηγή: ΦΕΚ 259/Α.Α.Π./1-11-2018

1.3.ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Ο Δήμος Νάουσας αποτελεί έναν κατεξοχήν αγροτικό Δήμο με μεγάλες καλλιεργήσιμες εκτάσεις και με ειδικευση στην οπωροκαλλιέργεια και την αμπελουργία. Ο κλάδος της μεταποίησης, παίζει επίσης σημαντικό ρόλο στην περιοχή, κυρίως λόγω της παραγωγής κρασιού. Οι αμπελουργικές καλλιέργειες καλύπτουν μια έκταση 4.500 στρεμμάτων συνολικά και γύρω από αυτές έχουν αναπτυχθεί 18 οινοποιεία, τα οποία παράγουν κρασί με διεθνή αναγνώριση (Αθανασιάδου, 2019). Στον τριτογενή τομέα, υπάρχουν σημαντικές δυνατότητες τουριστικής ανάπτυξης της περιοχής. Το χιονοδρομικό κέντρο 3-5 Πηγάδια, το Άλσος του Αγίου Νικολάου αλλά και η πολιτιστική κληρονομιά του Δήμου, μπορούν να τον καταστήσουν τουριστικό προορισμό για όλη τη διάρκεια του έτους. Ήδη γίνονται βήματα προς αυτήν την κατεύθυνση, αφού τον Ιανουάριο του 2022, υπεγράφη σύμβαση για μακροχρόνια μίσθωση του χιονοδρομικού κέντρου 3-5 Πηγαδιών, προκειμένου να επαναλειτουργήσουν όλες οι εγκαταστάσεις του, να αναπτυχθούν οι υποδομές του και να καταστεί ένας κορυφαίος τουριστικός προορισμός, προσφέροντας ήδη μάλιστα νέες θέσεις εργασίας.

Μέχρι και τη δεκαετία του 1990, βασικό κομμάτι της οικονομικής δραστηριότητας της περιοχής, αποτελούσε η κλωστοϋφαντουργία. Το σύνολο των εργοστασίων, συγκέντρωνε εργαζομένους τόσο από τη Νάουσα όσο και από τις γύρω περιοχές, προσφέροντας τόσο δημογραφική όσο και οικονομική ανάπτυξη στην πόλη. Η πτώση

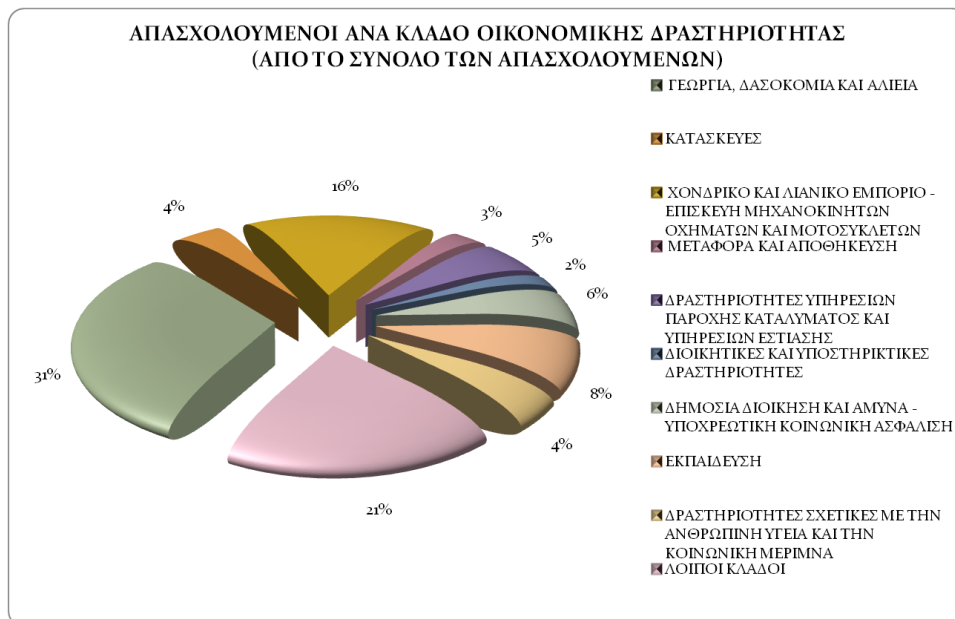
της βιομηχανικής δραστηριότητας, επέφερε και υψηλά ποσοστά ανεργίας. Όπως αποτυπώνεται και στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 7) κατά την απογραφή του 2011 μόλις το 39% του συνολικού πληθυσμού του Δήμου, ήτοι 12.700 πολίτες δηλώθηκε ως οικονομικά ενεργός πληθυσμός, εκ των οποίων το 15,9 % δήλωσαν άνεργοι (ΕΛΣΤΑΤ).



Διάγραμμα 7: Κατάσταση ασχολίας πληθυσμού Δήμου Η.Π. Νάουσας

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, Ιδία επεξεργασία

Η εξειδίκευση των πολιτών στους τομείς της γεωργίας, μετά την κατάρρευση του κλάδου της βιομηχανίας, αποτυπώνεται και στο ακόλουθο διάγραμμα (Διάγραμμα 8), καθώς το 31% του οικονομικά ενεργού πληθυσμού, δραστηριοποιείται στον κλάδο της γεωργίας, δασοκομίας και αλιείας (ΕΛΣΤΑΤ).



Διάγραμμα 8: Απασχολούμενοι ανά κλάδο οικονομικής δραστηριότητας

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, Ιδία επεξεργασία

1.4. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Στην περιοχή της Νάουσας σήμερα, παρατηρούμε ένα χρονικό κενό ως προς τον οικισμό της περιοχής ως οργανωμένη μορφή οικισμού, σε σύγκριση με τις γειτονικές πόλεις της Βέροιας και της Έδεσσας, που έχουν μια χρονική διαδοχική ιστορία. Τα τελευταία χρόνια, η αρχή μιας νέας ιστορικής περιόδου έχει οριστεί από την εισβολή των Οθωμανών Τούρκων στη Μακεδονία και σε όλα τα Βαλκάνια το 1354 μ.Χ. (Οικονόμου, 2022). Ωστόσο, υπάρχουν αναφορές πως η Νάουσα κατοικείται από τα αρχαία χρόνια, με τους πρώτους κατοίκους της να είναι η θρακική φυλή Βρίγες, οι οποίοι εγκαταστάθηκαν στην ευρύτερη περιοχή της Ημαθίας περίπου το 1200 π.Χ. (Μπλιάτσας, 2009).

Σημαντικό είναι να αναφερθεί πως μετά την εξέγερση της πόλης κατά των Οθωμανών το 1822 η οποία κατεστάλη τον Απρίλιο του ίδιου έτους, αρκετές γυναίκες έπεσαν στον ποταμό Αράπιτσα προκειμένου να μη συλληφθούν από τους Τούρκους. Για τη συμμετοχή της πόλης στην επανάσταση, αποδόθηκε ο τίτλος της «Ηρωικής Πόλης» με Βασιλικό Διάταγμα στις 17/8/1955, ΦΕΚ αρ.φυλ. 240/3-9-1955.

Κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα, η Νάουσα αποτέλεσε μια από τις σημαντικότερες ελληνικές πόλεις, έχοντας αποκτήσει μια σημαντική βιομηχανική ταυτότητα, τόσο εντός των συνόρων της χώρας όσο και εκτός. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό μάλιστα,

ήταν το γεγονός πως τα εργοστάσια λειτουργούσαν εκμεταλλευόμενα τη δύναμη του νερού, για το λόγο αυτό ήταν και χωροθετημένα πλησίον του ποταμού Αράπιτσα. Η πόλη γνώρισε την ακμή και είχε αναδειχτεί ως το κέντρο της κλωστοϋφαντουργίας στα Βαλκάνια. Ωστόσο από το 1990 και έπειτα, η αποβιομηχάνιση έφερε το κλείσιμο όλων των εργοστασίων.



Εικόνα 11: Πρώην εργοστάσιο-νηματοουργείο «Λόγγου Τουρπάλη»

Πηγή: naoussa.gr

Το κτιριακό απόθεμα εκείνης της εποχής, επιχειρείται σήμερα να αξιοποιηθεί με νέες χρήσεις, προσδίδοντας έναν νέο πολιτιστικό χαρακτήρα στην περιοχή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το βιομηχανικό κτίριο «ΕΡΙΑ» (πρώην βαφείο του εργοστασίου «ΒΕΤΛΑΝΣ») το οποίο σήμερα, μετά την ερημοποίησή του, έχει μετατραπεί σε μια μόνιμη έκθεση της ιστορίας της βιομηχανίας της κλωστοϋφαντουργίας της Νάουσας.



Εικόνα 12: Κέντρο Βιομηχανικής Κληρονομιάς «ΕΡΙΑ»

Πηγή: naoussa.gr



Εικόνα 13: Έκθεση "Ιστορίας Νήματα" του κέντρου βιομηχανικής κληρονομιάς «ΕΡΙΑ»

Πηγή: Ίδια επεξεργασία

Αντίστοιχο αξιόλογο παράδειγμα, αποτελεί και η επανάχρηση του πρώην βιομηχανικού κτιρίου «ΒΕΤΛΑΝΣ» σε πολυχώρο πολιτισμού, φιλοξενώντας πλέον νέες πολιτιστικές και διοικητικές λειτουργίες.

Ο Δήμος Η.Π. Νάουσας έχει ένα πλούσιο πολιτιστικό υπόβαθρο. Πλήθος μνημείων, ακόμα και παγκόσμιας σημασίας, κοσμούν την περιοχή. Τα βασικότερα εξ' αυτών είναι:

- Η σχολή του Αριστοτέλη, ένας τόπος παγκοσμίου ενδιαφέροντος στη θέση «Ισβόρια» του Δήμου Νάουσας, όπου δίδαξε ο αρχαίος Έλληνας φιλόσοφος. Στον περιβάλλοντα χώρο του αρχαιολογικού μνημείου, έχει κατασκευαστεί και το πολιτιστικό κέντρο, με στόχο την ενημέρωση και προβολή της ιστορίας του μνημείου
- Το αρχαίο θέατρο της Μίεζας στη Δημοτική Ενότητα Ανθεμίων, ένα θέατρο των ελληνοιστικών χρόνων του 2ου αιώνα π.Χ.
- Το λαογραφικό μουσείο Νάουσας
- Η Εθνική Βιβλιοθήκη Αργυρουπόλεως της Ευξείνου Λέσχης Ποντίων Νάουσας, η οποία αποτελεί την παρακαταθήκη του ποντιακού πολιτισμού

Αξίζει να γίνει αναφορά και στο έθιμο που λαμβάνει χώρα στη Νάουσα κατά τη διάρκεια των αποκριών, το έθιμο «Γενίτσαροι και Μπούλες», το οποίο κατά την τέλεσή του, προσελκύει πλήθος κόσμου. Το δρώμενο έχει τις ρίζες του στην αρχαιότητα και έχει εγγραφεί στο Εθνικό Ευρετήριο της Άυλης Πολιτιστικής Κληρονομιάς το 2020. Προσωπιδοφόροι χορευτές ανά ζεύγη, κινούνται και χορεύουν εντός των ορίων του ιστορικού κέντρου της πόλης σε συγκεκριμένη διαδρομή. Το δρώμενο αναβιώνει κάθε χρόνο από τον 19ο αιώνα, με εξαίρεση τις περιόδους πολέμου.

1.6. ΔΗΜΟΣ Η.Π. ΝΑΟΥΣΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ο Δήμος Η.Π. Νάουσας, έχει ένα υψηλό δυναμικό για την αξιοποίηση των ΑΠΕ, τόσο λόγω των γεωμορφολογικών του χαρακτηριστικών όσο και των κλιματικών. Οι μεγάλες πεδινές εκτάσεις, ο ποταμός Αράπιτσα καθώς και το όρος Βέρμιο, ευνοούν την ανάπτυξη υποδομών όλων των μορφών ΑΠΕ, ιδιαίτερα την εγκατάσταση αιολικών και φωτοβολταϊκών πάρκων, αλλά και υδροηλεκτρικών σταθμών.

Ο Δήμος, επιχειρεί να εντάξει όλο και περισσότερο στο σχεδιασμό του τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Ήδη από το 2012, ενέταξε στο Επιχειρησιακό του

Πρόγραμμα έναν άξονα ανάπτυξης που αφορά το περιβάλλον, με στόχο την αξιοποίηση των ΑΠΕ για παραγωγή ενέργειας.

Προκειμένου να εξοικονομήσει ενέργεια και να μεταβεί σε ένα νέο ενεργειακό μοντέλο, ο Δήμος Η.Π. Νάουσας έχει προχωρήσει τα τελευταία χρόνια σε ορισμένες δράσεις αξιοποίησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Αρχικά, αξίζει να αναφερθεί πως έχουν γίνει έργα ενεργειακής αναβάθμισης δημοτικών κτιρίων, οι οποίες περιλαμβάνουν και την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων στις στέγες, προκειμένου να υπάρξει συμμετοχή της ηλιακής ενέργειας στην ενεργειακή κατανάλωση του εκάστοτε κτιρίου. Ένα τέτοιο έργο έχει ήδη υλοποιηθεί στο γυμνάσιο της Κοινότητας Κοπανού, με την τοποθέτηση φωτοβολταϊκού συστήματος αυτοκατανάλωσης ισχύος 39,8 kW. Ο Δήμος μέσω χρηματοδοτικών εργαλείων και προγραμμάτων (π.χ. πρόγραμμα ενεργειακών αναβαθμίσεων κτιρίων του Δημοσίου Τομέα “ΗΛΕΚΤΡΑ”) σχεδιάζει την υλοποίηση αντίστοιχων έργων για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των δημοτικών κτιρίων.

Σημαντικό επίσης είναι το γεγονός πως η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας έχει δώσει δυο άδειες μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών στο Δήμο Νάουσας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στις θέσεις «Μπαχούτσι » και «ΒΕΤΛΑΝΣ ».

Τέλος, με την απόφαση 102/2022 του Δημοτικού Συμβουλίου Νάουσας, έχει εγκριθεί η σύσταση ενεργειακής κοινότητας μεταξύ του Δήμου Νάουσας και λοιπών φορέων. Τα συνολικά πέντε μέλη της ενεργειακής κοινότητας (ο ελάχιστος αριθμός που απαιτείται για τη σύσταση Ενεργειακών Κοινότητας αποτελούμενη από Νομικά Πρόσωπα Ιδιωτικού Δικαίου και Νομικά Πρόσωπα Δημοσίου Δικαίου βάσει του αρ. 2 του Ν. 4513/2018), είναι α) ο Δήμος Η.Π. Νάουσας, β) η Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης Νάουσας (ΔΕΥΑ Νάουσας), γ) ο Τ.Ο.Ε.Β. Αγροκτήματος Νάουσας, δ) ο Τ.Ο.Ε.Β. Αραπίτσης Νάουσας και ε) το Κέντρο Κοινωνικής Προστασίας και Αλληλεγγύης Νάουσας. Στους σκοπούς της Ενεργειακής Κοινότητας, είναι μεταξύ άλλων η εγκατάσταση σταθμών ΑΠΕ, ΣΗΘΥΑ και Υβριδικών Σταθμών για την παραγωγή ενέργειας, η διαχείριση πρώτων υλών για την παραγωγή ενέργειας, η διαχείριση δικτύων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας κ.α. (Απ. 102/2022 Δημοτικού Συμβουλίου Νάουσας). Απώτερος στόχος της Ενεργειακής Κοινότητας, είναι η ενεργός συμμετοχή της κοινωνίας, της Τοπικής Αυτοδιοίκησης

αλλά και των επιχειρήσεων στην αξιοποίηση των ΑΠΕ, προκειμένου να επιτευχθεί η ενεργειακή μετάβαση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΡΟΤΑΣΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

2.1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

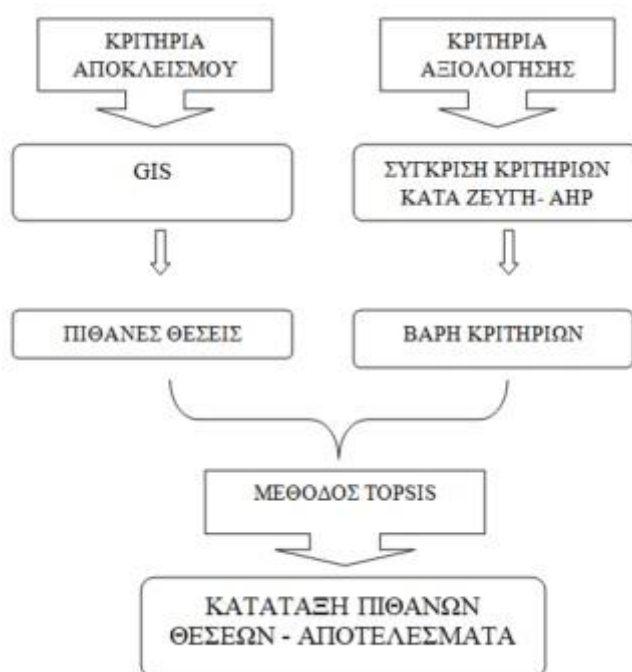
Η χωροθέτηση ενός έργου ΑΠΕ και συγκεκριμένα ενός φωτοβολταϊκού πάρκου, είναι ένα περίπλοκο ζήτημα, το οποίο χρήζει ιδιαίτερης προσοχής και για το οποίο πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν πολλοί και διαφορετικοί παράγοντες. Η ολοκληρωμένη μεθοδολογία με διερεύνηση όλων των παραγόντων και κριτηρίων που παίζουν ρόλο στη χωροθέτηση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, είναι αναπόσπαστο κομμάτι της διαδικασίας του σχεδιασμού. Στην παρούσα εργασία για τη διερεύνηση της βέλτιστης θέσης χωροθέτησης μετά την ανάλυση της περιοχής μελέτης, επιλέχθηκε ως διαδικασία ο συνδυασμός δύο εργαλείων: των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) και της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης (ή αλλιώς Μέθοδος Λήψης Αποφάσεων Πολλαπλών Κριτηρίων-MultiCriteria Decision Making-MCDM). Τα μεν Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, είναι ένα απαραίτητο εργαλείο για τη συλλογή, την επεξεργασία και τη χωρική απεικόνιση όλων των δεδομένων που σχετίζονται με τα διαφορετικά είδη κριτηρίων για τη χωροθέτηση. Η δε Πολυκριτηριακή Ανάλυση, χρησιμοποιείται για την ανάλυση, την ποσοτικοποίηση και την αξιολόγηση κριτηρίων, προκειμένου να εντοπιστεί η βέλτιστη εναλλακτική θέση χωροθέτησης.

