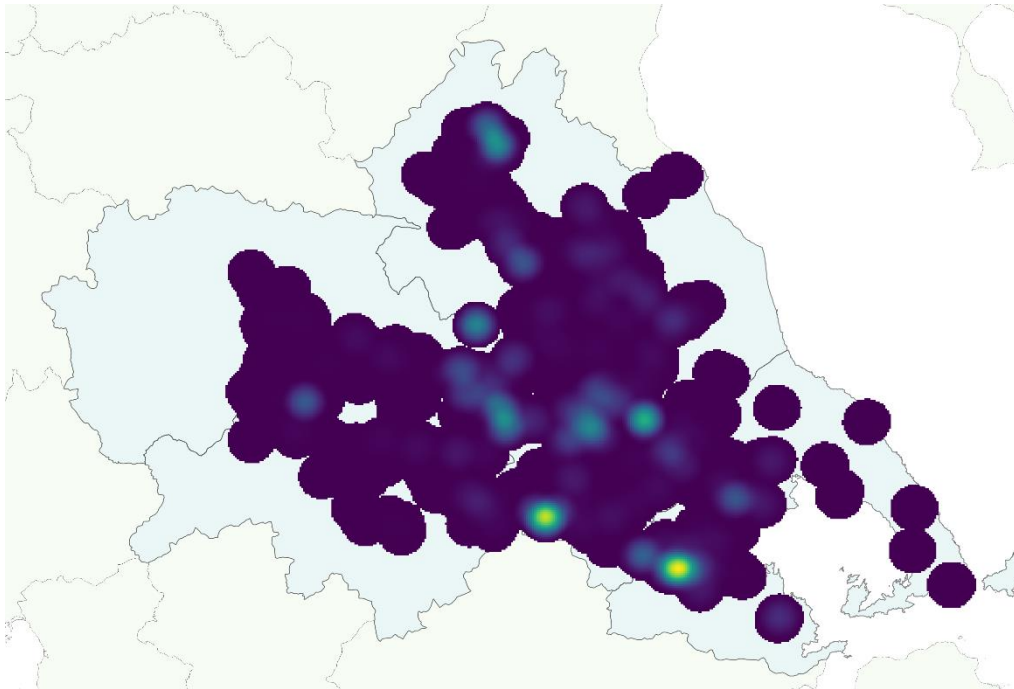




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**ΤΟ ΠΛΕΓΜΑ ΝΕΡΟΥ-ΤΡΟΦΙΜΩΝ-ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ Η ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ ΤΩΝ
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΑΓΡΟΤΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ:
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Παρασκευή Σιαμπαρίνα

Επιβλέπων: Δημήτρης Κουτσογιάννης, Καθηγητής ΕΜΠ

Συνεπιβλέπων: Φοίβος Σαργέντης, ΕΔΙΠ-Διδάκτορας

Αθήνα, Μάρτιος 2021

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΤΟ ΠΛΕΓΜΑ ΝΕΡΟΥ-ΤΡΟΦΙΜΩΝ-ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ Η ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΗ
ΣΧΕΣΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΑΓΡΟΤΙΚΗ
ΠΑΡΑΓΩΓΗ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Περίοδος εκτέλεσης: 2020-2021

Στοιχεία επικοινωνίας: evita-sia@hotmail.com

Εικόνα εξωφύλλου: Χάρτης 7 «Heatmap φωτοβολταϊκής δραστηριότητας με
βαρύτητα την ισχύ»

Αθήνα, Μάρτιος 2021

Ευχαριστίες

Με το πέρας της παρούσας διπλωματικής εργασίας ολοκληρώνεται επίσημα ο κύκλος των προπτυχιακών μου σπουδών.

Ως εκ τούτου, θα ήθελα πρωτίστως να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση και υπομονή τους σε όλα τα χρόνια των σπουδών μου, καθώς και όλους όσους ήταν δίπλα μου στις όμορφες, αλλά και στις δύσκολες στιγμές που παρουσιάστηκαν κατά τη διάρκεια του διαστήματος αυτού.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Κουτσογιάννη για τη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά την διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον κ. Σαργέντη για την αμέριστη βοήθειά του στην κατανόηση του τρόπου διεξαγωγής της έρευνας και ανάπτυξης ιδεών.

Πίνακας Περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	i
ABSTRACT.....	iii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	iv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	v
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	vii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ.....	viii
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ.....	ix
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	1
1.2. ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΕΥΧΟΥΣ.....	2
2. ΠΛΕΓΜΑ ΝΕΡΟΥ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	3
2.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	3
2.2. ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΠΝΤΕ.....	4
2.3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΠΝΤΕ.....	7
2.3.1. Το Νερό.....	7
2.3.2. Η Ενέργεια.....	9
2.3.3. Τα Τρόφιμα.....	11
2.4. ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΝΤΕ.....	12
2.4.1. Νερό- Ενέργεια.....	13
2.4.2. Νερό- Τρόφιμα.....	15
2.4.3. Ενέργεια- Τρόφιμα.....	16
2.5. ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΝΤΕ.....	17
3. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	19
3.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	19
3.2. ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΑΠΕ.....	20
3.3. ΜΟΡΦΕΣ ΑΠΕ.....	22
3.3.1. Βιομάζα.....	22
3.3.2. Γεωθερμική Ενέργεια.....	22
3.3.3. Θαλάσσια Ενέργεια.....	23
3.3.4. Υδροηλεκτρική Ενέργεια.....	24
3.3.5. Αιολική Ενέργεια.....	25

3.3.6.	Ηλιακή Ενέργεια	26
3.4.	ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	28
3.4.1.	Φωτοβολταϊκό Στοιχείο	28
3.4.2.	Φωτοβολταϊκό Σύστημα	29
3.4.3.	Απόδοση Φωτοβολταϊκών	32
3.4.4.	Η Επέκταση των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων.....	34
4.	Η ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΜΕ ΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ.....	37
4.1.	ΓΕΝΙΚΑ	37
4.2.	ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ	38
4.3.	ΑΓΡΟΤΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	42
4.4.	ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΕ ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	46
4.4.1.	Εφαρμογές και Οφέλη	47
4.4.2	Ενδεχόμενοι Κίνδυνοι	51
5.	ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ – Ο ΚΑΜΠΟΣ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ.....	54
5.1.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	54
5.1.1.	ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	54
5.1.2.	ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	55
5.1.3.	ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ	56
5.1.4.	ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	58
5.2.	ΑΓΡΟΤΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ.....	59
5.3.	ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΑΡΚΑ	63
5.4.	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ	68
5.4.1.	Κατοχή Γης	68
5.4.2.	Οικονομική Προσέγγιση.....	70
5.4.3.	Προσέγγιση Υδατικών Αναγκών	83
5.4.4.	Ενεργειακή Προσέγγιση	84
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	89
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	92
	<u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</u>	98

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το Πλέγμα Νερού, Τροφίμων κι Ενέργειας δημιουργήθηκε ως ένα εργαλείο διαχείρισης των φυσικών πόρων, με στόχο τη βιώσιμη ανάπτυξη σε διεθνές, κρατικό ή τοπικό επίπεδο. Η συνδυασμένη διαχείριση του νερού, των τροφίμων και της ενέργειας τείνει να εξαλείψει τις αρνητικές συνέπειες που προκύπτουν από τη χρήση του κάθε πόρου μεμονωμένα στους άλλους δύο. Παράλληλα, η μετάβαση στην Πράσινη Ενέργεια με την εφαρμογή τεχνολογιών ανανεώσιμων πόρων επιταχύνει τους ρυθμούς εξασφάλισης της αειφορικής ανάπτυξης. Τα τελευταία χρόνια, οι ΑΠΕ είναι ο κλάδος που βρίσκεται στο επίκεντρο του επενδυτικού ενδιαφέροντος στην Ελλάδα, λόγω του πλούσιου ηλιακού, αιολικού και υδροηλεκτρικού δυναμικού της, αλλά και των ελκυστικών οικονομικών ευκαιριών που προσφέρονται. Ωστόσο, η αναπτυσσόμενη αξιοποίηση του ηλιακού πόρου φέρει ως απότοκο την κατάληψη εδαφικών εκτάσεων αγροτικής χρήσης.

Αφτηρία της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η αυξανόμενη ανησυχία για την υποβάθμιση της γεωργικής και κτηνοτροφικής παραγωγής, ως απόρροια της κατοχής αγροτικών γαιών για την ίδρυση φωτοβολταϊκών πάρκων. Για το λόγο αυτό, επιχειρείται η διερεύνηση της ανταγωνιστικής σχέσης των φωτοβολταϊκών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με την παραγωγή τροφίμων. Ως περιοχή μελέτης του προαναφερόμενου αντικειμένου επιλέχθηκε ο Θεσσαλικός Κάμπος.

Η Θεσσαλία αποτελεί έναν από τους βασικούς πυλώνες του πρωτογενούς τομέα της χώρας, καθώς διαθέτει την δεύτερη μεγαλύτερη πεδιάδα της Ελλάδας. Τα απέραντα πεδινά τμήματα γης σε συνδυασμό με την υψηλή ηλιακή ενέργεια του Θεσσαλικού Κάμπου, ευνοούν την ανάπτυξη φωτοβολταϊκών συστημάτων, προσελκύοντας πληθώρα επενδυτών.

ABSTRACT

The Water, Food and Energy Nexus was created as a natural resource management tool, aiming at promoting sustainable development at the international, national or local level. The combined management of water, food and energy contributes to eliminating the negative effects that result from the use of each of the three resources on the other two. At the same time, the transition to Green Energy through the application of renewable energy technologies is accelerating the progress towards achieving sustainable development. In recent years, Renewable Energy Resources (RES) is an industry at the center of investors' interest in Greece, due to the country's potential to generate solar, wind and hydroelectric energy, but also thanks to attractive financial opportunities offered. However, the growing utilization of solar panels to capture solar energy results in ever expanding occupation of agricultural land.

The starting point of this dissertation is the growing concern over the degradation of agricultural and livestock production, as a result of the occupation of agricultural land for the establishment of photovoltaic power stations. For this reason, an attempt is made to investigate the competitive relationship between photovoltaic power plants and food production, using the Thessalian Plain as the study area.

Thessaly is one of the key primary sector regions in Greece, as it is home to the second largest plain in the country. The vast expanse of flatland, in combination with the Thessalian Plain's abundance in solar resource, favors the development of photovoltaic systems, attracting a large number of investors.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Αλληλεπιδράσεις ΠΝΤΕ.....	13
Εικόνα 2: Σύστημα αντησιοταμίευσης.....	15
Εικόνα 3: Δείκτης ΠΝΤΕ και υποδείκτες για την Ελλάδα.....	18
Εικόνα 4: Υπεράκτιο αιολικό πάρκο στο Ηνωμένο Βασίλειο, Walney Extension.....	26
Εικόνα 5 : Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο.....	28
Εικόνα 6: Φωτοβολταϊκό Σύστημα.....	29
Εικόνα 7: Διεθνές Σχολείο Κοπεγχάγης CIS κατηγορίας BIPV	31
Εικόνα 8: Μεταβολή των τιμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανά κατηγορία	35
Εικόνα 9: Δυναμικό ηλιακής ενέργειας με βέλτιστη τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα	38
Εικόνα 10: Αγροφωτοβολταϊκό σύστημα.....	50
Εικόνα 11: Ηλιακό Δυναμικό Θεσσαλίας ανά Π.Ε.....	58

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Παγκόσμιο ενεργειακό μείγμα για το 2019.	27
Διάγραμμα 2: Αθροιστική ισχύς συνδεδεμένων στο δίκτυο φωτοβολταϊκών στην Ευρώπη.....	36
Διάγραμμα 3: Ισοδύναμες θέσεις πλήρους απασχόλησης από φωτοβολταϊκά.....	40
Διάγραμμα 4: Ακαθάριστη Προστιθέμενη Αξία (ΑΠΑ) Αγροτικού τομέα (Γεωργία και Κτηνοτροφία).....	44
Διάγραμμα 5: Απασχόληση στον αγροτικό τομέα. Πηγή: Eurostat.....	44
Διάγραμμα 6: Εξέλιξη των τιμών εισροών και εκροών του αγροτικού τομέα.....	45
Διάγραμμα 7: Εκροές αγροτικού τομέα.....	46
Διάγραμμα 8: Ποσοστά Καλλιεργούμενων Εκτάσεων της Θεσσαλίας ανά Π.Ε.....	59
Διάγραμμα 9: Εκτάσεις Καλλιεργειών ανά Π.Ε. για το διάστημα 2011-2018.	60
Διάγραμμα 10: Κάλυψη καλλιεργούμενων εκτάσεων ανά είδος στη Θεσσαλία.	60
Διάγραμμα 11: Ποσοστά συνολικής ισχύος φωτοβολταϊκών ανά Π.Ε. στη Θεσσαλία. ..	65
Διάγραμμα 12: Έσοδα- έξοδα για κάθε έτος της επένδυσης.....	75
Διάγραμμα 13: Ταμειακές ροές σε κάθε φάση του έργου	75
Διάγραμμα 14: Αθροιστικές ταμειακές ροές.....	76
Διάγραμμα 15: Έσοδα- έξοδα καλλιέργειας σκληρού σίτου.....	78
Διάγραμμα 16: Ταμειακές ροές καλλιέργειας σκληρού σίτου.....	78
Διάγραμμα 17: Αθροιστικές ταμειακές ροές καλλιέργειας σκληρού σίτου.....	79
Διάγραμμα 18: Έσοδα-έξοδα επένδυσης σε ακτινίδια.	80

Διάγραμμα 19: Ταμειακές ροές καλλιέργειας ακτινιδίου.	81
Διάγραμμα 20: Αθροιστικές ταμειακές ροές καλλιέργειας ακτινιδίου.	81
Διάγραμμα 21: Σύγκριση ταμειακών ροών των επενδύσεων.	82
Διάγραμμα 22: Σύγκριση αθροιστικών ταμειακών ροών των επενδύσεων.....	82
Διάγραμμα 23: Απαιτούμενα κυβικά μέτρα νερού ανά στρέμμα ετησίως.....	84
Διάγραμμα 24: Ενεργειακές εισροές- εκροές επιφάνεια ενός ha για για 20 χρόνια.	88

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Στόχοι για φωτοβολταϊκά Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα.	41
Πίνακας 2: Εκτάσεις και Πληθυσμός Π.Ε. Θεσσαλίας.....	55
Πίνακας 3: Μέση ετήσια ηλιακή ενέργεια ανά Π.Ε.	58
Πίνακας 4: Απολήψεις υδάτων στην περιφέρεια Θεσσαλίας,	62
Πίνακας 5: Έλλειμα ισοζυγίου ζήτησης- βιώσιμης προσφοράς.....	62
Πίνακας 6: Αδειοδοτήσεις ανά Π.Ε. και ισχύ.	64
Πίνακας 7: Ισχύς αδειοδοτημένων πάρκων ανά Π.Ε. στη Θεσσαλία.....	65
Πίνακας 8: Έκταση αδειοδοτημένων φωτοβολταϊκών πάρκων ανά Π.Ε.....	67
Πίνακας 9: Ποσοστά εκτάσεων φωτοβολταϊκών σε σχέση με τις αγροτικές εκτάσεις.....	69
Πίνακας 10: Ισχύς φωτοβολταϊκών αδειοδοτήσεων σε σύγκριση με το μέγιστο όριο ανά Π.Ε.....	69
Πίνακας 11: Προϋπολογισμός Έργου.	72
Πίνακας 12: Παραδοχές χρήσης κεφαλαίου.....	72
Πίνακας 13: Υπολογισμός δανείου με σταθερό τοκοχρεολύσιο.....	73
Πίνακας 14: Συντελεστές φορολογικής απόσβεσης.....	74
Πίνακας 15: Παράμετροι NVP.....	74
Πίνακας 16: Έσοδα- έξοδα καλλιέργειας σκληρού σιταριού ετησίως.....	77
Πίνακας 17: Έξοδα-έσοδα καλλιέργειας ενός στρέμματος ακτινιδίου για τα πρώτα 5 έτη.	80
Πίνακας 18: Αρδευτικές ανάγκες των επενδύσεων ανά στρέμμα, ετησίως.....	84

Πίνακας 19: Ενεργειακές εισροές-εκροές για επιφάνεια 13 στρεμμάτων..... 87

**Πίνακας 20: Κάλυψη ετήσιων αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας και τροφίμων (σε
ισοδύναμες θερμίδες)..... 87**

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1: Περιφέρεια Θεσσαλίας. 54

Χάρτης 2: Υψομετρικές Ζώνες Θεσσαλίας. 56

Χάρτης 3: Επιφανειακά και Υπόγεια Ύδατα Θεσσαλίας 57

Χάρτης 4: Χάρτης Χρήσεων Γης (Corine Land Cover2018) 61

Χάρτης 5: Αδειοδοτήσεις φωτοβολταϊκών σταθμών. 64

Χάρτης 6: Heatmap φωτοβολταϊκής δραστηριότητας. 66

Χάρτης 7: Heatmap φωτοβολταϊκής δραστηριότητας με βαρύτητα την ισχύ. 67

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
IEA	International Energy Agency
SDGs	Sustainable Development Goals
WHO	World Health Organization
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΔΑΠΕΕΠ	Διαχειριστής ΑΠΕ & Εγγυήσεων Προέλευσης
ΔΕΔΔΗΕ	Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΔΕΗ	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
ΕΛΣΤΑΤ	Ελληνική Στατιστική Αρχή
ΕΣΕΚ	Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα
Π.Ε.	Περιφερειακή Ενότητα
ΠΝΤΕ	Πλέγμα Νερού Τροφίμων και Ενέργειας
ΡΑΕ	Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας
ΥΠΕΚΑ	Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Το νερό, τα τρόφιμα και η ενέργεια αποτελούν αγαθά ζωτικής σημασίας για την ανθρώπινη υπόσταση και για την εύρυθμη λειτουργία των κοινωνιών. Τα τρία αυτά αγαθά συνδέονται εγγενώς και συγκροτούν ένα σύστημα, κατά το οποίο η μεταβολή του κάθε παράγοντα συνεπάγεται τα ανάλογα αποτελέσματα στους άλλους δύο. Στο συνέδριο της Βόννης το 2011, η Γερμανική Ομοσπονδιακή Κυβέρνηση εισήγαγε για πρώτη φορά την έννοια «Πλέγμα Νερού, Τροφίμων και Ενέργειας» (ΠΝΤΕ), για να περιγράψει και να τονίσει τις αλληλεπιδράσεις των φυσικών αυτών πόρων, καθώς και τη βαρύτητα της σχέσης τους για την βιώσιμη ανάπτυξη. Έκτοτε πληθώρα μελετητών και ιδρυμάτων επιστημονικών ερευνών εστιάζουν σε κοινωνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά ζητήματα, με βάση τη διαχείριση του Πλέγματος.

Παράλληλα, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) κατέχουν με ραγδαίους ρυθμούς ισχυρότερη θέση στο παγκόσμιο ενεργειακό μείγμα. Η ανάπτυξη και η επέκταση των τεχνολογιών ανανεώσιμων πόρων συμβάλλει στην επίτευξη αιεφορίας. Η εξάπλωση αυτή τείνει να επηρεάσει και τους άλλους δύο τομείς του ΠΝΤΕ.

Υπό αυτό το πλαίσιο, αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η έρευνα των αντισταθμίσεων μεταξύ της ενέργειας και των τροφίμων. Αναλυτικότερα, η αφετηρία της προκείμενης έρευνας είναι η παραγωγή ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκών συστημάτων. Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προϋποθέτει εδαφικά κομμάτια, πολλά εκ των οποίων προορίζονται για την καλλιέργεια βρώσιμων αγαθών. Συνεπώς, στόχος της παρούσας μελέτης είναι η διερεύνηση της ανταγωνιστικότητας των φωτοβολταϊκών πάρκων με την αγροτική δραστηριότητα στην Ελλάδα. Η Περιφέρεια της Θεσσαλίας επιλέχθηκε ως περιοχή της συγκεκριμένης μελέτης, καθώς αποτελείται από απέραντες πεδινές, καλλιεργήσιμες εκτάσεις.

1.2. ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΕΥΧΟΥΣ

Στο παρόν 1^ο Κεφάλαιο, γίνεται μία εισαγωγική περιγραφή του θέματος που πραγματεύεται η εργασία.

Στο 2^ο Κεφάλαιο, αναλύεται το Πλέγμα που συνιστούν το νερό, τα τρόφιμα και η ενέργεια. Συγκεκριμένα, εξετάζονται οι παράγοντες που επηρεάζουν την ισορροπία τους, καθώς και η αναγκαιότητα εφαρμογής συστημάτων με βάση το ΠΝΤΕ. Επίσης, αναπτύσσονται τα χαρακτηριστικά των στοιχείων του Πλέγματος και οι μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις.

Στο πρώτο μέρος του 3^{ου} Κεφαλαίου, γίνεται μία επισκόπηση των ανανεώσιμων πόρων και των τεχνολογιών τους, αλλά και η σημασία τους από την πλευρά διαχείρισης ΠΝΤΕ. Στη συνέχεια, εξειδικεύεται στην τεχνολογία και λειτουργία των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Το 4^ο Κεφάλαιο πραγματεύεται τις αντισταθμίσεις μεταξύ των φωτοβολταϊκών συστοιχιών και της αγροτικής δραστηριότητας. Αναλυτικότερα, γίνεται μία παρουσίαση των συνθηκών που επικρατούν στην αγορά φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα, καθώς και στον γεωργικό και κτηνοτροφικό κλάδο. Έπειτα, αναλύονται τα οφέλη και τα ρίσκα που πηγάζουν από την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σε αγροτικές περιοχές.

Στο 5^ο Κεφάλαιο, γίνεται η σύγκριση φωτοβολταϊκής και αγροτικής δραστηριότητας, στον Θεσσαλικό Κάμπο. Αρχικά, γίνεται μία σύντομη περιγραφή των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων της Περιφέρειας Θεσσαλίας. Ακολούθως, επιχειρείται η ποσοτικοποίηση των ενδιαφερόμενων δραστηριοτήτων και η αντιπαράθεσή τους ως προς τη γη που καταλαμβάνουν. Τέλος, αξιολογείται και συγκρίνεται οικονομικά και ενεργειακά η επένδυση σε φωτοβολταϊκό πάρκο και σε δύο καλλιέργειες τροφίμων, με κοινό παρονομαστή την ίδια κάλυψη αγροτικής έκτασης στην περιοχή μελέτης.

Στο 6^ο Κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη διεξαγωγή της έρευνας και της ανάλυσης των στοιχείων και παρατίθενται προτάσεις για μελλοντική διερεύνηση.

2. ΠΛΕΓΜΑ ΝΕΡΟΥ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

2.1. ΓΕΝΙΚΑ

Η ζωή είναι προϊόν εξελικτικής φυσικής ιστορίας, επίτευγμα περίπου τριών δισεκατομμυρίων χρόνων. Η δημιουργία της ζωής έχει αποτελέσει κίνητρο, για πληθώρα επιστημόνων για την αναζήτηση και εξερεύνηση της αλήθειας. Οι απαντήσεις στο ερώτημα της προέλευσης της ζωής διαφοροποιούνται, ξεκινώντας από τον προσδιορισμό της έννοιας της ζωής. Παραδόξως, μέχρι και σήμερα, δεν υπάρχει σαφής ορισμός της έννοιας.

Οι ζωντανοί οργανισμοί και συγκεκριμένα ο άνθρωπος, χρειάζονται μια συνεχή παροχή τροφής και νερού για να ζήσουν και ενέργεια για να υποστηρίξουν τις περισσότερες πτυχές της σύγχρονης και άνετης ζωής. Τα τρόφιμα, η ενέργεια και το νερό είναι βασικά προϊόντα για τον άνθρωπο και απαιτούν συνεχή αναπλήρωση. Αυτά τα προϊόντα είναι απαραίτητα τόσο σε επαρκή ποσότητα, όσο και σε ποιότητα. Η Γη αποτελεί μοναδική πηγή των πολύτιμων αυτών αγαθών για τον άνθρωπο. Για το λόγο αυτό, ολόκληρη η δομή της κοινωνίας έχει διαμορφωθεί και εξελιχθεί, αξιοποιώντας ανελλιπώς τα προϊόντα της Γης.

Η κρισιμότητα αυτών των τριών αναλώσιμων αγαθών αντικατοπτρίζεται στους συνήθεις όρους «επισιτιστική ασφάλεια», «ενεργειακή ασφάλεια» και «ασφάλεια νερού» που αναφέρονται σε άτομα και κοινωνίες που έχουν εύκολη πρόσβαση σε επαρκή τρόφιμα, ενέργεια, και νερό. Ενώ αυτοί οι όροι μπορεί να φαίνονται αφηρημένοι στις περισσότερες αναπτυγμένες κοινωνίες, είναι πολύ άμεσοι για δισεκατομμύρια ανθρώπους που δεν έχουν αξιόπιστη πρόσβαση και επαρκή τροφοδοσία με άφθονο φαγητό, καθαρό νερό ή ικανοποιητικές πηγές ενέργειας. Για αυτούς τους ανθρώπους, η απόκτηση πρόσβασης σε αυτά τα τρία σημαντικά αγαθά καταλαμβάνει κεντρικό μέρος της καθημερινής ζωής και της εργασίας τους.

Συνεπώς, ο συνδυασμός συστημάτων νερού τροφίμων και ενέργειας είναι απαραίτητος, επειδή τα ανθρώπινα όντα και οι κοινωνίες τους απαιτούν και τα τρία

συνεχώς και επειδή καθένα από τα τρία εξαρτάται από τα άλλα. Τα τρόφιμα χρειάζονται νερό και ενέργεια. Η ανθρώπινη ενέργεια απαιτεί νερό και τροφή, ενώ το νερό έχει τη δυνατότητα να επαναφέρει την ενέργεια. Πρόκειται για ένα κυκλικής ροής σύστημα, κατά το οποίο η διαταραχή της ισορροπίας των επιμέρους μερών του, επιφέρει αποδιοργάνωση ολόκληρου του συστήματος. Η ανεπάρκεια και η αδυναμία παροχής νερού ή τροφής ή ενέργειας σε μία περιοχή συνοδεύονται από επιπτώσεις στους υπόλοιπους τομείς του πλέγματος νερού τροφίμων και ενέργειας (ΠΝΤΕ).

2.2. ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΠΝΤΕ

Παρά την ουσιαστική πρόοδο σε πολλούς τομείς, η ανθρώπινη ανάπτυξη ήταν άنيση. Ένα σημαντικό μέρος του πληθυσμού δεν έχει ασφαλή τροφοδοσία τροφίμων, έχει περιορισμένη πρόσβαση σε καθαρό νερό, αποχέτευση ή σύγχρονες πηγές ενέργειας. Ταυτόχρονα, οι άνθρωποι εκμεταλλεύονται υπερβολικά τους φυσικούς πόρους σε πολλές περιοχές. Έχουν τροποποιήσει σοβαρά ή εντελώς αντικαταστήσει πολλά χερσαία και υδρόβια οικοσυστήματα, υποβαθμίζοντάς τα.

Η ταχέως αυξανόμενη ζήτηση για νερό, ενέργεια και τρόφιμα είναι μία σημαντική πρόκληση που η ανθρωπότητα έχει να αντιμετωπίσει. Η αύξηση του πληθυσμού, η διαφορετική διαμόρφωση των τρόπων ζωής της κάθε κοινωνίας, και η επείγουσα ανάγκη να βελτιωθεί η ασφάλεια του νερού, της ενέργειας και των τροφίμων για τους φτωχότερους ασκούν όλο και μεγαλύτερη πίεση στις περιορισμένες πηγές. Αν δεν υπάρξουν σημαντικές αλλαγές στους τρόπους παραγωγής και κατανάλωσης, η γεωργική παραγωγή θα πρέπει να αυξηθεί κατά περίπου 60% έως το 2050 και παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προβλέπεται να αυξηθεί κατά περίπου 60% τα επόμενα δέκα χρόνια [1].

Καθώς η αστικοποίηση συνεχίζεται με ταχύ ρυθμό, ο μισός πληθυσμός του κόσμου ζει πλέον σε πόλεις. Υπάρχουν σήμερα περίπου 1 δισεκατομμύριο κάτοικοι αστικών μεγαλουπόλεων, ενώ ο αριθμός τους αναμένεται να αυξηθεί στα 2 δισεκατομμύρια έως το 2030. Αν και τα προϊόντα του ΠΝΤΕ μπορούν να παρέχονται πιο αποτελεσματικά σε πόλεις από ό, τι στις αγροτικές περιοχές, η αστική διαβίωση προωθεί τρόπους ζωής με αυξημένη κατανάλωση πόρων και παραγωγή αποβλήτων [2]. Οι πόλεις τείνουν να

στραφούν σε πράσινες αναπτυξιακές οδούς, επεκτείνοντας παράλληλα τις υπηρεσίες τους σε περιαστικές και αγροτικές περιοχές.

Η παραγωγικότητα και η διαθεσιμότητα νερού, ενέργειας και γης ποικίλλουν σημαντικά μεταξύ των περιοχών και των συστημάτων παραγωγής. Υπάρχει μεγάλη δυνατότητα να αυξηθεί η συνολική αποδοτικότητα και τα οφέλη της χρήσης πόρων στην παραγωγή και την κατανάλωση, μέσω του ΠΝΤΕ[2]. Η παγκοσμιοποίηση, μέσω του εμπορίου και των άμεσων ξένων ή πολυεθνικών επενδύσεων, μπορεί να φέρει την απαραίτητη τεχνολογική καινοτομία και θέσεις εργασίας στις αναπτυσσόμενες περιοχές, καθιστώντας εφικτή την αξιοποίηση των πόρων. Ωστόσο, όταν δεν υπάρχει δίκαιη διανομή του φυσικού κεφαλαίου, οξύνεται η ανισότητα και οι χώρες υποδοχής μπορεί να καταλήξουν ζημιωμένες [3].

Οι συνδυασμένες πιέσεις που περιγράφονται παραπάνω τείνουν να δημιουργούν εμπόδια και απειλές στο κοινωνικοοικονομικό και περιβαλλοντικό επίπεδο πολλών κοινωνιών και χωρών. Η προσέγγιση ΝΤΕ επιδιώκει να διερευνήσει και να ελαχιστοποιήσει της ζημίες ανάμεσα στις διάφορες διαστάσεις των πόρων που καταναλώνονται από τις κοινωνίες. Η διαχείριση του συστήματος ΝΤΕ διαδραματίζει επομένως σημαντικό ρόλο στη βιώσιμη ανάπτυξη, στο πλαίσιο της προώθησης της αποδοτικότητας των πόρων και του μετριασμού των περιβαλλοντικών απειλών.

Η προσέγγιση του ΠΝΤΕ τονίζει την αλληλεξάρτηση του νερού, της ενέργειας και των τροφίμων και παρέχει ένα ενημερωμένο πλαίσιο για τον προσδιορισμό των αντισταθμίσεων που ικανοποιούν τη ζήτηση, χωρίς τον υποβιβασμό της βιωσιμότητας. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τα συμπεράσματα του συνεδρίου της Βόννης το 2011 [2] με κεντρικό άξονα τη σχέση νερού, ενέργειας και επισιτιστικής ασφάλειας, το ΠΝΤΕ παρέχει τις ακόλουθες κατευθυντήριες οδούς για την λειτουργία των διαφόρων τομέων δράσης της αειφόρου ανάπτυξης:

- *Αύξηση της πολιτικής συνοχής*, διασφαλίζοντας ότι οι συνέργειες και οι αντισταθμίσεις μεταξύ νερού, ενέργειας και τροφίμων προσδιορίζονται στο σχεδιασμό και στην εφαρμογή πολιτικών αποφάσεων, σχεδίων και επενδύσεων. Κρίσιμη κρίνεται και η συνεργασία και συντονισμός με προσεγγίσεις πολλαπλών οφελών και περιορισμένων δυσμενών συνεπειών.