Στο πρώτο στάδιο της μεθοδολογίας, χρησιμοποιήθηκαν δύο λογισμικά GIS (ArcGIS και QGIS) για τον αποκλεισμό περιοχών οι οποίες δεν συμβάδιζαν με τα κριτήρια αποκλεισμού που τέθηκαν και για την χωρική απεικόνιση των συμβατών, με τα κριτήρια, περιοχών (πιθανές θέσεις χωροθέτησης). Για την επιλογή των κριτηρίων αποκλεισμού, λήφθηκε υπ' όψιν η ελληνική νομοθεσία και συγκεκριμένα το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΕΠΧΣΑΑ), καθώς επίσης και η διεθνής βιβλιογραφία.

Στο δεύτερο στάδιο, τέθηκαν τα κριτήρια αξιολόγησης και χρησιμοποιήθηκαν δύο μέθοδοι Πολυκριτηριακής Ανάλυσης για την ιεραρχική κατάταξη των πιθανών θέσεων χωροθέτησης. Για την κατανομή βαρών στα κριτήρια αξιολόγησης, χρησιμοποιήθηκε η πλέον διαδεδομένη μέθοδος της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (Analytic Hierarchy Process-AHP), στην οποία τα κριτήρια συγκρίνονται κατά ζεύγη. Εν συνεχεία για την τελική κατάταξη των πιθανών θέσεων και για τον εντοπισμό της βέλτιστης εναλλακτικής λύσης μεταξύ τους,

χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). Η μέθοδος TOPSIS βασίζεται στη λογική ότι η καλύτερη εναλλακτική λύση, πρέπει να έχει την μικρότερη Ευκλείδεια απόσταση από την θετική ιδανική λύση και τη μεγαλύτερη από την αρνητική λύση (Huang, Tzeng, 2011).

Στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 9) παρουσιάζεται σχηματικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε.



Διάγραμμα 9 : Μεθοδολογικό πλαίσιο

Πηγή: Vagiona 2021

2.2. 1^Η ΦΑΣΗ: ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΣ ΑΣΥΜΒΑΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΚΑΙ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΠΙΘΑΝΩΝ ΘΕΣΕΩΝ

Για τον αποκλεισμό των ασύμβατων περιοχών, των περιοχών δηλαδή που κρίθηκαν ακατάλληλες για τη χωροθέτηση φωτοβολταϊκού πάρκου, χρησιμοποιήθηκαν 7 κριτήρια αποκλεισμού που σχετίζονται τόσο με περιορισμούς χρήσεων γης, οικονομικούς περιορισμούς, κοινωνικούς περιορισμούς αλλά και περιβαλλοντικούς. Δεδομένου ότι το ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ και ειδικά για τα φωτοβολταϊκά δεν δίνει συγκεκριμένους ποσοτικούς περιορισμούς, τα ελάχιστα όρια των κριτηρίων τέθηκαν βάσει διεθνούς βιβλιογραφίας. Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 5),

παρουσιάζονται τα 7 κριτήρια αποκλεισμού, οι τιμές των ζωνών ασυμβατότητας, αλλά και οι πηγές άντλησης των δεδομένων.

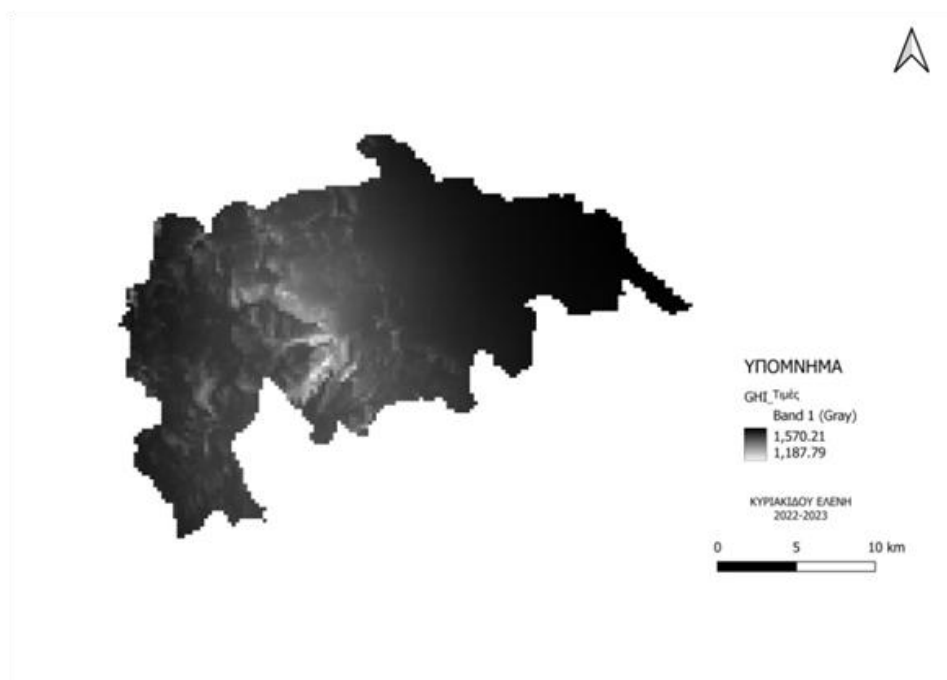
ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ	ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΕΛΑΧΙΣΤΕ Σ ΤΙΜΕΣ	ΠΗΓΗ	ΑΝΑΦΟΡΕΣ
Οικονομικό-Τεχνικό	Ηλιοφάνεια	>1100 kWh/m ²	Global Atlas	Solar [32]
Οικονομικό-Τεχνικό	Κλίση εδάφους	<7%	https://www.usgs.gov/	[21][22][30][32][34][39][48]
Οικονομικό-Τεχνικό	Απόσταση από οδικό δίκτυο	>100m	Δήμος Νάουσας	Η.Π. [30][37][4][1]
Κοινωνικό	Απόσταση από οικισμούς	> 500m για οικισμούς <2000 κατοίκων >2000m για οικισμούς >2000 κατοίκων	Δήμος Νάουσας	Η.Π. [10][22][24][27][43]
Περιβαλλοντικό	Απόσταση από προστατευόμενες περιοχές-αρχαιολογικούς χώρους	>1000m	Δήμος Νάουσας	Η.Π. [21][39][45][48]
Περιβαλλοντικό	Απόσταση από καταφύγια άγριας ζωής	>1000m	Δήμος Νάουσας	Η.Π. [10][24]
Περιβαλλοντικά	Χρήσεις γης	Άγονες εκτάσεις	https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018	[18]

Πίνακας 5: Κριτήρια αποκλεισμού

Τα δεδομένα του κάθε κριτηρίου, εισήχθησαν στο λογισμικό του GIS, είτε ως μορφή raster είτε ως vector μορφή και τέθηκαν ελάχιστα και μέγιστα όρια για το καθένα από αυτά. Όλα τα δεδομένα, μετατράπηκαν σε αρχεία raster, προκειμένου τελικά να απομονωθούν και να απεικονιστούν με την εντολή “Raster Calculator” μόνο οι περιοχές που πληρούν και τα 7 κριτήρια. Παρακάτω παρουσιάζονται όλες οι διαδικασίες για όλα τα κριτήρια.

- Κριτήριο 1: Ηλιοφάνεια

Για την ηλιοφάνεια επιλέχθηκε το αρχείο της Παγκόσμιας Οριζόντιας Ακτινοβολίας (GHI) το οποίο εισήχθη στο πρόγραμμα ως raster αρχείο (εικόνα TIFF) με τα δεδομένα να αφορούν όλη την Ελλάδα. Με την εντολή “Clip” του GIS, απομονώθηκαν τα δεδομένα μόνο για το Δήμο Νάουσας. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε ταξινόμηση μέσω της εντολής “Classify” στο TIFF αρχείο της ηλιοφάνειας, προκειμένου να απεικονιστούν με διαβάθμιση χρωμάτων οι διαφορετικές τιμές της ηλιοφάνειας στο Δήμο, όπως φαίνεται στον παρακάτω χάρτη (Χάρτης 13).



Χάρτης 13: Χάρτης ηλιοφάνειας Δήμου Η.Π. Νάουσας

Σύμφωνα με τους Kereush και Peronych, για να είναι αποδοτικό ένα φωτοβολταϊκό σύστημα, θα πρέπει οι τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας στην περιοχή χωροθέτησης να είναι $>1100 \text{ kWh/m}^2$ ετησίως (Kereush, Peronych, 2017).

- Κριτήριο 2: Κλίση εδάφους

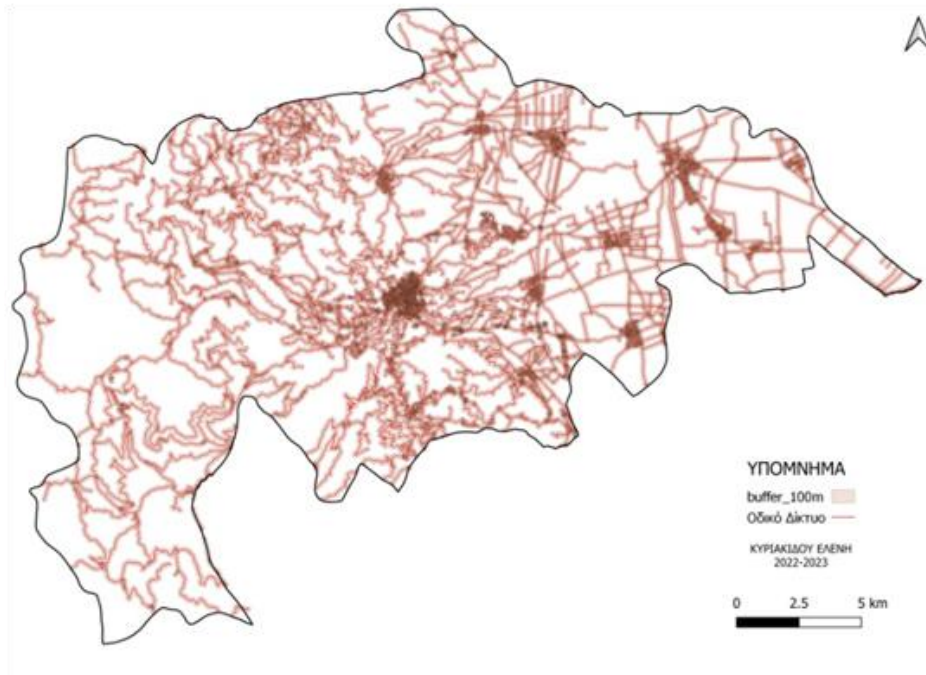
Αντίστοιχα με το κριτήριο της ηλιοφάνειας, για την κλίση του εδάφους εισήχθη αρχείο raster στο λογισμικό του GIS. Και σε αυτήν την περίπτωση, έγινε ταξινόμηση των δεδομένων του raster αρχείου, προκειμένου να απεικονιστούν οι διαφορετικές τιμές της κλίσης στον χάρτη.

Είναι κοινά αποδεκτό, όπως αναφέρουν και οι Albraheem και Alabdulkarim, πως όσο μικρότερη είναι η κλίση του εδάφους, τόσο μεγαλύτερη είναι η λήψη της ηλιακής ακτινοβολίας, γεγονός που είναι απαιτούμενο για τη μεγιστοποίηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για ένα φωτοβολταϊκό (Albraheem, Alabdulkarim, 2021). Στη διεθνή βιβλιογραφία, οι μέγιστες τιμές της κλίσης του εδάφους που επιλέγουν οι ερευνητές ως όριο για τη χωροθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων ποικίλουν. Οι Kereush και Peronych αναφέρουν πως οι βέλτιστες τιμές της κλίσης του εδάφους για την χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι 5-15° (Kereush, Peronych, 2017). Οι Ali, Taweekun, Techato, Waewasak και Gyawali περιγράφουν ως βέλτιστες τιμές της κλίσης τις τιμές 0-7° (Ali et al., 2019), ενώ ο Li ορίζει ως μέγιστη επιτρεπόμενη κλίση τις 4° (Li, 2013). Δεδομένου ότι ο Δήμος Νάουσας χαρακτηρίζεται από ποικιλομορφία σε ότι αφορά την κλίση του εδάφους, επιλέχθηκε μια ενδιάμεση τιμή ως μέγιστη επιτρεπόμενη κλίση, αυτή των 7°.

- Κριτήριο 3: Απόσταση από οδικό δίκτυο

Πλήθος ερευνητών αναφέρουν πως η εγγύτητα στο οδικό δίκτυο, παίζει σημαντικό ρόλο στη μείωση του κόστους κατασκευής και συντήρησης των φωτοβολταϊκών πάρκων. Συχνά στη βιβλιογραφία [30][37][41] επιλέγεται μια απόσταση 100 μέτρων από το οδικό δίκτυο, κυρίως για λόγους ασφαλείας.

Στο GIS εισήχθη ως διανυσματικό (vector) αρχείο (line) το αρχείο του οδικού δικτύου της περιοχής και με το εργαλείο “Buffer” καθορίστηκε μια ζώνη αποκλεισμού 100 μέτρων γύρω από αυτό. Οι περιοχές εκτός ζώνης αποκλεισμού, θεωρήθηκαν αποδεκτές.

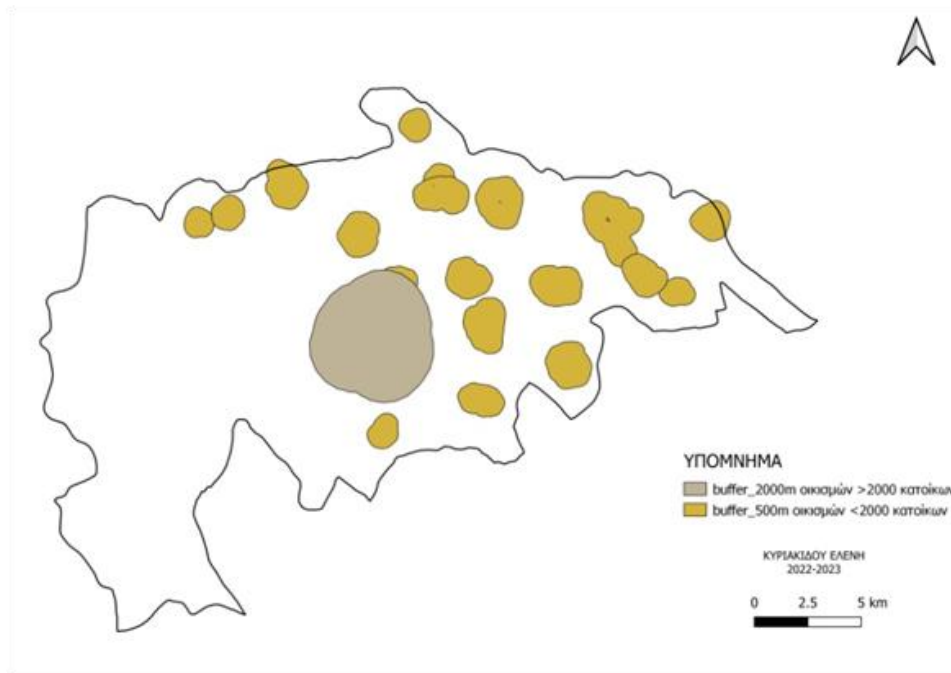


Χάρτης 14: Ζώνη αποκλεισμού από το οδικό δίκτυο

- Κριτήριο 4: Απόσταση από οικισμούς

Αναφορικά με το οικιστικό δίκτυο, οι περισσότεροι ερευνητές ορίζουν ζώνες αποκλεισμού από τις πόλεις, οι οποίες κυμαίνονται από 500m [10][22][27]έως 2000m [24][43]. Δεδομένου ότι ο Δήμος Νάουσας αποτελείτε από την πόλη της Νάουσας (οικισμός άνω των 2000 κατοίκων) και Κοινότητες με πληθυσμό κάτω των 2000 κατοίκων, θεωρήθηκε σκόπιμο να ληφθούν δύο διαφορετικές τιμές στις ζώνες αποκλεισμού: για την πόλη της Νάουσας η ελάχιστη απόσταση ορίστηκε στα 2000m, ενώ για τις Κοινότητες η ελάχιστη απόσταση ορίστηκε στα 500m.

Στο GIS, δημιουργήθηκαν γύρω από τα όρια των οικισμών ζώνες αποκλεισμού με το εργαλείο buffer, έξω από τις οποίες, οι περιοχές θεωρήθηκαν αποδεκτές.

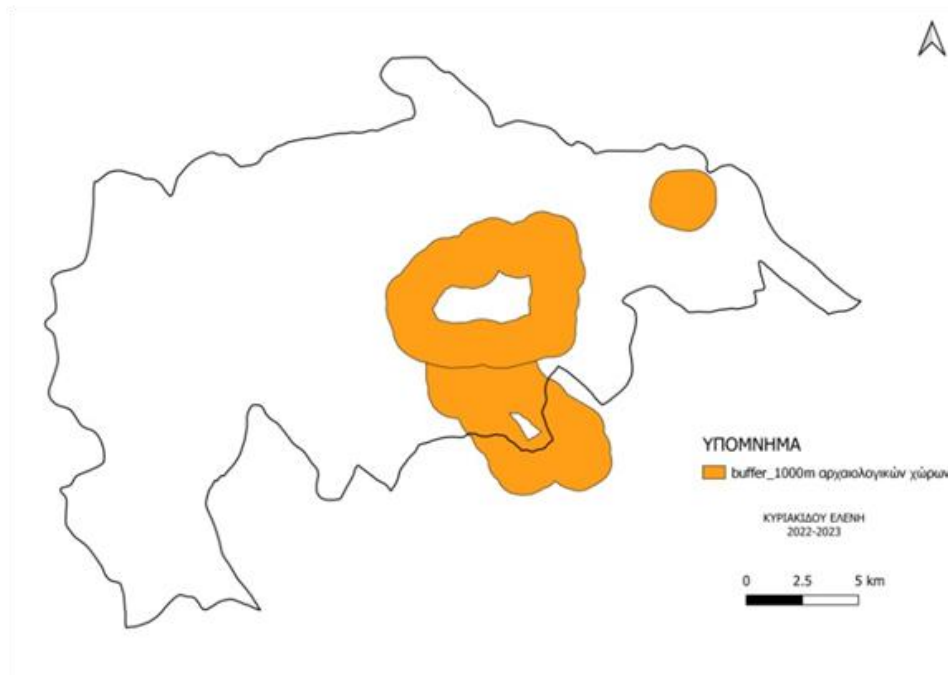


Χάρτης 15: Ζώνες αποκλεισμού από τους οικισμούς

- Κριτήριο 5: Απόσταση από αρχαιολογικούς χώρους

Το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ, ορίζει ως ζώνες αποκλεισμού για τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας, τις προστατευόμενες περιοχές και τους αρχαιολογικούς χώρους. Εφόσον δεν ορίζεται ελάχιστη απόσταση από τους χώρους αυτούς, λήφθηκε υπ' όψιν η διεθνής βιβλιογραφία, στην οποία ορίζεται σε πολλές περιπτώσεις μια ζώνη αποκλεισμού 1000 μέτρων [45].

Έτσι, ορίστηκε στο λογισμικό του GIS μια ζώνη αποκλεισμού (buffer) 1000 μέτρων από τους αρχαιολογικούς χώρους, έξω από τις οποίες, οι περιοχές θεωρήθηκαν αποδεκτές για χωροθέτηση αναφορικά με το συγκεκριμένο κριτήριο.

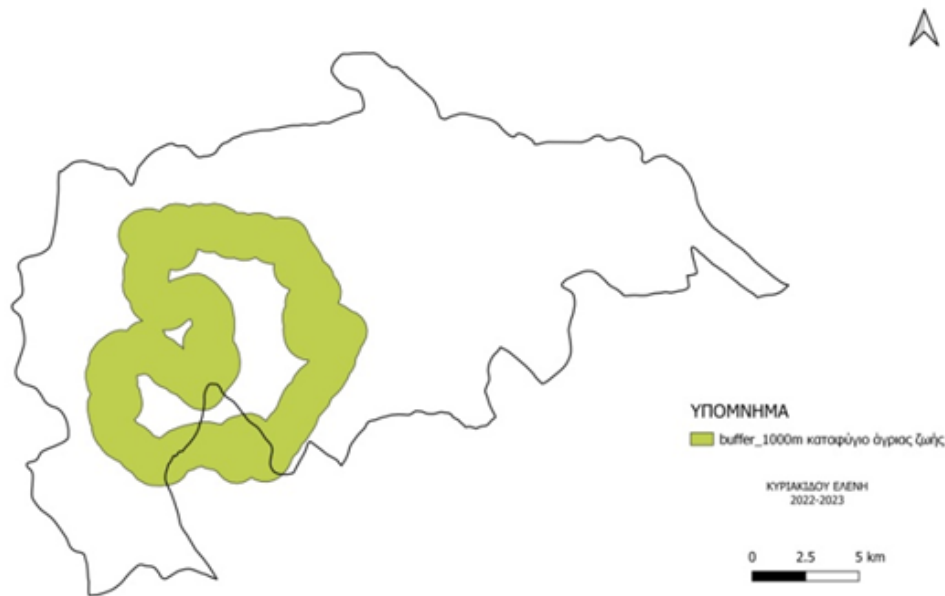


Χάρτης 16: Ζώνες αποκλεισμού από τους αρχαιολογικούς χώρους

- Κριτήριο 6: Απόσταση από καταφύγια άγριας ζωής

Οι Aydin, Kentel και Duzgun, ορίζουν ως κριτήριο αποκλεισμού την απόσταση από τα καταφύγια άγριας ζωής στα 500 μέτρα (Aydin et al. 2013), ενώ οι Al Garni και Awasthi στα 1000 μέτρα (Al Garni & Awasthi, 2017). Στην παρούσα εργασία, επιλέχθηκε η δημιουργία μιας ζώνης αποκλεισμού 1000 μέτρων από τα καταφύγια άγριας ζωής.

Ομοίως με τα προηγούμενα διανυσματικά αρχεία, δημιουργήθηκε μια ζώνη αποκλεισμού 1000 μέτρων με το εργαλείο “Buffer”, έξω από την οποία οι περιοχές θεωρήθηκαν κατάλληλες για χωροθέτηση, αναφορικά με το συγκεκριμένο κριτήριο.



Χάρτης 17: Ζώνη αποκλεισμού από το καταφύγιο άγριας ζώης

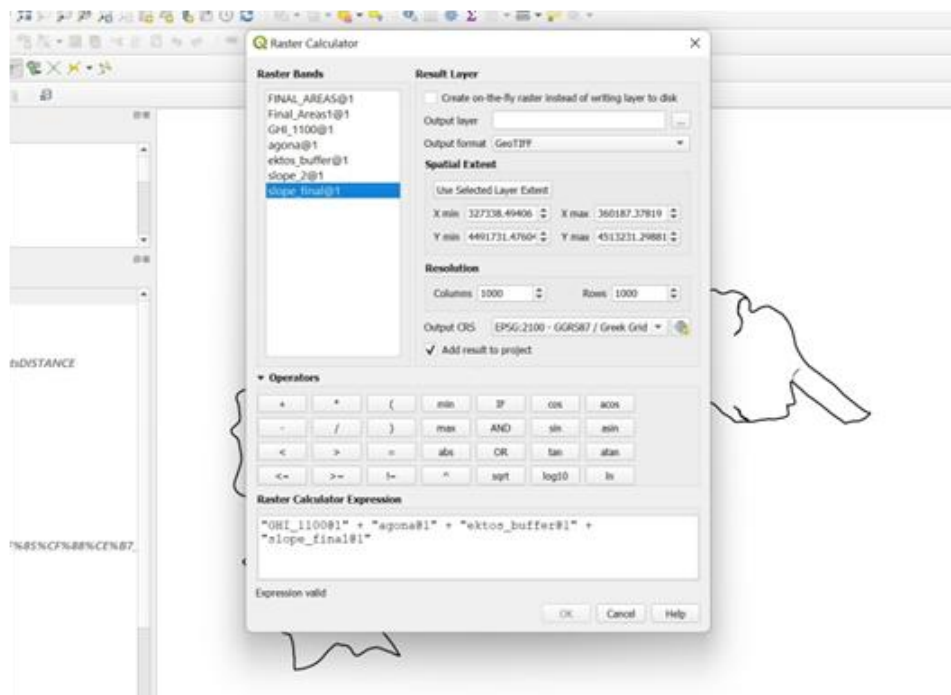
- Κριτήριο 7: Χρήσεις γης

Οι χρήσεις γης αποτελούν ένα κρίσιμο κριτήριο για τη χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων, όσο και γενικά εγκαταστάσεων ΑΠΕ. Όπως αναφέρεται και στο ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ, οι ζώνες υψηλής παραγωγικότητας και τα δάση αποτελούν ζώνες αποκλεισμού για τη χωροθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων. Βασικοί λόγοι για αυτό, είναι τόσο το γεγονός ότι μπορεί να υπάρξει απώλεια της παραγωγικής γης με την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού, καθώς επίσης και ότι θα υπάρξουν συγκρούσεις χρήσεων γης ή και απώλεια της βιοποικιλότητας. Αντίθετα, το ΕΠΧΣΑΑ προτείνει ως περιοχές προτεραιότητας για τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας τις άγονες περιοχές ή αυτές της χαμηλής παραγωγικότητας.

Βάσει του ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ και του γεγονότος πως ο Δήμος Νάουσας διαθέτει μεγάλες γεωργικές εκτάσεις, προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι πιθανές θέσεις χωροθέτησης, επιλέχθηκαν προς αξιολόγηση μόνο οι άγονες περιοχές.

Για την παραγωγή του τελικού χάρτη με τις πιθανές περιοχές χωροθέτησης, εφαρμόστηκε για τα raster αρχεία των κριτηρίων αποκλεισμού το εργαλείο “Raster Calculator”. Το εργαλείο αυτό, αποτελεί ουσιαστικά μια μέθοδο κατά την οποία

εφαρμόζονται μαθηματικές πράξεις σε ένα σύνολο δεδομένων raster, βάσει ορισμένων κριτηρίων.



Εικόνα 14: Εφαρμογή εντολής “Raster Calculator” για την παραγωγή του τελικού χάρτη των περιοχών

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, αφού αποκλείστηκαν για το κάθε κριτήριο ξεχωριστά διαφορετικές περιοχές, δημιουργήθηκε ένα νέο αρχείο που πληροί το σύνολο των 7 κριτηρίων.

2.3. 2^H ΦΑΣΗ: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΙΘΑΝΩΝ ΘΕΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ

Για την αξιολόγηση των πιθανών θέσεων χωροθέτησης και τον εντοπισμό της βέλτιστης, χρησιμοποιήθηκαν συνδυαστικά δυο μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης: η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία και η TOPSIS.

Τα κριτήρια αξιολόγησης που επιλέχθηκαν, βασίζονται κυρίως στη διεθνή βιβλιογραφία.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ	ΚΡΙΤΗΡΙΑ
Οικονομικό	Έκταση
Τεχνικό-Οικονομικό	Απόσταση από το δίκτυο ενέργειας
Κοινωνικό	Απόσταση από οικισμούς
Οικονομικό	Αριθμός γεωτεμαχίων που καταλαμβάνει η θέση
Περιβαλλοντικό	Απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο

Πίνακας 6: Κριτήρια αξιολόγησης

- Κριτήριο 1 (K1): Έκταση

Έχοντας ως στόχο την μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά συστήματα για το Δήμο Νάουσας, η έκταση παίζει καθοριστικό ρόλο. Η έκταση καθορίζει το δυνητικό μέγεθος και τη χωρητικότητα της εγκατάστασης. Μια μεγάλη έκταση, επιτρέπει την εγκατάσταση περισσότερων ηλιακών συλλεκτών-πάνελ με μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, έναντι μιας μικρότερης έκτασης.

- Κριτήριο 2 (K2): Απόσταση από το δίκτυο ενέργειας

Η απόσταση από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένα σημαντικό κριτήριο για την επιλογή της θέσης ενός φωτοβολταϊκού σταθμού ηλεκτροπαραγωγής, καθώς επηρεάζει το κόστος και τη σκοπιμότητα της σύνδεσης της εγκατάστασης με το δίκτυο. Μια φωτοβολταϊκή μονάδα παραγωγής ενέργειας που βρίσκεται κοντά στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας θα έχει συνήθως χαμηλότερο κόστος και μικρότερο χρόνο σύνδεσης, σε σύγκριση με μια εγκατάσταση που βρίσκεται πιο μακριά.

- Κριτήριο 3 (K3): Απόσταση από οικισμούς

Η απόσταση από τους οικισμούς μπορεί να επηρεάσει την κοινωνική αποδοχή της εγκατάστασης. Όσο πιο κοντά βρίσκεται ένας φωτοβολταϊκός σταθμός σε κατοικημένες περιοχές, τόσο πιο πιθανό είναι να έχει αντίκτυπο στην τοπική κοινωνία, είτε θετικό είτε αρνητικό. Στα αρνητικά συγκαταλέγεται συνήθως η οπτική όχληση, η σκίαση αλλά και η μείωση της αξίας των ακινήτων.

- Κριτήριο 4 (K4): Αριθμός γεωτεμαχίων που καταλαμβάνει η θέση

Σε πραγματικά δεδομένα, ο Δήμος Νάουσας θα πρέπει να κινήσει τις διαδικασίες αγοράς του/των τεμαχίου/ων στα οποία εμπίπτει η περιοχή που θα επιλεγεί προς χωροθέτηση του φωτοβολταϊκού. Αυτό αυτόματα σημαίνει πως όσο μικρότερος ο αριθμός των τεμαχίων, τόσο λιγότεροι οι ιδιοκτήτες. Κατά συνέπεια, διευκολύνεται η διαδικασία απόκτησης της γης, αλλά μειώνεται ταυτόχρονα και το κόστος αγοράς (πχ. μειώνονται τα νομικά έξοδα)

- Κριτήριο 5 (K5): Απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο

Η απόσταση από τα επιφανειακά ύδατα αποτελεί ένα σημαντικό κριτήριο για τη χωροθέτηση του φωτοβολταϊκού πάρκου, καθώς μπορεί να επηρεαστούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εγκατάστασης. Στις πιθανές συνέπειες, συγκαταλέγεται το αρνητικό αντίκτυπο που μπορεί να έχουν τόσο στην ποιότητα όσο και στην ποσότητα του νερού.

2.3.1. ΙΕΡΑΡΧΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ (ANALYTIC HIERARCHY PROCESS)

Η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία χρησιμοποιήθηκε για να εξαχθούν τα βάρη του κάθε κριτηρίου αξιολόγησης. Στο πρώτο βήμα της διαδικασίας της ΑΙΔ, αφού οριστούν τα κριτήρια και οι εναλλακτικές λύσεις, δημιουργείται ένας πίνακας $z \times z$, όπου z ο αριθμός των κριτηρίων αξιολόγησης, ώστε να συγκριθούν τα κριτήρια μεταξύ τους κατά ζεύγη, βάσει της σχετικής σημασίας/σπουδαιότητας του ενός κριτηρίου έναντι του άλλου.

	K1	K2	...	Kz
K1	1			
K2		1		
...			1	
Kz				1

Πίνακας 7: Πίνακας δυαδικής σύγκρισης κριτηρίων της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας

Η κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε για τη σύγκριση του ενός κριτηρίου έναντι του άλλου, είναι η κλίμακα Saaty, με τιμές από το 1 έως το 9, όπου οι τιμές αντιπροσωπεύουν:

Σημασία κριτηρίου i έναντι κριτηρίου j	Δείκτης σύγκρισης
Ίδια	1
Μέτρια	3
Πολύ	5
Πάρα πολύ	7
Εξαιρετικά πολύ	9

Οι τιμές 2,4,6,8 μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εκφράσουν ενδιάμεσες τιμές

Πίνακας 8: Κλίμακα αξιολόγησης 9 βαθμών του Saaty

Έτσι, δημιουργήθηκε ένας πίνακας σύγκρισης κατά ζεύγη για τα 5 κριτήρια που επιλέχθηκαν και δόθηκαν τιμές βάσει της κλίμακας Saaty (σε αντίστροφη σχέση σημασίας, δόθηκαν και αντίστροφες τιμές, πχ 1/9). Οι διαγώνιες τιμές του πίνακα έλαβαν ως τιμή τη μονάδα, καθώς το κάθε κριτήριο συγκρίνεται με τον εαυτό του.

Τα σχετικά βάρη των κριτηρίων, υπολογίστηκαν με την κανονικοποίηση του Πίνακα 7 και τη δημιουργία ενός νέου πίνακα, όπου το κάθε στοιχείο προκύπτει από τη διαίρεσή του με το αντίστοιχο άθροισμα της στήλης στην οποία ανήκει. Το κάθε βάρος υποδηλώνει τη συνεισφορά του κάθε κριτηρίου στον τελικό στόχο. Από τον νέο πίνακα, υπολογίστηκε ο μέσος όρος της κάθε γραμμής, προκειμένου να προκύψουν τα τελικά βάρη των κριτηρίων.

Η σύγκριση των κριτηρίων κατά ζεύγη, αποτελεί μια υποκειμενική διαδικασία και βασίζεται στην κρίση του ερευνητή. Προκειμένου να διαπιστωθεί η εγκυρότητα της απόφασης, υπολογίστηκε ο Δείκτης Συνέπειας (Consistency Index- CI) και ο Συντελεστής Συνέπειας (Consistency Ratio- CR), όπως ορίζεται στις παρακάτω σχέσεις:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

όπου λ_{\max} είναι η μέγιστη ιδιοτιμή του αρχικού πίνακα $Z \times Z$ και n ο αριθμός των κριτηρίων

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

Όπου RI (Random Consistency Index) είναι ένας δείκτης σύγκρισης, η τιμή του οποίου εξαρτάται από τον αριθμό των κριτηρίων και δίνεται από τον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 9)

Αριθμός κριτηρίων	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Πίνακας

9:

Τιμές

RI

2.3.2. ΜΕΘΟΔΟΣ TOPSIS

Η μέθοδος TOPSIS αποτελεί μια αποτελεσματική διαδικασία για τον εντοπισμό της βέλτιστης θέσης χωροθέτησης του φωτοβολταϊκού.

Στο πρώτο βήμα, δημιουργήθηκε ένας πίνακας y_{xz} με τις τιμές των κριτηρίων για κάθε περιοχή, όπου y οι πιθανές θέσεις και z τα κριτήρια αξιολόγησης. Για την κανονικοποίηση του πίνακα, χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}} \quad (3)$$

όπου x_{ij} είναι η βαθμολογία της εναλλακτικής i ως προς το κριτήριο αξιολόγησης j .

Στη συνέχεια υπολογίστηκε σε νέο πίνακα για κάθε περιοχή η σταθμισμένη κανονικοποιημένη τιμή v_{ij} χρησιμοποιώντας τον ακόλουθο τύπο:

$$v_{ij} = w_j * r_{ij} \quad (4)$$

όπου i η κάθε πιθανή θέση και j το κάθε κριτήριο.

Έπειτα, προσδιορίστηκαν οι τιμές της ιδεατής θετικής λύσης (V^+) και της ιδεατής αρνητικής λύσης (V^-) για κάθε κριτήριο. Εάν το κριτήριο αποτελεί κριτήριο κόστους (έχει αρνητική επίδραση), ως V^+ επιλέχθηκε η ελάχιστη τιμή από το σύνολο των τιμών και ως V^- επιλέχθηκε η μέγιστη τιμή. Αντίστοιχα, εάν το κριτήριο αποτελεί κριτήριο οφέλους, επιλέχθηκε ως V^+ η μέγιστη τιμή και ως V^- η ελάχιστη τιμή.

Το επόμενο και σημαντικό βήμα της μεθόδου TOPSIS, είναι ο υπολογισμός της Ευκλείδειας απόστασης μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων από την θετική ιδεατή λύση και την αρνητική ιδεατή λύση. Ο υπολογισμός γίνεται μέσω των σχέσεων:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - V_j^+)^2} \quad (5)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - V_j^-)^2} \quad (6)$$

όπου i είναι η κάθε πιθανή θέση.

Στο τελευταίο βήμα έγινε ο υπολογισμός της σχετικής εγγύτητας D_i των εναλλακτικών στη θετική ιδεατή λύση, μέσω της σχέσης:

$$D_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad (7)$$

Η τελική κατάταξη των εναλλακτικών, έγινε βάσει των τιμών D_i που έλαβαν και παρουσιάζεται στο παρακάτω κεφάλαιο.

Γ' ΜΕΡΟΣ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΘΟΔΩΝ

Κατά το στάδιο της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας, δημιουργήθηκαν οι χάρτες για κάθε κριτήριο με τις περιοχές που δεν αποκλεισμού τους.

- Κριτήριο 1: Ηλιοφάνεια

Όπως φαίνεται από τον παραγόμενο χάρτη (Χάρτης 17) για το κριτήριο της ηλιοφάνειας μετά από την ταξινόμηση σε δύο κλάσεις (<1100 kWh/m² και >1100 kWh/m²) και την εφαρμογή της εντολής “ Raster Calculator”, σχεδόν σε όλο το Δήμο Νάουσας οι τιμές της ηλιοφάνειας είναι μεγαλύτερες από το όριο των 1100 kWh/m².