- *Επιτάχυνση της πρόσβασης στους πόρους, υπογραμμίζοντας την σημαντικότητα των ανθρωπίνων δικαιωμάτων, που σχετίζονται με το νερό, αποχέτευση, ενέργεια και τρόφιμα, και προάγουν την υγεία, την παραγωγικότητα και την ανάπτυξη. Η ιεράρχηση των προτεραιοτήτων είναι επιτακτική ανάγκη προκειμένου να επιτευχθεί η πρόσβαση στους πιο φτωχούς και περιθωριοποιημένους, καθώς και η ένταξη αυτών σε στρατηγικά σχέδια, προγραμματισμούς και επενδύσεις.*
- *Δημιουργία περισσότερων με λιγότερα, με την αύξηση της παραγωγικότητας των πόρων, τη δημιουργία μηχανισμών για την εύρεση της βέλτιστης κατανομής πόρων για παραγωγικούς σκοπούς και την εντατικοποίηση της ορθής χρήσης γης και νερού για την επίτευξη ισορροπημένης κοινωνικά, οικονομικά και οικολογικά βιώσιμης ανάπτυξης.*
- *Εξουδετέρωση της σπατάλης και περιορισμός των απωλειών, αλλάζοντας νοοτροπία για την αποφυγή ανούσιας σπατάλης και ενθαρρύνοντας την τεχνολογική ανάπτυξη για τη μετατροπή των απωλειών σε πόρους και την επαναχρησιμοποίησή τους σε όλα τα δυνατά στάδια της αλυσίδας νερού, τροφίμων, ενέργειας.*
- *Αξιοποίηση των φυσικών υποδομών, επενδύοντας για την εξασφάλιση και αποκατάσταση της πολυλειτουργικής διάστασης της βιοποικιλότητας και των οικοσυστημάτων για παροχή τροφίμων και ενέργειας, διατήρηση του νερού και των μέσων διαβίωσης και τη συμβολή σε μία «πράσινη» οικονομία, ενισχύοντας παράλληλα τον βασικό ρόλο που παίζει η φύση στη στήριξη της ζωής, της ευημερίας και των πολιτισμών.*
- *Κινητοποίηση των καταναλωτών, αναγνωρίζοντας και τονίζοντας ενεργά τον καταλυτικό ρόλο που έχει ο κάθε άνθρωπος στην επιλογή καταναλωτικών προτύπων που αποφέρουν αντίστοιχα αποτυπώματα νερού, ενέργειας και άλλων πόρων, και στην αύξηση της αποτελεσματικότητας της χρήσης των πόρων, μέσω των άμεσων ενεργειών τους.*

2.3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΠΝΤΕ

Η αναγνώριση της σημασίας ενσωμάτωσης συστημάτων ΝΤΕ έγκειται στα εξής κριτήρια, τα οποία είναι συνυφασμένα μεταξύ τους. Το νερό, η ενέργεια και τα τρόφιμα είναι κρίσιμα αναλώσιμα αγαθά, απαιτούν τεράστια υποδομή, πρέπει να είναι εξαιρετικά προσιτά και σε προσιτές τιμές και αποτελούν το επίκεντρο της πολιτικής λήψης αποφάσεων υψηλού ενδιαφέροντος [4].

2.3.1. Το Νερό

Το νερό είναι ο άκρως αναγκαίος φυσικός πόρος για την υποστήριξη των περισσότερων μορφών ζωής. Ο πλανήτης Γη ονομάζεται και «γαλάζιος πλανήτης», λόγω του άφθονου νερού που περιέχει. Το μεγαλύτερο ποσοστό νερού που υπάρχει στον πλανήτη είναι το θαλασσινό (97,4%), ενώ το γλυκό νερό όπου εμπεριέχεται σε λίμνες και χειμάρρους, πολικούς πάγους, στον υπόγειο υδροφόρα και στην ατμόσφαιρα καταλαμβάνει το 2,4% της συνολικής ποσότητας.

Το νερό πρόκειται για έναν μη ανανεώσιμο πόρο. Ωστόσο, είναι ανακυκλώσιμο με την έννοια ότι στο κλειστό σύστημα πλανήτη Γη- ατμόσφαιρα, η ποσότητα νερού και τα αποθέματά του παραμένουν ίδια αενάως. Το νερό στη Γη κινείται συνεχόμενα μέσω του «κύκλου του νερού» (μια φυσική ανακύκλωση) που περιλαμβάνει την εξάτμιση (κυρίως των θαλασσών), τη μεταφορά της υγρασίας, τη συμπύκνωση, την κατακρήμνιση (με βροχή, χιόνι, χαλάζι, κ.ά.) και την αποστράγγιση, με την οποία το μεγαλύτερο ποσοστό επιστρέφει στις θάλασσες. Η εξάτμιση και η μεταφορά υγρασίας συνεισφέρουν στις κατακρημνίσεις πάνω από την ξηρά.

Το νερό αποτελεί βασικό συστατικό των ζωντανών οργανισμών. Ένα μεγάλο ποσοστό της μάζας του ανθρώπινου σώματος αποτελείται από νερό και ενώ δεν πρόκειται για θρεπτική ουσία, είναι άκρως απαραίτητο για την ανθρώπινη ζωή, αφού μεταφέρει τις θρεπτικές ουσίες στα όργανα και τους ιστούς του σώματος. Το ανθρώπινο σώμα μπορεί να επιβιώσει χωρίς νερό για δύο μέχρι τρεις ημέρες.

Το ασφαλές πόσιμο νερό είναι ζωτικής σημασίας για τους ανθρώπους και τις άλλες μορφές ζωής. Αν και οι τεχνολογίες παροχής ασφαλούς πόσιμου νερού έχουν βελτιωθεί τις τελευταίες δεκαετίες σε ολόκληρο τον κόσμο, δεν υπάρχει ακόμη πρόσβαση για 2.2

δισεκατομμύριο ανθρώπους σε ασφαλές πόσιμο νερό και για περισσότερο από το μισό του παγκόσμιου πληθυσμού σε ασφαλείς αποχετεύσεις [5].

Στον παγκόσμιο Βορρά, οι περισσότερες κατοικίες διαθέτουν υπηρεσίες τρεχούμενου νερού για προσωπικές και οικιακές χρήσεις και αποχέτευση. Οι υπηρεσίες αυτές υποστηρίζονται από ένα σύστημα φυσικών και τεχνητών υποδομών νερού. Η βελτίωση της ποιότητας του νερού χρειάζεται τις κατάλληλες μονάδες επεξεργασίας, η αποθήκευση νερού απαιτεί την ύπαρξη φραγμάτων, δεξαμενών και πηγαδιών και η διανομή του νερού υδραγωγεία και συστήματα αγωγών. Στις αναπτυγμένες χώρες, και ειδικά στις αστικές περιοχές, το σύνολο των υποδομών θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ένα «αόρατο» σύστημα, καθώς το νερό για τις κοινωνίες τους θεωρείται ένα αυτονόητο και ακόρεστο αγαθό.

Από την άλλη, το σύστημα υποδομών είναι «ορατό» σε κοινωνίες όπου μια τέτοια υποδομή λείπει, ή είναι δυσλειτουργική και ο αντίκτυπος αυτού διαμορφώνει την καθημερινή ζωή των ανθρώπων, που πασχίζουν καθημερινά για να εξασφαλίσουν την πρόσβαση σε πόσιμο νερό. Οι κοινωνίες που πλήττονται από την έλλειψη καθαρού πόσιμου νερού, συναντώνται κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες ή σε περιοχές αρκετά απομακρυσμένες από την αστική ζωή. Μέχρι το 2017, σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO), περίπου το 1/10 του παγκόσμιου πληθυσμού δεν είχε πρόσβαση σε βασικές υπηρεσίες νερού. Ένα μεγάλο μέρος αυτού του πληθυσμού μεταφέρει νερό καθημερινά για να καλύψει τις ανάγκες του. Το νερό αυτό βρίσκεται σε επιφανειακά ύδατα ή ρηγά πηγάδια και δεν υφίσταται επεξεργασία. Εκτός αυτού, 2 δισεκατομμύρια άνθρωποι δεν έχουν ακόμη βασικές εγκαταστάσεις υγιεινής και αποχετεύσεων, γεγονός που εντείνει τη μόλυνση των υδροφορέων και αυξάνει συντριπτικά τα επίπεδα θνησιμότητας. Το 1/3 εξ αυτών πρόκειται για πληθυσμό που κατοικεί σε αναπτυσσόμενες χώρες.[6]

Η ασφάλεια των υδάτων ορίζεται ως «η ικανότητα του πληθυσμού να διασφαλίζει την αειφόρο πρόσβαση σε επαρκή ποσότητα και αποδεκτά ποιοτικό νερό για τη διατήρηση των μέσων διαβίωσης, της ανθρώπινης ευημερίας και της κοινωνικοοικονομικής ανάπτυξης, για τη διασφάλιση της προστασίας από τη ρύπανση από το νερό και τις καταστροφές που σχετίζονται με τα ύδατα και για τη διατήρηση των οικοσυστημάτων

σε κλίμα ειρήνης και πολιτικής σταθερότητας»[7] , και έχει προσφάτως θεσπιστεί ως ανθρώπινο δικαίωμα [8]. Αν και δεν αποτελεί μέρος των περισσότερων ορισμών για την ασφάλεια του νερού, η διαθεσιμότητα και η πρόσβαση στο νερό για άλλες χρήσεις του ανθρώπου και του οικοσυστήματος είναι επίσης πολύ σημαντικές [9], ειδικά από την πλευρά της διαχείρισης ΝΤΕ. Τα έθνη προσπαθούν να προσφέρουν ασφαλή πρόσβαση σε αυτούς τους πόρους για τους πολίτες τους και να επιτύχουν κάποιο βαθμό αυτάρκειας, με όποιο οικονομικό ή περιβαλλοντικό κόστος.

2.3.2. Η Ενέργεια

Η ενέργεια είναι το μόνο παγκόσμιο νόμισμα, αφού πρέπει να μετατραπεί πριν γίνει οτιδήποτε. Το πιο απλό παράδειγμα αποτελεί η φωτοσυνθετική διαδικασία μέσω της οποίας τρέφεται άμεσα κι έμμεσα το σύνολο του έμβιου κόσμου της Γης. Κατά τη φωτοσύνθεση, οι χλωροπλάστες των φυτών μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε χημική ενέργεια και την αποθηκεύουν στα μόρια των σακχάρων και διαφόρων άλλων οργανικών ενώσεων. Οι άνθρωποι εξαρτώνται από αυτόν τον μετασχηματισμό για την επιβίωσή τους.

Η εξέλιξη του ανθρώπου και η πορεία του από τον προϊστορικό στον σύγχρονο πολιτισμό βασίστηκε αναμφισβήτητα στην αναζήτηση αξιοποίησης διαφόρων μορφών ενέργειας. Με την ανακάλυψη της φωτιάς, της πρώτης παραγωγής θερμικής ενέργειας από τον άνθρωπο, η κοινωνία άρχισε να χρησιμοποιεί αυτήν τη θερμότητα όχι μόνο στα νοικοκυριά, αλλά και για εμπορικούς σκοπούς. Από τότε, με διάφορες μηχανικές εφευρέσεις όπως τους υδρόμυλους [10], κατάφερε να παράγει την απαραίτητη ενέργεια για τις βασικές απαιτούμενες εργασίες της καθημερινότητας. Περίπου από το 1800μ.Χ. ξεκίνησε η καύση ορυκτών καυσίμων, κάνοντας όλες τις παραδοσιακές χρήσεις θερμότητας πιο διαδεδομένες και πιο αποτελεσματικές. Ορισμένες βασικές εφευρέσεις κατέστησαν δυνατή τη μετατροπή της θερμικής ενέργειας που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων σε μηχανική ενέργεια. Οι ατμοί και οι κινητήρες εσωτερικής καύσης ήταν οι πρώτες από αυτές τις εφευρέσεις. Από το τέλος του 19^{ου} αιώνα, ξεκίνησε η χρήση ορυκτών καυσίμων, καθώς και της κινητικής ενέργειας του νερού και του ανέμου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας [11]. Από τη δεκαετία του 1950, ένας αυξανόμενος αριθμός εθνών παράγει επίσης ηλεκτρική ενέργεια

χρησιμοποιώντας πυρηνική ενέργεια, που απελευθερώνεται με τη σχάση βαρέων ατομικών πυρήνων. Τα ορυκτά καύσιμα και η ηλεκτρική ενέργεια δημιούργησαν μια νέα μορφή πολιτισμού, που επεκτάθηκε με ραγδαίους ρυθμούς παγκοσμίως.

Οι περισσότερες κατοικίες και εγκαταστάσεις που βρίσκονται σε αναπτυγμένα κράτη, συνδέονται με το ηλεκτρικό δίκτυο, καθιστώντας εφικτή την παροχή της απαιτούμενης ενέργειας για φωτισμό, μαγείρεμα, θέρμανση και άλλων καθημερινών εργασιών. Το ηλεκτρικό δίκτυο πρόκειται για έναν πολύπλοκο μηχανισμό, που μαζί με ένα ευρύ φάσμα δικτύου, όπως αγωγούς πετρελαίου και φυσικού αερίου και πετρελαιοφόρα συνιστούν το σύστημα διανομής της ενέργειας. Η ενέργεια σήμερα προέρχεται από ένα παγκόσμιο δίκτυο παραγωγής και προεπεξεργασίας που περιλαμβάνει πηγές όπως εγκαταστάσεις εξόρυξης πετρελαίου και το φυσικού αερίου, ανθρακωρυχεία, υδροηλεκτρικά φράγματα, εργοστάσια πυρηνικής ενέργειας, ανεμογεννήτριες, διυλιστήρια και λοιπές ηλεκτροπαραγωγικές εγκαταστάσεις. Αν και η ηλεκτρική ενέργεια είναι γενικά διαθέσιμη στις μεγάλες πόλεις των αναπτυσσόμενων χωρών, η υπηρεσία δεν είναι ιδιαίτερα αξιόπιστη και το ρεύμα είναι πολύ μεταβλητό. Έξω από τις μεγάλες πόλεις, μεγάλο μέρος της ενέργειας αποτελούν το ξύλο, η τύρφη και η κοπριά.

Υπάρχει επί του παρόντος μεγάλη απόκλιση στην κατά κεφαλήν χρήση ενέργειας μεταξύ χωρών. Οι χώρες χαμηλού εισοδήματος χρησιμοποιούν ετησίως περίπου 420 κιλά ισοδύναμο πετρελαίου κατά κεφαλήν, ενώ οι χώρες υψηλού εισοδήματος χρησιμοποιούν περίπου 5300,92. Στις χώρες υψηλού ΑΕΠ το μεγαλύτερο ποσοστό της χρήσης ενέργειας χρησιμοποιείται στην επεξεργασία, μεταφορά και θέρμανση. Σε χώρες με χαμηλό ΑΕΠ το μαγείρεμα καταναλώνει το υψηλότερο μερίδιο. Η βελτίωση και η παροχή νέων και καθαρών μορφών ενέργειας μπορεί να είναι καθοριστικής σημασίας για τη δημιουργία ευκαιριών παραγωγής και εργασίας, και για συνεχείς βελτιώσεις στην υγεία και τη ζωή των ανθρώπων σε χώρες με χαμηλό ΑΕΠ. [2]

Η παγκόσμια ζήτηση ενέργειας προβλέπεται να αυξηθεί σημαντικά τα επόμενα χρόνια. Αυτή η νέα πραγματικότητα, αναμένεται να δημιουργήσει ή να οξύνει εμπόδια στην ενεργειακή ασφάλεια. Η ενεργειακή ασφάλεια έχει οριστεί από τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας ΙΕΑ ως «την αδιάλειπτη διαθεσιμότητα πηγών ενέργειας σε προσιτή τιμή»

[12]. Επίσης, διακρίνεται στην βραχυπρόθεσμη ενεργειακή ασφάλεια, η οποία εκτιμάται με βάση την ικανότητα του ενεργειακού συστήματος να ανταπεξέρχεται στις διακυμάνσεις του ισοζυγίου διαφοράς και ζήτησης και στην μακροπρόθεσμη, η οποία εστιάζει στις ενεργειακές επενδύσεις, που διαμορφώνονται από τις οικονομικές εξελίξεις και τις περιβαλλοντικές ανάγκες. Στο πλαίσιο αυτό οι συνέπειες της αυξανόμενης ζήτησης, περιορισμένης πρόσβασης και της άνισης κατανομής ενεργειακών πόρων περιορίζονται με την προοπτική μιας αντιμετώπισης βασισμένης στο ΠΝΤΕ.

2.3.3. Τα Τρόφιμα

Τα τρόφιμα είναι αγαθά, τα οποία προέρχονται από φυτά, ζώα. Αποτελούνται από φυσικά θρεπτικά συστατικά που όταν μεταβολίζονται από έναν οργανισμό διατηρούν, αναπτύσσουν και συμβάλλουν στις ζωτικές διαδικασίες ζωής του. Η διατροφή παρέχει στον άνθρωπο θρεπτικά συστατικά, όπως υδατάνθρακες λίπη, ίνες, πρωτεΐνες, βιταμίνες και μέταλλα. Αυτές και άλλες χημικές ενώσεις είναι απαραίτητες για τη βασική σωματική λειτουργία.

Η παραγωγή τροφίμων ξεκίνησε με απλές μορφές γεωργίας και κτηνοτροφίας. Η ταχεία πληθυσμιακή ανάπτυξη έφερε σημαντικές αλλαγές στη γεωργική παραγωγή με νέες, βελτιστοποιημένες μεθόδους καλλιέργειας. Η απελευθέρωση εργατικού δυναμικού από την γεωργία, επέτρεψε τις εισροές πληθυσμού στις πόλεις και την εκβιομηχάνιση. Πλέον, τα τρόφιμα βασίζονται στην πρωτογενή παραγωγή (γεωργία) και την δευτερογενή (βιομηχανική επεξεργασία τροφίμων) και τόσο η παραγωγή όσο και η κατανάλωση συνδέονται μέσω αλυσίδων εφοδιασμού, εμπορίου, αγορών, τιμών και μεταβλητότητας τιμών.

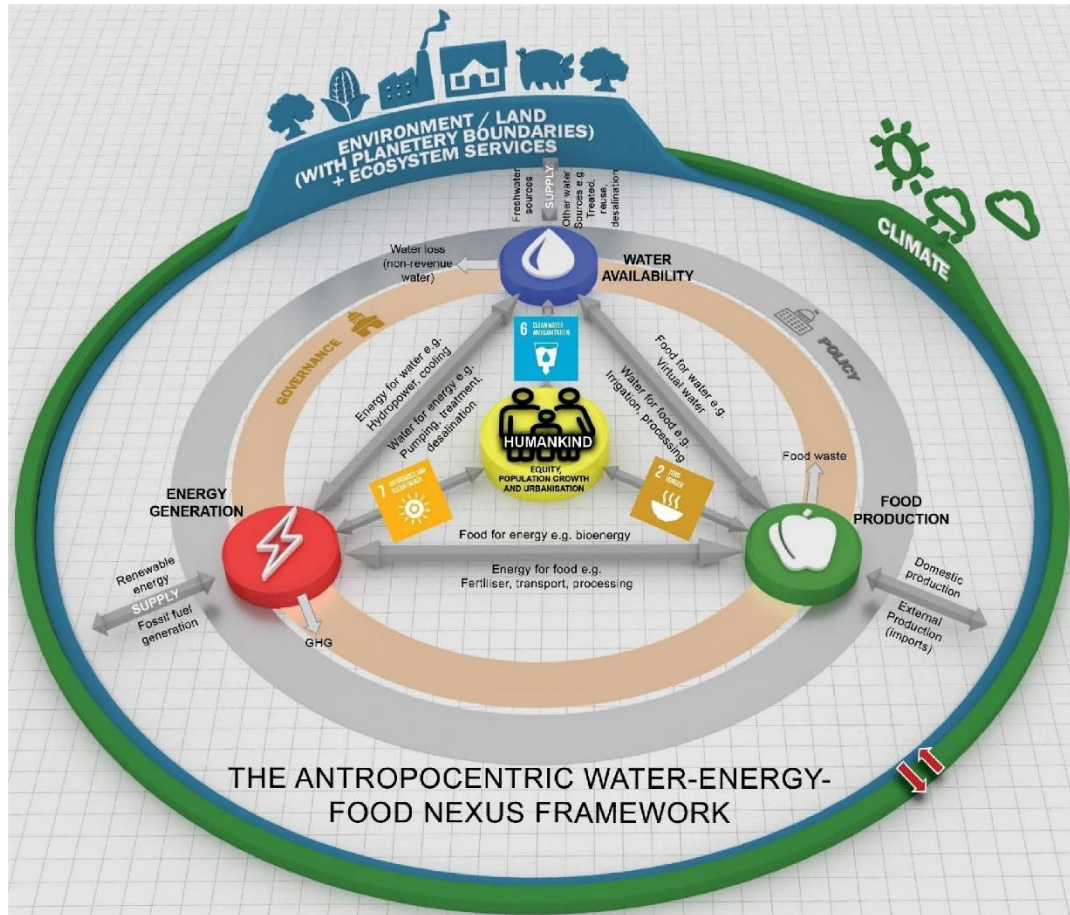
Οι σύγχρονες «δυτικοποιημένες» κοινωνίες, επηρεασμένες από τις ανταγωνιστικές αγορές και τα υπερκαταναλωτικά πρότυπα, παράγουν αρκετά μεγαλύτερη ποσότητα τροφίμων από αυτήν που πραγματικά χρειάζεται. Περίπου 1,6 δισεκατομμύρια τόνοι τροφίμων σπαταλούνται κατά μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού και από αυτά τα 1,3 δισεκατομμύρια είναι βρώσιμα [13]. Σήμερα, παράγεται επαρκής ποσότητα τροφής για να διασφαλιστεί ότι κάθε άτομο καταναλώνει περίπου 2850 θερμίδες κάθε μέρα, αλλά ακόμα δεν μπορούμε να ξεπεράσουμε την πείνα [14]. Η πείνα δεν συμβαίνει επειδή δεν

υπάρχουν αποθέματα τροφής στον κόσμο, αλλά λόγω του χαμηλού εισοδήματος του πληθυσμού στις περισσότερες αναπτυσσόμενες χώρες, τα τρόφιμα δεν είναι προσβάσιμα για μεγάλο αριθμό ανθρώπων [13]. Σύμφωνα με την Διεθνή Οργάνωση Τροφίμων και Γεωργίας FAO ο υποσιτισμός καταλαμβάνει το 8,9% του παγκόσμιου πληθυσμού, δηλαδή 690 εκατομμύρια ανθρώπους, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του 2019 [15]. Ο λιμός ευθύνεται για το 45% των θανάτων παιδιών έως 5 ετών [16]. Στις ανεπτυγμένες περιοχές του κόσμου, η αναλογία των υποσιτισμένων ατόμων δεν υπερβαίνει το 5% του πληθυσμού, στις αναπτυσσόμενες περιοχές φτάνει το 13%, στις αφρικανικές χώρες 20% και στις ασιατικές χώρες το 13%. [13]

Η επισιτιστική ασφάλεια ορίζεται από τον FAO ως «διαθεσιμότητα και πρόσβαση σε επαρκή, ασφαλή και θρεπτικά τρόφιμα για την κάλυψη των διατροφικών αναγκών και των προτιμήσεων τροφίμων για μια ενεργό και υγιή ζωή» [17]. Η κατάλληλη τροφή έχει οριστεί ως ανθρώπινο δικαίωμα [18]. Η επισιτιστική ασφάλεια έχει επιτευχθεί με την εξέλιξη της επιστήμης και της τεχνολογίας, καθώς και με την εντατικοποίηση του παγκόσμιου εμπορίου. Ωστόσο, η βελτιστοποίηση της παραγωγής και η κάλυψη της ζήτησης τροφίμων είναι ωφέλιμο να γίνει σε ένα πολύ πιο περίπλοκο τοπίο με γνώμονα την κοινωνική δικαιοσύνη και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα και μία γενικότερη αλλά πιο στοχευμένη διεπιστημονική προσέγγιση.

2.4. ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΝΤΕ

Το ΠΝΤΕ αναφέρεται στην εγγενή διασύνδεση των συστημάτων τροφίμων, ενέργειας και νερού κι αποτελεί μία κρίσιμη σύνδεση που διαμορφώνει τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί, να διατηρηθεί και να προσαρμοστεί κάθε διάσταση. Η ζήτηση, η παραγωγή και η κατανάλωση σε μία διάσταση του άξονα περιλαμβάνει συνήθως την επίδραση στις άλλες δύο διαστάσεις. Οι διασυνδέσεις μεταξύ των τομέων του συστήματος μπορούν να επηρεάσουν το βαθμό στον οποίο μπορούν να επιτευχθούν οι τρεις κρίσιμοι πολιτικοί στόχοι: ασφάλεια των υδάτων, ενεργειακή ασφάλεια και επισιτιστική ασφάλεια. [19]



Εικόνα 1: Αλληλεπιδράσεις ΠΝΤΕ. Πηγή: Simpson, 2020 [20]

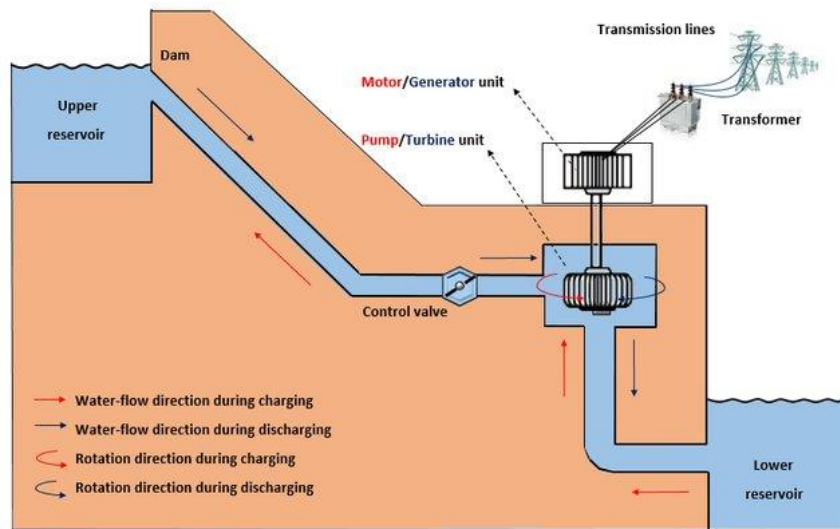
2.4.1. Νερό- Ενέργεια

Η σχέση νερού-ενέργειας αντιπροσωπεύει έναν κρίσιμο παράγοντα που επηρεάζει θέματα ασφάλειας, επιχειρήσεων και περιβάλλοντος, η οποία αναγνωρίζεται όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια. Η υδροηλεκτρική ενέργεια μπορεί να παραχθεί μόνο εάν το νερό είναι άμεσα διαθέσιμο σε ποτάμια ή δεξαμενές. Η καλλιέργεια πρώτων υλών για βιοκαύσιμα απαιτούν επίσης σημαντικές ποσότητες νερού. Η παραγωγή ενέργειας αντιπροσωπεύει σχεδόν 15% της παγκόσμιας χρήσης γλυκού νερού ή 580 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού κάθε χρόνο. Από αυτό το ποσοστό, περίπου το 11%, δεν επιστρέφεται στην πηγή και επομένως θεωρείται ότι καταναλώνεται [21]. Η αναμενόμενη αύξηση της ζήτησης ενέργειας κατά 35% έως το 2035 θα μπορούσε να αυξήσει την κατανάλωση νερού για ενεργειακούς σκοπούς κατά 85% [22] Τα

τεχνολογικά μέσα, η πηγή νερού και ο τύπος καυσίμου καθορίζουν τις επιπτώσεις της ενέργειας στην κατανάλωση και την ποιότητα των υδατικών πόρων.

Από την άλλη, μεγάλα ποσά ενέργειας κατανέμονται σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού νερού. Η αλυσίδα ξεκινά με μια πηγή από την οποία λαμβάνεται νερό (π.χ. άντληση υπογείων υδάτων), το οποίο μερικές φορές υφίσταται επεξεργασία και μεταφέρεται απευθείας σε τελική χρήση (π.χ. οικιακή, άρδευση, εμπορική). Διαδικασίες σχετικές με το νερό απαιτούν την κατανάλωση του 4% της παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ μέχρι το 2040 η ποσότητα αυτή αναμένεται να διπλασιαστεί. Η μεγαλύτερη αύξηση οφείλεται στην λειτουργία των συστημάτων αφαλάτωσης [23]. Μόλις χρησιμοποιηθεί, το νερό επιστρέφει στο περιβάλλον, με ή χωρίς επεξεργασία, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις, το επεξεργασμένο νερό μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί [24]. Σε κάθε ένα από αυτά τα στάδια, η κατανάλωση ενέργειας είναι αναπόφευκτη.

Χαρακτηριστική εφαρμογή της συνδυαστικής δράσης νερού και ενέργειας αποτελεί η αντλησιοταμίευση. Πρόκειται για ένα σύστημα ηλεκτροπαραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας, το οποίο αποτελείται συνήθως από δύο ταμιευτήρες νερού, τοποθετούμενοι με συγκεκριμένη υψομετρική διαφορά, υδροστρόβιλους με κινητικές γεννήτριες, αντλίες με ηλεκτρικούς κινητήρες και έναν ή περισσότερους αγωγούς [25]. Η δυναμική κατάσταση του νερού που βρίσκεται στην μεγαλύτερη υψομετρική θέση έχει τη δυνατότητα να μετατραπεί σε ηλεκτρική, διαπερνώντας τους υδροστρόβιλους κατά την πτώση του στον χαμηλότερο ταμιευτήρα. Αντίθετα, οι αντλίες μπορούν να επαναφέρουν το νερό στην προηγούμενη δυναμική του θέση, χρησιμοποιώντας ηλεκτρική ενέργεια. Με τον τρόπο αυτό, το νερό μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατόπιν ζήτησης, λειτουργώντας ως μία «φυσική» επαναφορτιζόμενη μπαταρία.



Εικόνα 2: Σύστημα αντλιοσταμείωσης. Πηγή: Nikolaidis & Poullikkas, 2017 [26]

2.4.2. Νερό- Τρόφιμα

Η αλληλεπίδραση μεταξύ νερού και τροφίμων είναι επίσης μεγάλης σπουδαιότητας. Η προσβασιμότητα και η διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων έχει επηρεάσει σημαντικά την εξέλιξη των γεωργικών πρακτικών παγκοσμίως. Το νερό χρησιμοποιείται σε όλη την αγροδιατροφική αλυσίδα, συμπεριλαμβανομένης της επεξεργασίας, της διανομής, της πώλησης και της κατανάλωσης. Το νερό δεν χρησιμοποιείται μόνο κατά τη διάρκεια των διαφόρων σταδίων, αλλά είναι φυσικά μέρος των εμπορευμάτων που διακινούνται και εμπορεύονται. Η γεωργία είναι ο μεγαλύτερος χρήστης νερού στον κόσμο, αντιπροσωπεύοντας πάνω από το 70% του παγκόσμιου γλυκού νερού (αναλήψεις έως και 90% σε ορισμένες χώρες) [21]. Οι αποδόσεις των αρδευόμενων καλλιεργειών είναι πολύ υψηλότερες από αυτές των βροχών. Μέχρι το 2050, η προβλεπόμενη αύξηση στο 60% της γεωργικής παραγωγής, θα προκαλέσει την αύξηση της κατανάλωσης νερού για άρδευση κατά 10%. Αν και φαινομενικά πρόκειται για μέτρια αύξηση, λόγω ανταγωνιστικών απαιτήσεων, δυσχεραίνεται ο καταμερισμός παροχής του νερού [27].

Παράλληλα, οι ανάγκες για τρόφιμα οδήγησαν στην εκτεταμένη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων για την επίτευξη και να διατήρηση υψηλών γεωργικών αποδόσεων. Η χρήση τους επιφέρει την απελευθέρωση χημικών ενώσεων που διεισδύουν στα

υπόγεια ύδατα και προκαλούν την ρύπανσή τους. Το 78% του παγκόσμιου ευτροφισμού των ωκεανών και των γλυκών υδάτων προκαλείται από τη γεωργία [28]. Ο τομέας των τροφίμων συμβάλλει κατά 40% και 54% στο φορτίο οργανικών ρύπων νερού σε χώρες με υψηλό εισόδημα και με χαμηλό εισόδημα, αντίστοιχα [21]. Ταυτόχρονα, τα λύματα και τα μολυσμένα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα χρησιμοποιούνται για αρδευτικούς σκοπούς και μπορούν να μολύνουν τις καλλιέργειες, κλονίζοντας την επισιτιστική ασφάλεια.