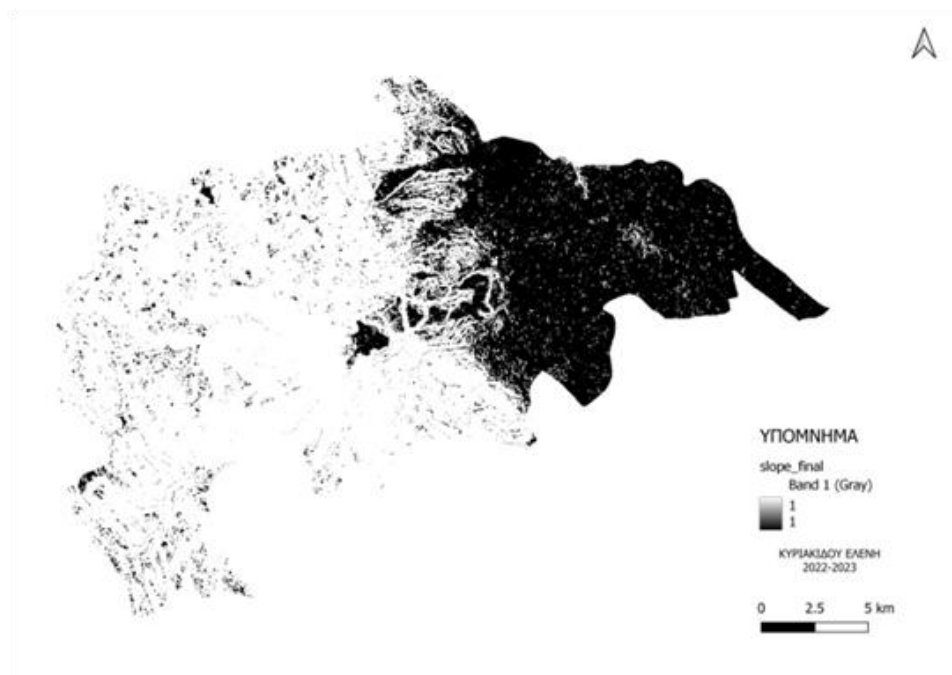


Χάρτης 18: Περιοχές αποκλεισμού βάσει ηλιοφάνειας

- Κριτήριο 2: Κλίση εδάφους

Με την ίδια διαδικασία όπως και στο κριτήριο της ηλιοφάνειας, ταξινόμήθηκαν τα δεδομένα του raster αρχείου της κλίσης σε 5 κλάσεις: 1) 0-7° 2) 7-14° 3) 14-21° 4) 21-28° και 5) >28°. Βάσει της μέγιστης τιμής που τέθηκε, αποδεκτές είναι οι τιμές που εμπίπτουν στην 1^η κλάση. Έτσι και πάλι, με την εντολή “Raster Calculator”

απεικονίστηκαν ως αποδεκτές (με μαύρο χρώμα) οι περιοχές με κλίση έως 7°, όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω χάρτη (Χάρτης 18).



Χάρτης 19: Περιοχές αποκλεισμού βάσει κλίσης

- Τα διανυσματικά αρχεία των κριτηρίων 3,4,5,6 προκειμένου να συμμετέχουν στην τελική εξίσωση των πιθανών θέσεων, έπρεπε να μετατραπούν σε μορφή raster. Για τον λόγο αυτό συνενώθηκαν αρχικά με την εντολή “Merge” και στη συνέχεια εφαρμόστηκε και πάλι το εργαλείο “Raster Calculator”, ώστε να αποτυπωθούν οι περιοχές για τις οποίες εφαρμόζονται και τα τέσσερα αυτά κριτήρια, όπως αποτυπώνεται στον παρακάτω χάρτη (Χάρτης 19).



Χάρτης 20: Ζώνες αποκλεισμού των κριτηρίων 3,4,5,6

- Κριτήριο 7: Χρήσεις γης

Προκειμένου να αποκλειστεί το σύνολο των χρήσεων γης πλην των άγονων εκτάσεων, το raster αρχείο των χρήσεων γης (Corine Land Cover 2018) μετατράπηκε σε vector, προκειμένου να μπορούν να επεξεργαστούν τα δεδομένα του. Με την εντολή “Raster to vector” το αρχείο μετατράπηκε σε διανυσματικό και έγινε εξαγωγή σε νέο αρχείο μόνο των άγονων περιοχών. Το νέο αρχείο, μετατράπηκε εκ νέου σε vector μορφή, ώστε να μπορεί να ληφθεί υπ’ όψιν στην τελική διαδικασία εύρεσης όλων των πιθανών θέσεων.



Χάρτης 21: Άγονες περιοχές

Αφού αποκλείστηκαν για το κάθε κριτήριο ξεχωριστά διαφορετικές περιοχές, δημιουργήθηκε ένα νέο αρχείο που πληροί το σύνολο των 7 κριτηρίων. Ο χάρτης (21) αποτελεί τον παραγόμενο χάρτη με τις 16 τελικές πιθανές θέσεις που προέκυψαν:



Χάρτης 22: Πιθανές εναλλακτικές θέσεις χωροθέτησης

Πριν την τελική κατάταξη των περιοχών, αξιολογήθηκαν τα κριτήρια που τέθηκαν και η εγκυρότητα των βαρών που δόθηκαν σε αυτά στο στάδιο της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας:

	K1	K2	K3	K4	K5
K1	1	0,33333 3	0,33333 3	0,2	3
K2	3	1	1	0,33333 3	5
K3	3	1	1	0,33333 3	5
K4	5	3	3	1	7
K5	0,33333 3	0,2	0,2	0,14285 7	1

ΑΘΡΟΙΣΜΑ	12,33333	5,533333	5,533333	2,009524	21
-----------------	----------	----------	----------	----------	----

Πίνακας 10: Πίνακας σύγκρισης κριτηρίων κατά ζεύγη

Μετά τη δυαδική σύγκριση των κριτηρίων, κανονικοποιήθηκε ο πίνακας, διαιρώντας την κάθε τιμή με το αντίστοιχο άθροισμα της στήλης στην οποία ανήκει, ώστε όλα τα κριτήρια να αξιολογηθούν στην ίδια κλίμακα.

	K1	K2	K3	K4	K5
K1	0,0810 81	0,0602 41	0,0602 41	0,0995 26	0,1428 57
K2	0,2432 43	0,1807 23	0,1807 23	0,1658 77	0,2380 95
K3	0,2432 43	0,1807 23	0,1807 23	0,1658 77	0,2380 95
K4	0,4054 05	0,5421 69	0,5421 69	0,4976 3	0,3333 33
K5	0,0270 27	0,0361 45	0,0361 45	0,0710 9	0,0476 19

Πίνακας 11: Κανονικοποιημένος πίνακας σύγκρισης κατά ζεύγη

Για τον υπολογισμό του βάρους (weight) του κάθε κριτηρίου, υπολογίστηκε ο αντίστοιχος μέσος όρος της κάθε σειράς του κανονικοποιημένου πίνακα.

Weigh ts	K1	K2	K3	K4	K5
	0,0887 89	0,2017 32	0,2017 32	0,4641 41	0,0436 05

Πίνακας 12: Βάρη κριτηρίων

Ο υπολογισμός του Δείκτη Συνέπειας έγινε με την παρακάτω διαδικασία:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

Για τον υπολογισμό του λ_{\max} :

1. Άθροισμα ανά γραμμή όλων των γινομένων των κελιών του αρχικού πίνακα z x z (Πίνακας 10) επί το αντίστοιχο βάρος.

	W1	W2	W3	W4	W5	Weighted sum values (Priority Vector)
	K1	K2	K3	K4	K5	
K1	1*W1	0,333333* W2	0,333333* W3	0,2*W4	3*W5	0,446921
K2	3*W1	1 *W2	1*W3	0,333333* W4	5*W5	1,042571
K3	3*W1	1*W2	1*W3	0,333333*	5*W5	1,042571

				W4		1
K4	5*W1	3*W2	3*W3	1*W4	7*W5	2,42371 6
K5	0,333333* W1	0,2*W2	0,2*W3	0,142857* W4	1*W5	0,2202

Πίνακας 13: Υπολογισμός Διανυσμάτων προτεραιότητας

2. Υπολογισμός του πηλίκου της νέας στήλης δια το βάρος του κάθε κριτηρίου

	Weighted Sum Values	Weights	Ratio: WSV/ Weight
K1	0,446921	0,088789	5,033502
K2	1,042571	0,201732	5,168095
K3	1,042571	0,201732	5,168095
K4	2,423716	0,464141	5,221936
K5	0,2202	0,043605	5,049879

Πίνακας 14: Υπολογισμός του λόγου των διανυσματικών προτεραιοτήτων προς τα βάρη των κριτηρίων

3. Υπολογισμός του λ_{max} ως τον μέσο όρο της νέας στήλης

$$\lambda_{max} = \frac{5,033502+5,168095+5,168095+5,221936+5,049879}{5} \Rightarrow \lambda_{max} = 5,128301285$$

Άρα από την σχέση (1) προκύπτει ότι:

$$CI = \frac{(5,128301285-5)}{4} \Rightarrow CI = 0,032075321$$

Για τον υπολογισμό του Συντελεστής Συνέπειας:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Για να είναι αξιόπιστα τα έγκυρα τα αποτελέσματα της σύγκρισης, θα πρέπει η τιμή του συντελεστή CR να είναι μικρότερη από 0,1.

Από τη σχέση (2) προκύπτει ότι:

$$CR = \frac{CI}{RI} \Rightarrow CR = \frac{0,032075321}{1,12}$$

$$\Rightarrow CR = 0,02863868 < 0,1$$

Το αποτέλεσμα υπέδειξε πως ο πίνακας της σύγκρισης κατά ζεύγη των κριτηρίων είναι συνεπής και τα βάρη των κριτηρίων μπορούν να θεωρηθούν αξιόπιστα.

Η τελική επιλογή της βέλτιστης θέσης, προέκυψε κατά τη διαδικασία της μεθόδου TOPSIS, ως εξής:

Δημιουργήθηκε ο Πίνακας 15, με τις 16 πιθανές θέσεις και τις τιμές τους για καθένα από τα κριτήρια.

	K1: Έκταση (m²)	K2: Απόσταση από το Δίκτυο Ηλεκτρικής Ενέργειας (m)	K3: Αριθμός Γεωτεμαχί ων στα οποία εμπίπτει η περιοχή	K4: Ελάχιστη απόσταση από οικισμό (m)	K5: Ελάχιστη απόσταση από το υδρογραφι κό δίκτυο (m)
Π1	2119,25	9924,69	1,00	1632,34	195,23
Π2	33200,68	6395,28	9,00	527,99	102,81
Π3	9889,16	2433,27	3,00	669,26	0,00
Π4	31080,24	1191,15	2,00	837,56	0,00
Π5	2825,62	6992,16	5,00	612,96	123,11
Π6	3532,17	12501,45	4,00	1858,52	1767,87
Π7	706,41	7100,34	2,00	873,62	86,92
Π8	14128,68	12236,07	8,00	1909,35	1460,01
Π9	2119,30	12064,64	3,00	1941,30	1219,29
Π10	4238,43	7066,54	3,00	1109,01	30,57
Π11	2119,25	8535,71	3,00	1273,81	0,00

Π12	706,42	8526,77	1,00	1503,27	53,49
Π13	4944,94	8786,30	1,00	1576,75	0,00
Π14	706,40	3934,26	4,00	1610,84	145,02
Π15	16247,13	3586,43	14,00	1648,78	150,18
Π16	706,40	3549,46	2,00	1822,96	161,40

Πίνακας 15: Χαρακτηριστικά πιθανών θέσεων ως προς τα κριτήρια αξιολόγησης

Στη συνέχεια δημιουργήθηκε ένας νέος κανονικοποιημένος πίνακας προκειμένου να είναι δυνατή και σε κοινή βάση η σύγκριση όλων των στοιχείων.

Αρχικά υπολογίστηκε για κάθε στήλη του Πίνακα 15 της τετραγωνικής ρίζας από το άθροισμα των τετραγώνων όλων των τιμών της στήλης. Οι τιμές που προέκυψαν είναι οι ακόλουθες: για το Κ1: 52038,4260, για το Κ2: 31800,0889, για το Κ3: 21,1896, για το Κ4: 5686,3776, για το Κ5: 2624,5943.

Για τη δημιουργία του κανονικοποιημένου πίνακα (Πίνακας 16), διαιρέθηκε η κάθε τιμή του πίνακα 15 με τις αντίστοιχες τιμές κριτηρίων που προέκυψαν στο προηγούμενο βήμα.

	K1	K2	K3	K4	K5
Π1	0,0407	0,3121	0,0472	0,2871	0,0744
Π2	0,6380	0,2011	0,4247	0,0929	0,0392
Π3	0,1900	0,0765	0,1416	0,1177	0,0000
Π4	0,5973	0,0375	0,0944	0,1473	0,0000
Π5	0,0543	0,2199	0,2360	0,1078	0,0469
Π6	0,0679	0,3931	0,1888	0,3268	0,6736
Π7	0,0136	0,2233	0,0944	0,1536	0,0331
Π8	0,2715	0,3848	0,3775	0,3358	0,5563
Π9	0,0407	0,3794	0,1416	0,3414	0,4646
Π10	0,0814	0,2222	0,1416	0,1950	0,0116
Π11	0,0407	0,2684	0,1416	0,2240	0,0000
Π12	0,0136	0,2681	0,0472	0,2644	0,0204
Π13	0,0950	0,2763	0,0472	0,2773	0,0000
Π14	0,0136	0,1237	0,1888	0,2833	0,0553
Π15	0,3122	0,1128	0,6607	0,2900	0,0572

Π16	0,0136	0,1116	0,0944	0,3206	0,0615
------------	--------	--------	--------	--------	--------

Πίνακας 16: Κανονικοποιημένος Πίνακας Κριτηρίων Αξιολόγησης

Στη συνέχεια πολλαπλασιάστηκε ο κανονικοποιημένος πίνακας με τα αντίστοιχα σχετικά βάρη του κάθε κριτηρίου που προέκυψαν από την Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία. Ο νέος πίνακας (Πίνακας 17) που προέκυψε μετά την εφαρμογή της σχέσης (4) παρουσιάζεται παρακάτω:

	K1	K2	K3	K4	K5
Π1	0,003615917	0,062959863	0,0095203 3	0,1332372 5	0,003243 5
Π2	0,056647818	0,040570105	0,0856829 8	0,0430965 7	0,001708 1
Π3	0,016873128	0,015436106	0,0285609 9	0,0546273 4	0
Π4	0,053029871	0,007556385	0,0190406 6	0,0683647 1	0
Π5	0,004821142	0,044356583	0,0476016 6	0,0500317 8	0,002045 4
Π6	0,006026675	0,079306254	0,0380813 3	0,1516982 5	0,029371 4
Π7	0,001205294	0,045042838	0,0190406 6	0,0713079 7	0,001444 1
Π8	0,024106702	0,077622714	0,0761626 5	0,1558471 7	0,024256 7
Π9	0,003616002	0,07653521	0,0285609 9	0,1584555 2	0,020257 4
Π10	0,007231714	0,044828444	0,0285609 9	0,0905209 7	0,000507 9
Π11	0,003615917	0,054148484	0,0285609 9	0,1039723 3	0
Π12	0,001205311	0,054091822	0,0095203 3	0,1227018 8	0,000888 6
Π13	0,008437178	0,055738187	0,0095203	0,1286997	0

			3	3	
Π14	0,001205277	0,024958023	0,0380813	0,1314817	0,002409
			3	8	3
Π15	0,027721253	0,022751479	0,1332846	0,1345788	0,002495
			4	1	
Π16	0,001205277	0,02251695	0,0190406	0,1487963	0,002681
			6		5

Πίνακας 17: Σταθμισμένος κανονικοποιημένος πίνακας

Έτσι, οι τιμές που επιλέχθηκαν για κάθε κριτήριο ως θετική και αρνητική ιδεατή λύση, είναι:

	K1	K2	K3	K4	K5
V⁺	0,056647818	0,007556385	0,0095203	0,1584555	0,029371
			3	2	4
V⁻	0,001205277	0,079306254	0,1332846	0,0430965	0
			4	7	

Πίνακας 18: Θετικές και αρνητικές ιδεατές λύσεις

Για το κριτήριο της έκτασης, ως θετική ιδεατή λύση επιλέχθηκε η μέγιστη τιμή, καθώς όσο μεγαλύτερη η έκταση στην οποία θα χωροθετηθεί το φωτοβολταϊκό, τόσο μεγαλύτερη ενέργεια θα παραχθεί.

Το κριτήριο της απόστασης από το δίκτυο ενέργειας είναι κριτήριο κόστους και για το λόγο αυτό, επιλέχθηκε ως θετική ιδεατή λύση η μικρότερη τιμή, καθώς όσο πιο κοντά στο δίκτυο της ηλεκτρικής ενέργειας γίνει η εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού, τόσο λιγότερες απώλειες θα υπάρξουν και τόσο μικρότερο θα είναι το κόστος μεταφοράς.

Το κριτήριο του αριθμού γεωτεμαχίων στα οποία εμπίπτει η περιοχή είναι κριτήριο κόστους, καθώς σε πραγματικές συνθήκες, ο Δήμος θα πρέπει να πάρει στην κατοχή του τα γεωτεμάχια αυτά, προκειμένου να εγκαταστήσει τα φωτοβολταϊκά. Συνεπώς ως βέλτιστη ιδεατή λύση, επιλέχθηκε η μικρότερη τιμή.

Το κριτήριο της απόστασης από οικισμούς είναι κριτήριο κόστους, καθώς προτιμάται η χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών μακριά από οικισμούς, κυρίως για λόγους όχλησης. Δεδομένου όμως ότι για το κριτήριο υπολογίστηκαν οι ελάχιστες

αποστάσεις από τους οικισμούς μέσω του λογισμικού GIS, παρά το γεγονός πως αποτελεί κριτήριο κόστους, ως θετική ιδεατή λύση επιλέχθηκε η μεγαλύτερη τιμή.