2.4.3. Ενέργεια- Τρόφιμα

Η τροφική αλυσίδα απαιτεί σημαντικές ποσότητες ενέργειας. Η εκτεταμένη άρδευση για την εξασφάλιση της αποδοτικότητας των καλλιεργούμενων εκτάσεων αποτελεί σημαντική αιτία κατανάλωσης ενεργειακών αποθεμάτων. Επιπλέον, ανάλογα με την έκταση της μηχανοποίησης, η γεωργική παραγωγή καταναλώνει ενέργεια άμεσα για τη διαχείριση των καλλιεργειών και των βοσκοτόπων και έμμεσα για την παραγωγή λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων και γεωργικού εξοπλισμού. Απαιτείται επίσης ενέργεια κατά την επεξεργασία, διανομή, αποθήκευση, συντήρηση και μαγείρεμα της τροφής. Ο τομέας των τροφίμων είναι σήμερα υπαίτιος για περίπου το 30% της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας κυρίως με ορυκτά καύσιμα [21]. Η εκτιμώμενη ανύψωση του επιπέδου ζήτησης ενέργειας είναι αποτέλεσμα του αυξανόμενου πληθυσμού και κατά συνέπεια της αύξησης της ζήτησης για τροφή και της αναγκαίας εντατικοποίησης της εκμηχάνισης των διαδικασιών σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού τροφίμων.

Μια άλλη διάσταση της σχέσης ενέργειας-τροφίμων που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο είναι ο αντίκτυπος της βιοενέργειας στο ενεργειακό μείγμα του κόσμου. Ενόψει των αυξανόμενων προκλήσεων για την ενεργειακή ασφάλεια, η βιοενέργεια έχει αναδειχθεί ως μια βιώσιμη επιλογή ανανεώσιμης ενέργειας για πολλές χώρες. Η βιοενέργεια παράγεται από την αξιοποίηση οργανικής ύλης, της βιομάζας, η οποία προέρχεται από την καλλιέργεια ενεργειακών φυτών, ξύλο, αγροτικά υποπροϊόντα, κτηνοτροφικά απόβλητα, οργανικά βιομηχανικά απόβλητα και απόβλητα τροφίμων. Σε παγκόσμιο επίπεδο, 2,7 δισεκατομμύρια άνθρωποι χρησιμοποιούν παραδοσιακές

μορφές βιομάζας, όπως γεωργικά απόβλητα και κοπριά ζώων, για μαγείρεμα και θέρμανση [21].

2.5. ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΙΝΤΕ

Από το 2011 και έπειτα, η προσέγγιση νερού- ενέργειας- τροφίμων προσέλκυσε ιδιαίτερα το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας και αναγνωρίστηκε η αναγκαιότητά της για την ολοκληρωμένη διαχείριση των πόρων και της βιώσιμης ανάπτυξης. Σε αρχικό στάδιο, η μετάβαση από το θεωρητικό πλαίσιο του ΠΙΝΤΕ στο πρακτικό μπορεί να ολοκληρωθεί με την ανάπτυξη ενός σύνθετου δείκτη, που λαμβάνει υπόψη ταυτόχρονα της διαφορετικούς τομείς, μονάδες και χρονικές κλίμακες. Για το σκοπό αυτό, αναπτύχθηκε ο δείκτης του ΠΙΝΤΕ σύμφωνα με τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε από το Κοινό Κέντρο Ερευνών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής [20].

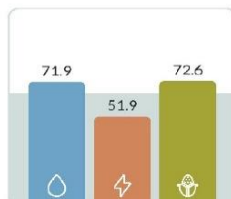
Συγκεκριμένα, αυτός ο σύνθετος δείκτης απαρτίζεται από της τρεις τομείς πόρων, δηλαδή το νερό, την ενέργεια και τα τρόφιμα ως ίσους πυλώνες- υποδείκτες. Κάθε τομέας πόρων αποτελείται, με τη σειρά του, από υπο-πυλώνες «πρόσβασης» και «διαθεσιμότητας», οι οποίοι σταθμίζονται επίσης εξίσου. Μετά από μια ανασκόπηση 87 παγκόσμιων διαθέσιμων δεικτών, επιλέχθηκαν 21 σχετικοί δείκτες για την κατασκευή του δείκτη ΠΙΝΤΕ. Κατά την αξιολόγηση 170 χωρών μέσω του δείκτη ΠΙΝΤΕ, πρώτες έρχονται η Νορβηγία, η Νέα Ζηλανδία και η Σουηδία. Η Ελλάδα κατατάσσεται στην 30^η θέση, με την τιμή του δείκτη να βρίσκεται στο 65,4%.

WEF Nexus Index

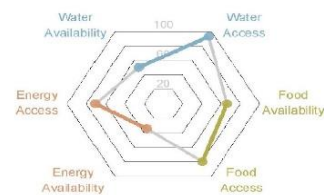
65.4 30th world rank



The Index includes three pillars



Each pillar includes two sub-pillars



Water pillar

71.9 25th world rank



Indicator values

Each sub-pillar is composed of relevant indicators

Access

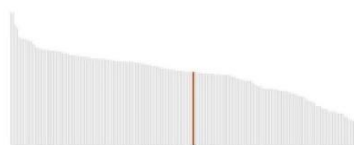
01	The percentage of people using at least basic drinking water services (%).	100
02	The percentage of people using at least basic sanitation services (%).	99
03	Degree of IWRM implementation (1-100).	83.2

Availability

04	Annual freshwater withdrawals, total (% of internal resources)	16.5
05	Renewable internal freshwater resources per capita (m ³).	5,324.8
06	Environmental flow requirements (10 ⁶ m ³ /annum).	19
07	Average precipitation in depth (mm/annum).	652

Energy pillar

51.9 90th world rank



Indicator values

Each sub-pillar is composed of relevant indicators

Access

08	Access to electricity (% of population).	100
09	Renewable energy consumption (% of total final energy consumption).	17.2
10	Renewable electricity output (% of total electricity output).	28.7
11	CO ₂ emissions (metric tons per capita).	6.2

Availability

12	Electric power consumption (kWh/capita).	5,062.6
13	Energy imports, net (% of energy use).	64.2

Food pillar

72.6 17th world rank



Indicator values

Each sub-pillar is composed of relevant indicators

Access

14	Prevalence of undernourishment (%).	1.2
15	Percentage of children under 5 years of age affected by wasting (%).	0.8
16	Percentage of children under 5 years of age who are stunted (%).	2.6
17	Prevalence of obesity in the adult population (18 years and older).	27.4

Availability

18	Average protein supply (grams/capita/day).	149
19	Cereal yield (kg/hectare).	4,144.8
20	Average Dietary Energy Supply Adequacy (ADESA) (%).	135
21	Average value of food production (I\$/apita).	592

Εικόνα 3: Δείκτης ΠΝΤΕ και υποδείκτες για την Ελλάδα. Πηγή: wefnexusindex.org [29]

3. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

3.1. ΓΕΝΙΚΑ

Σύμφωνα με τις διατυπώσεις του Smil (2016) [30] για την ενέργεια: «Ένα ανθρωπογενές ενεργειακό σύστημα είναι οποιαδήποτε ρύθμιση, σύμφωνα με την οποία οι άνθρωποι χρησιμοποιούν τους πόρους της Γης για να βελτιώσουν τις πιθανότητες επιβίωσης και την ποιότητα ζωής τους (και επίσης να αυξήσουν την ατομική και συλλογική τους δύναμη και να κυριαρχήσουν) και τα τρία βασικά συστατικά του είναι τα εξής: οι φυσικές πηγές ενέργειας, οι μετατροπές τους και οι χρήσεις της ροής ενέργειας.» Ο σύγχρονος πολιτισμός αντλεί ενέργεια από μία πληθώρα φυσικών πηγών και αποθεμάτων, την οποία μετατρέπει χρησιμοποιώντας τεχνολογικά εξελιγμένο εξοπλισμό και εγκαταστάσεις, και την αξιοποιεί με διάφορους τρόπους για να ενεργοποιήσει βασικούς τομείς της καθημερινότητάς του, όπως τη γεωργία, την κατασκευή, τη δημιουργία αγαθών, την εξόρυξη πόρων, τη μαζική μεταφορά μεγάλων αποστάσεων και να καλύπτει γενικότερα μία διευρυμένη σειρά προσωπικών χρήσεων και ανέσεων. Η ενέργεια που συναντάται αυτούσια στη φύση ονομάζεται πρωτογενείς και διακρίνεται σε συμβατικές (ή μη ανανεώσιμες) και ανανεώσιμες (ή ήπιες) πηγές ενέργειας.

Οι συμβατικές μορφές ενέργειας περιλαμβάνουν κυρίως ορυκτά καύσιμα, όπως το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, τον γαιάνθρακα, και το ουράνιο (πυρηνική ενέργεια). Οι συμβατικές πηγές ενέργειας με βάση το πετρέλαιο, τον άνθρακα και το φυσικό αέριο έχουν αποδειχθεί ότι είναι πολύ αποτελεσματικοί παράγοντες οικονομικής προόδου. Εντούτοις, η χρήση τους επιβαρύνει σημαντικά τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Περίπου τα δύο τρίτα των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου προέρχονται από την παραγωγή και χρήση ενέργειας και θεωρούνται υπεύθυνα για την υποβάθμιση της ανθρώπινης υγείας [31].

Η ανανεώσιμη ενέργεια είναι ένα σημαντικό συστατικό του ενεργειακού μείγματος που μπορεί να βελτιστοποιήσει αποτελεσματικά τις ενεργειακές δομές, να εξισορροπήσει τις αντιφάσεις προσφοράς και ζήτησης και να προστατεύσει το οικοσύστημα. Η μετάβαση σε ήπιες μορφές ενέργειας αποτελεί μονόδρομο, καθώς φαίνεται να δίνουν τη λύση στις περιβαλλοντικές προκλήσεις που αντιμετωπίζει η σημερινή κοινωνία.

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή ήπιες μορφές ενέργειας ή νέες πηγές ενέργειας ή πράσινη ενέργεια είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχεται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, της ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν περιλαμβάνουν ενεργειακούς πόρους που προέρχονται από ορυκτά καύσιμα, απόβλητα από ορυκτές πηγές ή απόβλητα από ανόργανες πηγές και για την εκμετάλλευσή της δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, της εξόρυξη, άντληση ή καύση. Οι τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μετατρέπουν τις φυσικές πηγές ενέργειας σε χρησιμοποιήσιμες μορφές ενέργειας (ηλεκτρική ενέργεια, θερμότητα και καύσιμα). Συγκεκριμένα σύμφωνα με την οδηγία 2009/28/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, ως ενέργεια από ανανεώσιμες μη ορυκτές πηγές θεωρείται η αιολική, ηλιακή, αεροθερμική, γεωθερμική, υδροθερμική και ενέργεια των ωκεανών, υδροηλεκτρική, από βιομάζα, από τα εκλυόμενα της χώρους υγειονομικής ταφής αέρια, από αέρια μονάδων επεξεργασίας λυμάτων και από βιοαέρια [32].

3.2. ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΑΠΕ

Οι στόχοι αειφόρου ανάπτυξης SDGs, που εγκρίθηκαν από τη Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών το 2015, παρέχουν ένα ισχυρό πλαίσιο διεθνούς συνεργασίας για την επίτευξη ενός βιώσιμου μέλλοντος για τον πλανήτη. Στο πλαίσιο αυτό, καθορίζονται 17 κατευθυντήριες γραμμές για τον τερματισμό της ακραίας φτώχειας, την καταπολέμηση της ανισότητας και της αδικίας και την προστασία του περιβάλλοντος, μέχρι το 2030. Το παγκόσμιο σχέδιο για την αειφόρο ενέργεια, SDG 7, περιλαμβάνει τρεις βασικούς στόχους: την εξασφάλιση προσιτής, αξιόπιστης και καθολικής πρόσβασης σε σύγχρονες ενεργειακές υπηρεσίες, την ουσιαστική αύξηση του μεριδίου

των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο παγκόσμιο ενεργειακό μείγμα και τον διπλασιασμό του παγκόσμιου ρυθμού ανάπτυξης της ενεργειακής απόδοσης [33].

Το 2018 ο Διεθνής Οργανισμός Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας IRENA δήλωσε ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας πρέπει να αντιπροσωπεύουν τα δύο τρίτα του συνολικού ενεργειακού εφοδιασμού στον κόσμο έως το 2050 [31]. Η ποσότητα της πράσινης ενέργειας θεωρητικά δύναται να υπερκαλύψει την παγκόσμια ενεργειακή ζήτηση [34]. Η προώθηση της ανάπτυξης και της αξιοποίησης των ΑΠΕ απαιτεί τη συντονισμένη προσπάθεια όλων των χωρών του κόσμου.

Η μετάβαση στην πράσινη ενέργεια παρουσιάζει νέες ευκαιρίες για την αξιοποίηση των συνεργειών των τομέων του ΠΝΤΕ. Οι τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα μπορούσαν να παρέχουν ολοκληρωμένες λύσεις που ενισχύουν την ταυτόχρονη ασφάλεια του νερού, της ενέργειας και των τροφίμων αντιμετωπίζοντας τις αντισταθμίσεις ανάμεσά τους. Η στροφή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και «έξυπνα» συστήματα επιτρέπει περισσότερες αποκεντρωμένες λύσεις και ευνοεί πρωτοβουλίες για την ικανοποίηση των ενεργειακών απαιτήσεων σε τοπικό επίπεδο, στο οποίο οι αλληλεπιδράσεις του Nexus είναι πιο εμφανής και καθορισμένες. Ωστόσο, δεν αρκεί μόνο η ενίσχυση των συστημάτων ΑΠΕ ποσοτικά, αλλά ποιοτικά, στοχεύοντας στην αποτελεσματική διαχείριση της ζήτησης, χωρίς να αντιμετωπίζουν αρνητικές συνέπειες οι άλλοι τομείς του ΠΝΤΕ. Για παράδειγμα, τα βιοκαύσιμα, και σε κάποιο βαθμό η υδροηλεκτρική ενέργεια, έχουν μεγαλύτερη ζήτηση νερού ανά μονάδα ενέργειας που παράγεται σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα. Επίσης, υπάρχει κίνδυνος αρνητικών ενεργειακών κερδών. Για παράδειγμα, το καλαμπόκι που καλλιεργείται στις ΗΠΑ για ενεργειακούς σκοπούς μπορεί να απαιτεί μεγαλύτερες ποσότητες εισροής ενέργειας από αυτές που τελικά παράγει [2]. Συνεπώς, κρίνεται απαραίτητη μία περαιτέρω διερεύνηση του αντίκτυπου της επέκτασης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε αυτούς τους τομείς.

3.3. ΜΟΡΦΕΣ ΑΠΕ

3.3.1. Βιομάζα

Η βιομάζα είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για όλα τα οργανικά υλικά που προέρχονται από φυτά, δέντρα και καλλιέργειες και είναι ουσιαστικά η συλλογή και αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας μέσω της φωτοσύνθεσης. Η βιοενέργεια είναι η μετατροπή της βιομάζας σε χρήσιμες μορφές ενέργειας όπως θερμότητα, ηλεκτρισμό και υγρά καύσιμα (βιοκαύσιμα). Η βιομάζα για βιοενέργεια προέρχεται είτε απευθείας από τη γη, από ειδικές ενεργειακές καλλιέργειες, είτε από υπολείμματα που παράγονται κατά την επεξεργασία καλλιεργειών για τρόφιμα ή άλλα προϊόντα. Ενώ η βιομάζα μπορεί να καεί άμεσα για να παράγει ενέργεια, μπορεί επίσης να χρησιμοποιήσει ως πρώτη ύλη για να μετατραπεί σε διάφορα υγρά ή αέρια καύσιμα (βιοκαύσιμα).

Η βιοενέργεια μπορεί να συμβάλει στην αποδέσμευση της κοινωνίας από τη χρήση ορυκτών και προϊόντων πετρελαίου, στην επίτευξη μειωμένων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και πρόκειται για σχετικά φθινό πόρο. Επιπλέον, η χρήση των αποβλήτων ως βιομάζα έχει ως άμεσο αποτέλεσμα την απελευθέρωση σημαντικού μέρους των χώρων υγειονομικών ταφών. Ωστόσο, απαιτεί σημαντικό μέρος γης και τοπικών υδάτων για καλλιέργεια, καθώς και φυτοφάρμακα, με αποτέλεσμα την ρύπανση του εδάφους και την ενδεχόμενη αλλοτρίωση των οικοσυστημάτων. Τα καύσιμα βιομάζας έχουν χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα και η συλλογή και η μεταφορά μπορεί να είναι απαγορευτικά ως προς το κόστος. [35]

3.3.2. Γεωθερμική Ενέργεια

Η γεωθερμική ενέργεια είναι ένας ισχυρός και αποτελεσματικός τρόπος για την εξαγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από τη γη με φυσικές διεργασίες. Οι γεωθερμικοί ενεργειακοί πόροι αποτελούνται από θερμική ενέργεια που έγκειται στο εσωτερικό της γης και είναι αποθηκευμένη σε φυσικούς ατμούς, σε επιφανειακά ή υπόγεια θερμά νερά και σε θερμά ξηρά πετρώματα. Τα γεωθερμικά συστήματα εμφανίζονται σε διαφορετικά γεωλογικά περιβάλλοντα, όπου οι θερμοκρασίες και τα βάθη των ταμιευτήρων ποικίλλουν ανάλογα. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί σε μικρή κλίμακα για την παροχή θερμότητας για μια οικιακή μονάδα χρησιμοποιώντας μια γεωθερμική αντλία θερμότητας, ή σε μεγάλη κλίμακα για την παραγωγή ενέργειας

μέσω της γεωθερμικού σταθμού. Ανάλογα με το θερμοκρασιακό της επίπεδο μπορεί να έχει διάφορες χρήσεις. Συγκεκριμένα:

- Η υψηλής ενθαλπίας (>150 °C) χρησιμοποιείται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Η μέσης ενθαλπίας (80-150 °C) χρησιμοποιείται για θέρμανση ή και ξήρανση ξυλείας και αγροτικών προϊόντων καθώς και κάποιες φορές και για την παραγωγή ηλεκτρισμού.
- Η χαμηλής ενθαλπίας (25 έως 80 °C) χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρων, για θέρμανση θερμοκηπίων, για ιχθυοκαλλιέργειες και για παραγωγή γλυκού νερού.

Η γεωθερμική ενέργεια θεωρείται οικονομικά αποδοτική, αξιόπιστη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας. [35]

3.3.3. Θαλάσσια Ενέργεια

Μεταξύ των κύριων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι η ωκεάνια ενέργεια, για την οποία τα τελευταία χρόνια διεξάγονται ολοένα και περισσότερες έρευνες για την ανάπτυξη τεχνολογιών. Οι ωκεανοί και οι θάλασσες του κόσμου αποτελούν άφθονη πηγή ανανεώσιμων μορφών ενέργειας και περιλαμβάνουν μια ομάδα τεχνολογιών χαμηλού άνθρακα που θα μπορούσαν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στη μετάβαση της παγκόσμιας ενέργειας, συμβάλλοντας στην ενεργειακή ασφάλεια των χωρών που βρίσκονται κοντά στη θάλασσα καθώς και στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Συγκεκριμένα, με βάση τη ρευστοδυναμική και τις φυσικοχημικές ιδιότητες του νερού (θερμοκρασία, αλατότητα), η θαλάσσια ενέργεια παρουσιάζει τις εξής μορφές [35] :

- Την *κυματική ενέργεια*, που προέρχεται από τη δράση του ανέμου στην επιφάνεια της θάλασσας. Για την αξιοποίηση της, έχει αναπτυχθεί μία σειρά τεχνολογιών, όπως μετατροπείς ταλαντευόμενης στήλης ύδατος, υπερπηδητοί μετατροπείς, πλωτοί μετατροπείς και μετατροπείς κρούσης.
- Την *παλιρροιακή*, η οποία που σχετίζεται με την περιοδική άνοδο και πτώση της στάθμης του νερού, κατά την αλληλεπίδραση των πεδίων βαρύτητας Ήλιου, Γης

και Σελήνης. Η εκμετάλλευση των παλιρροιών γίνεται με τη δημιουργία φραγμάτων και την τοποθέτηση στροβιλογεννητριών.

- Την *ενέργεια από ρεύματα*, με την τοποθέτηση στροβίλων.
- Την *θαλασσοθερμική*, που χρησιμοποιεί τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της επιφάνειας και των βαθέων νερών του ωκεανού. Για να επιτευχθεί αποδεκτή απόδοση, είναι απαραίτητο να υπάρχει ελάχιστη διαφορά 20°C, σε βάθος 1000 m, χρησιμοποιώντας την ηλιακή θερμότητα που αποθηκεύεται στα ζεστά επιφανειακά ύδατα για την δημιουργία ατμών, που σε τελική φάση παράγουν ηλεκτρική ενέργεια μέσω αμοστροβίλων.
- Τέλος, την *ωσμωτική*, η οποία αξιοποιεί την ωσμωτική αρχή. Κατά την ωσμωτική διαδικασία το διάλυμα μικρότερης συγκέντρωσης (γλυκό νερό), διέρχεται μέσω μιας ημιπερατής μεμβράνης στο διάλυμα μεγαλύτερης συγκέντρωσης (αλμυρό νερό), έως ότου να εξισωθούν οι συγκεντρώσεις της. Η συσσωρευμένη πίεση που δημιουργείται καθιστά εφικτή την παραγωγή ενέργειας.

3.3.4. Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι ένας πόρος που προέρχεται από την ενέργεια του κινούμενου νερού. Το ρέον νερό δημιουργεί ενέργεια που μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρισμό χρησιμοποιώντας στροβίλους. Η πιο διαδεδομένη μορφή υδροηλεκτρικής ενέργειας είναι τα φράγματα. Η υδροηλεκτρική ενέργεια παράγεται από νερό που κινείται στον υδρολογικό κύκλο, ο οποίος καθοδηγείται από την ηλιακή ακτινοβολία. Η ροή του νερού στα ποτάμια οδηγείται από τη δύναμη της βαρύτητας για να μετακινηθεί από υψηλότερα σε χαμηλότερα υψόμετρα. Τα έργα υδροηλεκτρικής ενέργειας είναι πάντα ειδικά για το χώρο και σχεδιάζονται σύμφωνα με το υδάτινο σύστημα στο οποίο τοποθετούνται. Τα εργοστάσια υδροηλεκτρικής ενέργειας εκτείνονται σε ένα πολύ μεγάλο εύρος κλιμάκων, από λίγα βατ έως αρκετά GW και διακρίνονται ανάλογα με την παραγόμενη ισχύ και το μέγεθος σε [36]:

- *Μικρής κλίμακας*: Είναι εγκαταστάσεις που παράγουν από 1 kW έως 1 MW ισχύος. Χρησιμοποιούνται κυρίως για την ηλεκτροδότηση μικρών οικισμών (χωριών, κωμοπόλεων) ή μικρών εργοστασίων δευτερογενούς παραγωγής.

- *Μεσαίας κλίμακας*: Παράγουν μέχρι 20 MW ισχύος, είναι σχετικά χαμηλού κόστους κατασκευής ενώ είναι ιδιαίτερα αξιόπιστα κατά τη λειτουργία τους. Είναι δυνατή η ηλεκτροδότηση αστικών περιοχών και μεγάλων παραγωγικών μονάδων με της ενεργειακές απαιτήσεις.
- *Μεγάλης κλίμακας*: Παράγουν περισσότερα από 20 MW ισχύος και απαιτούν την κατασκευή μεγάλων φραγμάτων. Η μεγαλύτερη εγκατεστημένη μονάδα είναι το Φράγμα των Τριών Φαραγγιών στην Κίνα με 22.500 MW.
- *«Επί της κοίτης»*: Η κατασκευή των εργοστασίων γίνεται απευθείας πάνω στην κοίτη του ποταμού, χωρίς να υπάρχει, η ανάγκη κατασκευής φράγματος, αξιοποιώντας την ταχεία και συνεχή ροή των υδάτινων ρευμάτων καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

3.3.5. Αιολική Ενέργεια

Η αιολική ενέργεια είναι μία ανανεώσιμη μορφή, η οποία βασίζεται στην εκμετάλλευση του ανέμου. Γενεσιουργός αιτία του ανέμου αποτελεί η θερμοκρασιακή ανομοιομορφία των διαδοχικών περιοχών αέρος, κατά την οποία δημιουργούνται συνθήκες διαφοράς των βαρομετρικών πιέσεων, με την αέρια μάζα να κινείται από τις ψυχρότερες στις θερμότερες περιοχές. Η κινητική ενέργεια του αέρα μετατρέπεται σε μηχανική και έπειτα σε ηλεκτρική, μέσω ανεμογεννητριών.

Οι ανεμογεννήτριες περιστρέφονται πάνω σε οριζόντιο ή κάθετο άξονα. Η σημερινή τεχνολογία βασίζεται σε ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα 2 ή 3 πτερυγίων, με αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύ από 200kW έως 400kW. Οι χερσαίες ανεμογεννήτριες συνήθως ομαδοποιούνται σε αιολικά πάρκα. Οι εγκαταστάσεις αιολικής ενέργειας έχουν μέγεθος συνήθως 5MW έως 300MW. Η υπεράκτια τεχνολογία αιολικής ενέργειας είναι λιγότερο ώριμη από την χερσαία και απαιτεί υψηλότερες επενδύσεις. Τα κίνητρα για την ανάπτυξη της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας περιλαμβάνουν τη μεγαλύτερη συχνότητα και αξιοπιστία των αιολικών πόρων που βρίσκονται στη θάλασσα και την ικανότητα χρήσης μεγαλύτερων ανεμογεννητριών και σταθμών παραγωγής ενέργειας από ότι στην ξηρά. Το Walney Extension πρόκειται για το μεγαλύτερο υπεράκτιο αιολικό πάρκο συνολικής χωρητικότητας 1026MW. Τέλος,

αξίζει να σημειωθεί ότι η χωροχρονική μεταβλητότητα του ανέμου επηρεάζει σημαντικά την αποδοτικότητα των ανεμογεννητριών και απαιτείται η ενδελεχής έρευνα, ανάπτυξη και βελτιστοποίηση του τύπου, των χαρακτηριστικών και των τακτικών τοποθέτησης των ανεμογεννητριών. [35]



Εικόνα 4: Υπεράκτιο αιολικό πάρκο στο Ηνωμένο Βασίλειο, Walney Extension.
Πηγή: nseenergybusiness.com [37]

3.3.6. Ηλιακή Ενέργεια

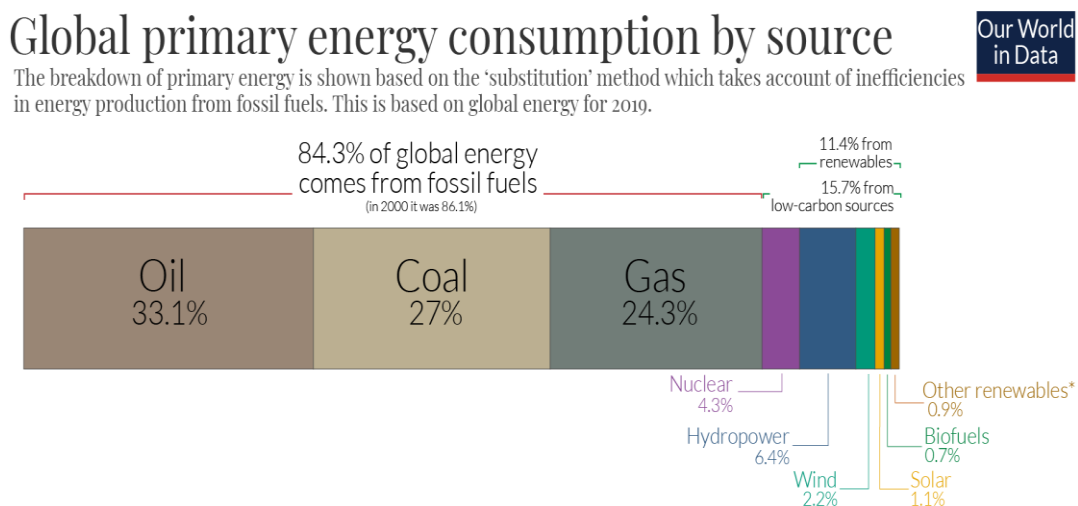
Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί μια πολύ μεγάλη, ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Ο Ήλιος εκπέμπει τεράστια ποσότητα ενέργειας, φως και θερμότητας, τα οποία απορροφούνται από διάφορα στοιχεία και ενώσεις στη Γη και μετατρέπονται σε άλλες μορφές ενέργειας όπως φωτεινή, θερμική αλλά και ενέργεια ακτινοβολίας. Η ηλιακή ενέργεια θα μπορούσε να καλύψει επίσης τις σημερινές και μελλοντικές ενεργειακές ανάγκες του κόσμου, καθιστώντας την ως μια από τις πιο ελπιδοφόρες μη συμβατικές πηγές ενέργειας. Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας γίνεται με τις ακόλουθες κατηγορίες εφαρμογών:

- Τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα οποία επιτρέπουν την άμεση χρησιμοποίηση της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό, μέσω αρχιτεκτονικών λύσεων

σε συνδυασμό με διάφορα δομικά υλικά. Η λειτουργία της επιτυγχάνεται χωρίς την προσθήκη μηχανολογικού εξοπλισμού. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός περιλαμβάνει μόνο κατασκευές που εκμεταλλεύονται τη θερμική μάζα του κτιρίου.

- Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, που συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία και τη μετατρέπουν σε θερμότητα, η οποία στη συνέχεια δύναται να δημιουργήσει ηλεκτρική ενέργεια. Τα ηλιακά πλαίσια ανήκουν στη συγκεκριμένη κατηγορία και διακρίνονται σε θερμικά και ηλεκτρικά. Το πιο διαδεδομένο ενεργητικό θερμικό σύστημα είναι ο ηλιακός θερμοσίφοντας, ένας ηλιακός συλλέκτης χαμηλής θερμοκρασίας που λειτουργεί κυρίως για οικιακή χρήση. Οι τεχνολογίες CSP (Concentrated Solar Power) ή οι συλλέκτες υψηλής θερμοκρασίας χρησιμοποιούν φακούς ή καθρέφτες και συστήματα παρακολούθησης για να εστιάσουν μια μεγάλη περιοχή του ηλιακού φωτός σε μια μικρή δέσμη. Η συμπυκνωμένη θερμότητα στη συνέχεια χρησιμοποιείται για να παραχθεί έργο και μετέπειτα ηλεκτρισμός. Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα τεχνολογιών CSP με τις πιο ανεπτυγμένες να είναι ο ηλιακός φούρνος και ο ηλιακός πύργος. Από την άλλη, τα ηλεκτρικά πλαίσια εκμεταλλεύονται το φωτοβολταϊκό φαινόμενο και καθιστούν άμεση την μετατροπή της ενέργειας από ηλιακή σε ηλεκτρική. Ακολουθεί περαιτέρω ανάλυση στην επόμενη υποενότητα.

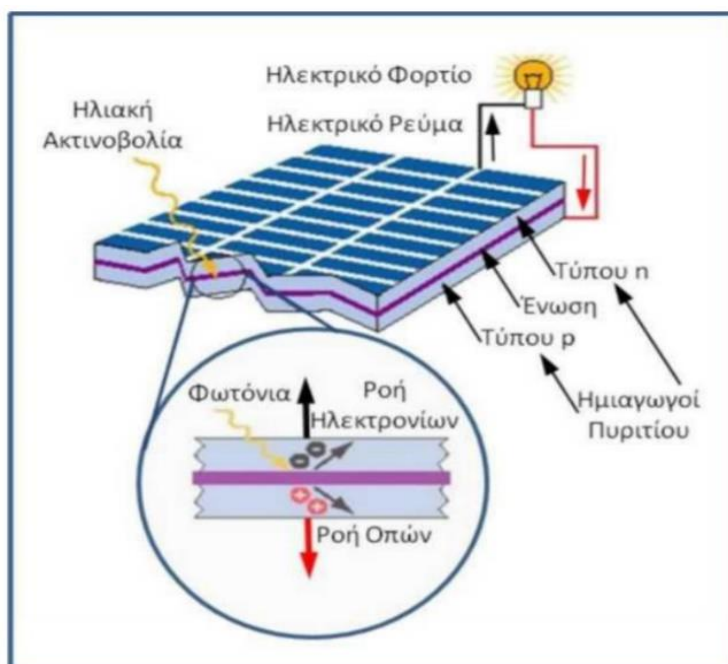
Διάγραμμα 1: Παγκόσμιο ενεργειακό μείγμα για το 2019. Πηγή: ourworldindata.org [38]



3.4. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

3.4.1. Φωτοβολταϊκό Στοιχείο

Το φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελείται από δύο ενωμένους ημιαγωγούς, συνήθως πυριτίου. Το ηλιακό φως, μόλις φτάσει στην επιφάνεια του ημιαγωγού ανακλάται, διαπερνάει ή απορροφάται. Στην περίπτωση που απορροφηθεί, δημιουργούνται η περιοχή n, που περιέχει αυξημένη συγκέντρωση ηλεκτρονίων, και η περιοχή p, η οποία περιέχει αυξημένη συγκέντρωση οπών. Η ηλιακή ακτινοβολία είναι ουσιαστικά μικρές δέσμες ενέργειας, τα φωτόνια, που περιέχουν διαφορετικά ποσά ενέργειας ανάλογα με το μήκος κύματος του ηλιακού φάσματος. Όταν το ηλιακό φως προσπίπτει στην επιφάνεια του ημιαγωγού, τα φωτόνια μεταφέρουν την ενέργειά τους στα ηλεκτρόνια, δημιουργώντας ένα ηλεκτρικό πεδίο. Εξωτερικά των ημιαγωγών τοποθετούνται αγωγοί ελεύθερων ηλεκτρονίων, τα ηλεκτρόδια. Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνεται η ελεύθερη κίνηση ηλεκτρονίων προς μία κατεύθυνση, δηλαδή από τον φορέα με τα περισσότερα ηλεκτρόνια n, προς στον φορέα p που περιέχει τα λιγότερα. Ως αποτέλεσμα προκύπτει η διαφορά δυναμικού (τάση) ανάμεσα στα δύο ηλεκτρόδια της διάταξης, η οποία αντιστοιχεί σε ορθή πόλωση της διόδου και ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο.[35]

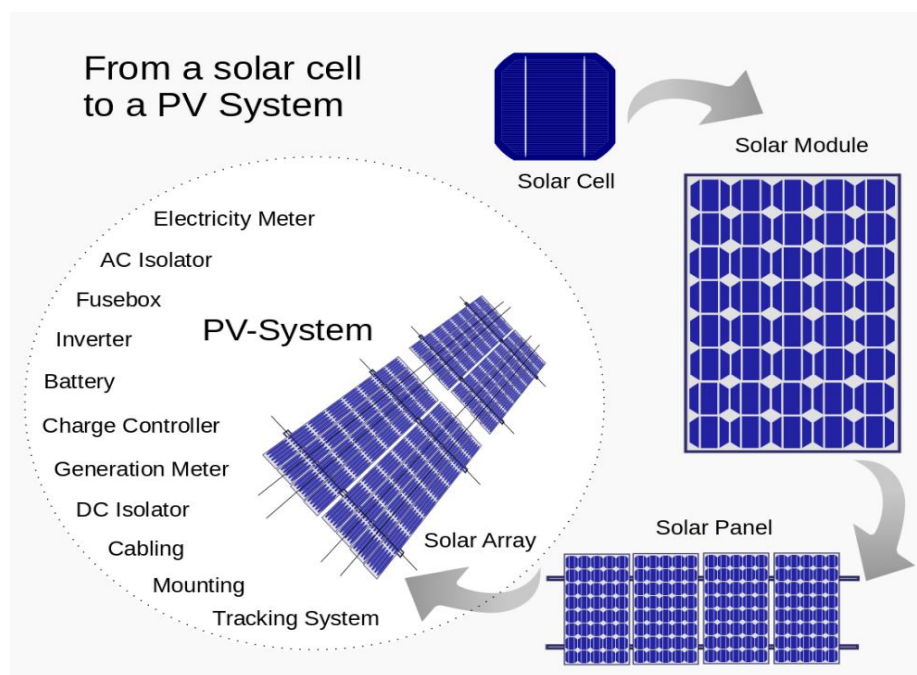


Εικόνα 5 : Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο. Πηγή: Μαμάσης & Ευστρατιάδης [35]

Το φωτοβολταϊκό κύτταρο είναι συνήθως τετράγωνο, με πλευρά 120-160mm. Για τη δημιουργία του χρησιμοποιείται είτε άμορφο πυρίτιο, είτε κρυσταλλικό (μονοκρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό). Η τάση που εμφανίζει ένα συνηθισμένο στοιχείο πυριτίου του εμπορίου σε κανονική ηλιακή ακτινοβολία κυμαίνεται στο εύρος 0,45- 0,5V, ενώ η ηλεκτρική ισχύς που παράγει είναι ανάλογη της επιφάνειας του στοιχείου.

3.4.2. Φωτοβολταϊκό Σύστημα

Τα φωτοβολταϊκά κύτταρα συνδέονται μεταξύ τους με ειδικές μεμβράνες και εγκιβωτίζονται σε γυαλί, συγκροτώντας το φωτοβολταϊκό πλαίσιο (Solar Module). . Συνήθως αποτελούνται από 36 έως 50 κυψέλες και ανάλογα με τον αριθμό αυτό και την τεχνολογία κυκλοφορούν σε διάφορες τιμές ονομαστικής ισχύος. Το φωτοβολταϊκό πάνελ (Solar Panel) αποτελείται από ένα ή περισσότερα φωτοβολταϊκά πλαίσια, που έχουν προκατασκευαστεί και συναρμολογηθεί σε ενιαία κατασκευή, έτοιμη για να εγκατασταθεί σε φωτοβολταϊκή εγκατάσταση. Η ομαδοποίηση της εν σειρά ή, και παράλληλα δημιουργούν τη φωτοβολταϊκή συστοιχία (Solar Array). Τα φωτοβολταϊκά συστήματα διακρίνονται στα συνδεδεμένα στο δίκτυο και στα εκτός δικτύου.



Εικόνα 6: Φωτοβολταϊκό Σύστημα. Πηγή: Wikipedia [39]

Οι διασυνδεδεμένες εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών εντάσσονται στο ηλεκτρικό δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Πρόκειται για μία αμφίδρομη σχέση, με την έννοια ότι η φωτοβολταϊκή μονάδα μπορεί να καταναλώσει την ηλεκτρική ενέργεια του δικτύου, αλλά ο κύριος σκοπός εγκατάστασης είναι να το τροφοδοτήσει. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από το φωτοβολταϊκό πλαίσιο είναι συνεχόμενου ρεύματος, ενώ στα συστήματα διανομής ηλεκτρικού ρεύματος κυριαρχεί το εναλλασσόμενο ρεύμα. Επομένως, τα συστήματα που είναι συνδεδεμένα στο εθνικό δίκτυο διαθέτουν αντιστροφείς τάσης, τους inverters, που μετατρέπουν το ρεύμα σε εναλλασσόμενο συχνότητας 50 Hz, καθώς και λοιπές ηλεκτρονικές διατάξεις διαχείρισης και προστασίας των αντιστροφέων. Επιπλέον, περιλαμβάνουν συστήματα καταγραφής και παρακολούθησης και μετρήσεων της παραγόμενης ενέργειας.

Η τεχνολογία έχει αναπτυχθεί ιδιαίτερα για την εγκατάστασή της σε επικλινείς στέγες ή οροφές κτιρίων, καθώς και στο έδαφος. Οι μονάδες που αποσκοπούν αποκλειστικά στην ενεργειακή ενίσχυση του υπάρχοντος ηλεκτρικού δικτύου, στοχεύουν στην μέγιστη ετήσια παραγωγή κιλοβατώραν (kWh), προκειμένου να επιτευχθούν με την πώλησή της μεγαλύτερα κέρδη. Τέτοιου είδους μονάδες είναι ευρέως γνωστές και ως φωτοβολταϊκοί σταθμοί ή φωτοβολταϊκά πάρκα. Η μέγιστη δυνατή ετήσια παραγωγή είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων, αλλά από τους σημαντικότερους αποτελεί η βέλτιστη εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Για το λόγο αυτό, οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες τοποθετούνται σε συστήματα στήριξης. Αν τα πάνελ είναι αμετακίνητα, είναι λογικό μεγάλη ποσότητα ενέργειας να μην εκμεταλλευτεί. Η βελτιστοποίηση της απόδοσης, με την ίδια ωφέλιμη επιφάνεια, μπορεί να επιτευχθεί με τους ηλιοστάτες, δηλαδή συστήματα στήριξης που διαθέτουν διάφορα λογισμικά ανίχνευσης του ήλιου και περιστρέφονται. Ανάλογα με το είδος τους, οι ηλιοστάτες επιτρέπουν την κίνηση των ηλιακών συλλεκτών μονοαξονικά, αλλά και στους δύο άξονες. Παρά το αυξημένο κόστος κατασκευής κι εγκατάστασης ηλιοστατών, η αύξηση της απόδοσης ανάλογα με την επιλογή τύπου και την εποχική περίοδο κυμαίνεται στο εύρος 10-40%.

Επιπλέον, έχουν κατασκευαστεί κτίρια BIPV (Building- integrated photovoltaics) με ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά πάνελ, τα οποία αντικαθιστούν ορισμένα δομικά υλικά σε τμήματα του κτιρίου, όπως στέγη, φεγγίτες ή προσόψεις. Τα τελευταία χρόνια, αναπτύσσεται και η κατηγορία πλωτών συστοιχιών που επιπλέον στο υδατικό

σύστημα, συνήθως σε τεχνητή δεξαμενή, λίμνη. Άξιο αναφοράς της κατηγορίας BIPV αποτελεί το κτίριο CIS (Copenhagen International School), που βρίσκεται στο βόρειο λιμάνι της Κοπεγχάγης και το οποίο διαθέτει 1200 πάνελ στις προσόψεις του κτιρίου. Πρόκειται για κτίριο χαμηλών απαιτήσεων ενέργειας, αφού μπορεί να παράγει το 39% των ενεργειακών του αναγκών, γεγονός που το καθιστά χαρακτηριστικό παράδειγμα των κτιρίων «Prosumer» (Product and Consume) του μέλλοντος.



Εικόνα 7: Διεθνές Σχολείο Κοπεγχάγης CIS κατηγορίας BIPV. Πηγή: inhabitat.com[40]

Από την άλλη, τα εκτός δικτύου συστήματα κατασκευάζονται κυρίως σε απομακρυσμένες περιοχές από το ηλεκτρικό δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Η εγκατάστασή τους στοχεύει στην ενεργειακή αυτονομία διαφόρων εγκαταστάσεων, όπως οικιών, κτηνοτροφικών και γεωργικών μονάδων, συστημάτων υδροδότησης και κινητών εγκαταστάσεων. Είναι είτε αυτόνομα είτε υβριδικά. Στα απομονωμένα φωτοβολταϊκά δύναται η χρήση συνεχούς ρεύματος για την εξυπηρέτηση ορισμένων καταναλώσεων, αλλά διαθέτουν inverter για εναλλασσόμενο ρεύμα. Τα αυτόνομα καλύπτονται ολοκληρωτικά από τη φωτοβολταϊκή συστοιχία και μπορούν να τροφοδοτήσουν άμεσα με το φορτίο εφαρμογής. Ωστόσο, σχεδόν πάντα περιλαμβάνουν ηλεκτρικούς συσσωρευτές, ρυθμιστές φόρτισης και μετρητές

χωρητικότητας για να αποθηκεύουν την παραγόμενη ενέργεια και να τη χρησιμοποιούν κατόπιν ζήτησης. Τα υβριδικά συστήματα συνδυάζουν τα φωτοβολταϊκά συστήματα με άλλες μορφές ενέργειας, όπως ανανεώσιμες (π.χ. ανεμογεννήτριες) ή μη (π.χ. ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος).

3.4.3. Απόδοση Φωτοβολταϊκών

Ο βαθμός απόδοσης εκφράζει το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια στο φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Η χαμηλή απόδοση αποτελεί συχνά μια επικείμενη ανησυχία που αντιμετωπίζουν όσοι εγκαθιστούν φωτοβολταϊκά συστήματα. Οι λόγοι για τις διαφοροποιήσεις στην απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι διάφοροι. Πρώτον, ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από τόσα πολλά εξαρτήματα (π.χ. καλώδια, μετατροπείς, μπαταρίες, φωτοβολταϊκές γεννήτριες κ.λπ.), με το καθένα από αυτά τα στοιχεία να έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά και διαφορετικούς δείκτες απόδοσης. Έτσι, η αξιολόγηση της απόδοσης της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας απαιτεί μια λεπτομερή κατανόηση της απόδοσης των συστατικών μερών του. Δεύτερον, οι διαφορετικές παραλλαγές στον συνδυασμό εξαρτημάτων μπορεί να επηρεάσει την απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Τρίτον, εξετάζεται η επίδραση μεταβλητών περιβαλλοντικών παραγόντων, όπως η αδύναμη ηλιακή ακτινοβολία, η παρουσία σκόνης και η σκίαση των εξαρτημάτων. Τέλος, οι διαφορετικές μέθοδοι σχεδιασμού των φωτοβολταϊκών συστημάτων απαιτούν τις αντίστοιχες υποθέσεις των δεικτών απόδοσης. Πιο συγκεκριμένα, ο βαθμός απόδοσης επηρεάζεται από τους ακόλουθους βασικούς παράγοντες:[41]

- Την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, αφού περισσότερη ηλιακή ένταση αυξάνει το φωτορεύμα και την τάση του στοιχείου.
- Τη θερμοκρασία της φωτοβολταϊκής κυψέλης, καθώς με την ανάπτυξη θερμοκρασιών υψηλότερων των 25°C η απόδοση ελαττώνεται κατά 0,0045 ανά βαθμό Κελσίου.

- Τις *απώλειες αντίστασης του κυκλώματος*, η οποία ρυθμίζεται συνεχώς στο σημείο μέγιστης ισχύος, ώστε να αποδοθεί η μέγιστη ισχύς.
- Το *συντελεστή γήρανσης του στοιχείου*, που εκφράζει την κατασκευαστική αντοχή του σε φθορές με την πάροδο του χρόνου. Τα σύγχρονα φωτοβολταϊκά πλαίσια έχουν ένα ρυθμό μείωσης της απόδοσής τους, της τάξης του 0,8% ετησίως.
- Τις *οπτικές ενεργειακές απώλειες*, που οφείλονται στη διαφοροποίηση ανακλαστικότητας φωτοβολταϊκού πλαισίου σε σχέση με την αντίστοιχη της πρότυπες εργαστηριακές συνθήκες, τη διαφοροποίηση της πόλωσης και την καθαρότητα της επιφάνειας του πλαισίου. Σύνηθες τιμές μείωσης της απόδοσης από οπτικές απώλειες κυμαίνονται από 7%-10%.
- Τις *απώλειες των διόδων αντεπιστροφής*, η οποία τοποθετείται για να αποτραπεί η εκφόρτιση του συσσωρευτή τις νυχτερινές ώρες.
- Τον *συντελεστή ωμικών απωλειών* στη γραμμή σύνδεσης του φωτοβολταϊκού συστήματος με το δίκτυο.

Λαμβάνοντας υπόψιν τους συντελεστές μείωσης της απόδοσης, η μέγιστη αποδιδόμενη ηλεκτρική ενέργεια, που παράγουν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια μηνιαίως, δίνεται από τη σχέση:

$$E_{\sigma} = \frac{P_{p,\Sigma} n_{\sigma} n_{\theta} E_{HA}}{P_{STC}}$$

όπου

$P_{p,\Sigma}$: η ισχύς αιχμής (peak) της προς εγκατάσταση συστοιχίας σε (kWp)

P_{STC} : η ισχύς προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε συνθήκες STC (1 kW/m²)

E_{HA} : η μέση μηνιαία ενέργεια προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (kWh/m²·μήνα)

n_{θ} : ο συντελεστής διόρθωσης λόγω αύξησης της θερμοκρασίας

n_{σ} : ο συντελεστής απόδοσης του φωτοβολταϊκού συστήματος (εξαρτάται από τους προαναφερόμενους λόγους και είναι της τάξεως του 86%)

3.4.4. Η Επέκταση των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

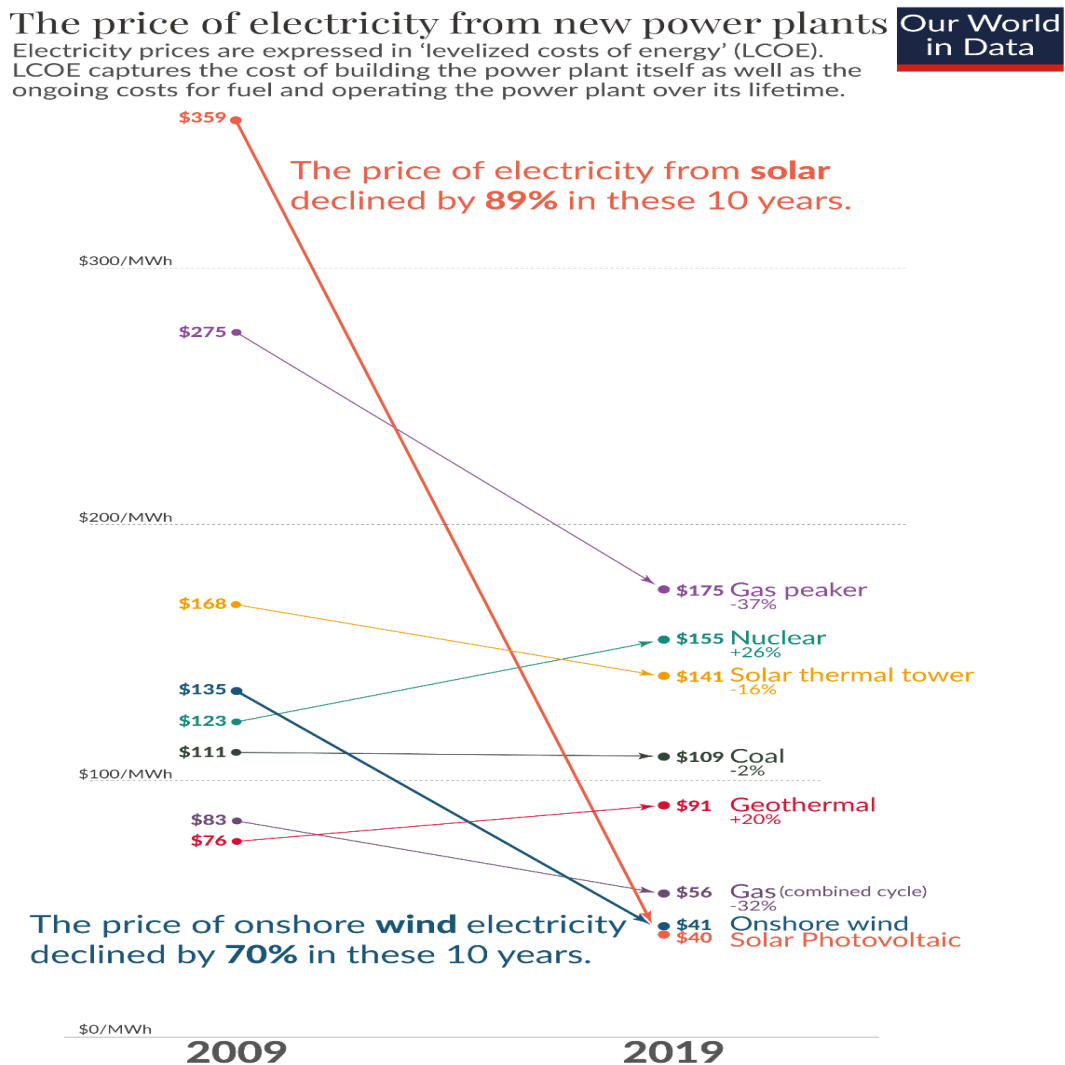
Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών συστημάτων έχει αποκτήσει σε μεγάλο βαθμό αναγνωρισιμότητα ως μια βιώσιμη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σε παγκόσμιο επίπεδο, όλο και περισσότεροι επενδυτές στρέφονται στη λύση των φωτοβολταϊκών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Για το λόγο αυτό, οι ερευνητές και οι βιομήχανοι ενδιαφέρονται ιδιαίτερα για την ανάπτυξη φωτοβολταϊκών συστημάτων και των σχεδίων τους. Η αυξανόμενη διευρυνόμενη εξάπλωσή τους τα τελευταία χρόνια είναι αδιαμφισβήτητη και δικαιολογημένη.

Αρχικά, τα περισσότερα μέρη παγκοσμίως έχουν αρκετή ηλιακή ακτινοβολία. Ως εκ τούτου, η ηλιακή ενέργεια είναι μια εύκολη και προσβάσιμη επιλογή για όσους ενδιαφέρονται να αξιοποιήσουν της βιώσιμες πηγές ενέργειας. Παράλληλα, ανάλογα με τις απαιτήσεις, τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορεί να είναι σχεδιασμένα από λίγα βατ έως χιλιάδες κιλοβάτ, καθιστώντας τα κατάλληλα και για μικρές εφαρμογές και για σκοπούς μεγάλης κλίμακας. Σύμφωνα με τις τελευταίες προβλέψεις για την αγορά ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας IEA, η παγκόσμια ανανεώσιμη ηλεκτρική ισχύς θα αυξηθεί κατά 1200 GW έως το 2024. Τα συστήματα φωτοβολταϊκών αντιπροσωπεύουν το 60% αυτής της αύξησης.[42]

Η συντριπτική εξάπλωσή τους για ηλεκτροπαραγωγικούς σκοπούς, σε σχέση με άλλες ανανεώσιμες πηγές, έγκειται στην εκθετική μείωση του επενδυτικού κόστους. Η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών συστημάτων υποστηρίχθηκε σε μεγάλο βαθμό από ορισμένες κυβερνήσεις και μη κυβερνητικές οργανώσεις, οι οποίες προσέφεραν τεράστιες επιδοτήσεις και πολλαπλά κίνητρα. Η εξέλιξη της τεχνολογίας και η ανάπτυξη πιο ανεπτυγμένων φωτοβολταϊκών κυψελών συντέλεσε απρόσκοπτα στην ελάφρυνση των τιμών εγκατάστασης. Οι πρόοδοι που κατέστησαν δυνατή αυτή τη μείωση τιμών καλύπτουν ολόκληρη τη διαδικασία παραγωγής ηλιακών μονάδων. Μεγαλύτερα, πιο αποδοτικά εργοστάσια παράγουν τις μονάδες και οι τεχνολογικές εξελίξεις αυξάνουν την αποτελεσματικότητα των πάνελ. Βελτιώνονται οι διαδικασίες παραγωγής των πλινθωμάτων πυριτίου, η εξόρυξη και η επεξεργασία των πρώτων υλών αυξάνεται και γίνεται φθηνότερη και τέλος συσσωρεύεται επιχειρησιακή εμπειρία [43]. Ο ανταγωνισμός της αγοράς διασφαλίζει ότι οι τιμές κυμαίνονται σε

χαμηλά επίπεδα και η ζήτηση αυξάνεται. Όσο αυξάνεται η ζήτηση, μέσω όλου του προαναφερόμενου κύκλου, τα κόστη μειώνονται.

Στο παρακάτω διάγραμμα, παρουσιάζονται οι τιμές εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης ανά τύπο ηλεκτροπαραγωγικού σταθμού ανηγμένες σε κοινή κλίμακα. Μόλις πριν από 10 χρόνια ήταν πολύ φθηνότερο να κατασκευαστεί μια νέα μονάδα παραγωγής ενέργειας που να χρησιμοποιεί ορυκτά καύσιμα από την κατασκευή ενός νέου ηλιακού φωτοβολταϊκού σταθμού. Μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση ήταν 223% πιο ακριβή από μία αντίστοιχη άνθρακα. Μέσα σε μια δεκαετία η τιμή μειώθηκε κατά 89% και έγινε φθηνότερη από τις άλλες μορφές.

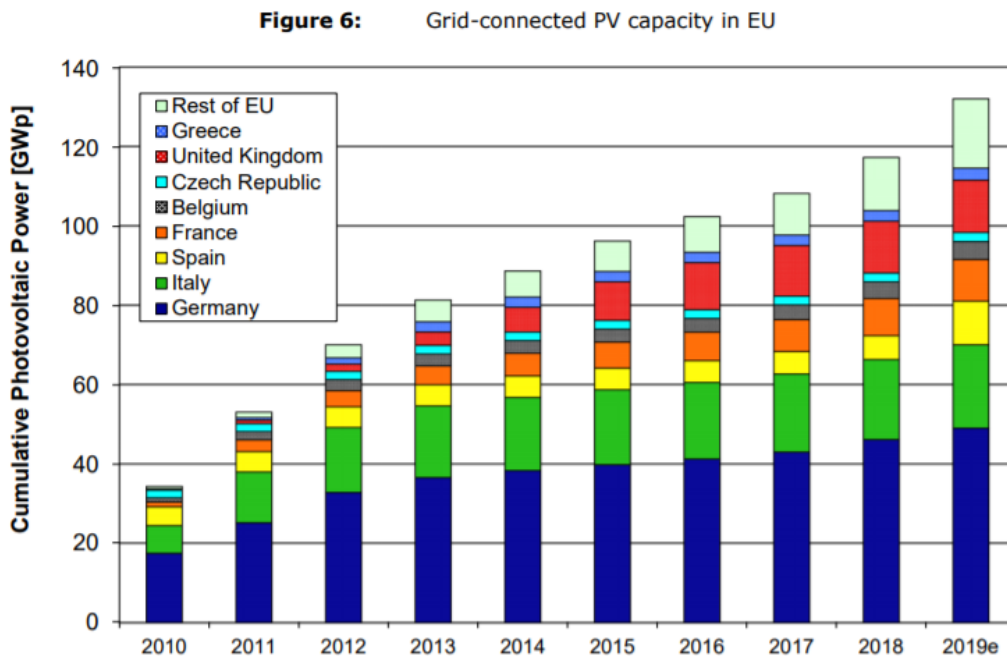


Data: Lazard Levelized Cost of Energy Analysis, Version 13.0. OurWorldinData.org - Research and data to make progress against the world's largest problems. Licensed under CC-BY by the author Max Roser.

Εικόνα 8: Μεταβολή των τιμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανά κατηγορία. Πηγή: ourworldindata.org

Η παγκόσμια μείωση των τιμών σε συνδυασμό με την αύξηση της κλίμακας των φωτοβολταϊκών έργων συντέλεσε στο να αυξηθούν οι ετήσιες νέες προσθήκες ηλιακών φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων αυξηθήκαν από 29,5 GW το 2012 σε 107 GW το 2018. Η ετήσια εγκατάσταση το 2018 ήταν περίπου 5% υψηλότερη από αυτή του 2017, αυξάνοντας την παγκόσμια φωτοβολταϊκή ισχύ στα 520 GW στο τέλος του 2018. Από την έναρξη ισχύος της πρώτης Ευρωπαϊκής Οδηγίας για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας τον Απρίλιο του 2009, τα ηλιακά φωτοβολταϊκά συστήματα που συνδέονται με το ηλεκτρικό δίκτυο στην Ευρωπαϊκή Ένωση, έχουν αυξηθεί δέκα φορές από 11,3 GW στο τέλος του 2008, σε πάνω από 117 GW στο τέλος του 2018 [44]

Διάγραμμα 2: Αθροιστική ισχύς συνδεδεμένων στο δίκτυο φωτοβολταϊκών στην Ευρώπη. Πηγή: PV Status Report 2019 [44]



4. Η ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΜΕ ΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ

4.1. ΓΕΝΙΚΑ

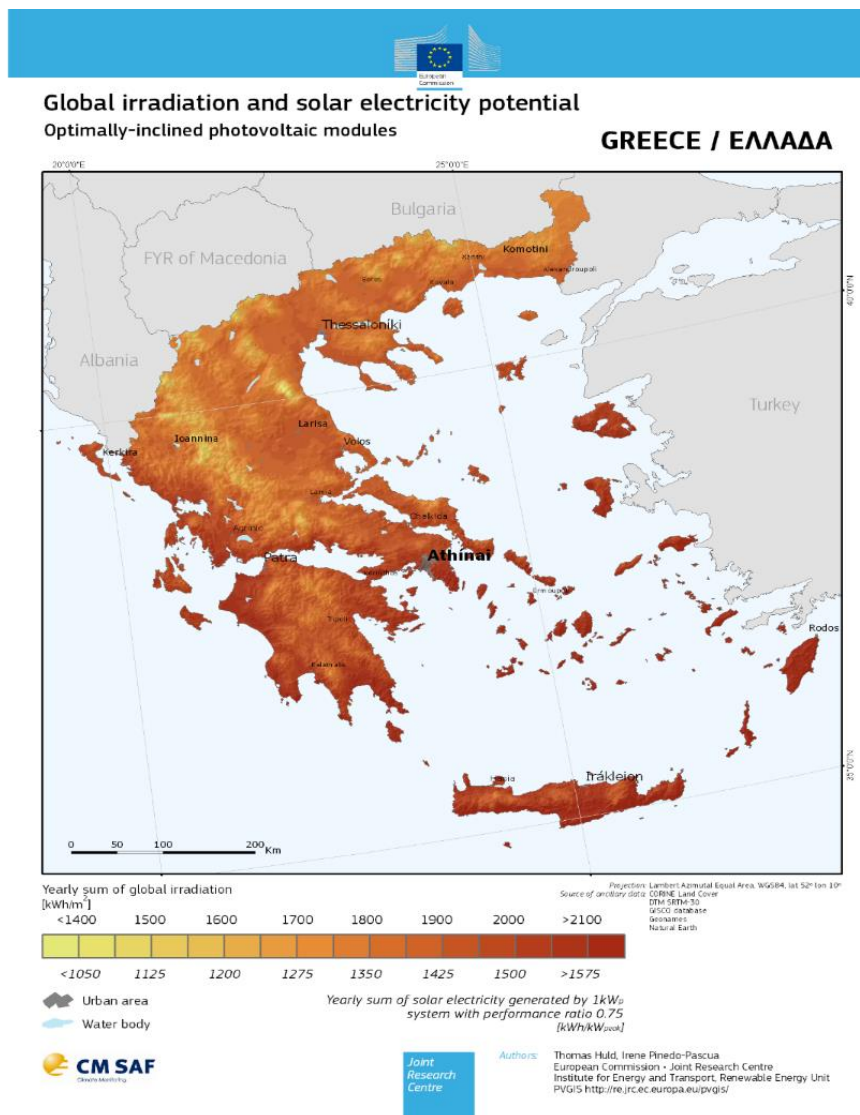
Η αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι μια διαδικασία ύψιστης σημασίας για την ενεργή μείωση αερίων του θερμοκηπίου και τη συμβολή στις παγκόσμιες πρωτογενείς ενεργειακές ανάγκες. Κατά την τελευταία δεκαετία, η συμβολή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα σημείωσε υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης. Συγκεκριμένα, η αιολική και η ηλιακή ενέργεια επεκτάθηκαν σημαντικά λόγω των ισχυρών μειώσεων κόστους και των λιγότερων ανησυχιών για τη βιωσιμότητα από άλλες επιλογές ενέργειας χαμηλών εκπομπών άνθρακα [45].