Τέλος, το κριτήριο της απόστασης από το υδρογραφικό δίκτυο αποτελεί με τη σειρά του κριτήριο κόστους, καθώς η εγγύτητα σε επιφανειακά ύδατα, μπορεί να επηρεαστεί η βιοποικιλότητα ή να υπάρξουν ακόμα και αλλαγές στη θερμοκρασία των υδάτων. Αντίστοιχα με το κριτήριο της απόστασης από οικισμούς, για την απόσταση από το υδρογραφικό δίκτυο μετρήθηκε μέσω του GIS η ελάχιστη απόσταση. Έτσι, ως θετική ιδεατή λύση, επιλέχθηκε η μέγιστη ελάχιστη απόσταση, δηλαδή η μέγιστη τιμή.

Για κάθε εναλλακτική, οι τιμές που προέκυψαν για την Ευκλείδεια απόσταση από την θετική και αρνητική ιδεατή λύση μέσω των σχέσεων (5) και (6), παρουσιάζονται στον Πίνακα 19:

	Si ⁺	Si ⁻
Π1	0,0848561	0,154034033
Π2	0,14478813	0,082723636
Π3	0,11683165	0,124196933
Π4	0,09530352	0,146710592
Π5	0,13413749	0,092889227
Π6	0,09258474	0,147458207
Π7	0,11377334	0,122570947
Π8	0,10218795	0,130733757
Π9	0,08953248	0,157157826
Π10	0,09819323	0,120172423
Π11	0,09579588	0,123740155
Π12	0,08560964	0,149302268
Π13	0,07996148	0,152490195
Π14	0,07514625	0,140837323
Π15	0,13295743	0,110800568
Π16	0,06476096	0,165699532

Πίνακας 19: Ευκλείδεια απόσταση των πιθανών θέσεων από την θετική και αρνητική ιδεατή λύση

Από τον υπολογισμό της σχέσης (7), προέκυψαν οι τιμές της σχετικής εγγύτητας για κάθε περιοχή. Η τελική κατάταξη των περιοχών, έγινε βάσει αυτών των τιμών.

	Di	ΚΑΤΑΤΑΞΗ
Π16	0,71899321	1
Π13	0,65600814	2
Π14	0,65207422	3
Π1	0,64479027	4
Π9	0,63706527	5
Π12	0,63556705	6
Π6	0,61429926	7
Π4	0,60620677	8
Π11	0,56364393	9
Π8	0,56127768	10
Π10	0,55032656	11
Π7	0,51861184	12
Π3	0,51527885	13
Π15	0,45455150	14

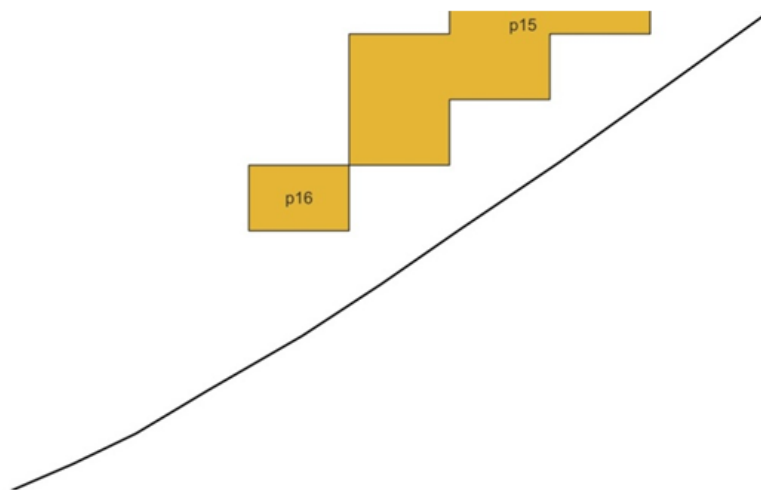
Π5	0,40915548	15
	4	
Π2	0,36360157	16
	8	

Πίνακας 20: Κατάταξη εναλλακτικών θέσεων

3.2. ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΗΣ

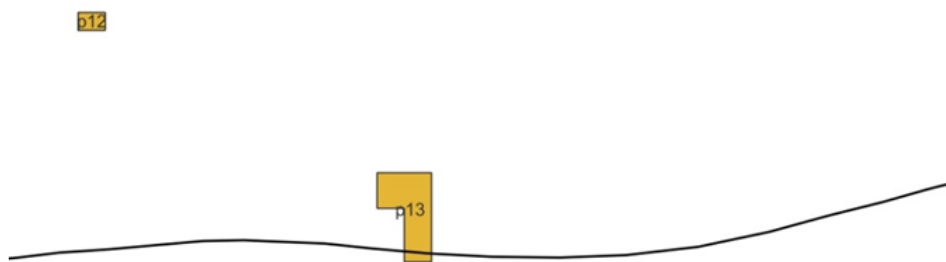
Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, κατέταξε τις εναλλακτικές περιοχές βάσει των τιμών της σχετικής εγγύτητας που έλαβαν. Οι υψηλότερες τιμές του μέτρου της σχετικής εγγύτητας, κατέταξαν τις αντίστοιχες περιοχές στις πρώτες θέσεις.

Βάσει των κριτηρίων και των βαρών τους, ως βέλτιστη περιοχή χωροθέτησης για το φωτοβολταϊκό πάρκο υποδείχθηκε η Περιοχή 16.



Εικόνα 15: 1^η Βέλτιστη περιοχή χωροθέτησης

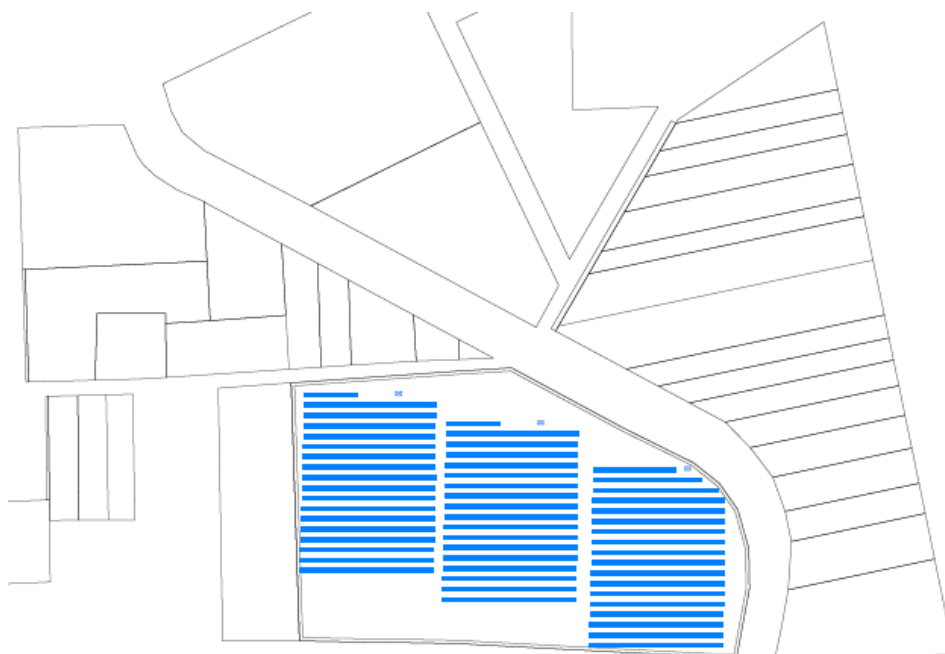
Δεδομένου όμως πως η τιμή της σχετικής εγγύτητάς της δεν απέχει σε μεγάλο βαθμό από την 2^η σε σειρά εναλλακτική, καθώς επίσης και λόγω της σημαντικά μικρότερης έκτασής της έναντι της 2^{ης}, επιλέχθηκε ως περιοχή χωροθέτησης η 2^η σε σειρά κατάταξης εναλλακτική, η Περιοχή 13.



Εικόνα 16: Τελική θέση χωροθέτησης

3.3. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

Η επιλεγθείσα περιοχή (Π13) εμπίπτει σε ένα αγροτεμάχιο έκτασης 65755,13 m². Σε αυτήν την έκταση, επιλέχθηκε η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος 3MW (Μεγαβατ).



Εικόνα 17: Προτεινόμενη σχέδιο εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 3MW

Μετά την επιλογή του αγροτεμαχίου μέσω της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε, έγινε η εγκατάσταση του εξοπλισμού του φωτοβολταϊκού σταθμού. Αναφορικά με τα τεχνικά χαρακτηριστικά, η ισχύς του σταθμού ορίστηκε στα 3MW (3.000 kW) βάσει της εκτάσεως του αγροτεμαχίου. Ο σταθμός αποτελείται από 7.692 πάνελ ισχύος 390 W το καθένα. Είναι συνδεδεμένος με 30 μετατροπείς ισχύος 100kW ο καθένας, για τη μετατροπή του ρεύματος από συνεχές σε εναλλασσόμενο. Για τη σύνδεσή του με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, εγκαταστάθηκαν 3 υποσταθμοί ισχύος 20kV /1000 kVA ο καθένας .

Η απόσταση μεταξύ των πάνελ ορίστηκε στα 5 μέτρα προς αποφυγή σκιασμού, λόγω του ύψους των βάσεων των πάνελ, το οποίο ορίστηκε στα 2m .Περιμετρικά του σταθμού, λήφθηκε απόσταση 2,5m από τα όρια του αγροτεμαχίου.

Η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του σταθμού, υπολογίστηκε βάσει στατιστικών. Αντίστοιχοι σταθμοί ισχύος 1 MW στην ευρύτερη περιοχή, παράγουν ετησίως 1500 kWh/kW. .Συνεπώς η ετήσια παραγωγή του συγκεκριμένου φωτοβολταϊκού σταθμού, ανέρχεται **στα 4.500.000 kWh** (3MW*1500kWh/kW).

Στο παρακάτω πίνακα (Πίνακας 21), παρουσιάζεται ένα ενδεικτικό κοστολόγιο του φωτοβολταϊκού σταθμού, βασισμένο σε αντίστοιχα έργα της περιοχής.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΤΙΜΗ (€)
ΦΒ ΠΛΑΙΣΙΑ-ΠΑΝΕΛ	993.000
ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ	141.000
ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑΣ	1.300
ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ	246.000
ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ	201.000
ΚΑΛΩΔΕΙΩΣΕΙΣ,ΓΕΙΩΣΕΙΣ ΚΛΠ	201.000
ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	10.000
ΣΥΝΟΛΟ	1.793.300

Πίνακας 21: Ενδεικτικό κοστολόγιο φωτοβολταϊκού σταθμού

Από τα στοιχεία των λογαριασμών ηλεκτρικής ενέργειας για το έτος 2021, προέκυψε η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του Δήμου Η.Π. Νάουσας, καθώς επίσης και το συνολικό ετήσιο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας. Η ετήσια κατανάλωση για το έτος 2021, υπολογίστηκε σε 7.725.932 kWh ενώ το ετήσιο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας ανήλθε σε 1.342.264,43€, όπως φαίνεται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 21):

	2021	
	ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ/ΜΗΝΑ (kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ/ΜΗΝΑ (€)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	433634	85038
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	548059	102941
ΜΑΡΤΙΟΣ	705825	88992
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	820391	101145,34
ΜΑΙΟΣ	436060	74890
ΙΟΥΝΙΟΣ	638785	102413
ΙΟΥΛΙΟΣ	725167	91649
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	885054	131074
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	663879	120016
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	436847	116561
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	648180	128851
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	784051	198694,09
ΣΥΝΟΛΟ 2021	7.725.932	1.342.264,43

Πίνακας 22: Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του Δήμου Η.Π. Νάουσας, έτους 2021

Πηγή: Δήμος Η.Π. Νάουσας, Ιδία Επεξεργασία

Βάσει των παραπάνω, προκύπτει πως η εγκατάσταση του συγκεκριμένου φωτοβολταϊκού σταθμού, μπορεί να συμβάλει στην συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του Δήμου σε ποσοστό **58,25% ετησίως**.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, παρουσιάστηκε ένα ολοκληρωμένο σχέδιο χωροθέτησης ενός χερσαίου φωτοβολταϊκού πάρκου στο Δήμο Η.Π. Νάουσας, με τη χρήση των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών και της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης. Όπως διαπιστώθηκε, η χωροθέτηση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου αλλά και γενικότερα έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, αποτελεί μια πολυεπίπεδη διαδικασία, κατά την οποία θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν κρίσιμοι παράγοντες, τόσο κοινωνικοοικονομικοί, όσο και περιβαλλοντικοί.

Σε ένα γενικότερο πλαίσιο, η ανάγκη για Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας γίνεται ολοένα και πιο σημαντική καθώς ο κόσμος αντιμετωπίζει τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής, αλλά και τις προκλήσεις της τρέχουσας ενεργειακής κρίσης. Ειδικότερα η ηλιακή ενέργεια, έχει καταστεί μια άκρως βιώσιμη και αποτελεσματική μορφή ενέργειας, που κερδίζει όλο και περισσότερο έδαφος στο ενεργειακό μείγμα και την αγορά ενέργειας, ειδικότερα στην Ελλάδα, λόγω του υψηλού ηλιακού δυναμικού.

Η παρούσα διπλωματική εργασία, επικεντρώθηκε στην αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας από τους Δήμους και συγκεκριμένα από τον Δήμο Ηρωικής Πόλεως Νάουσας, ως ένα βήμα για να επιτευχθεί ο απώτερος στόχος της ενεργειακής του αυτάρκειας. Εκ του αποτελέσματος, φάνηκε πως η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου, μπορεί να συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και στη μείωση του κόστους της.

Για τον προσδιορισμό της βέλτιστης θέσης χωροθέτησης του φωτοβολταϊκού πάρκου, ακολουθήθηκε μια μεθοδολογία που περιελάμβανε τόσο τη χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών όσο και τη διαδικασία της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης. Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση των, απαραίτητων για τον εντοπισμό των πιθανών θέσεων χωροθέτησης του φωτοβολταϊκού πάρκου, χωρικών δεδομένων. Από την ανάλυση και μέσω των κριτηρίων αποκλεισμού που ορίστηκαν, προέκυψαν οι 16 πιθανές θέσεις χωροθέτησης. Αναφορικά με την Πολυκριτηριακή Ανάλυση, χρησιμοποιήθηκαν τόσο η μέθοδος της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας για την ιεράρχηση και στάθμιση των κριτηρίων αξιολόγησης των πιθανών θέσεων που τέθηκαν, όσο και της TOPSIS, για τον εντοπισμό της βέλτιστης θέσης μεταξύ των εναλλακτικών. Τα κριτήρια αποκλεισμού και αξιολόγησης, επιλέχθηκαν βάσει της διεθνούς βιβλιογραφίας και του Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, προκειμένου να εντοπιστούν εκείνα τα χαρακτηριστικά που μπορούν να μεγιστοποιήσουν την παραγωγή ενέργειας και να ελαχιστοποιήσουν το κόστος.

Η συγκεκριμένη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, ο συνδυασμός δηλαδή της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης με τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, αποτελεί ένα αποτελεσματικό εργαλείο χωροθέτησης φωτοβολταϊκών πάρκων, η οποία μάλιστα συναντάται σε μεγάλο πλήθος επιστημονικών ερευνών

Εν κατακλείδι, η παρούσα διπλωματική εργασία στοχεύει στην ανάδειξη της ηλιακής ενέργειας και των φωτοβολταϊκών συστημάτων ως ένα σημαντικό και αποτελεσματικό βήμα προς την κατεύθυνση της ενεργειακής μετάβασης, καθώς επίσης και στην ανάγκη εφαρμογής αυστηρών διαδικασιών και μεθοδολογιών για τη χωροθέτησή τους, προκειμένου να αποφευχθεί κάθε αρνητική επίπτωση, τόσο στο φυσικό όσο και στο ανθρωπογενές περιβάλλον.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ

1. Αμανατίδης Ε., 2019: Εναλλακτικές μορφές ενέργειας. Ηλιακή ενέργεια-ακτινοβολία. Ηλιακή μηχανική, Διδακτικές σημειώσεις, Πανεπιστήμιο Πατρών
2. Ανδρίτσος Ν., 2008: Διδακτικές σημειώσεις «Ενέργεια και Περιβάλλον», Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
3. Βοριαζίδης Θ., 2018: Χωροθέτηση Φωτοβολταϊκών Πάρκων με τη Χρήση Γεωπληροφοριακών Συστημάτων (GIS), Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
4. Δάιου Δ., Κυριακίδου Ε., 2020: Σχεδιασμός και Υλοποίηση Ενός Σύγχρονου Περιουσιολογίου Ακινήτων. Εφαρμογή στον Δήμο Νάουσας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
5. Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Ηρωικής Πόλης Νάουσας. Α' Φάση: Στρατηγικός Σχεδιασμός
6. Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Έκθεση της Επιτροπής προς το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, το Συμβούλιο, την Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή και την Επιτροπή των Περιφερειών. Κατάσταση της Ενεργειακής Ένωσης 2022 (δυνάμει του κανονισμού (ΕΕ) 2018/1999 για τη διακυβέρνηση της Ενεργειακής Ένωσης και της Δράσης για το Κλίμα), Βρυξέλλες, 18-10-2022
7. Κατσούλας Ι., 2020: Αειφόρος Ανάπτυξη και Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Το Ευρωπαϊκό και Εθνικό Νομοθετικό Πλαίσιο, Πάντειο Πανεπιστήμιο Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών
8. Κοντογιάννης Α., 2013: Χωροθέτηση Φωτοβολταϊκών Πάρκων με τη Χρήση Γεωπληροφοριακών Συστημάτων. Εφαρμογή Νομός Άρτας, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
9. Μανίκα Κ., 2021: Φωτοβολταϊκά: Οικονομία και Καινοτομία στο Περιβάλλον, Πανεπιστήμιο Πατρών
10. Μούρας Π., 2022: Χωροθέτηση Χερσαίου Φωτοβολταϊκού Πάρκου στο Δήμο Εορδαίας με τη Χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών και Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

11. Μπάρλα Α., 2019: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και φωτοβολταϊκά: ευρωπαϊκό και ελληνικό δίκαιο, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
12. Μπλιάτκας Θ., 2009: Νάουσα, Νιάουστα. Από την Ίδρυση μέχρι και το Ολοκαύτωμά της (1383-1822)
13. Νέα Αρχιτεκτονική της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης- Πρόγραμμα Καλλικράτης, Νόμος 3852 ΦΕΚ Α' 87/7-6-2010
14. Οικονόμου Α., 2022: Νάουσα, η Πόλη μας. Μεταμορφώσεις του Αστικού Τοπίου από τον 19^ο στον 20^ο Αιώνα, Εκδόσεις iWrite
15. Παπαδόπουλος Χ., 2018: Ανάπτυξη Μοντέλων Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου στη Ζάκυνθο σε περιβάλλον GIS, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών,
16. Χατζηδιαμαντής Α., 2022: Στρατηγικός και Επιχειρησιακός Σχεδιασμός για την Ολοκληρωμένη και Βιώσιμη Ανάπτυξη του Δήμου Η.Π. Νάουσας στη Νέα Προγραμματική Περίοδο, 1^ο Αναπτυξιακό Συνέδριο Δήμου Ηρωικής Πόλης Νάουσας
17. Παπαδοπούλου Σ., 2018: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας - Εξοικονόμηση Ενέργειας: Απόψεις και Στάσεις των Κατοίκων του Πολεοδομικού Συγκροτήματος Θεσσαλονίκης, , Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
18. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Υπ. Απόφαση Αριθ. 49828. Έγκριση Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης (ΕΠΧΣΑΑ) για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) και της Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων. ΦΕΚ Β' 2464, 03/12/2008
19. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Υπ. Απόφαση Αριθ. 4. Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα. ΦΕΚ Β' 4893, 31/12/2019