Η εφαρμογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ύπαιθρο, εξαρτάται από τη φύση και το μέγεθός τους, και περιλαμβάνει την αντιμετώπιση ιδιαίτερα ευαίσθητων αλληλεξαρτώμενων θεμάτων, όπως η κατοχή γης για την παραγωγή τροφίμων, καθώς και η διατήρηση της φύσης και των προστατευόμενων περιοχών. Η χρήση της ηλιακής ενέργειας είναι μια από τις πιο ελπιδοφόρες εναλλακτικές λύσεις για την αντιμετώπιση της πρόκλησης ενός βιώσιμου μέλλοντος. Ωστόσο, η αξιοποίηση του ηλιακού πόρου με την εισαγωγή φωτοβολταϊκών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μεγάλης κλίμακας μπορούν να φέρουν σημαντικές επιπτώσεις στις αγροτικές περιοχές. Η εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας μπορεί να οδηγήσει σε πλήρη απώλεια γης και γεωργικής δραστηριότητας, επηρεάζοντας την τοπική ανάπτυξη της κοινωνίας ανάλογα. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ διαφορετικών αγροτικών χρήσεων γης αποτελεί μια αυξανόμενη ανησυχία.

Επιβάλλεται, επομένως, να συζητηθεί το ζήτημα της χρήσης και της κατοχής της γης και η σχέση του με τη χωρική διάσταση των ανανεώσιμων πηγών, αφού αποτελεί βασικό κριτήριο βιωσιμότητας για την ορθή εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών. Σε αυτό το πλαίσιο, επίκεντρο αποτελεί η εφαρμογή της ηλιακής ενέργειας μέσω χερσαίων φωτοβολταϊκών πάρκων και οι επιπτώσεις τους στις αγροτικές περιοχές.

4.2. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

Η πρόσφατη μείωση του επενδυτικού κόστους ηλιακών μονάδων αύξησε την ελκυστικότητα των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Η Νότια Ευρώπη έχει ένα από τα υψηλότερα επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας στον κόσμο και οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής επιθυμούν να εκμεταλλευτούν πλήρως αυτόν τον πόρο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ηλιακή ενέργεια παίζει όλο και πιο σημαντικό ρόλο στο ενεργειακό μείγμα της Ελλάδας. Η χώρα έχει υψηλά επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας με μέσο επίπεδο άνω των 1.500 kWh / m², όπως διαπιστώνεται από τον ακόλουθο χάρτη.



Εικόνα 9 : Δυναμικό ηλιακής ενέργειας με βέλτιστη τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα.
Πηγή: re.jrc.ec.europa.eu [46]

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα στην Ελλάδα έως το 2007 αποτελούσαν κυρίως ιδιωτικά αυτόνομα συστήματα μικρής κλίμακας σε απομακρυσμένες τοποθεσίες, ενώ τα συνδεδεμένα με το δίκτυο έργα ήταν ελάχιστα. Εμπόδια στην ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων ήταν η έλλειψη μακροπρόθεσμων χρηματοοικονομικών μέσων και η υπερβολική γραφειοκρατία για τη λήψη των απαραίτητων αδειών από τις δημόσιες υπηρεσίες [47]

Το 2009, η Ελλάδα εισήγαγε το σύστημα Feed-in Tarrif (FiT). Πρόκειται για ένα μηχανισμό πολιτικής, που είναι σχεδιασμένος να επιταχύνει τις επενδύσεις σε τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, προσφέροντας μακροπρόθεσμες συμβάσεις σε παραγωγούς ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η χωρητικότητα στο δίκτυο των νέων φωτοβολταϊκών συστημάτων έγινε 425 MW το 2009, και με τις επενδύσεις να επιταχύνονται από το 2011, αυξήθηκε στα 930 MW και έφτασε πάνω από 1 GW έως το 2013 . Αυτή η έκρηξη έληξε στις 10 Μαΐου 2013, όταν το ΥΠΕΚΑ έφερε αναδρομικές αλλαγές στο FiT για πάγκα μεγαλύτερα από 100 kWp και νέες τιμολογήσεις για όλα τα συστήματα από την 1 Ιουνίου 2013. Κατά τους πρώτους πέντε μήνες του 2013, εγκαταστάθηκαν σχεδόν 900 MW και αύξησαν τη συνολική αθροιστική ισχύ σε πάνω από 2,5 GW [44].

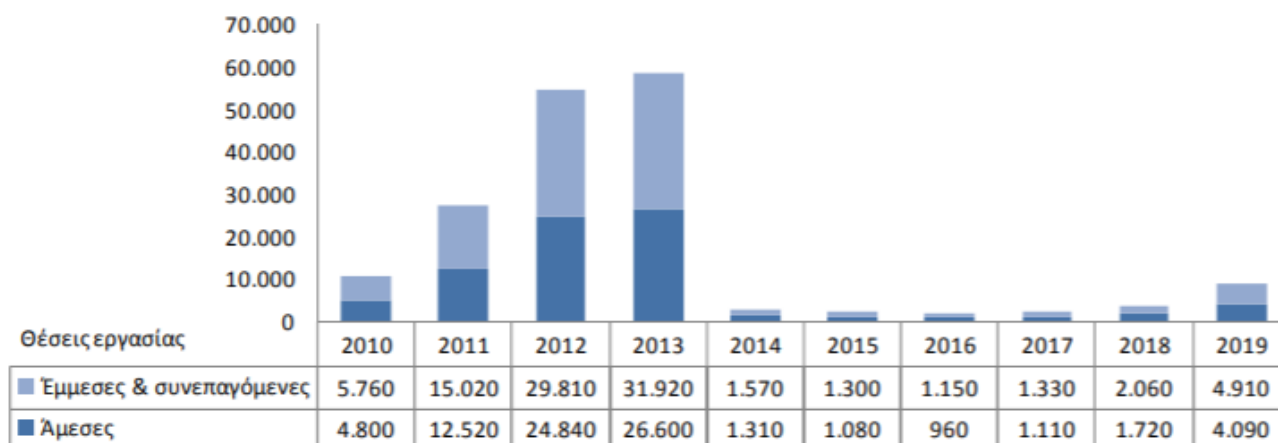
Το 2016 υπήρξε οριακή αύξηση 1 MW στην εγκατεστημένη ηλιακή φωτοβολταϊκή χωρητικότητα, σε σύγκριση με τα στοιχεία στο τέλος του 2015. Η συνολική εγκατεστημένη ηλιακή φωτοβολταϊκή χωρητικότητα μέχρι το τέλος του 2016 αντιπροσώπευε 2.605 MW, εκ των οποίων τα 375 MW αποτελούσαν μικρά φωτοβολταϊκά συστήματα κάτω των 10 kWp που εγκαταστάθηκαν στο πλαίσιο του Ειδικού Προγράμματος Στέγης Φωτοβολταϊκών. Μόνο το 6,1% της συνολικής φωτοβολταϊκής χωρητικότητας ήταν εγκατεστημένο στα μη διασυνδεδεμένα νησιά. Κατά τη διάρκεια του έτους 2016, συνολικά 3.417 GWh παρήχθησαν από ηλιακή φωτοβολταϊκή ενέργεια, η οποία έγινε έτσι η τρίτη πιο σημαντική ΑΠΕ (μετά από την υδροηλεκτρική και αιολική ενέργεια), παράγοντας 25,4% της ηλεκτρικής ενέργειας ΑΠΕ και 6% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Συνολικά, 512 GWh παρήχθησαν από φωτοβολταϊκά συστήματα σε στέγες που είχαν εγκατασταθεί στο πλαίσιο του ειδικού προγράμματος φωτοβολταϊκών στέγης. Περίπου 2,4 GW

εγκαταστάθηκαν στην ηπειρωτική Ελλάδα και τα υπόλοιπα στα νησιά. Συνολικά εγκαταστάθηκαν περίπου 46 MW της φωτοβολταϊκής χωρητικότητας το 2018.

Αφού η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ενέκρινε το νέο σύστημα δημοπρασιών η πρώτη δημοπρασία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα πραγματοποιήθηκε τον Ιούλιο 2018. Από τότε πραγματοποιήθηκαν τρεις επιπλέον δημοπρασίες, οι οποίες είχαν ως αποτέλεσμα την κατανομή φωτοβολταϊκής χωρητικότητας περίπου 700 MW. Στη δημοπρασία του Ιουλίου 2019, το μέσο τιμολόγιο φωτοβολταϊκών προσφορών ήταν 0,06278 € / kWh, τιμή ηλιακής ενέργειας 9,37% χαμηλότερη από το αρχικό επίπεδο των 0,06926 € / kWh. Στα τέλη του 2019 ήταν εγκατεστημένα 2.828 MW, εκ των οποίων τα 2.255 MW επί εδάφους και τα υπόλοιπα σε στέγες. Η συνολική έκταση που καταλάμβαναν τα 2.255 MW ήταν περίπου 40.000 στρέμματα.[48]

Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων δημιούργησε άμεσες και έμμεσες θέσεις εργασίας, οι οποίες εκφράζονται ως ισοδύναμες θέσεις πλήρους απασχόλησης στο παρακάτω διάγραμμα.

Διάγραμμα 3: Ισοδύναμες θέσεις πλήρους απασχόλησης από φωτοβολταϊκά. Πηγή: helraco.gr [48]



Στα τέλη του 2019 οριστικοποιήθηκε το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) , το οποίο προβλέπει τα εξής:

Πίνακας 1: Στόχοι για φωτοβολταϊκά Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα. Πηγή: www.opengov.gr [49]

Στόχοι για φωτοβολταϊκά	2016	2020	2022	2025	2027	2030
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (GWp)	2,6	3,0	3,9	5,3	6,3	7,7
Παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά (TWh)	3,9	4,5	6,0	8,2	9,7	11,8
Συμμετοχή φωτοβολταϊκών στη συνολική ηλεκτροπαραγωγή	8,1%	8,7%	11,3%	15,1%	17,7%	20,7%

Οι επενδύσεις φωτοβολταϊκών ταξινομούνται σε τρεις βασικές κατηγορίες ανάλογα τη διαχείριση της ηλεκτροπαραγωγής τους:

- *Αυτοπαραγωγή με ενεργειακό συμψηφισμό (net-metering):*

Ο ενεργειακός συμψηφισμός (γνωστός με τον όρο net-metering) νοείται ο συμψηφισμός της παραχθείσας από το φωτοβολταϊκό σταθμό ενέργειας με την καταναλωθείσα ενέργεια της εγκατάστασης του αυτοπαραγωγού. Αφορά τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς, οι οποίοι εγκαθίστανται στον ίδιο ή όμορο χώρο με την εγκατάσταση κατανάλωσης, που συνδέεται στο δίκτυο μέσω της παροχής της ΔΕΗ.

- *Αυτοπαραγωγή με πώληση έως το 20% της παραγόμενης ενέργειας:*

Η επένδυση αυτή αφορά μόνο επιχειρήσεις, οι οποίες , αφού ιδιοκαταναλώσουν (σε πραγματικό χρόνο) μέρος από την παραγόμενη από το φωτοβολταϊκό ενέργεια, έχουν τη δυνατότητα να πωλήσουν στον ΔΑΠΕΕΠ (Διαχειριστής ΑΠΕ & Εγγυήσεων Προέλευσης) έως και 20% της παραγόμενης ενέργειας, εφόσον υπάρχει περίσσειμα.

- *Πώληση της της ενέργειας στο δίκτυο:*

Για τα μικρά φωτοβολταϊκά πάρκα, δηλαδή αυτών που είναι μικρότερα του 1MW, η δικαιοδοσία για την έγκριση και τους όρους σύνδεσης επάγεται στο ΔΕΔΔΗΕ. Οι μεσαίας και μεγάλης κλίμακας φωτοβολταϊκές μονάδες εγκρίνονται και διαχειρίζονται από τη ΡΑΕ.

Με το ισχύον καθεστώς ενίσχυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Ν.4414/2016), οι ενισχύσεις για έργα μεσαίας και μεγάλης ισχύος ισχύουν για 20 χρόνια και χορηγούνται ως διαφορική προσαύξηση, επιπλέον της αγοραίας τιμής με την οποία οι παραγωγοί πωλούν όλη την ηλεκτρική ενέργεια απευθείας στην αγορά, ισχύει δηλαδή ο υποστηρικτικός μηχανισμός των εγγυημένων διαφορικών τιμών (Feed-in-Premium). Επιπλέον, οι λειτουργικές ενισχύσεις για τα έργα αυτής της κλίμακας χορηγούνται στο πλαίσιο μιας ανταγωνιστικής διαδικασίας, κατά την οποία καθορίζεται η εγκατεστημένη ισχύς, η οποία δημοπρατείται μέσω ανταγωνιστικών διαδικασιών υποβολής προσφορών.

Φωτοβολταϊκά ισχύος έως 500kW τιμολογούνταν με βάση τον υποστηρικτικό μηχανισμό των εγγυημένων σταθερών τιμών FiT. Με το Ν.4602/2019, καθορίστηκαν νέες τιμές αναφοράς και για τα έργα που δεν συμμετέχουν σε ανταγωνιστικές διαδικασίες. Σταθμοί με εγκατεστημένη ισχύς έως 1 MW τιμολογούνται με βάση τη μεσοσταθμική τιμή αναφοράς που προέκυψε κατά τις τρεις προηγούμενες, πριν την τελευταία, ανταγωνιστικές διαδικασίες υποβολής προσφορών, με ανάλογες προσαυξήσεις έως και 10%. Συγκεκριμένα, το 2020 και μέχρι και 30/4/2021, οι τιμές αναφοράς για την κατηγορία αυτή έργων θα συναρτώνται από τα αποτελέσματα των προηγούμενων ανταγωνιστικών διαδικασιών, ενώ από 1/5/2021 οι τιμές αυτές θα είναι ρυθμιζόμενες και σταθερές [50]

4.3. ΑΓΡΟΤΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Ο αγροτικός τομέας συμβάλει στη διατροφή του πληθυσμού, στην επισιτιστική ασφάλεια και στην ασφάλεια των τροφίμων, παράγοντες που τον καθιστούν στρατηγικής σημασίας τομέα για την οικονομική και κοινωνική ευημερία. Η επαρκής χρήση αγροτικών εφοδίων και άλλων εισροών διαδραματίζει πρωτεύοντα ρόλο για την ανταγωνιστικότητα και ανάπτυξη του αγροτικού τομέα, για την παραγωγή ποιοτικών προϊόντων και τελικά για τη βελτίωση του εισοδήματος των αγροτών. Η Ελλάδα είναι ιδιαίτερα ευνοημένη όσον αφορά τον πρωτογενή τομέα, καθώς οι κλιματολογικές και εδαφολογικές συνθήκες επιτρέπουν την καλλιέργεια ποικίλων ειδών διατροφής υψηλής ποιότητας, ακόμα και μοναδικών στο είδος της παγκοσμίως (κρόκος Κοζάνης, ελιά Χαλκιδικής κ.ά.), καθώς και την εκτροφή ζώων. Ο αγροτικός τομέας στην Ελλάδα

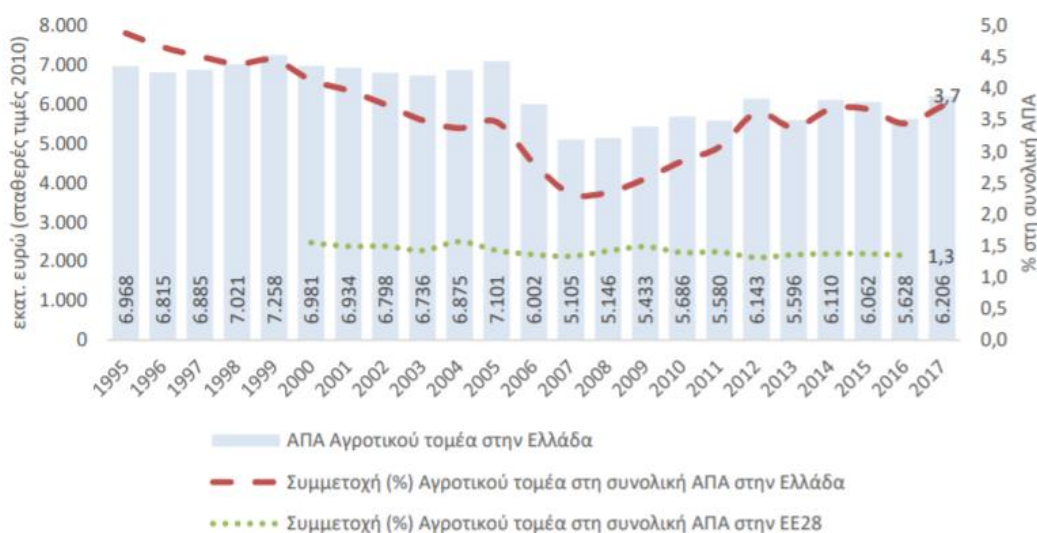
αποτελεί διαχρονικά έναν από τους πυλώνες της εθνικής οικονομίας και εμφανίζει στενές διασυνδέσεις με τους τομείς της εγχώριας οικονομικής δραστηριότητας, όπως της βιομηχανίας τροφίμων και ποτών και της εστίασης [51].

Η Ελλάδα καταλαμβάνει έκταση 131.957 km² και έχει μόνιμο πραγματικό πληθυσμό 10,72 εκατομμυρίων κατοίκων, σύμφωνα με την απογραφή του 2019. Το 31,3% των ελληνικών εκτάσεων θεωρούνται κυρίως αγροτικές περιοχές, το 23,5% ενδιάμεσες και το υπόλοιπο 45,2% κυρίως αστικές, σύμφωνα με τις στατιστικές της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την Γεωργία και την Αγροτική Ανάπτυξη FAO. [52]

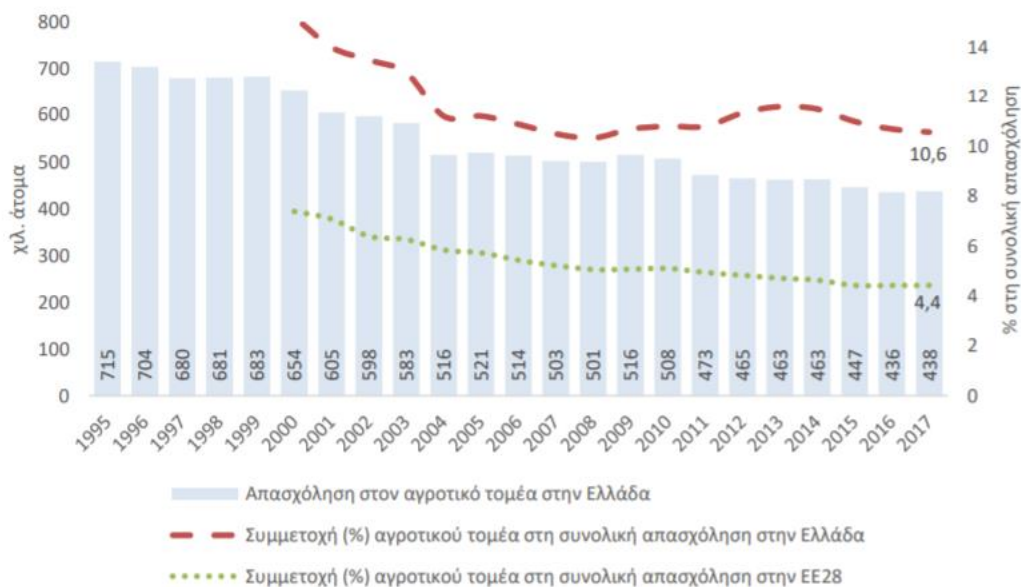
Η ακαθάριστη προστιθέμενη αξία του αγροτικού τομέα (μόνο για την γεωργία και την κτηνοτροφία) στην Ελλάδα, όπως καταγράφηκε το 2017, διαμορφώθηκε σε 6,2 δισεκατομμύρια ευρώ, δηλαδή στο απόγειό του από το 2005 . Το γεγονός αυτό καταδεικνύει ότι η γεωργία και η κτηνοτροφία κατέχουν σημαντική θέση στη διαμόρφωση του ΑΕΠ (Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν), επιβεβαιώνοντας τον σημαντικό ρόλο της στην εγχώρια οικονομία. Ωστόσο, ο σταδιακός διαρθρωτικός μετασχηματισμός της ελληνικής οικονομίας αντανάκλαται στη μείωση του μεριδίου του αγροτικού τομέα από 4,9% το 1995 σε 3,7% το 2017. [51]

Στον αγροτικό τομέα στην Ελλάδα εργάστηκαν 438 χιλ. άτομα το 2017, σε όρους ετήσιας ισοδύναμης απασχόλησης. Το ποσοστό του ελληνικού πληθυσμού που δραστηριοποιούνταν στον αγροτικό τομέα μειώθηκε από 15,2% το 2000 σε 10,6% το 2017. Σε σύγκριση με τον μέσο όρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης (4,4% το 2017), κυμαίνεται σε υψηλότερα επίπεδα, γεγονός που καταδεικνύει τη συμβολή της γεωργίας και της κτηνοτροφίας στην ελληνική οικονομία και στις ευκαιρίες απασχόλησης. Την περίοδο 2009-2017, διακρίνεται η μείωση των απασχολούμενων κατά σχεδόν 80 χιλιάδες άτομα [51].

Διάγραμμα 4: Ακαθάριστη Προστιθέμενη Αξία (ΑΠΑ) Αγροτικού τομέα (Γεωργία και Κτηνοτροφία). Πηγή: Eurostat, Ανάλυση IOBE [51]



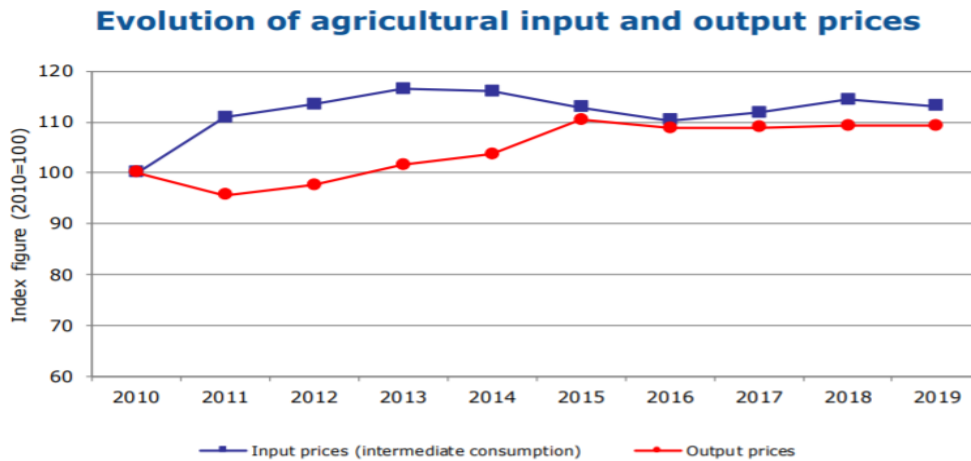
Διάγραμμα 5: Απασχόληση στον αγροτικό τομέα. Πηγή: Eurostat, Ανάλυση IOBE [51]



Επίσης, από το 2010, παρατηρείται ότι οι γενικοί δείκτες εκροών του αγροτικού τομέα, χωρίς τις επιδοτήσεις, στην Ελλάδα, είναι διαρκώς σε χαμηλότερο επίπεδο από τους δείκτες εισροών [53]. Οι δείκτες εισροών περιλαμβάνουν το σύνολο των υλικών πόρων που χρησιμοποιούνται στις διαδικασίες παραγωγής αγροτικών προϊόντων και αποτελούν, μαζί με την ανθρώπινη εργασία, τους συντελεστές της αγροτικής παραγωγής. Συγκεκριμένα, ο δείκτης εισροών αντιπροσωπεύει την καλλιεργήσιμη γη με το φυτικό και ζωικό κεφάλαιο, τον μηχανολογικό εξοπλισμό, καθώς και τους

ενεργειακούς και υδατικούς πόρους που ένας παραγωγός πρέπει να χρησιμοποιήσει. Ως δείκτης τιμών εκροών νοούνται οι απολαβές των παραγωγών στον τομέα της γεωργίας και της κτηνοτροφίας κατά την πώληση των γεωργικών προϊόντων τους.

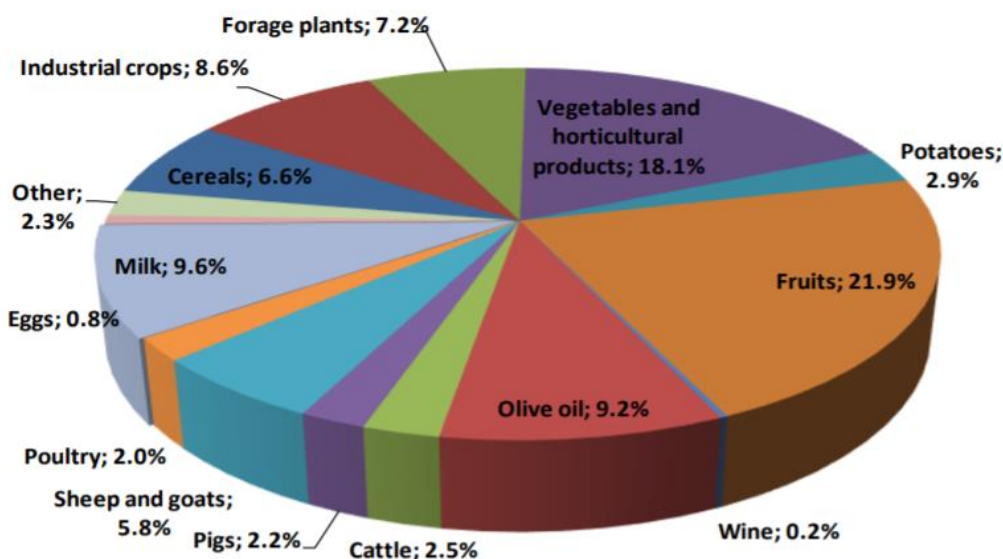
Διάγραμμα 6: Εξέλιξη των τιμών εισροών και εκροών του αγροτικού τομέα. Πηγή: Eurostat [53]



Το σύνολο των γεωργικών εκτάσεων της χώρας το 2017 ήταν 5,15 εκατομμύρια εκτάρια. Το 39% ποσοστό επί του συνόλου των εκτάσεων κάλυπταν οι μόνιμοι βοσκότοποι, η έκταση των οποίων σημείωσε κατακόρυφη αύξηση το 2008, όταν οι κοινοτικές ενισχύσεις αποσυνδέθηκαν από την παραγωγή και συνδέθηκαν με τις εκτάσεις. Οι αρόσιμες εκτάσεις, οι οποίες περιλαμβάνουν τα φυτά μεγάλης καλλιέργειας και λοιπές καλλιέργειες (σιτηρά για καρπό, βρώσιμα όσπρια, βιομηχανικά φυτά, κτηνοτροφικά φυτά, μπιστανικά και πατάτες) κάλυπταν το 37% της γεωργικής έκτασης. Το υπόλοιπο 24% καταλαμβάνεται από τις μόνιμες δενδρώδεις καλλιέργειες και σε πολύ μικρό ποσοστό από κήπους ιδιωτικής κατανάλωσης. Έτσι, ανάλογα με την εκμετάλλευση των γεωργικών εκτάσεων, οι μέσες εκροές προϊόντων για την περίοδο 2017- 2019 διαμορφώθηκαν όπως παρουσιάζεται στο ακόλουθο διάγραμμα.

Διάγραμμα 7: Εκροές αγροτικού τομέα. Πηγή: Eurostat [53]

Output components (2017-2019 average)



Οι διαδικασίες αναμόρφωσης των δασικών εκτάσεων στην ελληνική επικράτεια τα τελευταία χρόνια έχει μεταβάλλει σημαντικά τις καλλιεργούμενες εκτάσεις. Σύμφωνα με στατιστικά της FAO, από το σύνολο των περιβαλλοντικών εκτάσεων το 27,2% αποτελούσαν δασικές εκτάσεις, ενώ το 69,7% αγροτικές το 1997. Ύστερα από μία εικοσαετία, τα ποσοστά αυτά διαμορφώθηκαν σε 31,9% και 47,3% για δασικές και αγροτικές περιοχές αντίστοιχα.[52] Παρατηρείται, δηλαδή μία τεράστια μείωση των αγροτικών εκτάσεων, που συνεπάγεται και μείωση των καλλιεργειών. Επίσης, με την σύνταξη και κύρωση των δασικών χαρτών τα τελευταία χρόνια, έχουν δημιουργηθεί προβλήματα αμφισβήτησης των ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων σε αγροτεμάχια, πολλά εκ των οποίων προορίζονται για γεωργική εκμετάλλευση.

4.4.ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΕ ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

Η ικανοποίηση της ελληνικής ενεργειακής ζήτησης σε συνδυασμό με τη βιωσιμότητα, μπορεί να επιτευχθεί μόνο με την απολιγνιτοποίηση και τη στροφή της την αξιοποίηση του ηλιακού πόρου και άλλων ΑΠΕ. Από το 2007 και έπειτα, οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις πληθαίνουν εκθετικά. Οι φωτοβολταϊκές μονάδες συναντώνται πλέον παντού, ιδιαίτερα σε περιοχές που χαρακτηρίζονται ως αγροτικές. Την τελευταία εικοσαετία, έχουν παρατηρηθεί αξιοσημείωτες μεταβολές των συνθηκών γεωργικής

και κτηνοτροφικής παραγωγής και των χρήσεων γης. Στο πλαίσιο των σύγχρονων μεταβολών, οι ηλιακές εγκαταστάσεις επηρεάζουν σημαντικά τις αγροτικές γαίες, ωφελώντας δραστικά ορισμένες διαδικασίες, δυσχεραίνοντας, όμως, άλλες.

4.4.1. Εφαρμογές και Οφέλη

Η βιώσιμη ανάπτυξη του αγροτικού τομέα περιορίζεται από την αυξανόμενη εξάρτησή του από δραστηριότητες υψηλής ενεργειακής έντασης, οι οποίες συνήθως πραγματοποιούνται με τη χρήση ορυκτών καυσίμων. Λαμβάνοντας υπόψη την υψηλή ενεργειακή ζήτηση, σε συνδυασμό με τις συνέπειες του υψηλού αποτυπώματος άνθρακα των γεωργικών δραστηριοτήτων, η ανάγκη υιοθέτησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις αγροτικές μονάδες είναι ζωτικής σημασίας. Η χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων συμβάλλει άμεσα στην αντιμετώπιση κινδύνων της δημόσιας υγείας, μετριάζοντας την ατμοσφαιρική ρύπανση με την αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων.

Έχουν διεξαχθεί διάφορες έρευνες εφαρμογών των ηλιακών φωτοβολταϊκών συστημάτων σε γεωργικές πρακτικές. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα άντλησης νερού συγκαταλέγονται στις πιο ελπιδοφόρες εφαρμογές ηλιακής ενέργειας, ειδικά σε απομακρυσμένες τοποθεσίες χωρίς αξιόπιστη πρόσβαση σε ηλεκτρικό δίκτυο και οικονομικά καύσιμα ντίζελ. Τα ηλιακά συστήματα άντλησης είναι παρόμοια με τα συμβατικά, εκτός του ότι καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τις φωτοβολταϊκές μονάδες, αντί του ηλεκτρικού δικτύου ή καυσίμων ντίζελ. Τα συστήματα αυτά είναι οικολογικά, με χαμηλή συντήρηση και χωρίς κόστος καυσίμου. Επιπλέον, οι μπαταρίες αποθήκευσης ενέργειας μπορούν να αντικατασταθούν από δεξαμενές αποθήκευσης, οι οποίες συγκεντρώνουν νερό με την παρουσία ηλιακού φωτός και αποθηκεύεται για νυχτερινές ή συννεφιασμένες εφαρμογές.

Η άρδευση καλλιεργειών είναι μια από τις πιο σημαντικές δραστηριότητες στη γεωργία και απαιτεί σημαντικά ποσά ενέργειας. Προκειμένου να αναπτυχθεί ένα φωτοβολταϊκό σύστημα άρδευσης, το πρώτο βήμα είναι η εκτίμηση των υδατικών πόρων με τον προσδιορισμό της ποσότητας νερού στους υπόγειους και επιφανειακούς πόρους. Επιπλέον, προσδιορίζονται οι απαιτήσεις νερού των καλλιεργειών, οι καιρικές συνθήκες και το δυναμικό της ηλιακής ακτινοβολίας, προκειμένου να γίνει η ορθή

επιλογή των φωτοβολταϊκών μονάδων και των άλλων απαιτούμενων ηλεκτρονικών και υδραυλικών διατάξεων. Ωστόσο, η εφαρμογή τους είναι εφικτή για εκτάσεις μικρότερες των 4 εκταρίων, αφού μπορεί να προσφέρει χαμηλές παροχές για στάγδην άρδευση [54]. Έτσι, τα ηλιακά συστήματα άρδευσης χρησιμοποιούνται κυρίως σε απομακρυσμένες περιοχές από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι κτηνοτροφικές μονάδες, ιδιαίτερα αυτές που δραστηριοποιούνται με την γαλακτοπαραγωγή, απαιτούν υψηλή ενεργειακή ένταση, η οποία βασίζεται στην πρόσβαση στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Ο τεχνητός φωτισμός έχει άμεση επίδραση στα ζώα που διατηρούνται στις κτηνοτροφικές μονάδες και επηρεάζει το ρυθμό παραγωγής γάλατος και την υγεία τους. Η διαδικασία της άμελξης των ζώων είναι πρωταρχική για την παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων και η καθημερινή απαίτησή της υποχρεώνει τους κτηνοτρόφους να καταναλώνουν σημαντικά ενεργειακά ποσά. Επιπρόσθετο ηλεκτρικό φορτίο απαιτεί η διατήρηση του γάλατος, η οποία πραγματοποιείται με την ολόημερη λειτουργία δεξαμενών ψύξης. Όλες αυτές οι διαδικασίες χρειάζονται ενέργεια και τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν σε μεγάλο βαθμό τη δυνατότητα να την παρέχουν. Σε μία μελέτη των Bey κ.ά., αξιολογήθηκε η σκοπιμότητα χρήσης διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών συστημάτων σε γαλακτοκομικές εκμεταλλεύσεις και διαπιστώθηκε ότι η χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων όχι μόνο μειώνει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, αλλά επίσης αυξάνει την παραγωγή γάλακτος κατά 8%. [55]

Τα θερμοκήπια αποτελούν πλέον αναπόσπαστα στοιχεία των σύγχρονων γεωργικών συστημάτων. Χρησιμοποιούνται για την προστασία των καλλιεργειών από τις σκληρές εξωτερικές καιρικές συνθήκες, ενώ συμβάλλουν στην πρόληψη της μόλυνσης και την προστασία από παράσιτα. Επιπλέον, τα θερμοκήπια προσφέρουν τη δυνατότητα καλλιέργειας συγκεκριμένων τύπων καλλιεργειών, όπως φρούτα, λαχανικά, λουλούδια και βότανα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας των θερμοκηπίων μπορεί να καλυφθεί είτε τοποθετώντας τις φωτοβολταϊκές μονάδες στις στέγες ή στους τοίχους του θερμοκηπίου, είτε εγκαθιστώντας τις ως ξεχωριστή μονάδα.

Η εφαρμογή των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις προσφέρει ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών δυνατοτήτων για την περαιτέρω

αποδοτικότητα της επιχείρησης. Τα ολοκληρωμένα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να είναι αυτόνομα σε τμήματα που δεν εξυπηρετούνται από το δίκτυο της ΔΕΗ, διευκολύνοντας την αγροτική παραγωγή στις απομακρυσμένες περιοχές που απαιτούν δαπανηρά κόστη για ενέργεια. Στα πλαίσια των Σχεδίων Βελτίωσης του Προγράμματος Αγροτικής Ανάπτυξης και συγκεκριμένα της Δράσης 4.1.3 «Υλοποίηση επενδύσεων που συμβάλλουν στη χρήση ΑΠΕ καθώς και στην προστασία του περιβάλλοντος» οι αγρότες και οι κτηνοτρόφοι μπορούν να αιτούνται ενίσχυσης για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων στις μονάδες τους. Σε περίπτωση που αυτές είναι απομακρυσμένες από το δίκτυο της ΔΕΗ και δεν υπάρχει διασύνδεση με αυτό, για την ηλεκτροδότησή τους προβλέπεται η εγκατάσταση αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος με μπαταρίες.

Τα διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα προσφέρουν, πέρα από την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών, οικονομικά οφέλη για τους αγρότες που τα εγκαθιστούν. Συγκεκριμένα, τα τελευταία χρόνια μέσω του «Net Metering» επιτυγχάνεται η ενεργειακή αυτοπαραγωγή παράλληλα με τον ενεργειακό συμψηφισμό. Το Net Metering μπορεί να εφαρμοστεί από αγρότες, κτηνοτρόφους και αλιείς. Με την εγκατάσταση του κατάλληλου φωτοβολταϊκού συστήματος, μπορούν να καλυφθούν οι ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια, για τη λειτουργία αντλιοστασίων, την άρδευση των χωραφιών, την πτηνοτροφικών και κτηνοτροφικών μονάδων, θερμοκηπίων και λοιπών διαδικασιών μειώνοντας σημαντικά το λειτουργικό τους κόστος. Ειδικά για τους αγρότες επιτρέπεται και ο εικονικός συμψηφισμός «Virtual Net Metering», κατά τον οποίο δίνεται η δυνατότητα εγκατάστασης της φωτοβολταϊκής μονάδας σε διαφορετικό χώρο από την εγκατάσταση κατανάλωσης. Η ενέργεια που δεν καταναλώνεται από τις αγροτικές μονάδες, διαχέεται στο ηλεκτρικό δίκτυο και συμψηφίζεται με το ποσό του ηλεκτρισμού που αντλούν από το δίκτυο, μειώνοντας σημαντικά τους λογαριασμούς της ΔΕΗ και αυξάνοντας άμεσα το εισόδημά των αγροτών. Επίσης, σύμφωνα με την πρόσφατη αλλαγή στα αγροτικά φωτοβολταϊκά με το νομοσχέδιο του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας 4602/19, δίνεται η δυνατότητα στους κατά κύριο επάγγελμα αγρότες, να εγκαταστήσουν μέχρι δύο αγροτικά φωτοβολταϊκά συστήματα δυναμικότητας έως 500 kW έκαστο, με σκοπό την πώληση ηλεκτρικού ρεύματος. Με αυτόν τον τρόπο, έχουν επιπλέον εισόδημα από την πώληση της περίσσιας ενέργειας που διοχετεύεται στο δίκτυο της ΔΕΗ.

Για την ποσοτικοποίηση των ενεργειακών μεγεθών και των τιμών δίνεται το ακόλουθο παράδειγμα. Το κόστος κατασκευής ενός φωτοβολταϊκού πάρκου 100kW εκτιμάται στα 80.000€. Η προβλεπόμενη απόδοση της ηλιακής μονάδας στην Ελλάδα κυμαίνεται στα 1.300-1.600 kWh/kWp/έτος, ανάλογα με την περιοχή, τον προσανατολισμό κι άλλους παράγοντες. Χρησιμοποιώντας για τους σκοπούς του παραδείγματος απόδοση 1.450 kWh/kWp/έτος, η ενέργεια που παράγει το φωτοβολταϊκό πάρκο ετησίως ανέρχεται στις 145.000 kWh. Με τιμή πώλησης της κιλοβατώρας στα 0,075 € τα ετήσια κέρδη από τα φωτοβολταϊκά για τον αγρότη θα είναι περίπου 10.900€.

Τα τελευταία χρόνια, βρίσκονται σε εξέλιξη παγκοσμίως οι εφαρμογές των αγροφωτοβολταϊκών συστημάτων. Πρόκειται για ένα σύστημα που συνδυάζει τις καλλιέργειες εδάφους με τα φωτοβολταϊκά πάνελ. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια τοποθετούνται σε λεπτούς πυλώνες πάνω από το έδαφος, σε ύψος από τρία έως πέντε μέτρα, αφήνοντας έτσι διαθέσιμο χώρο για καλλιέργειες. Οι καλλιέργειες ευνοούνται λόγω της σκίασης που προσφέρεται από τα πλαίσια, ενώ προστατεύονται από ακραίες καιρικές συνθήκες και μειώνεται σημαντικά η εξάτμιση του νερού. Τα φωτοβολταϊκά ευνοούνται από το γεγονός ότι η καλλιέργεια δημιουργεί δροσερότερο περιβάλλον στο κάτω μέρος των πλαισίων αναπτύσσοντας την απόδοσή τους, ενώ εκτιμάται ότι αυξάνεται σημαντικά η αντανάκλαση του φωτός στο πίσω μέρος, κάτι που αυξάνει ακόμη περισσότερο την απόδοση των νέων σύγχρονων πλαισίων διπλής όψης. Παράλληλα, επιτυγχάνεται η βέλτιστη δυνατή αξιοποίηση της γης, αφού εκπληρώνει ταυτόχρονα την ικανοποίηση της ζήτησης για τρόφιμα και για ενέργεια και ο κάτοχός τους έχει τη δυνατότητα να εισπράξει διπλά κέρδη.



Εικόνα 10: Αγροφωτοβολταϊκό σύστημα. Πηγή: iconsolar.com [56]

4.4.2 Ενδεχόμενοι Κίνδυνοι

Η μαζική ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών πάρκων στην Ελλάδα, που προέκυψε από την εκθετική μείωση του κόστους των κυττάρων, τις επιδοτήσεις και τα προγράμματα για τη μετάβαση στην αειφόρο ενέργεια, ασκεί νέες πιέσεις στα χερσαία εδάφη. Όσοι επιθυμούν να επενδύσουν στις ΑΠΕ στρέφονται στα φωτοβολταϊκά, εκμεταλλευόμενοι το χαμηλό κόστος εγκατάστασης και την χαμηλή όχληση σε σχέση με τους ανανεώσιμους πόρους, όπως τα αιολικά, αναζητώντας κομμάτια γης που ικανοποιούν νομικές και λειτουργικές προϋποθέσεις. Αν και η ηλιακή ενέργεια είναι ουσιαστικά ανεξάντλητη, η επιφάνεια στην οποία μπορεί να δημιουργηθεί είναι περιορισμένη. Η ανάπτυξη συστημάτων στην ξηρά εισάγει ερωτήματα σχετικά με τις χρήσεις και απαιτήσεις της γης. Για αυτούς τους λόγους, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε τις τρέχουσες και τις μελλοντικές επιπτώσεις και κινδύνους από τη χρήση γης για την παραγωγή ενέργειας.

Πρωταρχικά, η υλοποίηση των πάρκων απαιτεί μεγάλες τιμεντένιες βάσεις, μεταλλικές κατασκευές, επιχωματώσεις με χαλίκια και αδρανή και κάποιες φορές την κατάλληλη μορφοποίηση της κλίσης του εδάφους, ισχυρά φυτοφάρμακα για την εξάλειψη φυτών και άλλες διεργασίες, οι οποίες διαβρώνουν και υποβαθμίζουν την ποιότητα της γης. Αυτό σημαίνει ότι η γη μπορεί να αλλοιωθεί ανεπανόρθωτα και να χρειαστεί μεγάλο χρονικό διάστημα να επανέλθει σε καλλιεργήσιμη και αξιοποιήσιμη για αγροτικούς σκοπούς.

Όλο και περισσότεροι επενδυτές αναζητούν γη στην ελληνική επικράτεια που εμφανίζει τις καλύτερες προδιαγραφές για την απόδοση των φωτοβολταϊκών πάρκων. Η αγροτική γη πληροί τα κριτήρια για την εγκατάσταση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας, αφού πρόκειται συνήθως για μεγάλες ενιαίες εκτάσεις χωρίς υψηλές διακυμάνσεις της εδαφικής κλίσης με επαρκή ηλιοφάνεια. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι ιδιαίτερα ελκυστικά για εταιρίες που στοχεύουν στην κατασκευή πάρκων υψηλής ισχύος, προκειμένου να επιτύχουν μεγάλα κέρδη και να είναι ανταγωνιστικές. Ωστόσο, η υλοποίηση έργων μεγάλης ισχύος απαιτεί και την ανάλογη έκταση γης. Συγκεκριμένα, για την κατασκευή φωτοβολταϊκού πάρκου 1 MW χρειάζονται περίπου 26 στρέμματα γης. Επομένως, εταιρίες που επιδιώκουν να δημιουργήσουν μεγάλες

ενεργειακές κοινότητες αναζητούν εκατοντάδες στρέμματα γης, συνήθως ενιαία, τα οποία βρίσκονται εύκολα σε αγροτικές περιοχές.

Με τα σημερινά δεδομένα του αγροτικού τομέα στην Ελλάδα, ένα σημαντικό μέρος των αγροτών αγωνιά να βιοποριστεί. Ταυτόχρονα, ένας αυξανόμενος αριθμός επενδυτών προσφέρει αξιόλογα ποσά για την ενοικίαση ή αγορά των αγροτεμαχίων. Ως επακόλουθο των προαναφερόμενων συνθηκών, οι ιδιοκτήτες παραχωρούν τα οικόπεδά τους με μεγάλη προθυμία στους παραγωγούς ενέργειας, έναντι των αγροτών που καλλιεργούν με χαμηλά ενοίκια. Η πλειοψηφία των ιδιοκτητών αυτών πρόκειται για αγρότες, οι οποίοι με την ενοικίαση της γης τους για φωτοβολταϊκά έχουν υψηλότερες εισπράξεις από αυτές που θα είχαν αν καλλιεργούσαν οι ίδιοι τα χωράφια τους.

Συγκεκριμένα, δίνεται το παρακάτω παράδειγμα για να γίνει αντιληπτή η οικονομική διάσταση του θέματος. Ένα μέσος αγρότης αραβοσίτου παράγει ετησίως 1450-1600 kg/στρ. Με τη σημερινή τιμή πώλησης καλαμποκιού στα 0,16 €/kg, εισπράττει περίπου 250 € ανά στρέμμα καλλιέργειας. Εντούτοις, τα ποσά που δαπανάει για όλη τη παραγωγική διαδικασία (φυτοφάρμακα, λιπάσματα, υδατικούς και ενεργειακούς πόρους, εργατικά, εξοπλισμό κ.ά.) ανέρχεται στα 150€ το στρέμμα, αξιοποιώντας τη γη της ιδιοκτησίας του. Τα ενοίκια αγροτεμαχίων για καλλιέργειες κυμαίνονται από 50-70 €/στρ. Συνεπώς, το κέρδος του αγρότη είναι περίπου στα 100 € ανά στρέμμα καλλιέργειας και κάτω. Συγκριτικά, οι τιμές μίσθωσης αγροτικής γης για κατασκευή φωτοβολταϊκών πάρκων ανέρχονται στα 180-250 €/στρ. Τα μεγέθη αυτά φαντάζουν σαν ευκαιρίες για τους αγρότες, οι οποίοι χωρίς να πασχίσουν έχουν τη δυνατότητα να αποκομίσουν μεγαλύτερα κέρδη.

Μέχρι το Μάρτιο του 2020, απαγορευόταν η ίδρυση φωτοβολταϊκού πάρκου σε περιοχές χαρακτηρισμένες από τις Διευθύνσεις Περιφερειών ως Γεωργική Γη Υψηλής Παραγωγικότητας. Οι περιοχές που ανήκουν στη ζώνη Γεωργικής Γης Υψηλής Παραγωγικότητας είναι ουσιαστικά κομμάτια γης, στα οποία απαγορεύεται οποιαδήποτε άλλη χρήση πλην της γεωργικής. Η πλειοψηφία τους προέρχεται από διανομές ή αναδασμούς, ενώ το κράτος έχει χρησιμοποιήσει οικονομικούς πόρους στις περιοχές αυτές για την κατασκευή αρδευτικών και αποστραγγιστικών έργων και

δικτύων. Ωστόσο, η νέα διάταξη του νόμου 4643/2019 επιτρέπει την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων με όριο ισχύος έως 1 MW, σε αγροτεμάχια τα οποία έχουν χαρακτηριστεί ως γη υψηλής παραγωγικότητας, με την προϋπόθεση ότι οι εκτάσεις φωτοβολταϊκών στο σύνολό τους δεν ξεπερνούν το 0,5% για την Περιφέρεια Αττικής και το 1% για τους υπόλοιπους νομούς καλλιεργούμενων εκτάσεων. Συνεπώς, πλέον νομικά επιτρέπεται η αλλοίωση των σημαντικότερων γεωργικών γαιών.

Στην Ελλάδα, υπάρχουν μεγάλες χορτολιβαδικές εκτάσεις κυριότητας Ελληνικού Δημοσίου, που έχουν τον κατάλληλο προσανατολισμό, κλίση και τις προδιαγραφές για την κατασκευή φωτοβολταϊκών πάρκων. Οι διαδικασίες παραχώρησης των γαιών για εκμετάλλευση από το Δημόσιο σε Ιδιώτη είναι δαιδαλώδεις και εξαιρετικά χρονοβόρες. Επιπρόσθετα, με την ανάρτηση των Δασικών Χαρτών, αρκετές περιοχές που θεωρούνται αξιοποιήσιμες για φωτοβολταϊκά, χαρακτηρίζονται ως δασικές εκτάσεις. Ένα μεγάλο μέρος των εδαφών αυτών, στην πραγματικότητα δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη βιοκοινοτήτων, δεν αποτελούν δάση. Αυτά τα τμήματα γης μένουν ουσιαστικά ανεκμετάλλευτα, αφού ο ΔΕΔΔΗΕ και η ΡΑΕ που είναι οι αρμόδιες υπηρεσίες για την έγκριση σύνδεσης φωτοβολταϊκών στο δίκτυο δεν επιτρέπει τη λειτουργία τους. Συνεπώς, κυρίως οι μικρομεσαίοι επενδυτές προσφεύγουν στην αναζήτηση αγροτεμαχίων ιδιωτών, που κατά βάση βρίσκονται σε αγροτικές περιοχές.

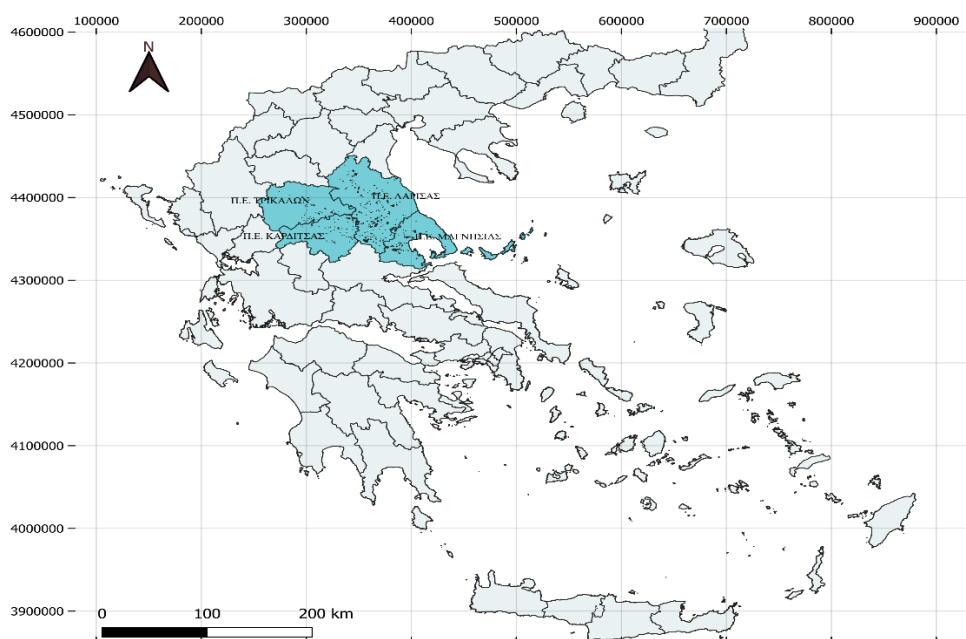
Ως αποτέλεσμα των προαναφερμένων, η αγροτική παραγωγή πλήττεται σε τέτοιο βαθμό που αν δεν υπάρξει ο κατάλληλος έλεγχος, οριοθέτηση και θεσμοθέτηση μπορεί να απορυθμιστούν οι κοινωνικοοικονομικές βάσεις τόσο σε τοπικό, όσο και σε εθνικό επίπεδο.

5. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ – Ο ΚΑΜΠΟΣ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

5.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η σύγκριση της ανταγωνιστικότητας των φωτοβολταϊκών πάρκων με τον αγροτικό τομέα επιλέχθηκε να γίνει για τις πεδιάδες της Περιφέρειας Θεσσαλίας. Η Θεσσαλία πρόκειται για ένα από τα Γεωγραφικά Διαμερίσματα της Ελλάδας που εμφανίζει υψηλή γεωργική και κτηνοτροφική παραγωγή, ενώ τα τελευταία χρόνια παρατηρείται σημαντική αύξηση στην κατοχή γαιών από επενδυτές φωτοβολταϊκής ενέργειας.

5.1.1. ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ



Χάρτης 1: Περιφέρεια Θεσσαλίας.

Η Θεσσαλία συνορεύει δυτικά με την Ήπειρο, βόρεια με την Δυτική και Κεντρική Μακεδονία και νότια με την Στερεά Ελλάδα, ενώ ανατολικά βρέχεται από τα ύδατα του Αιγαίου Πελάγους. Τα όρια του Γεωγραφικού Διαμερίσματος της Θεσσαλίας ταυτίζονται με τα διοικητικά. Η Περιφέρεια Θεσσαλίας αποτελείται από την Π.Ε.

Λάρισας, την Π.Ε. Μαγνησίας, Π.Ε. Καρδίτσας και την Π.Ε. Τρικάλων, που συγκροτούν το ηπειρωτικό τμήμα της, και την Π.Ε. Σποράδων, η οποία ταυτίζεται με το αντίστοιχο νησιωτικό σύμπλεγμα. Στην παρούσα ανάλυση, η τελευταία δεν λαμβάνεται υπόψη, αφού δεν έχει επιτευχθεί μέχρι σήμερα η διασύνδεσή τους με το υπάρχον ηπειρωτικό ηλεκτρικό σύστημα.

Η συνολική έκταση της προς μελέτη περιοχής ανέρχεται στα 13.3775 km², που ισοδυναμεί με το 10,44% της συνολικής έκτασης της Ελλάδας. Οι μόνιμοι κάτοικοι σύμφωνα με την απογραφή του 2011 είναι 718.964, δηλαδή το 6,65% του πληθυσμού της χώρας. Η Π.Ε. της Λάρισας συγκεντρώνει την μεγαλύτερη έκταση και πληθυσμό και η ομώνυμη πόλη αποτελεί την διοικητική πρωτεύουσα της Θεσσαλίας.

Πίνακας 2: Εκτάσεις και Πληθυσμός Π.Ε. Θεσσαλίας. Πηγή: Δεδομένα από ΕΛΣΤΑΤ [57]

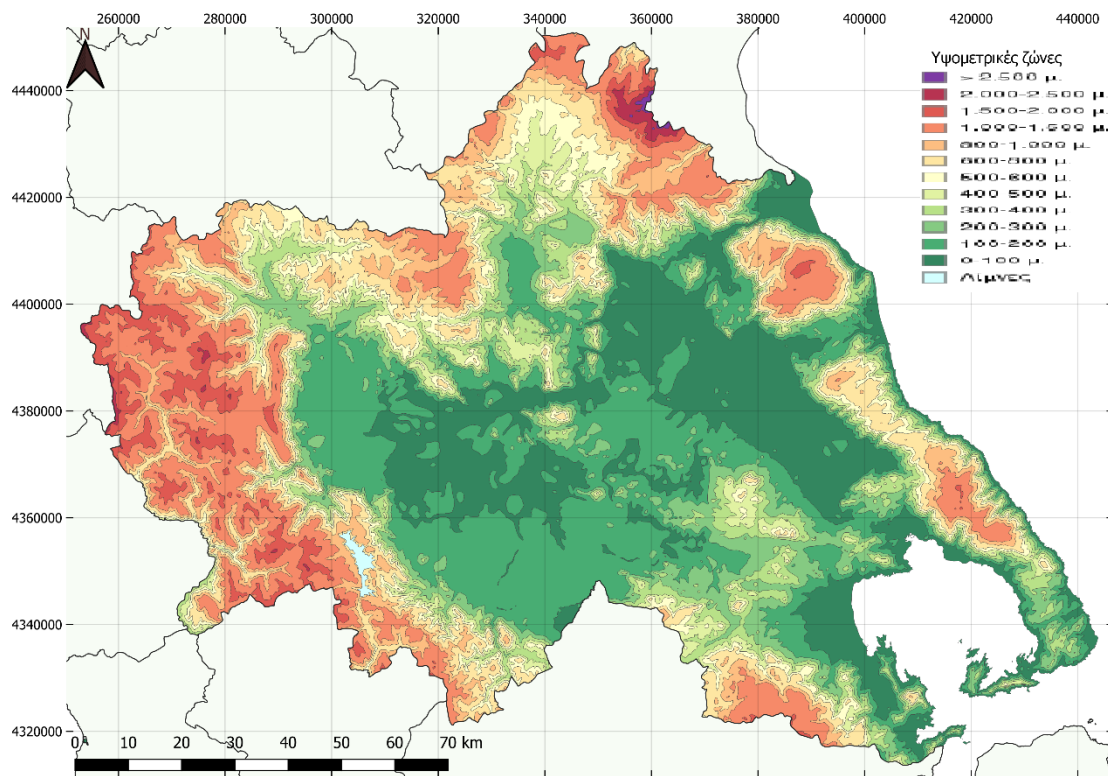
Περιγραφή	Έκταση (km ²)	Μόνιμος Πληθυσμός σύμφωνα με Απογραφή 2011
Π.Ε. Λάρισας	5.387	284.325
Π.Ε. Μαγνησίας	2.364	190.01
Π.Ε. Καρδίτσας	2.637	113.544
Π.Ε. Τρικάλων	3.387	131.085
Περιφέρεια Θεσσαλίας	13.775	718.964
Σύνολο Ελλάδας	131.957	10.816.286

5.1.2. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Η εδαφολογική διαμόρφωση της Θεσσαλίας είναι κατά 45% ορεινή, 36% πεδινή και 17% ημιορεινή. Η Θεσσαλική πεδιάδα, γνωστή και ως Θεσσαλικός κάμπος είναι η δεύτερη μεγαλύτερη πεδιάδα της Ελλάδας και αποτελεί ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της περιοχής. Όπως διαπιστώνεται και από τον ακόλουθο υψομετρικό χάρτη, το πεδινό τμήμα απλώνεται στο κεντρικό μέρος της περιφέρειας, όπου συναντάται και τα χαμηλότερα υψόμετρα. Πρόκειται για μία σχεδόν ενιαία πεδιάδα, γεγονός που καθιστά ευνοϊκή την ανάπτυξη μαζικών καλλιεργειών. Η απέραντη πεδιάδα της Θεσσαλίας περικλείεται από τα βουνά του Πήλιου, Όσσης, Ολύμπου, Καμβουνίων και Όθρυ.

Τα επικρατέστερα μητρικά υλικά που συναντώνται στην περιοχή είναι αλλουβιακές αποθέσεις στα πεδινά τμήματα, σκληρός ασβεστόλιθος, ψαμμιτικός φλύσχης και

γενέσιος στα ορεινά. Στις ημιορεινές περιοχές, περισσότερο βρίσκονται τριτογενείς αποθέσεις ενώ στις παραθαλάσσιες σχιστόλιθοι.



Χάρτης 2: Υψομετρικές Ζώνες Θεσσαλίας. Πηγή: mapsportal.ypen.gr[58], *Ιδία Επεξεργασία*

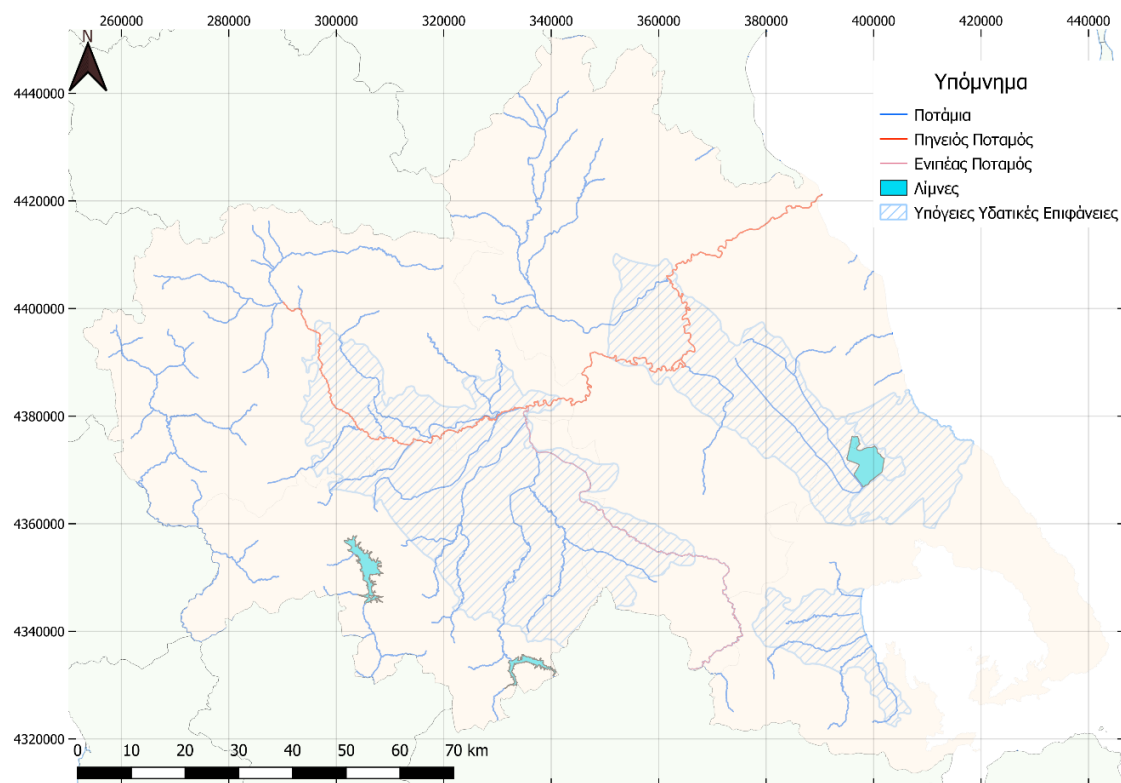
5.1.3. ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

Τα επιφανειακά υδάτινα συστήματα στη Θεσσαλία αποτελούνται από ένα σύνολο ποτάμιων σωμάτων και τεσσάρων λιμναίων. Ο Πηνειός είναι ο μεγαλύτερος θεσσαλικός ποταμός και τρίτος μεγαλύτερος στην Ελλάδα με μήκος 216 km. Διασχίζει τον Θεσσαλικό Κάμπο και εκβάλλει στο Αιγαίο μέσω της Κοιλάδας των Τεμπών. Ο Πηνειός ενισχύεται από ένα σύνολο παραπόταμων, οι κυριότεροι εκ των οποίων είναι ο Ενιπέας (132 km) ο Τιταρήσιος (96 km) και ακολουθούν ο Ληθαίος, ο Καλέντζης και ο Σοφαδίτης.

Η λίμνη Ταυρωπού, γνωστή και ως λίμνη Πλαστήρα, χωρητικότητας 400 εκατ. m³, είναι τεχνητή και εξυπηρετεί την ύδρευση της πόλης της Καρδίτσας, την άρδευση καλλιεργούμενων εκτάσεων και τη λειτουργία του υδροηλεκτρικού σταθμού

παραγωγής. Επίσης, η τεχνητή λίμνη του Σμοκόβου, χωρητικότητας 237 εκατ. m³ χρησιμοποιείται για άρδευση των κοντινών περιοχών και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στα σημαντικά υδάτινα σώματα της Θεσσαλίας, συγκαταλέγεται η λίμνη η Κάρλα, που στο παρελθόν αποτελούσε τη μεγαλύτερη φυσική λίμνη της Ελλάδας, μέχρι την αποξήρανσή της το 1962, η οποία πραγματοποιήθηκε για την προστασία των καλλιεργειών και την ανάπτυξη του αγροτικού τομέα. Ωστόσο, κρίθηκε αναγκαία η ανασύστασή της, η οποία ολοκληρώθηκε το 2018, με στόχο την αντιπλημμυρική προστασία του Πηνειού και την άρδευση και την αποκατάσταση του υπογείου υδροφόρου ορίζοντα. Τέλος, η λίμνη του Αργυροπουλίου, η οποία είναι κι αυτή τεχνητή, αλλά πολύ μικρότερης τάξης μεγέθους από τις προαναφερόμενες.