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

20. Albraheem L., & Alabdulkarim L. 2021. Geospatial analysis of solar energy in riyadh using a GIS-AHP-based technique: ISPRS International Journal of Geo-Information, 10(5), 291
21. Al Garni H.Z., Awasthi A., 2017: Solar PV power plant site selection using a GIS-AHP based approach with application in Saudi Arabia. Applied energy, 206, pp.1225-1240

22. Ali S., Taweekun, J., Techato, K., Waewsak, J., & Gyawali, S. 2019: GIS based site suitability assessment for wind and solar farms in Songkhla, Thailand. *Renewable Energy*, 132, 1360-1372
23. Amjad F., Ali Shah L., 2020: Identification and assessment of sites for solar farms development using GIS and density based clustering technique- A case of Pakistan, *Renewable Energy*, Volume 155, Pages 761-769
24. Aydin N. Y., Kentel E., Duzgun H. S., 2013: GIS-based site selection methodology for hybrid renewable energy systems: A case study from western Turkey. *Energy conversion and management*, 70, 90-106
25. Bp- Statistical Review of World Energy, 2022
26. Cai Q., Xu Q., Qing J., Shi G., Liang Q. M. 2022: Promoting wind and photovoltaics renewable energy integration through demand response: Dynamic pricing mechanism design and economic analysis for smart residential communities. *Energy*, 261, 125293
27. Colak H.E., Memisoglu T., Gercek, Y., 2020: Optimal site selection for solar photovoltaic (PV) power plants using GIS and AHP: A case study of Malatya Province, Turkey. *Renewable energy*, 149, pp.565-576
28. Engelken M., Römer B., Drescher M., Welpel I., 2016: Transforming the energy system: Why municipalities strive for energy self-sufficiency. *Energy Policy*, 98, 365-377
29. Fall A., Haas R., 2022: *Sustainable Energy Access for Communities*, Springer International Publishing
30. Giamalaki M., Tsoutsos T., 2019: Sustainable siting of solar power installations in Mediterranean using a GIS/AHP approach. *Renewable Energy*, 141, pp.64-75
31. Kata, R., Cyran, K., Dybka, S., Lechwar, M., & Pitera, R, 2022: The Role of Local Government in Implementing Renewable Energy Sources in Households (Podkarpacie Case Study). *Energies*, 15(9), 3163
32. Kereush D., Perovych I. 2017: Determining criteria for optimal site selection for solar power plants. *Geomatics, Landmanagement and Landscape*
33. Kumar C.M.S., Singh S., Gupta M.K., Nimdeo Y.M., Raushan R., Deorankar A.V., Kumar T.A., Rout P.K., Chanotiya C.S., Pakhale V.D., Nannaware A.D., 2023: Solar energy: A promising renewable source for meeting energy

- demand in Indian agriculture applications. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 55, p.102905
34. Li D, 2013: Using GIS and remote sensing techniques for solar panel installation site selection , University of Waterloo
 35. Loukogeorgaki, E., Vagiona, D. G., & Lioliou, A. 2022: Incorporating Public Participation in Offshore Wind Farm Siting in Greece. *Wind*, 2(1), 1–16
 36. Malczewski J.,1999: *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. John Wiley and Sons, Inc., New York
 37. Munkhbat U., Choi Y., 2021: GIS-based site suitability analysis for solar power systems in Mongolia. *Applied Sciences*, 11(9), p.3748
 38. Nada Kh. M. A. Alrikabi, 2014: Renewable Energy Types, *Journal of Clean Energy Technologies* vol. 2, no. 1, pp. 61-64
 39. Prieto-Amparán J. A., Pinedo-Alvarez A., Morales-Nieto C. R., Valles-Aragón M. C., Álvarez-Holguín A., Villarreal-Guerrero F. 2021: A regional GIS-assisted multi-criteria evaluation of site-suitability for the development of solar farms. *Land*, 10(2), 217.
 40. Roszkowska E., 2011: Multi-criteria decision making models by applying the TOPSIS method to crisp and interval data. *Multiple Criteria Decision Making/University of Economics in Katowice*, 6(1), 200-230.
 41. Sadeghi M., Karimi M., 2017: GIS-based solar and wind turbine site selection using multi-criteria analysis: Case study Tehran, Iran. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci*, 42, pp.469-476
 42. Sánchez-Lozano, J. M., Teruel-Solano, J., Soto-Elvira, P. L., & García-Cascales, M. S., 2013: Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain. *Renewable and sustainable energy reviews*, 24, 544-556
 43. Tahri M., Hakdaoui M., Maanan M., 2015: The evaluation of solar farm locations applying Geographic Information System and Multi-Criteria Decision-Making methods: Case study in southern Morocco. *Renewable and sustainable energy reviews*, 51, pp.1354-1362
 44. Tzeng, G.H. and Huang, J.J., 2011: *Multiple attribute decision making: methods and applications*. CRC press

45. Vagiona D.G., 2021: Comparative Multicriteria Analysis methods for ranking sites for solar farm deployment: A Case study in Greece. *Energies*, 14(24), p.8371.
46. Vagiona, D. G., Tzekakis, G., Loukogeorgaki, E., & Karanikolas, N. 2022: Site Selection of Offshore Solar Farm Deployment in the Aegean Sea, Greece. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(2), 224
47. Varbanov P. S., Wang B., Klemeš J. J., Kabli M. R., Shahzad K., Ocloń P. 2022: Municipal power plan optimisation accounting for environmental footprints. *Energy Conversion and Management*, 254, 115296
48. Yousefi H., Hafeznia H., Yousefi-Sahzabi A., 2018: Spatial site selection for solar power plants using a gis-based boolean-fuzzy logic model: A case study of Markazi Province, Iran. *Energies*, 11(7), p.1648

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

European Commission

https://commission.europa.eu/index_en

European Council- Council of the European Union

<https://www.consilium.europa.eu/en/>

Eurostat

<https://ec.europa.eu/eurostat>

B2Green

<https://news.b2green.gr/>

Copernicus

<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>

United Nations

<https://www.un.org/en/>

National Renewable Laboratory (NREL)

<https://www.nrel.gov/>

Our World in Data

<https://ourworldindata.org/>

VENMAN

<https://www.venman.gr/>

Olympic Engineering & Consulting

<https://www.oleng.eu/>

Solar Gis

<https://solargis.com/>

Global Solar Atlas

<https://globalsolaratlas.info/map>

International Renewable Energy Agency (IRENA)

<https://www.irena.org/>

GIS Geography

<https://gisgeography.com/>

ESRI

<https://www.esri.com/en-us/home>

Geodata.gov.gr

<https://geodata.gov.gr/>

USGS

<https://earthexplorer.usgs.gov/>

Γεωπύλη Δήμου Νάουσας

<https://gis.naoussa.gr/>

Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ)

<https://www.statistics.gr/>

Επίσημος Ιστοχώρος Δήμου Νάουσας

<https://www.naoussa.gr/index.htm>

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ)

<http://www.cres.gr/cres/index.html>

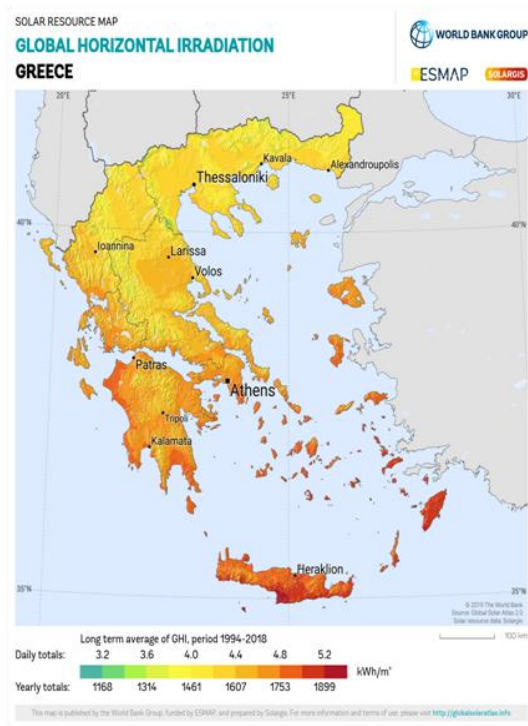
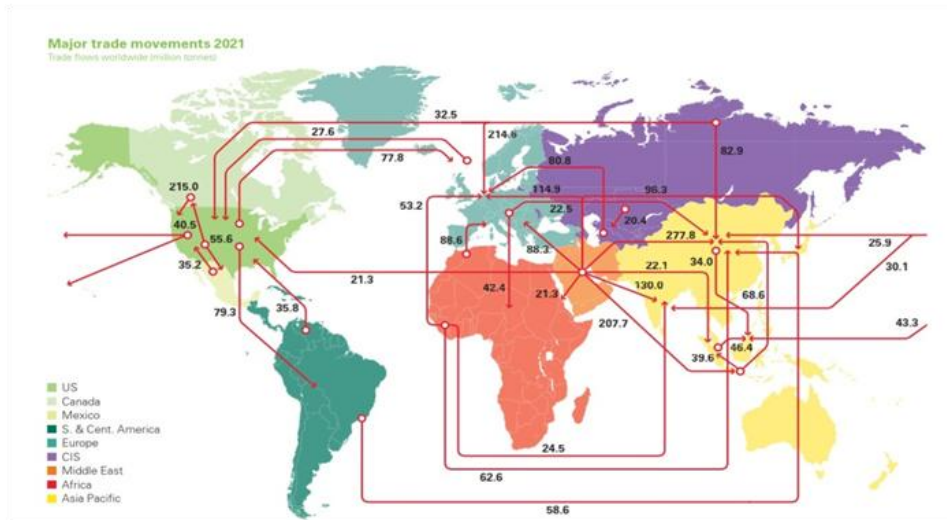
Μετεωρολογικός Σταθμός Νάουσα, Μακεδονίας

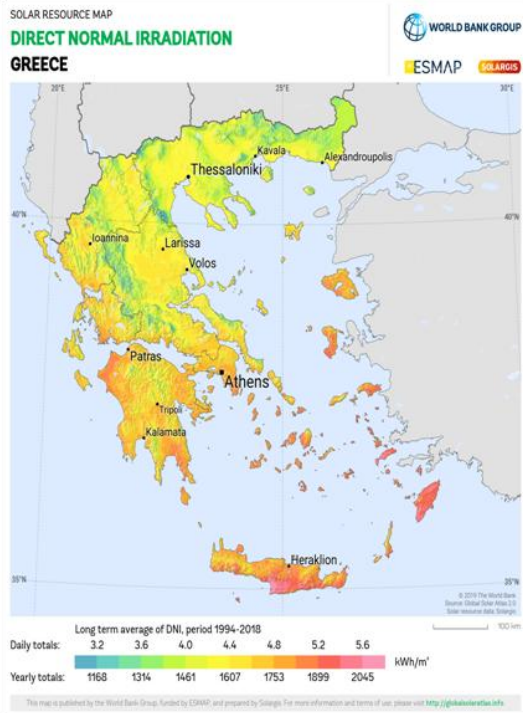
<https://penteli.meteo.gr/stations/naousa/>

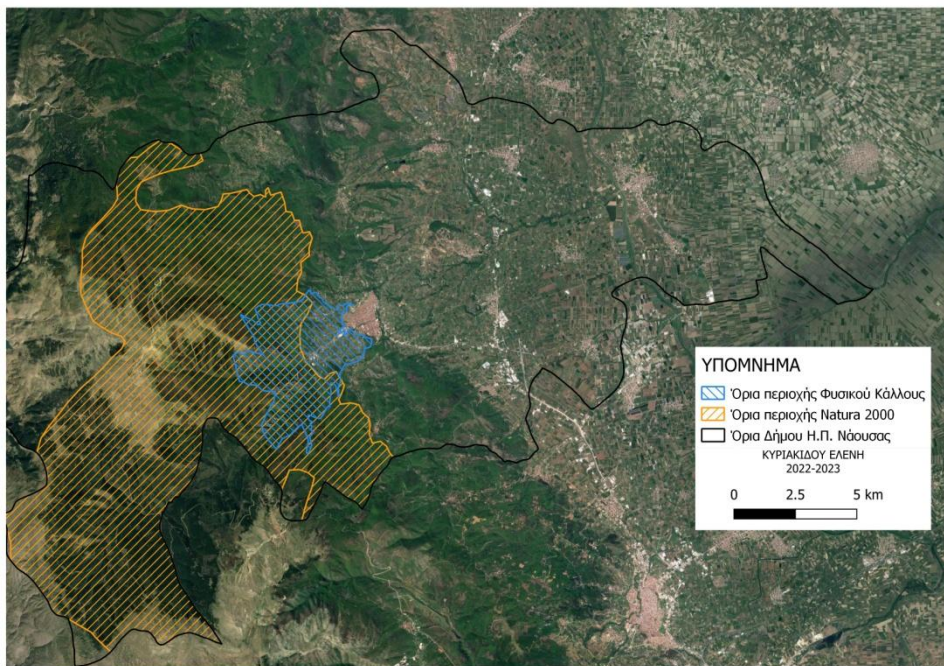
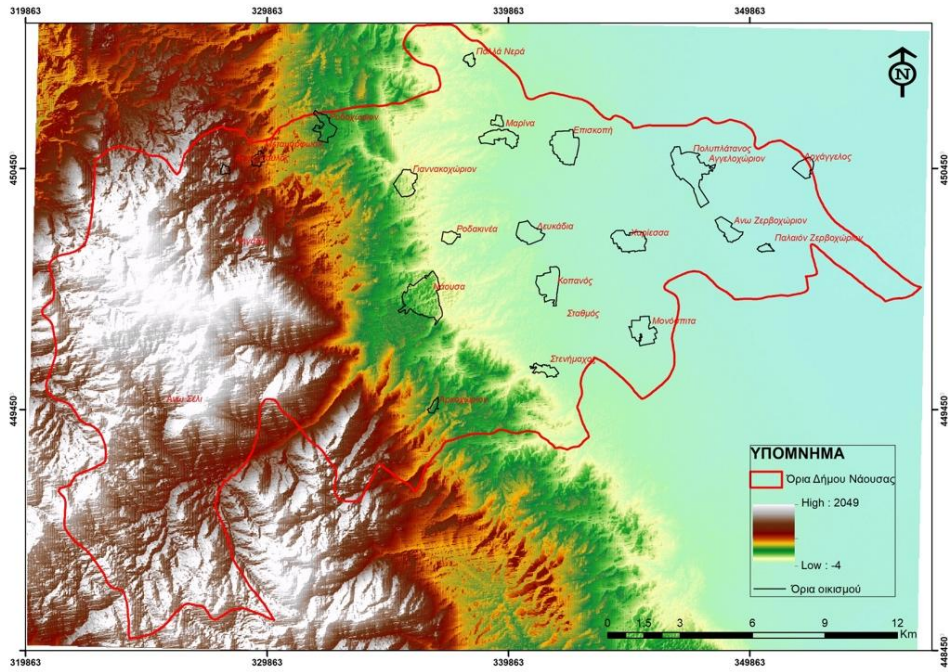
Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας

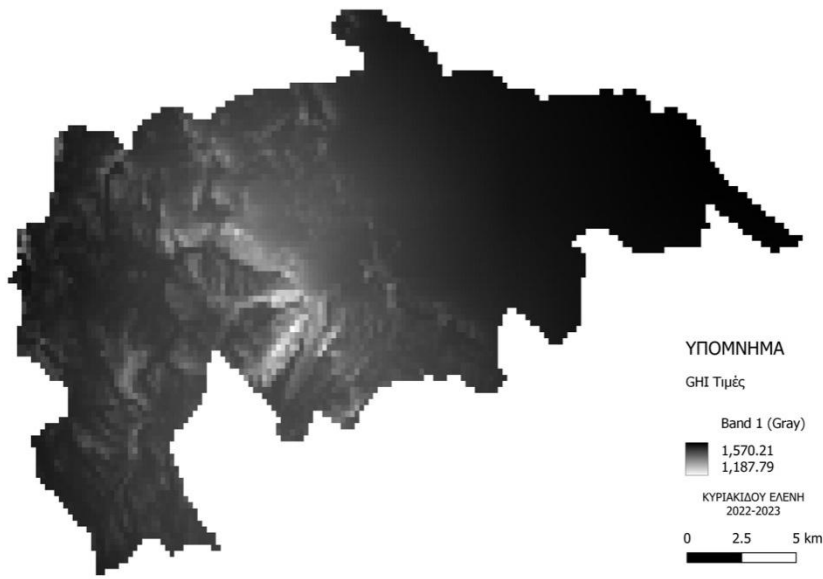
<https://ypen.gov.gr/>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΡΤΩΝ

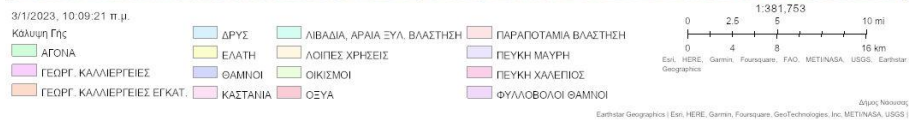
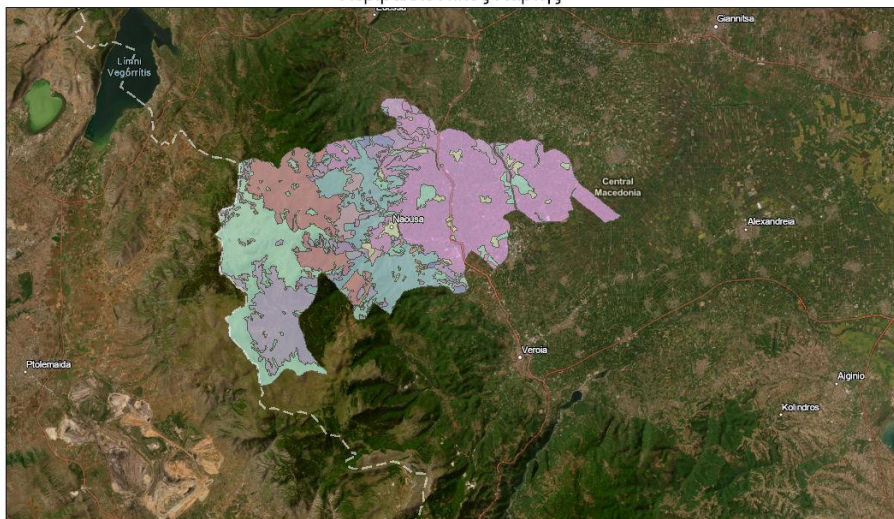


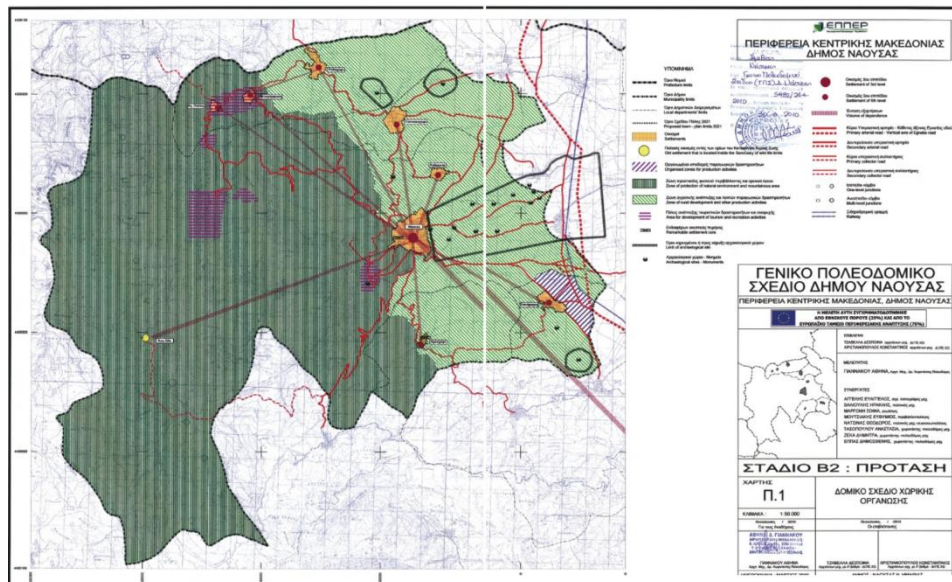
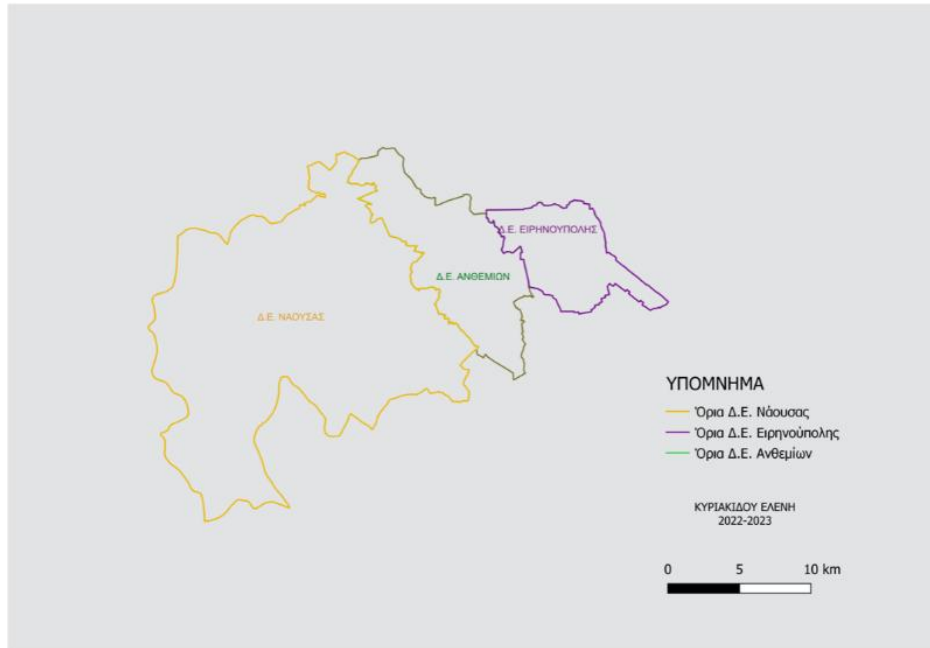


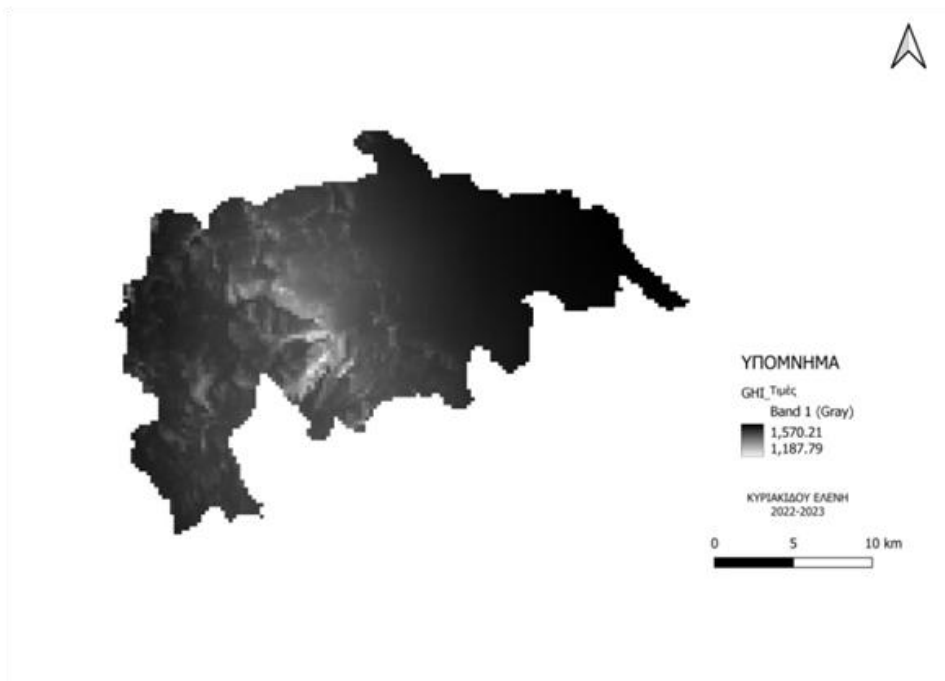
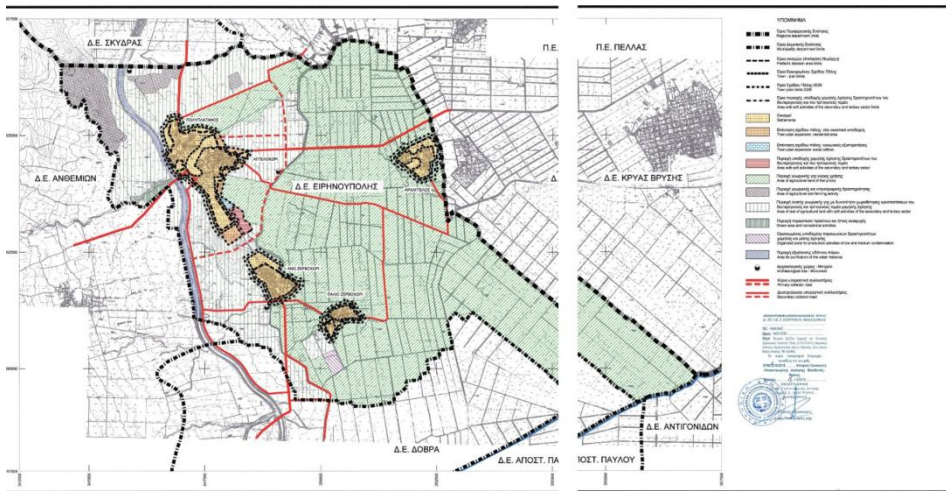
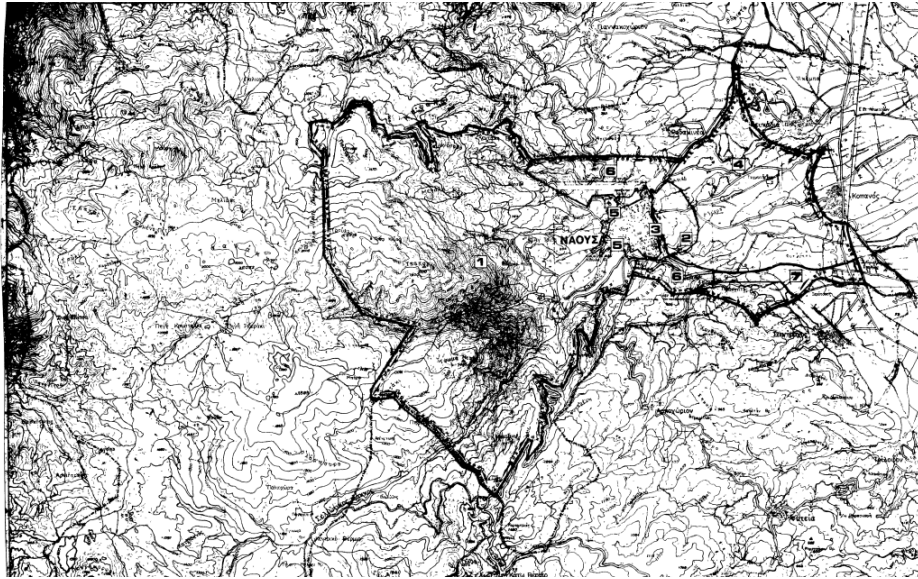


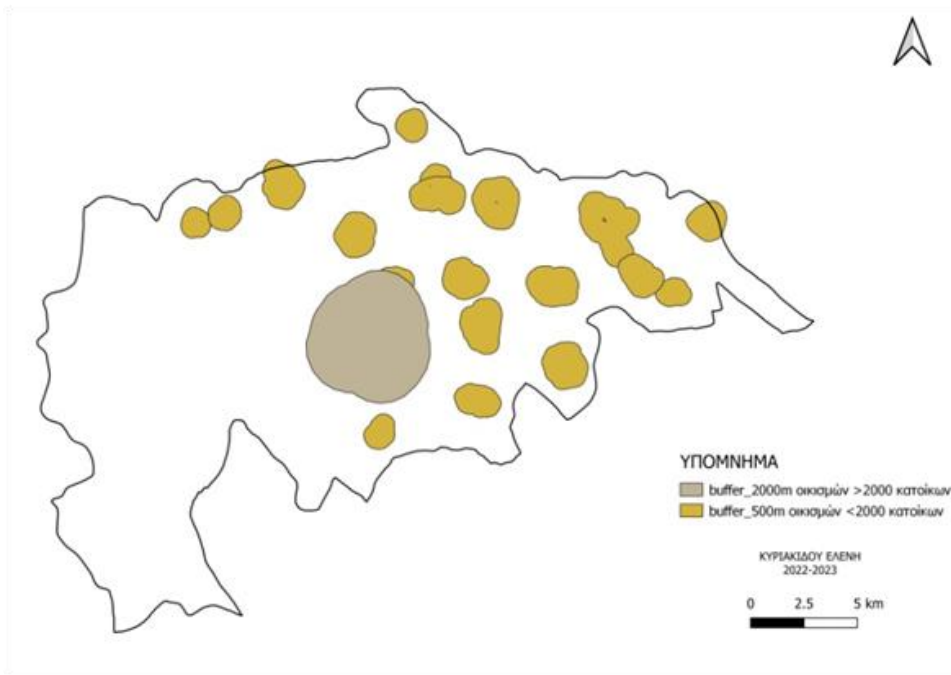
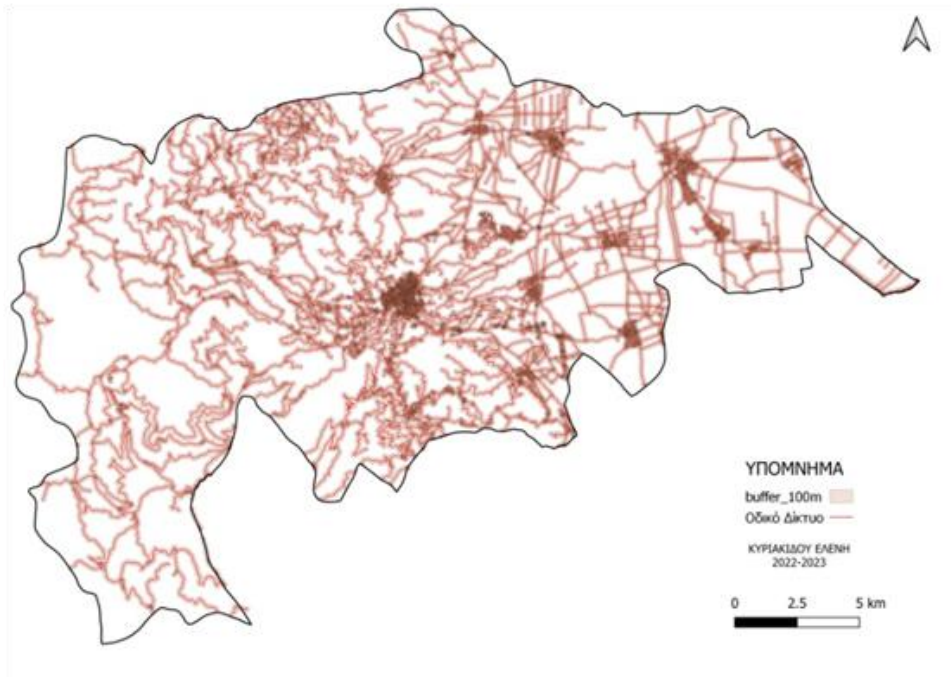


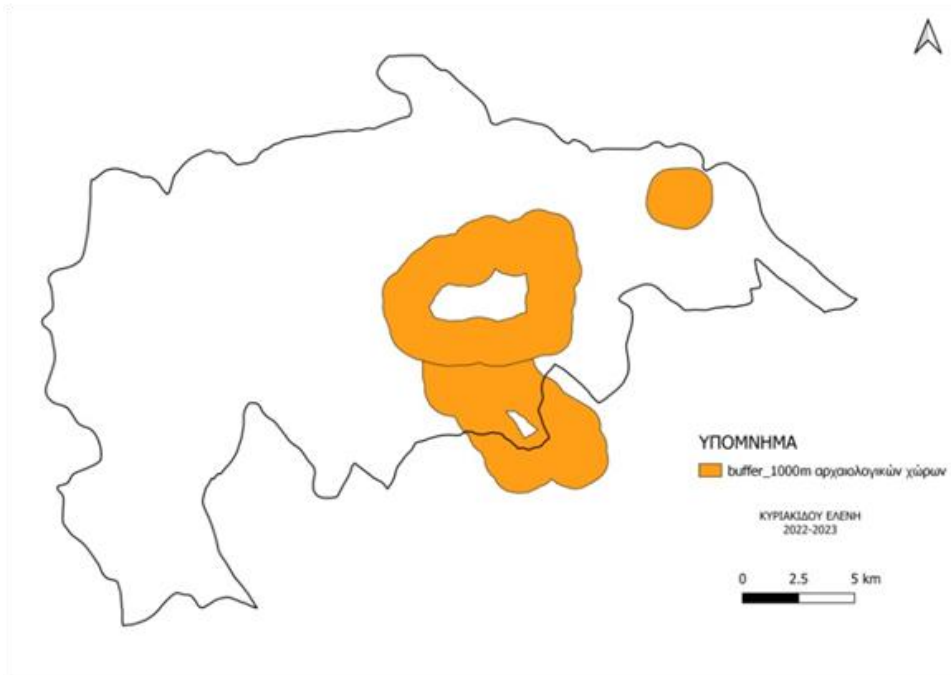
Περιβαλλοντικός Χάρτης













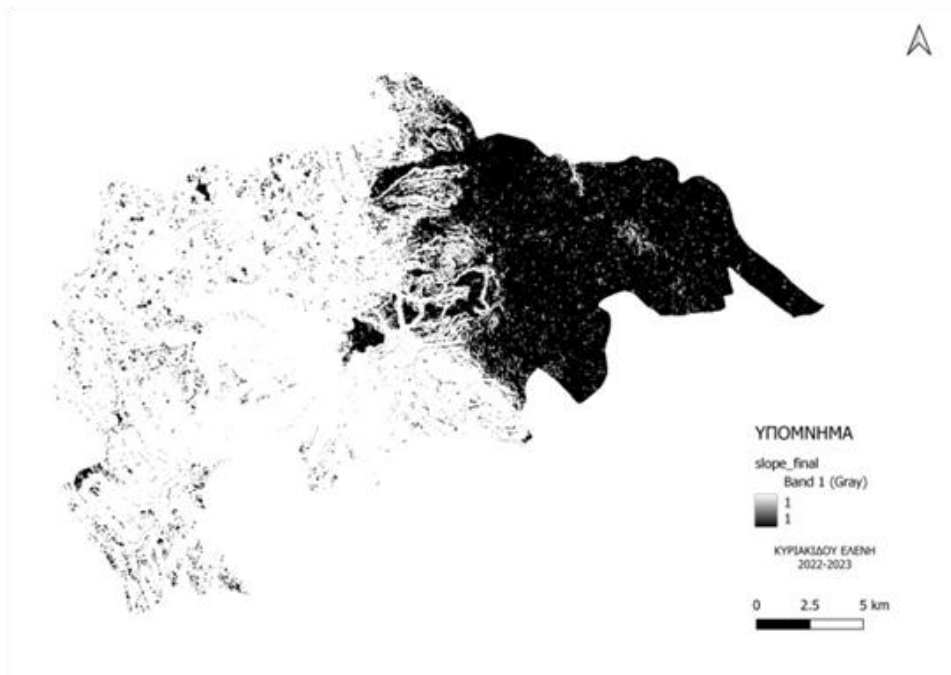
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

GH1_1100
Band 1 (Gray)