Η Θεσσαλία διαθέτει πλούσιο υπόγειο υδατικό σύστημα. Η γεωλογική δομή έχει συντελέσει στη δημιουργία εκτεταμένων υπόγειων υδροφοριών, τόσο στις κύριες πεδινές εκτάσεις όσο και στην περίμετρο της πεδινής έκτασης και στα πλέον ορεινά [59]. Οι υπόγειες υδατικές επιφάνειες χρησιμοποιούνται κυρίως για άρδευση, αλλά και τοπικά σε κάποια μέρη για ύδρευση.



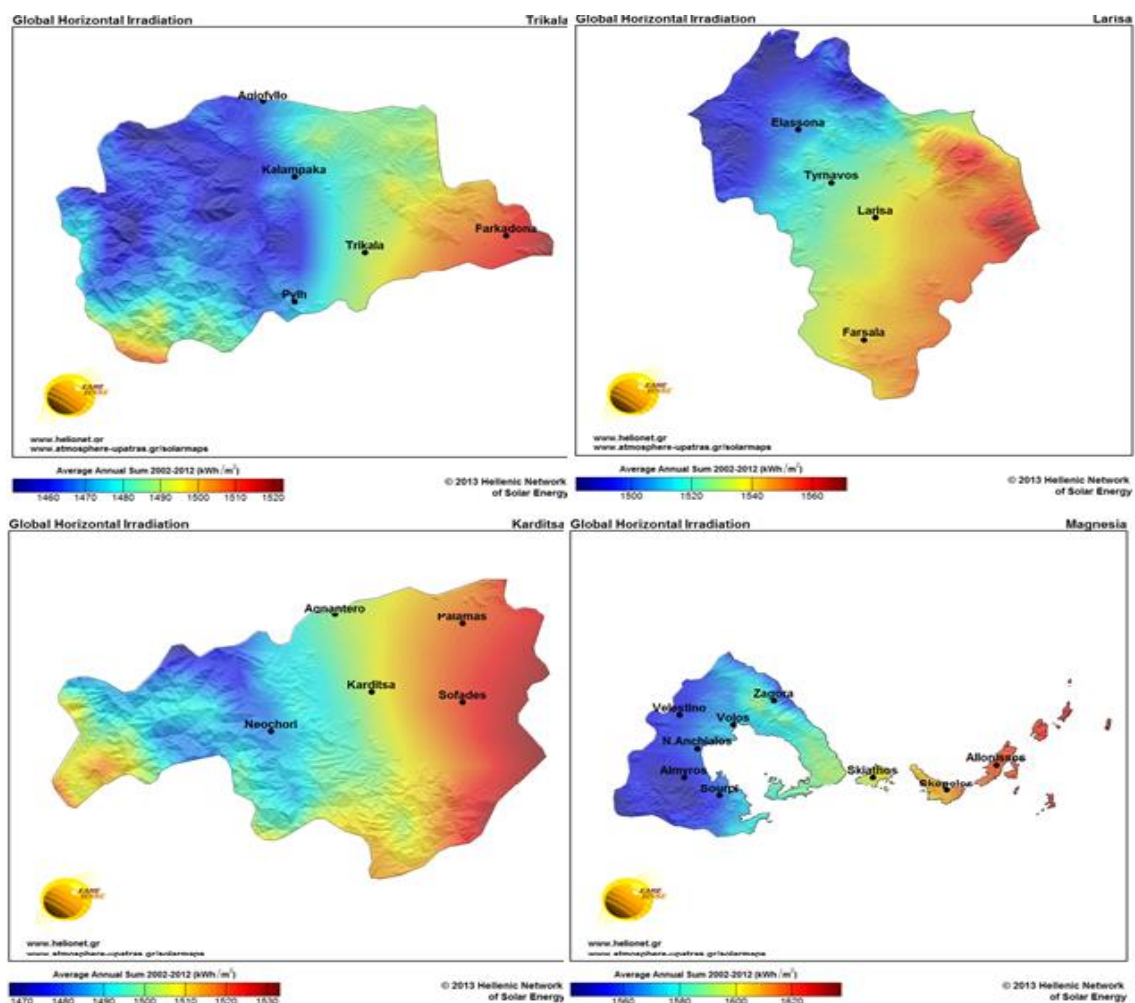
Χάρτης 3: Επιφανειακά και Υπόγεια Ύδατα Θεσσαλίας. Πηγή: www.geodata.gov.gr [60], Ιδία Επεξεργασία

5.1.4. ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η μέση ετήσια ηλιακή ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας στη Θεσσαλία κυμαίνεται από 1440 kWh/m² έως 1590 kWh/m². Συγκεκριμένα, τα εύρη ανά Π.Ε. φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Στη στήλη «Επικρατούσα Τιμή», γίνεται μία εκτίμηση με βάση την ηλιακή ενέργεια που αντιστοιχεί σε περιοχές καλλιεργείων, όπως αυτές προκύπτουν από τον Χάρτη Χρήσεων Γης, που παρατέθηκε προηγουμένως.

Πίνακας 3: Μέση ετήσια ηλιακή ενέργεια ανά Π.Ε.

	Μέση ετήσια ηλιακή ενέργεια (kWh/m ²)		
	Ελάχιστη Τιμή	Μέγιστη Τιμή	Επικρατούσα Τιμή
Π.Ε. Λάρισας	1480	1580	1540
Π.Ε. Μαγνησίας	1540	1590	1570
Π.Ε. Καρδίτσας	1470	1530	1510
Π.Ε. Τρικάλων	1440	1520	1490



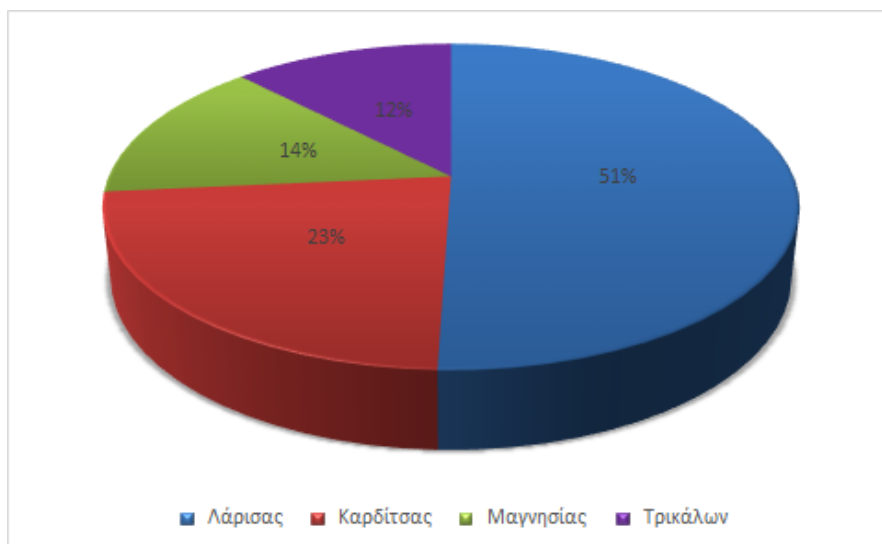
Εικόνα 11: Ηλιακό Δυναμικό Θεσσαλίας ανά Π.Ε.. Πηγή: www.atmosphere-upatras.gr [61]

5.2. ΑΓΡΟΤΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

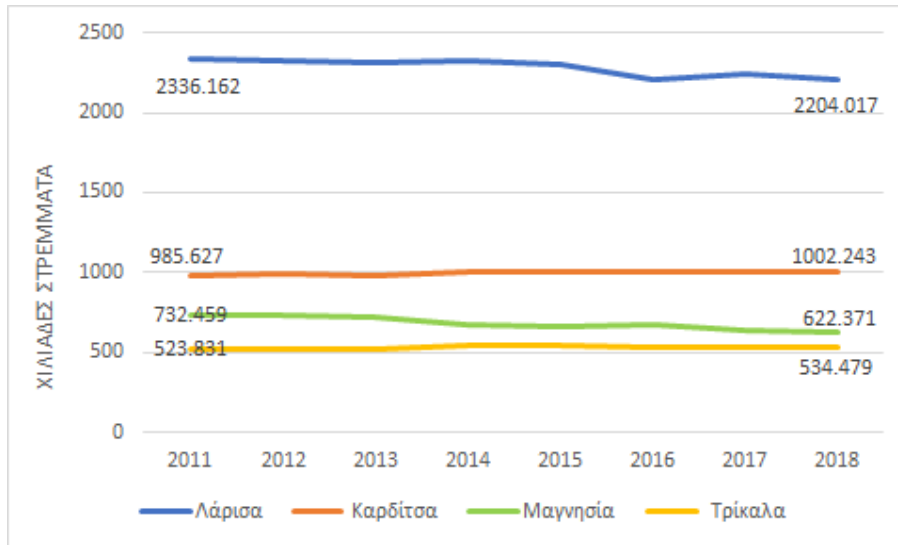
Στη Θεσσαλία, η εκτεταμένη αγροτική παραγωγή και ανάπτυξη επιτεύχθηκε απρόσκοπτα, λόγω της ιδιαίτερης τοπογραφίας και των φυσικών πόρων που διαθέτει η περιοχή, με έμφαση τον Θεσσαλικό Κάμπο. Το σύνολο των καλλιεργούμενων εκτάσεων και αγροαναπαύσεων της Θεσσαλίας είναι περίπου 4,38 εκατομμύρια στρέμματα και καταλαμβάνει το 13,59% του συνόλου των εγχώριων περιφερειών, ενώ καλύπτει πάνω από το 10% της αγροτικής παραγωγής της χώρας [62]. Ο πρωτογενής τομέας, αλλά και ο δευτερογενής που σχετίζεται με την αγροδιατροφική αλυσίδα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο τόσο στην τοπική ανάπτυξη, όσο στην εθνική.

Συγκεκριμένα, η Π.Ε. Λάρισας κατέχει το 51% των καλλιεργήσιμων εκτάσεων της Θεσσαλίας, η Π.Ε. Καρδίτσας το 23% και ακολουθούν η Π.Ε. Μαγνησίας και Τρικάλων, με ποσοστά 14% και 12% αντίστοιχα. Στο διάστημα 2011-2018, παρατηρείται μικρή μείωση των καλλιεργούμενων εκτάσεων της Λάρισας και της Μαγνησίας, ενώ στην Καρδίτσα και τα Τρίκαλα σχετική αύξηση [61].

Διάγραμμα 8: Ποσοστά Καλλιεργούμενων Εκτάσεων της Θεσσαλίας ανά Π.Ε. Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ [61], Ιδία Επεξεργασία

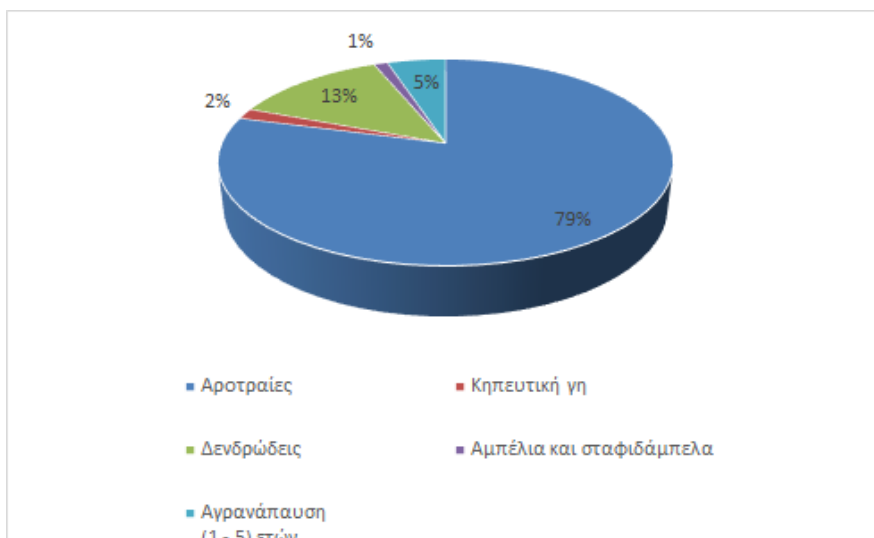


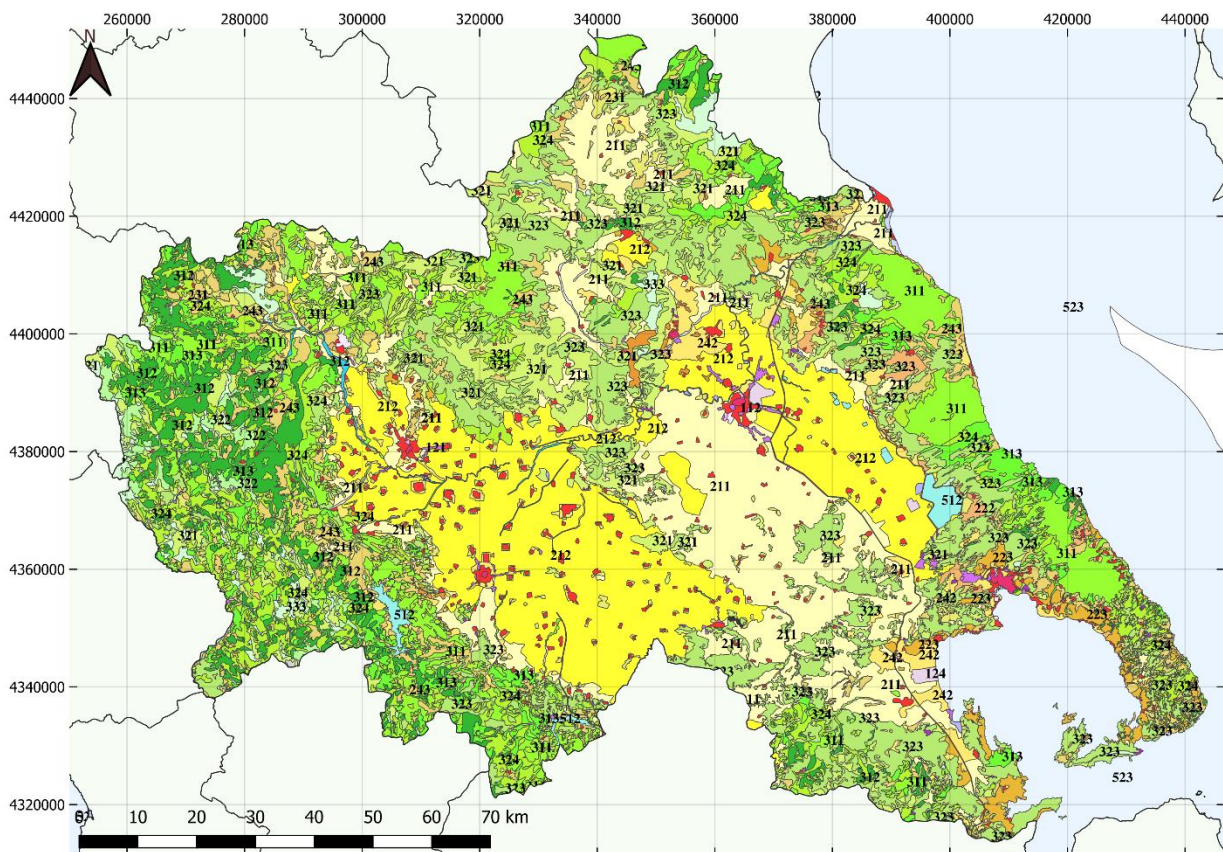
Διάγραμμα 9: Εκτάσεις Καλλιεργειών ανά Π.Ε. για το διάστημα 2011-2018. Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ [61], Ιδία Επεξεργασία



Οι αροτραίες γεωργικές εκμεταλλεύσεις, που περιλαμβάνουν σιτηρά, ρύζι, πρωτεϊνούχες καλλιέργειες, κτηνοτροφικά και βιομηχανικά φυτά, κυριαρχούν στον Θεσσαλικό κάμπο. Εξειδικεύεται στην παραγωγή πολλών καλλιεργειών και κατέχει κυρίαρχη θέση στην παραγωγή βαμβακιού, φακής, καπνού, ξηρών καρπών, σκληρού σίτου, αχλαδιών, μήλων και ακτινιδίων. Η κτηνοτροφία της περιοχής είναι επίσης ανεπτυγμένη και περιλαμβάνει την αιγοπροβατοτροφία, βοοτροφία και χοιροτροφία. Η παραγωγή κρεάτων και πουλερικών είναι στις πρώτες θέσεις της Ελλάδας, ενώ ιδιαίτερα σημαντική είναι και η παραγωγή γάλατος.

Διάγραμμα 10: Κάλυψη καλλιεργούμενων εκτάσεων ανά είδος στη Θεσσαλία. Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ [61], Ιδία Επεξεργασία





Χάρτης 4: Χάρτης Χρήσεων Γης (Corine Land Cover2018), Πηγή: mapsportal.ypen.gr[58], Ιδία Επεξεργασία

Υπόμνημα

- | | |
|---|---|
| 1.1 ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ | 3.1 ΔΑΣΗ |
| 1.1.1 Συνεχής αστικός ιστός | 3.1.1 Δάσος πλατυφυλλων |
| 1.1.2 Ασυνεχής αστικός ιστός | 3.1.2 Δάσος κωνοφόρων |
| 1.2 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ - ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ | 3.1.3 Μικτό δάσος |
| 1.2.1 Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες | 3.2 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΘΑΜΝΩΔΟΥΣ ΉΚΑΙ ΠΟΔΩΔΟΥΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ |
| 1.2.2 Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα | 3.2.1 Φυσικοί βοσκοτόποι |
| 1.2.3 Ζώνες λιμένων | 3.2.2 Θάμνοι και χερσότοποι |
| 1.2.4 Αεροδρόμια | 3.2.3 Σκληροφυλλική βλάστηση |
| 1.3 ΟΡΥΧΕΙΑ, ΧΩΡΟΙ ΑΠΟΡΡΙΨΕΩΣ ΑΠΟΡΡΙΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΧΩΡΟΙ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗΣ | 3.2.4 Μεταβατικές δασοειδείς και θαμνώδεις εκτάσεις |
| 1.3.1 Χώροι εξορυξείας ορυκτών | 3.3 ΑΝΟΙΧΤΟΙ ΧΩΡΟΙ ΜΕ ΛΙΓΗ Ή ΚΑΘΟΛΟΥ ΒΛΑΣΤΗΣΗ |
| 1.3.2 Χώροι απορριψείας απορριμμάτων | 3.3.1 Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές |
| 1.3.3 Χώροι οικοδόμησης | 3.3.2 Απογυμνωμένοι βραχοί |
| 1.4 ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΜΗ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΠΡΑΣΙΝΟΥ | 3.3.3 Εκτάσεις με αραιή βλάστηση |
| 1.4.1 Περιοχές αστικού πρασίνου | 3.3.4 Αποτεφρωμένες εκτάσεις |
| 1.4.2 Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής | 3.3.5 Παγετώνες και αέναο χιόνι |
| 2.1 ΑΡΟΣΙΜΗ ΓΗ | 4.1 ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ ΕΝΔΟΧΩΡΑΣ |
| 2.1.1 Μη αρδευόμενη αροσίμη γη | 4.1.1 Βάλτοι στην ενδοχώρα |
| 2.1.2 Μόνιμα αρδευόμενη γη | 4.1.2 Τυρφώνες |
| 2.1.3 Ορυζώνες | 4.2 ΠΑΡΑΘΑΛΑΣΣΙΟΙ ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ |
| 2.2 ΜΟΝΙΜΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ | 4.2.1 Παραθαλάσσιοι βάλτοι |
| 2.2.1 Αμπελώνες | 4.2.2 Αλυκές |
| 2.2.2 Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς | 4.2.3 Ζώνες που καλύπτονται από παλιρροιακά ύδατα |
| 2.2.3 Ελαιώνες | 5.1 ΧΕΡΣΑΙΑ ΎΔΑΤΑ |
| 2.3 ΛΙΒΑΔΙΑ | 5.1.1 Υδατορρέματα |
| 2.3.1 Λιβάδια | 5.1.2 Επιφανειακές στάσιμου ύδατος |
| 2.4 ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ | 5.2 ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΎΔΑΤΑ |
| 2.4.1 Ετήσιες καλλιέργειες που σχετίζονται με μόνιμες καλλιέργειες | 5.2.1 Παράκτιες λιμνοθάλασσες |
| 2.4.2 Συνθέτες καλλιέργειες | 5.2.2 Εκβολές ποταμών |
| 2.4.3 Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης | 5.2.3 Θάλασσες και ωκεανού |
| 2.4.4 Γεωργο-δασικές περιοχές | |

Σύμφωνα με τον χάρτη Χρήσεων Γης, στην περιοχή αναπτύσσονται δάση και μεγάλες αρόσιμες εκτάσεις. Μεγάλο μέρος των αρόσιμων γαιών είναι αρδευόμενο, σε ποσοστό 40% γεγονός που ασκεί έντονες πιέσεις στους επιφανειακούς και υπόγειους υδροφορείς. Η άρδευση των καλλιεργειών αποτελεί τον μεγαλύτερο καταναλωτή νερού της περιφέρειας. Η εκτιμώμενη ετήσια απόληψη υδάτων για όλες τις χρήσεις ανέρχεται στα 1422 hm³. Το 24% αφορά απολήψεις από επιφανειακά ύδατα, ενώ το 76% από νόμιμες ή παράνομες γεωτρήσεις από τις υπόγειες επιφάνειες [59].

Πίνακας 4: Απολήψεις υδάτων στην περιφέρεια Θεσσαλίας.

Χρήση Ύδατος	Ετήσια Εκτιμώμενη Απόληψη (hm ³)
Άρδευση (2013)	1306
Πόσιμο Νερό	94
Κτηνοτροφία	13
Βιομηχανία	9
Σύνολο	1422

Το ελλειμματικό υδατικό ισοζύγιο που δημιουργείται από την εντατική χρήση νερού για τη γεωργία φέρει ως αποτέλεσμα τη χρήση αποθεμάτων των υπόγειων υδροφορέων, οι οποίοι ανανεώνονται σε μακροχρόνια βάση και την υπερεκμετάλλευσή τους. Το έλλειμα ανέρχεται στα 474 hm³ ετησίως. [59]

Πίνακας 5: Έλλειμα ισοζυγίου ζήτησης- βιώσιμης προσφοράς.

Προσφορά	hm ³ /έτος	Ζήτηση	hm ³ /έτος	Έλλειμα (hm ³ /έτος)
Βιώσιμη διαθέσιμη ποσότητα από υπόγεια υδατικά συστήματα	620	Άρδευση (2013)	1306	
Βιώσιμη διαθέσιμη ποσότητα από επιφανειακά υδατικά συστήματα	160	Πόσιμο Νερό	94	
Υφιστάμενα έργα ταμίευσης	168	Κτηνοτροφία	13	
		Βιομηχανία	9	
ΣΥΝΟΛΟ	948	Σύνολο	1422	474

Τέλος, η κτηνοτροφική παραγωγή και σε μικρότερη κλίμακα η γεωργική είναι οι κύριοι παράγοντες ρύπανσης των υδάτων. Οι κτηνοτροφικές και γεωργικές μονάδες ευθύνονται για παραπάνω από το μισό φορτίο ρύπων στο υδατικό σύστημα της Θεσσαλίας, ενώ υποβαθμίζουν σημαντικά και την ποιότητα του εδάφους.

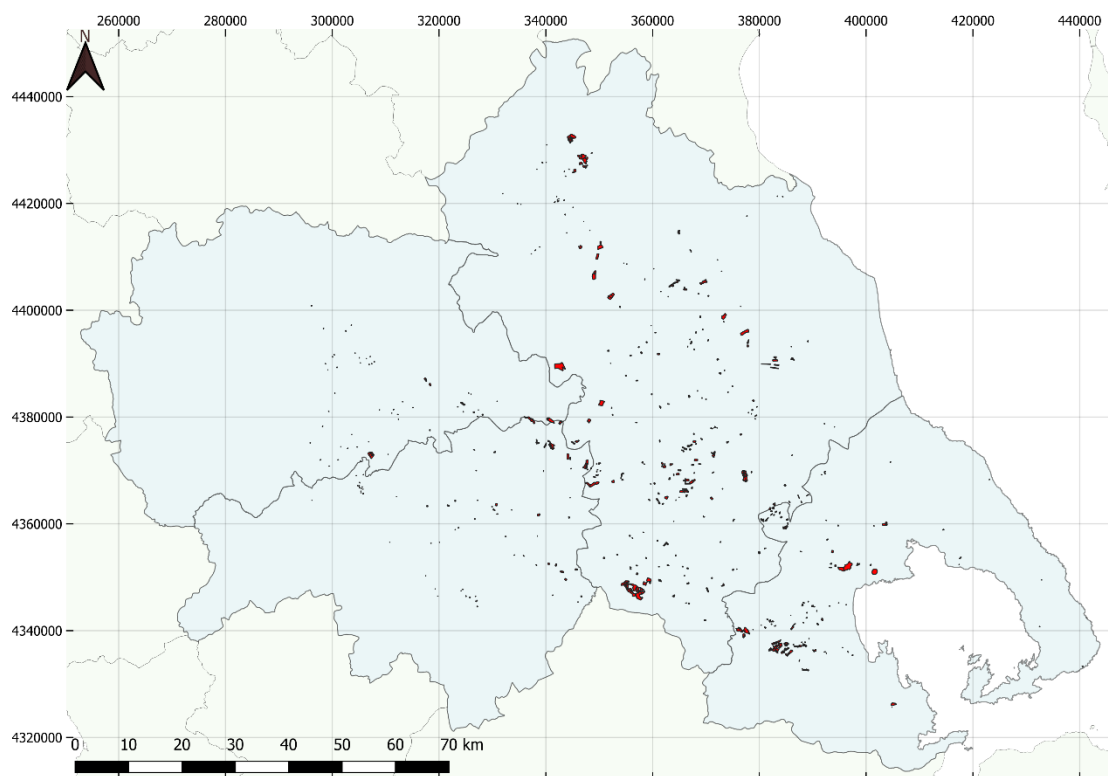
5.3. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΑΡΚΑ

Τα τελευταία χρόνια, το επενδυτικό ενδιαφέρον στην Ελλάδα έχει στραφεί στις ΑΠΕ, αφού πλέον παρέχονται τα κατάλληλα οικονομικά κίνητρα από τους αρμόδιους φορείς, με στόχο την απολιγνιτοποίηση και τη βιώσιμη ανάπτυξη. Ο Θεσσαλικός Κάμπος αποτελεί αντικείμενο υψηλής αξίας, για όσους επιλέγουν να αξιοποιήσουν τον ανανεώσιμο πόρο του Ηλίου, με την ίδρυση φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων. Τα απέραντα τμήματα συνεχόμενων αγροτεμαχίων της Θεσσαλικής πεδιάδας προσφέρουν τον απαιτούμενο χώρο, και το κατάλληλο ηλιακό δυναμικό, ώστε μία φωτοβολταϊκή επένδυση να σταθεί κερδοφόρα.

Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) πρόκειται για μία ανεξάρτητη διοικητική αρχή, η οποία συστάθηκε για την εφαρμογή των διατάξεων της ευρωπαϊκής Οδηγίας 96/92/ΕΚ για την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στον ελληνικό χώρο. Στο πλαίσιο αυτό, παρέχει ελεύθερη πρόσβαση σε ένα σύστημα παροχής γεωχωρικών δεδομένων, που περιλαμβάνουν τις αδειοδοτήσεις εγκαταστάσεων ΑΠΕ, την κατάστασή τους, καθώς και ένα σύνολο λοιπών συσχετιζόμενων πληροφοριών [63].

Για την απεικόνιση των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων στη Θεσσαλία, συλλέχθηκαν οι εγκεκριμένες αδειοδοτήσεις φωτοβολταϊκών, οι οποίες αφορούν εγκαταστάσεις μεγαλύτερες του 1 MW, για τις οποίες είναι αρμόδια η ΡΑΕ. Επίσης, περιλαμβάνονται οι αδειοδοτήσεις που εγκρίθηκαν με Απόφαση Εξαίρεσης, που χορηγείται από την ίδια αρχή και αφορά σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ έως 150kW. Επιλέχθηκαν μόνο οι άδειες φωτοβολταϊκών μονάδων, που σύμφωνα με τον Χάρτη Χρήσεων Γης εντοπίζονται σε εκτάσεις καλλιεργειών, ενώ απορρίφθηκαν όσες βρίσκονται σε άλλες χρήσεις όπως βιομηχανικές και δάση.

Οι εγκαταστάσεις που ανήκουν στο εύρος 150kW – 1MW θα μπορούσαν να δώσουν μία πιο εμπειρισταωμένη εικόνα της κατανομής των φωτοβολταϊκών και της κατοχής αγροτικής γης. Ωστόσο, η έλλειψη των διαθέσιμων στοιχείων για το συγκεκριμένο εύρος αποτελεί την αιτία για τη μη συμπερίληψή τους.



Χάρτης 5: Αδειοδοτήσεις φωτοβολταϊκών σταθμών. Πηγή: ΡΑΕ [63]. Ιδία Επεξεργασία

Σύμφωνα με τον παραπάνω χάρτη, το σύνολο των αδειοδοτήσεων για φωτοβολταϊκές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται στις 547. Οι 188 εξ αυτών αφορούν μεσαία και μεγάλα πάρκα ισχύος μεγαλύτερης του 1MW, ενώ οι υπόλοιπες μικρές φωτοβολταϊκές μονάδες που εγκρίθηκαν με Απόφαση Εξαίρεσης. Στον ακόλουθο πίνακα, παρουσιάζονται λεπτομερώς ο αριθμός τους ανά Π.Ε, με κατηγοριοποίηση ισχύος.

Πίνακας 6: Αδειοδοτήσεις ανά Π.Ε. και ισχύ.

Περιγραφή	Αδειοδοτήσεις	$\geq 1\text{MW}$	$\leq 150\text{kW}$
Π.Ε. Λάρισα	276	106	170
Π.Ε. Μαγνησίας	114	48	66
Π.Ε. Καρδίτσας	91	24	67
Π.Ε. Τρικάλων	66	10	56
ΣΥΝΟΛΟ	547	188	359

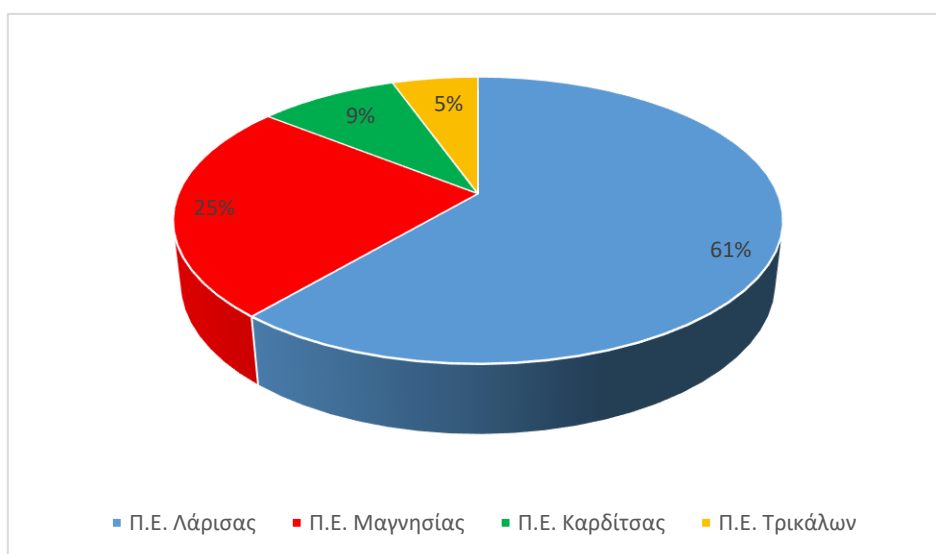
Το σύνολο της ισχύος που καταλαμβάνουν οι αδειοδοτήσεις της ΡΑΕ στη Θεσσαλία είναι 1.711,54 MW. Σε σύγκριση με την τιμή της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος σε

ολόκληρη την Ελλάδα στα τέλη του 2019 (2.255 MW), γίνεται αντιληπτή η εκθετική ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων σε όλη την επικράτεια, η οποία προβλέπεται να ξεπεράσει του στόχους του ΕΣΕΚ, καθώς και η προτίμηση των παραγωγών ενέργειας για την ανάπτυξη της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας στον Θεσσαλικό Κάμπο. Την υψηλότερη δυναμικότητα με διαφορά φωτοβολταϊκής ενέργειας κατέχει η Π.Ε. Λάρισας, που είναι υπερδιπλάσια από τη δεύτερη που φέρει η Π.Ε. Μαγνησίας. Συγκεκριμένα, η κατανομή της ισχύος ανά Π.Ε. είναι η εξής:

Πίνακας 7: Ισχύς αδειοδοτημένων πάρκων ανά Π.Ε. στη Θεσσαλία.