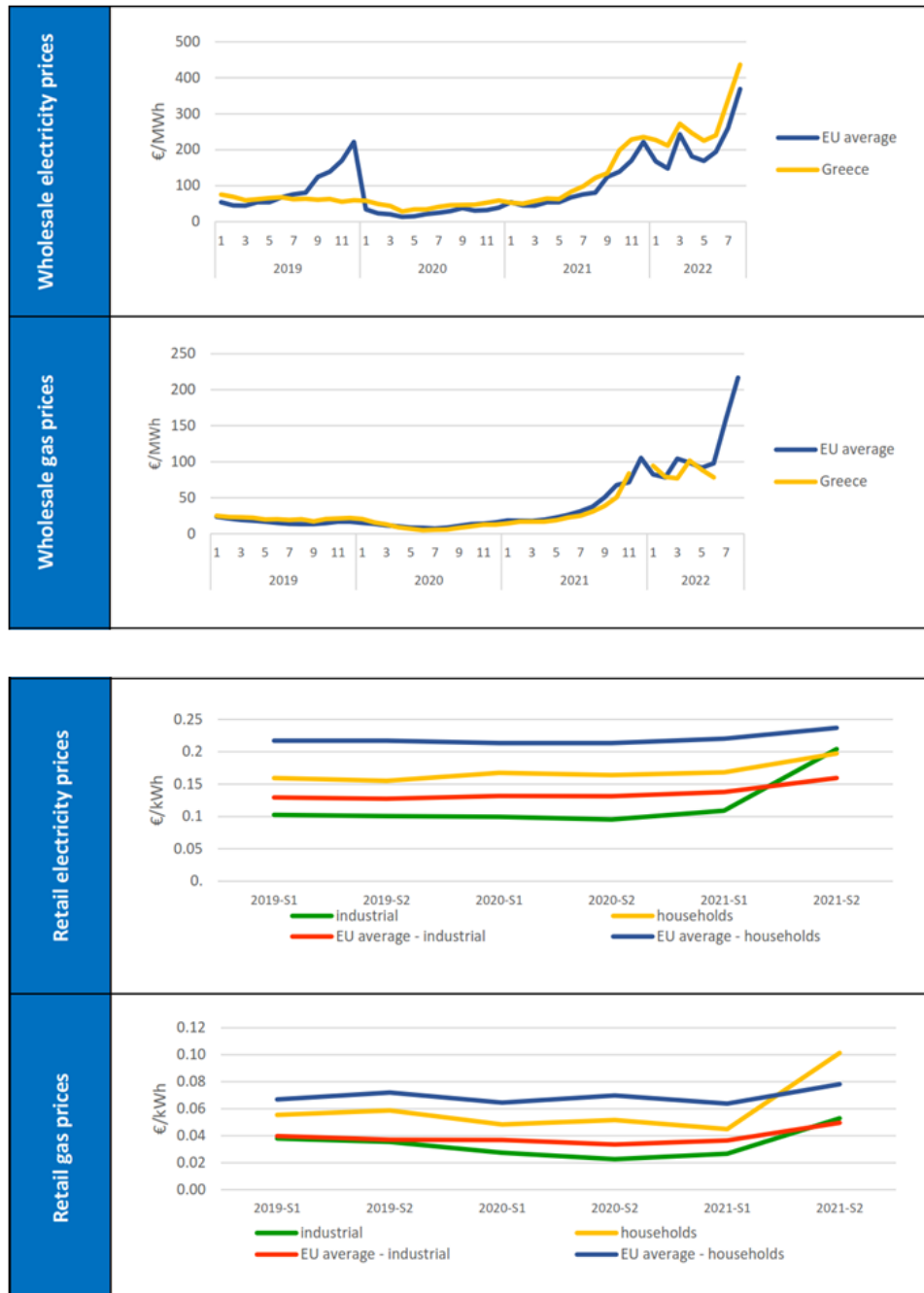
ΚΥΡΙΑΚΙΔΟΥ ΕΛΕΝΗ
2022-2023

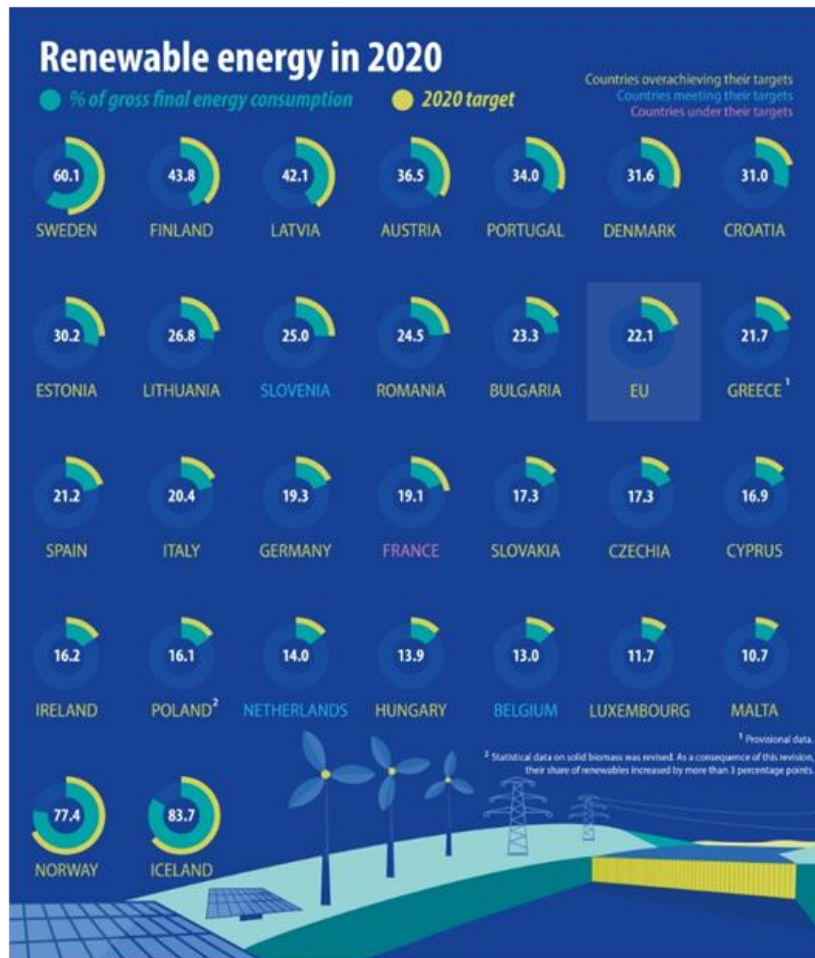






ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

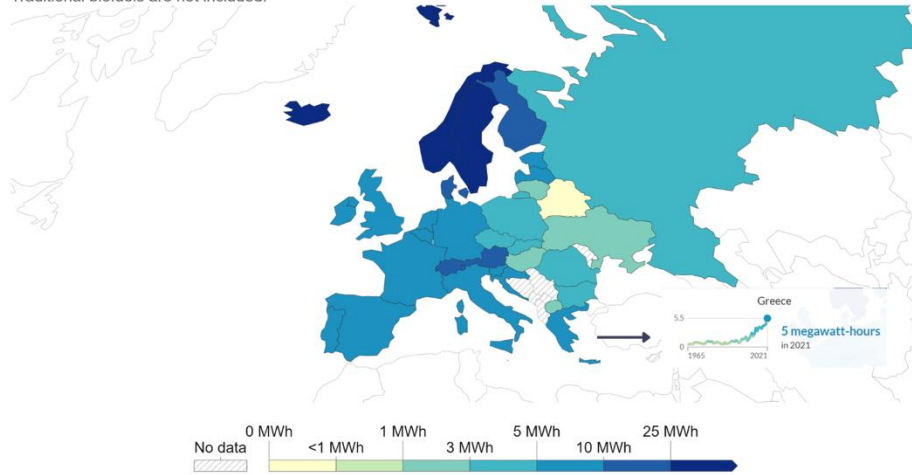




Per capita energy consumption from renewables, 2021

Renewables is the sum of energy from hydropower, wind, solar, geothermal, wave and tidal, and bioenergy. Traditional biofuels are not included.

Our World in Data

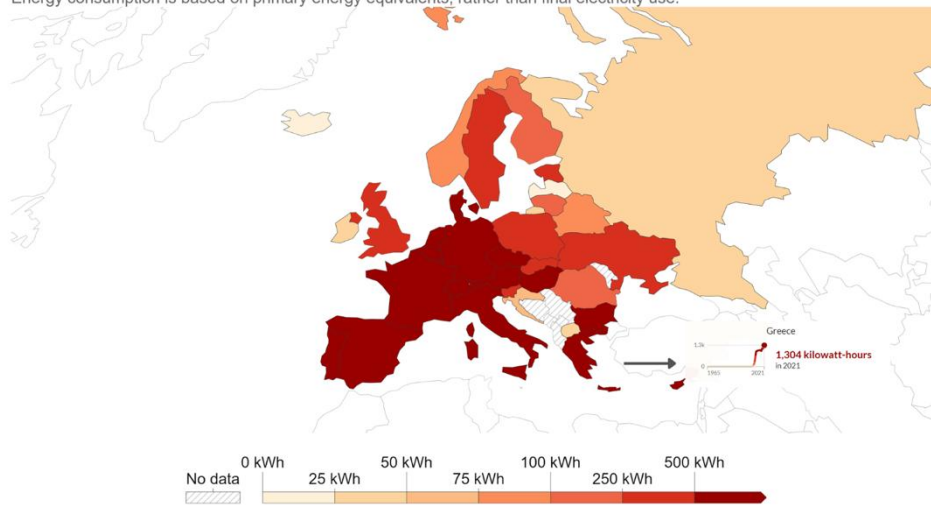


Source: Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy & UN Population Division OurWorldInData.org/energy • CC BY
Note: 'Primary energy' refers to energy in its raw form, before conversion into electricity, heat or transport fuels. It is here measured in terms of 'input equivalents' via the substitution method: the amount of primary energy that would be required from fossil fuels to generate the same amount of electricity from renewables.

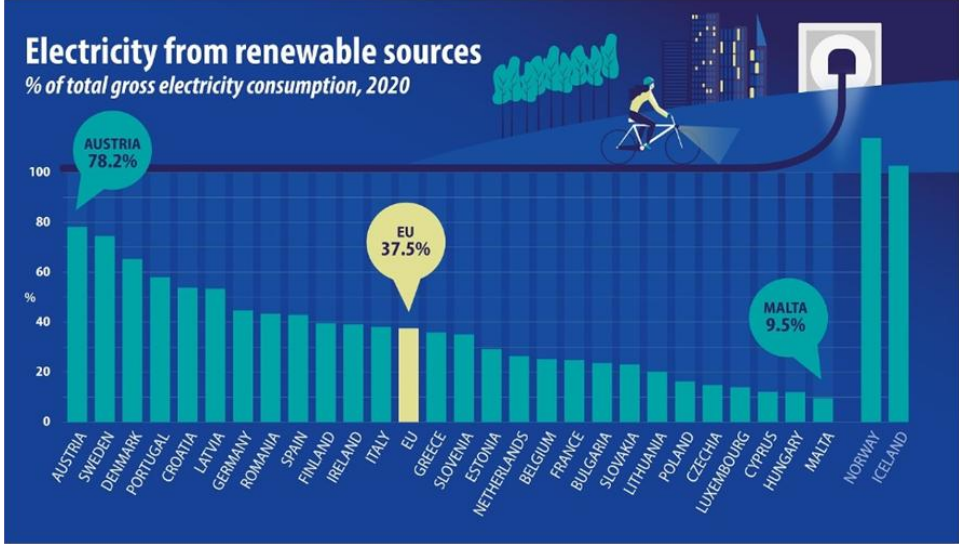
Per capita energy consumption from solar, 2021

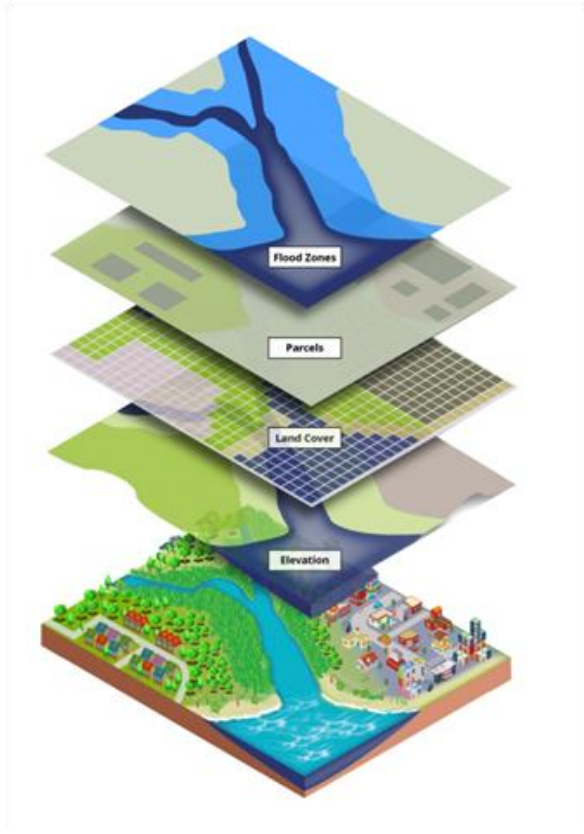
Energy consumption is based on primary energy equivalents, rather than final electricity use.

Our World in Data



Source: Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy & UN Population Division OurWorldInData.org/energy • CC BY
Note: 'Primary energy' refers to energy in its raw form, before conversion into electricity, heat or transport fuels. It is here measured in terms of 'input equivalents' via the substitution method: the amount of primary energy that would be required from fossil fuels to generate the same amount of electricity from solar.



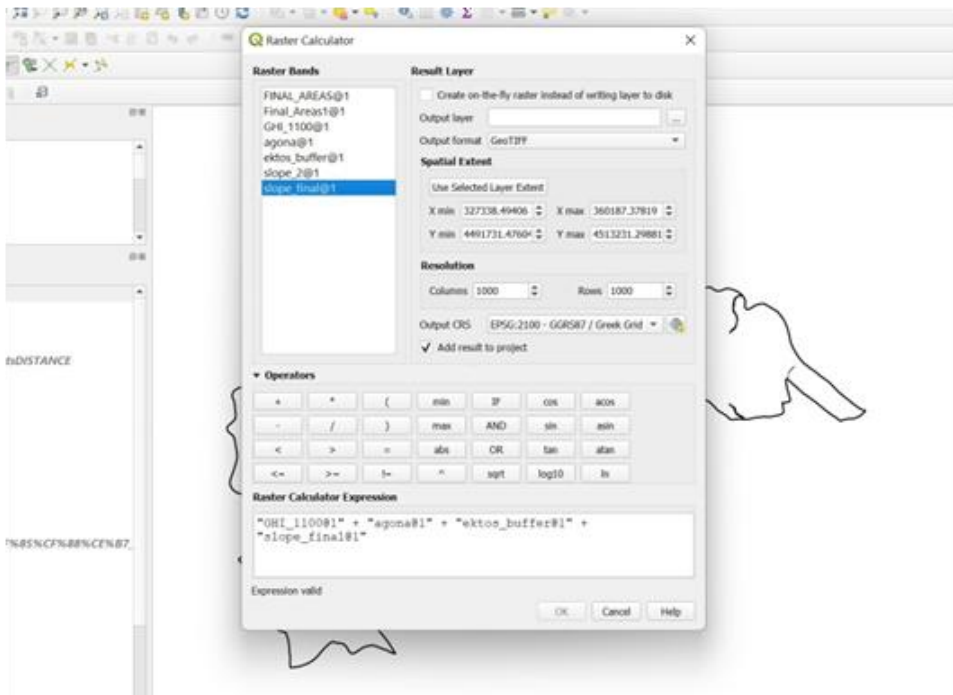


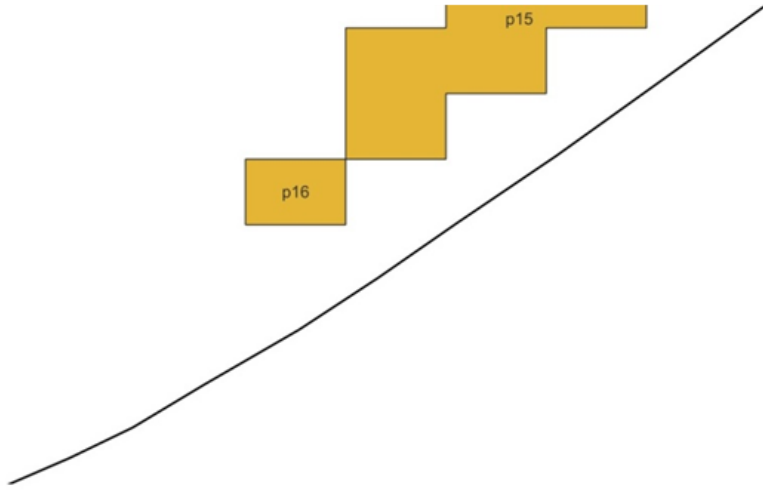
ANNUAL CLIMATOLOGICAL SUMMARY for 2022
 National Observatory of Athens
 Institute of Environmental Research and Sustainable Development, meteo.gr

Station Name: Naousa
 Latitude: 40.60000 N
 Longitude: 22.10000 E
 Elevation: 365m
 Date/Time in: LOCAL TIME

Year Month	Mean Temp	Mean High Temp	Mean Low Temp	Abs High Temp	Day	Abs Low Temp	Day	Acum Rain	Max Daily Rain	Day	Mean Wind Speed	Abs High Speed	Day	Dom Dir
2022-01	5.3	8.4	2.4	19.3	01	-5.3	25	118.0	79.2	10	3.1	38.6	01	SW
2022-02	7.6	10.9	4.7	16.4	18	0.6	27	82.0	60.0	27	3.7	48.3	24	SW
2022-03	6.5	10.4	2.9	21.8	25	-3.7	12	91.2	16.6	01	3.4	37.0	22	SW
2022-04	13.7	18.3	9.6	26.1	09	4.6	19	21.2	5.2	17	3.6	56.3	11	ESE
2022-05	19.9	25.1	15.3	32.6	26	9.3	03	25.2	6.6	29	2.6	45.1	29	ESE
2022-06	24.5	29.7	20.0	36.0	23	15.9	11	91.2	53.6	10	3.0	48.3	06	SSW
2022-07	26.4	31.4	21.8	36.7	22	16.7	09	21.2	9.8	09	3.6	46.7	08	SSW
2022-08	25.5	30.4	21.6	35.2	19	17.9	25	79.6	18.4	16	3.5	54.7	16	SSW
2022-09	20.4	24.9	16.6	29.4	16	10.2	22	60.8	25.6	05	2.2	66.0	17	SSW
2022-10	16.8	21.0	13.6	26.0	01	10.4	22	42.8	29.2	14	2.0	38.6	02	SW
2022-11	12.8	15.6	10.4	23.8	02	4.2	28	135.6	68.4	06	1.3	48.3	25	SSW
2022-12	9.1	11.4	7.2	16.8	25	1.9	21	80.6	71.0	01	0.8	41.8	12	SW
2022	15.7	19.8	12.2	36.7	07	-5.3	01	849.4	79.2	01	2.7	66.0	09	







512