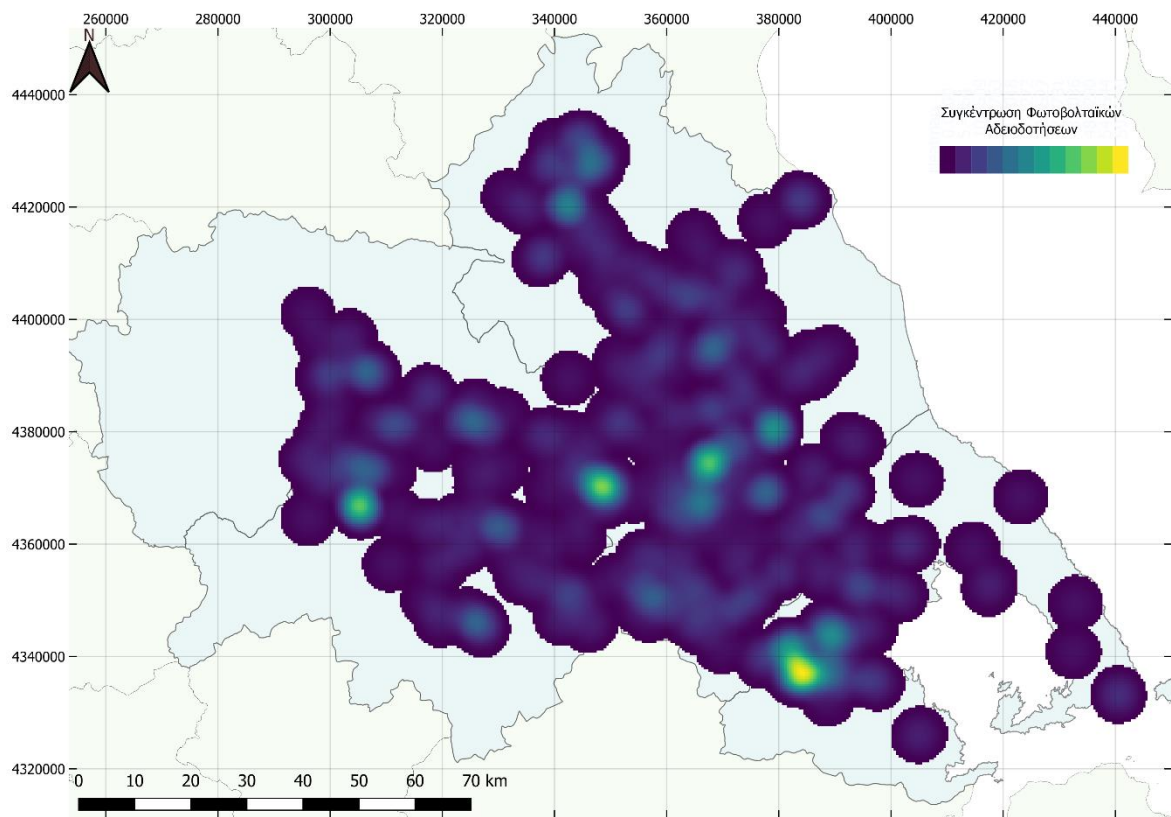
Περιγραφή	Ισχύς Φωτοβολταϊκών Πάρκων (MW)
Π.Ε. Λάρισας	1060.38
Π.Ε. Μαγνησίας	415.43
Π.Ε. Καρδίτσας	149.64
Π.Ε. Τρικάλων	86.09
ΣΥΝΟΛΟ	1711.54

Διάγραμμα 11: Ποσοστά συνολικής ισχύος φωτοβολταϊκών ανά Π.Ε. στη Θεσσαλία.

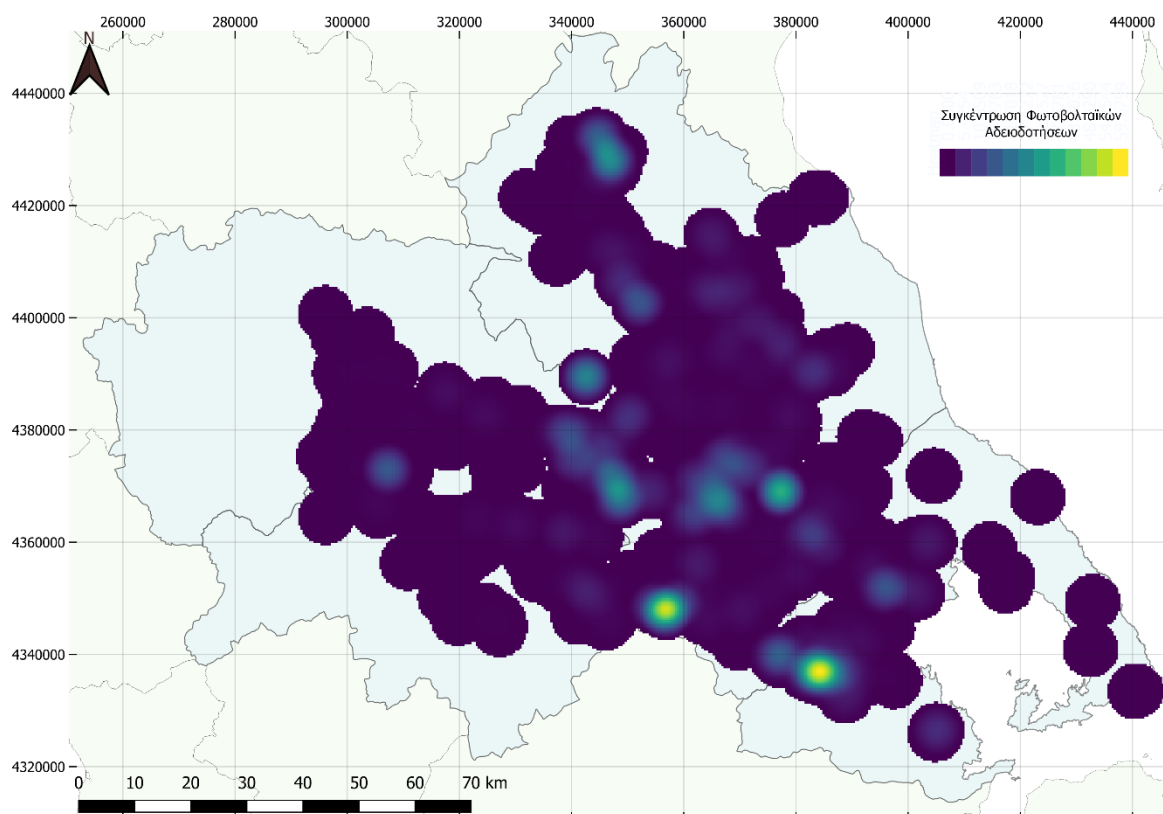


Στο σημείο αυτό, επισημαίνεται ότι το αποτέλεσμα αυτό δεν πρόκειται για εγκατεστημένη ισχύ, αλλά αφορά το σύνολο των αδειοδοτήσεων που έχουν εγκριθεί. Με άλλα λόγια, κάποια από αυτά είναι εγκατεστημένα και τα υπόλοιπα πρόκειται ίσως να κατασκευαστούν. Η πλειοψηφία των μεσαίων και μεγάλων αδειοδοτημένων πάρκων έχουν λάβει έγκριση από το 2019 και έπειτα, γεγονός που υποδεικνύει ότι για πολλά εξ αυτών δεν έχει γίνει η υλοποίηση της σύνδεσής τους με το ηλεκτρικό δίκτυο.

Παρακάτω, παρουσιάζονται τα Heatmaps για την καλύτερη οπτικοποίηση των σημειακών δεδομένων, τα οποία αναπτύχθηκαν για ακτίνα 5km. Αρχικά, παρατίθεται ο χάρτης με την συγκέντρωση της φωτοβολταϊκής δραστηριότητας, ανεξαρτήτως ισχύος και στη συνέχεια δίνεται ο χάρτης που δημιουργήθηκε με βαρύτητα την ισχύ των ηλιακών μονάδων. Από την παρατήρηση των Heatmap, επιβεβαιώνεται ότι στους νομούς Λάρισας και Μαγνησίας η δραστηριότητα είναι αρκετά πιο έντονη, σε σχέση με αυτή των νομών Καρδίτσας και των Τρικάλων. Παρατηρείται στους τελευταίους δύο, ότι η φωτοβολταϊκή παραγωγή αφορά περισσότερο μικρής κλίμακας πάρκα.



Χάρτης 6: Heatmap φωτοβολταϊκής δραστηριότητας.



Χάρτης 7: Heatmap φωτοβολταϊκής δραστηριότητας με βαρύτητα την ισχύ.

Για τον υπολογισμό της έκτασης που καταλαμβάνουν τα αδειοδοτημένα πάρκα, έγινε καταμέτρηση της επιφάνειας των πολυγώνων, όπως αυτά περιλαμβάνονται στο Γεωπληροφοριακό Χάρτη της ΡΑΕ. Η συνολική επιφάνεια που μετρήθηκε ανέρχεται στα 46.872,01 στρέμματα. Λεπτομερέστερα, η έκταση που καταλαμβάνουν οι αδειοδοτήσεις ανά Π.Ε. είναι:

Πίνακας 8: Έκταση αδειοδοτημένων φωτοβολταϊκών πάρκων ανά Π.Ε..

Περιγραφή	Έκταση Φωτοβολταϊκών Πάρκων (στρέμματα)
Π.Ε. Λάρισας	28692.4
Π.Ε. Μαγνησίας	11480.2
Π.Ε. Καρδίτσας	4151.96
Π.Ε. Τρικάλων	2547.45
ΣΥΝΟΛΟ	46872.01

Δεδομένου ότι για δυναμικότητα 1 MW ισχύος απαιτούνται περίπου 16 στρέμματα για σταθερό φωτοβολταϊκό σύστημα, ενώ για κινητό μονοαξονικό 26 στρέμματα, η επιφάνεια των 46.872,01 που προέκυψε είναι εμφανώς περισσότερη από αυτήν που αντιστοιχεί στα 1,7 GW. Η διαφορά αυτήν οφείλεται στο γεγονός ότι η εύρεση αγροτεμαχίων έκτασης που να ταυτίζεται με την απαιτούμενη για την ανάπτυξη φωτοβολταϊκής εγκατάστασης συγκεκριμένου μεγέθους, είναι δύσκολη. Για το λόγο αυτό, συνήθως, οι φωτοβολταϊκές μονάδες τοποθετούνται σε αγροτικά οικοπέδα τα οποία έχουν μεγαλύτερη έκταση από αυτήν που χρειάζεται. Ένας άλλος λόγος που συντελεί στην συγκεκριμένη διαφορά, είναι ότι τα αδειοδοτημένα πάρκα τα οποία λειτουργούν με Απόφαση Εξαίρεσης, τα οποία είναι μικρά (<150 kW), δηλώνονται με την έκταση του αγροτεμάχιου εκείνου στο οποίο τοποθετούνται. Ωστόσο, η χρήση του οικοπέδου μπορεί να μην είναι αποκλειστικά για παραγωγή ενέργειας, αλλά και για άλλη, κυρίως αγροτική, χρήση.

5.4. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

5.4.1. Κατοχή Γης

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς με τα χωρικά στοιχεία φωτοβολταϊκών της ΡΑΕ, προέκυψε ότι η συνολική τους έκταση στις περιοχές, που ενδείκνυνται για γεωργικές και κτηνοτροφικές καλλιέργειες είναι της τάξεως του 1% σε σχέση με τις εκτάσεις καλλιεργειών του 2018. Πρόκειται για ένα μικρό ποσοστό, από το οποίο πηγάζει ότι οι εκτάσεις των φωτοβολταϊκών πάρκων δεν αλλοιώνουν την κατανομή της αγροτικής δραστηριότητας στην Περιφέρεια Θεσσαλίας. Η τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών σταθμών της κλίμακας από 150 kW έως 1 MW πιθανώς θα άλλαζε το ποσοστό αυτό, αλλά όχι σε τέτοιο βαθμό, ώστε οι εκτάσεις τους να παρεμποδίσουν την γεωργική και αγροτική παραγωγή.

Πίνακας 9: Ποσοστά εκτάσεων φωτοβολταϊκών σε σχέση με τις αγροτικές εκτάσεις.

Π.Ε.	Καλλιεργούμενες εκτάσεις και αγρανάπαυσης 2018 (στρέμματα)	Έκταση Φωτοβολταϊκών Αδειών ΡΑΕ (στρέμματα)	Ποσοστό
Λάρισας	2204017	28692	1.30%
Μαγνησίας	622371	11480	1.84%
Καρδίτσας	1002243	4152	0.41%
Τρικάλων	534479	2547	0.48%
Περιφέρεια Θεσσαλίας	4363110	46871	1.07%

Ο νόμος 4643/2019 που αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο και τέθηκε σε εφαρμογή από τον Μάρτιο του 2020, καθόρισε το μέγιστο όριο συνολικής ισχύος φωτοβολταϊκών σταθμών σε αγροτική γη, εντός του οποίου είναι επιτρεπτή η εγκατάσταση φωτοβολταϊκού πάρκου έως και 1 MW, σε αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας. Για τον προσδιορισμό του ορίου λήφθηκε υπόψη το σύνολο των καλλιεργούμενων εκτάσεων ανά Περιφερειακή Ενότητα, σύμφωνα με την Ετήσια Γεωργική Στατιστική Έρευνα του 2017 της ΕΛΣΤΑΤ και θεωρήθηκε τυπική στρεμματική κάλυψη ίση με 16 στρέμματα (δηλαδή για φωτοβολταϊκά σταθερής τεχνολογίας) ανά MW φωτοβολταϊκού σταθμού. Τα διαμορφωμένα βάσει νόμου όρια ισχύος σε αντιδιαστολή με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας για τη Θεσσαλία διαμορφώνονται ως εξής:

Πίνακας 10: Ισχύς φωτοβολταϊκών αδειοδοτήσεων σε σύγκριση με το μέγιστο όριο ανά Π.Ε.

Περιγραφή	Ισχύς φωτοβολταϊκών αδειοδοτήσεων (MW)	Μέγιστο όριο φωτοβολταϊκής ισχύος σύμφωνα με τον νόμο 4643/2019 (MW)	Υπολειπόμενη επιτρεπόμενη ισχύς σε αγροτικές εκτάσεις
Π.Ε. Λάρισας	1060.38	1399	338.62
Π.Ε. Μαγνησίας	415.43	396	
Π.Ε. Καρδίτσας	149.64	628	478.36
Π.Ε. Τρικάλων	86.09	335	248.91
ΣΥΝΟΛΟ	1711.54	2758	

Όπως παρατηρείται από τον παραπάνω πίνακα, στην Μαγνησία η ισχύς των φωτοβολταϊκών αδειοδοτήσεων ξεπερνάει το μέγιστο νομικό όριο. Η διαφορά αυτή επιδέχεται διάφορες ερμηνείες. Η επιλογή των φωτοβολταϊκών αδειοδοτήσεων της ΡΑΕ έγινε με την προσπάθεια συσχέτισης της τοποθεσίας τους με τα καλλιεργούμενα εδάφη βάσει των χρήσεων γης του Corine Land. Οι ερμηνευτικές αβεβαιότητες της διαδικασίας σε συνδυασμό με την ατελή ταύτιση των καλλιεργούμενων εκτάσεων από τις χρήσεις γης με αυτές της ΕΛΣΤΑΤ, ενδεχομένως συνέβαλε στη διαφορά αυτή. Από την άλλη, η διαφορά αυτή μπορεί να σημαίνει ότι ορισμένες από τις επιπλέον φωτοβολταϊκές μονάδες αδειοδοτήθηκαν πριν την εφαρμογή του νόμου. Στην περίπτωση αυτή, στην Π.Ε. Μαγνησίας δεν επιτρέπεται η περαιτέρω εγκατάσταση φωτοβολταϊκών μονάδων σε αγροτικές γαίες.

5.4.2. Οικονομική Προσέγγιση

Η γη που απαιτείται για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων είναι ο βασικός παράγοντας για τη διερεύνηση της σχέσης τους με τις αγροτικές παραγωγές. Η οικονομική σύγκριση της φωτοβολταϊκής και αγροτικής δραστηριότητας υλοποιείται, έχοντας ως «κοινό παρονομαστή» την έκταση που καταλαμβάνουν. Στο πλαίσιο αυτό, χρησιμοποιείται η έκταση που καταλαμβάνει το εξεταζόμενο φωτοβολταϊκό πάρκο, που σύμφωνα με την ισχύ του (500 kW) απαιτεί την ανάλογη επιφάνεια εδάφους (13 στρέμματα).

Φωτοβολταϊκό Πάρκο

Η επένδυση αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα για την εξέλιξη της εθνικής και παγκόσμιας οικονομίας. Όπως σε όλα τα επενδυτικά σχέδια, έτσι και στα ενεργειακά απαιτείται η μελέτη της οικονομικής βιωσιμότητας του έργου, προκειμένου να είναι επιτυχημένο και ωφέλιμο. Η αβεβαιότητα της αξίας του χρήματος με την πάροδο του χρόνου, που προκύπτει από τον πληθωρισμό και άλλους μεταβαλλόμενους παράγοντες αποτελεί ρίσκο, το οποίο επιβάλλεται να αξιολογείται κατά το σχεδιασμό της επένδυσης. Η Καραναστάση [64] τόνισε ότι για την αξιολόγηση της επένδυσης είναι

αναγκαίο να εισαχθεί η έννοια της καθαρής παρούσας αξίας (NPV), που αντιπροσωπεύει τη συνολική αξία της ανηγμένη στον χρόνο έναρξης και δίνεται από τη σχέση:

$$NPV = -K_0 + \sum_{t=1}^N \frac{KTP_t}{(1+i)^t} + \frac{YA_N}{(1+i)^N}$$

όπου

K_0 : το αρχικό κόστος επένδυσης, που ισούται με τα ίδια κεφάλαια της επένδυσης

KTP_t : η Καθαρή Ταμειακή Ροή του έτους t , που είναι η διαφορά εξόδων εσόδων σε αυτό το χρόνο. Σε μία ενεργειακή επένδυση τα έσοδα προέρχονται από τη πώληση της ενέργειας στο δίκτυο και τα έξοδα περιλαμβάνουν τα κόστη λειτουργίας και συντήρησης, τις φορολογικές επιβαρύνσεις, τις δόσεις του δανείου εάν υπάρχουν δανειακά κεφαλαία καθώς και κόστη επενδύσεων, σε περίπτωση προσθηκών ή αντικατάστασης εξοπλισμού.

i : το επιτόκιο αναγωγής, που ισούται με το επιτόκιο δανεισμού ή κόστος κεφαλαίου αν χρησιμοποιούνται μόνο δανεικά ή ίδια κεφάλαια αντίστοιχα. Όταν γίνεται μεικτή χρήση κεφαλαίων χρησιμοποιείται ο σταθμισμένος μέσο σταθμικό κόστος κεφαλαίων της επένδυσης (WACC).

N : η διάρκεια ζωής της επένδυσης σε έτη. Οι πωλήσεις ενέργειας ορίζονται για 20-25 έτη, ανάλογα με την μορφή της σύμβασης. Από την άλλη, ο χρόνος ζωής των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι 25 έτη.

YA_N : η υπολειμματική αξία της επένδυσης το N -οστό έτος. Για $N = 25$ η οικονομική ζωή της επένδυσης ταυτίζεται με τον φυσικό χρόνο ζωής των φωτοβολταϊκών πλαισίων και άρα είναι μηδενική.

- Αν $NVP > 0$, το σχέδιο επένδυσης είναι αποδεκτό.
- Αν $NVP < 0$ πρέπει να απορριφθεί ως ακατάλληλο.
- Αν $NVP = 0$ είναι οριακά αποδεκτό.

Η διερεύνηση του επενδυτικού σχεδίου φωτοβολταϊκών θα πραγματοποιηθεί για ένα πάρκο εγκατεστημένης ισχύος 500 kW στην Π.Ε. Λάρισας, κινητό μονοαξονικό. Στον Κάμπο της Λάρισας, στο Δήμο Φαρσάλων που επιλέχθηκε να γίνει η εγκατάσταση η ειδική απόδοση φωτοβολταϊκής ισχύς, σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Ηλιακό Χάρτη [65] ανέρχεται στα 1485 kWh/kWp και με βελτίωση της απόδοσης λόγω των ηλιοστατών της τάξεως του 15%, αυξάνει στα 1707,75 kWh/kWp. Από πληροφορίες που δόθηκαν από την Green Project [66] (εταιρία που δραστηριοποιείται σε εγκαταστάσεις ΑΠΕ), ο προϋπολογισμός του έργου προκύπτει ως εξής:

Πίνακας 11: Προϋπολογισμός Έργου.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΡΓΟΥ	
Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού Πάρκου	330,000.0 €
Υπηρεσίες έρευνας-μελέτης-αδειοδοτήσεων κ.ά.	15,000.0 €
Όροι Σύνδεσης	40,000.0 €
ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΡΓΟΥ :	385,000.0 €

Το επενδυτικό πλάνο υλοποιείται με τη χρήση δανειακών κεφαλαίων με τις ακόλουθες παραδοχές:

Πίνακας 12: Παραδοχές χρήσης κεφαλαίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΑ	
Ποσοστό ίδιου κεφαλαίου	0.00%
Ποσοστό δανεισμού	100.00%
Ύψος δανείου	385,000.0 €
Επιτόκιο δανεισμού	5.00%
Διάρκεια δανεισμού	10

Με την τρέχουσα τιμή πώλησης 0,063 €/kWh για τη συγκεκριμένη κατηγορία μεγέθους και με την παραδοχή της απώλειας απόδοσης των φωτοβολταϊκών πάνελ κατά 0,5% ετησίως προκύπτουν τα συνολικά έσοδα από την πώληση της ενέργειας στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Σύμφωνα με τον Παπαθανασίου [67], για τον υπολογισμό των οικονομικών δεικτών τα ετήσια έξοδα προκύπτουν ως άθροισμα από τις εξής παραμέτρους:

- Τα κόστη παραγωγής και λειτουργίας, τα οποία θεωρήθηκαν ότι είναι ετησίως 10.000€.
- Τα τοκοχρεολύσια, που υπολογίστηκαν για κάθε έτος με τη μέθοδο σταθερού τοκοχρεολυσίου.

Πίνακας 13: Υπολογισμός δανείου με σταθερό τοκοχρεολύσιο.

	Έτος υλοποίησης	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο	6ο	7ο	8ο	9ο	10ο
Τόκος		19,250.0	17,719.5	16,112.6	14,425.2	12,653.5	10,793.2	8,839.9	6,789.0	4,635.4	2,374.3
Χρεολύσιο		30,609.3	32,139.7	33,746.7	35,434.0	37,205.7	39,066.0	41,019.3	43,070.3	45,223.8	47,485.0
Τοκοχρεολύσιο		49,859.3	49,859.3	49,859.3	49,859.3	49,859.3	49,859.3	49,859.3	49,859.3	49,859.3	49,859.3
Υπόλοιπο		354,390.7	322,251.0	288,504.3	253,070.3	215,864.5	176,798.5	135,779.1	92,708.8	47,485.0	0.0

- Το τέλος επιτηδεύματος, ύψους 1.000€, το χρόνο.
- Το Μεταβατικό Τέλος Ασφάλειας Εφοδιασμού (ΜΤΑΕ), που προκύπτει από τις πωλήσεις ηλεκτρικού ρεύματος επί κάποιο συντελεστή που ορίζεται κατά τη σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, το ΜΤΑΕ λαμβάνεται 3,6%.
- Τους φόρους εισοδήματος, που υπολογίζονται ανάλογα με το συντελεστή φόρου εισοδήματος (24% για νομικά πρόσωπα), ο οποίος εφαρμόζεται στα ακαθάριστα έσοδα της επιχείρησης αν αφαιρεθούν οι λειτουργικές δαπάνες, οι φορολογικές αποσβέσεις και οι τόκοι των δανείων. Ουσιαστικά, η φορολογική απόσβεση είναι η ετήσια κατανομή ενός παγίου (φωτοβολταϊκή εγκατάσταση) και εκφράζει την εκμετάλλευσή του σε βάθος χρόνου (20 χρόνια). Προκύπτει με βάση τους συντελεστές φορολογικής απόσβεσης ανά κατηγορία ενεργητικού [68]. Επεξηγηματικά, κατά την φορολογική απόσβεση του μηχανολογικού εξοπλισμού με συντελεστή όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα, το ποσό που καταβλήθηκε κατά την εγκατάστασή του κατανέμεται ετησίως και ισάξια σε ποσά των 25.000€ για τα πρώτα δέκα χρόνια εκμετάλλευσης της επένδυσης.

Πίνακας 14: Συντελεστές φορολογικής απόσβεσης

	Συντελεστής Φορολογικής Απόσβεσης	Αξία Προς Απόσβεση
Μηχανολογικός Εξοπλισμός	10.00%	250,000.00 €
Όροι Σύνδεσης	10.00%	40,000.00 €
Λοιπός Εξοπλισμός	4.00%	95,000.00 €
ΣΥΝΟΛΟ		385,000.00 €

Με βάση τα προαναφερόμενα, οι καθαρές ταμειακές ροές για το σύνολο της περιόδου επένδυσης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. Το αρχικό κόστος επένδυσης είναι μηδενικό, καθώς όλο το κεφάλαιο είναι δανειακό και για τον ίδιο λόγο το επιτόκιο αναγωγής ισούται με το επιτόκιο δανεισμού. Η επένδυση μελετάται για 20ετή σύμβαση πώλησης ενέργειας. Η υπολειμματική αξία της αξία θεωρείται μηδενική.

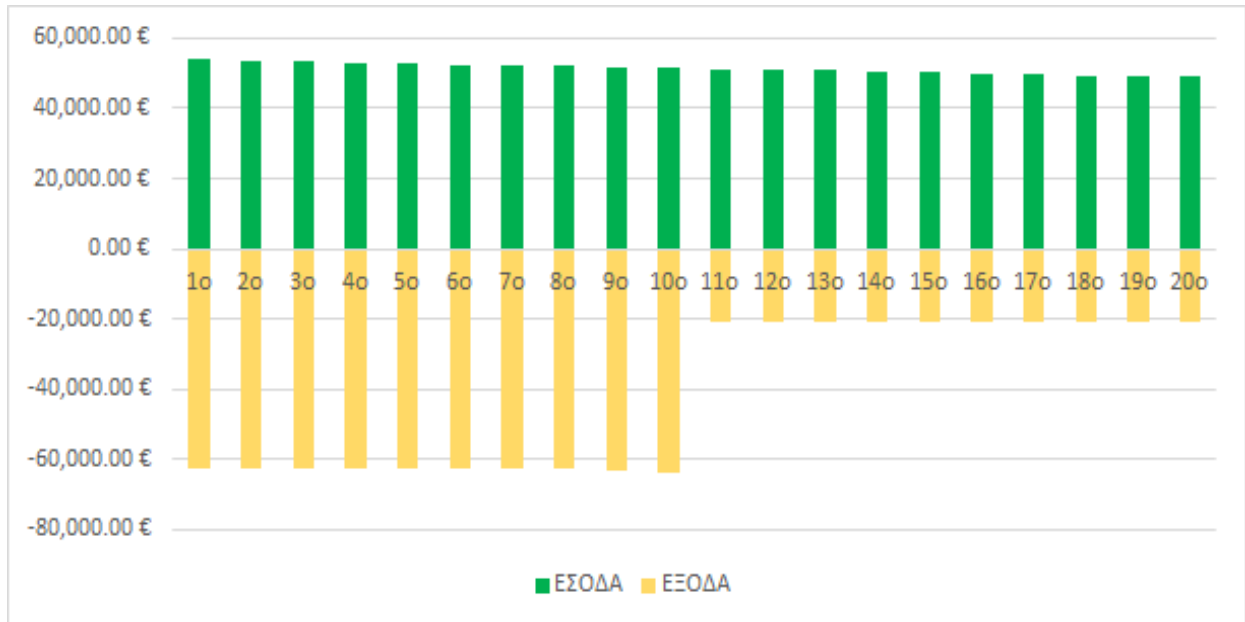
Πίνακας 15: Παράμετροι NVP.

Παράμετροι NVP	
K_0	0.00 €
KTP_t	270,740.49 €
i	5.00%
N	20 έτη
YA_N	0.00 €

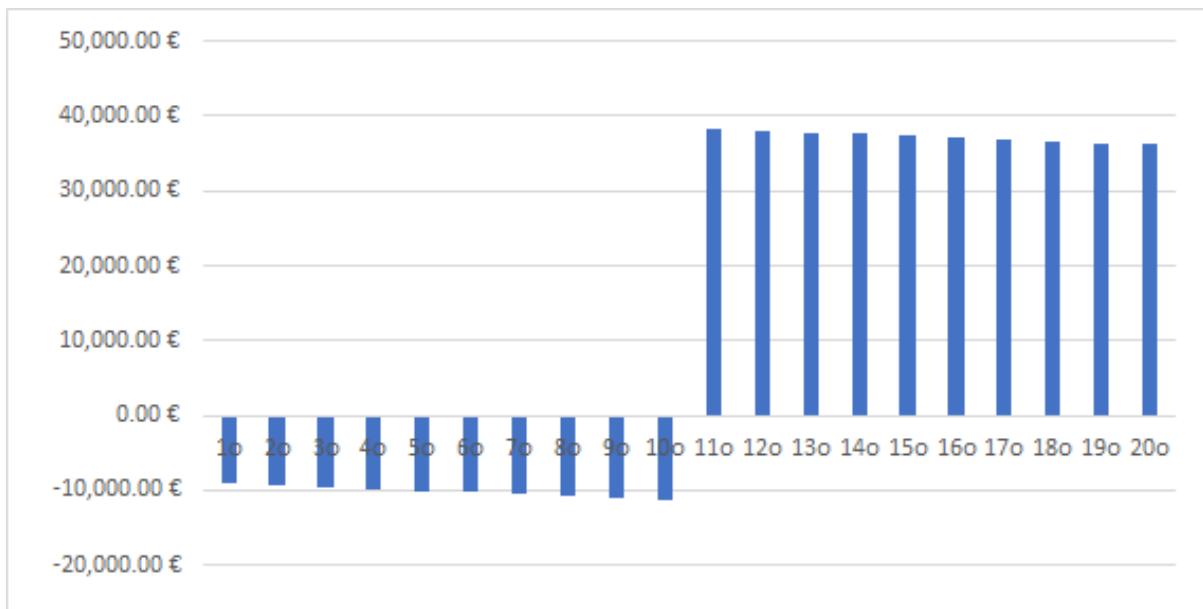
Συνεπώς, η καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης στον φωτοβολταϊκό πάρκο 500 kW, με τις συγκεκριμένες παραδοχές, προκύπτει $NVP=102093,24$ €.

Επίσης, αφού υπολογίστηκαν οι ταμειακές ροές για όλη τη διάρκεια της επένδυσης που πηγάζουν από την εκμετάλλευση της δεδομένης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, υπολογίστηκαν τα αθροιστικά ποσά τους ανά έτος. Το ύψος του συνολικού ποσού για το 20^ο έτος ανέρχεται στα 270.740,5€. Αν αυτά αναχθούν σε ετήσια βάση προκύπτει το ποσό των 13.537,02€.

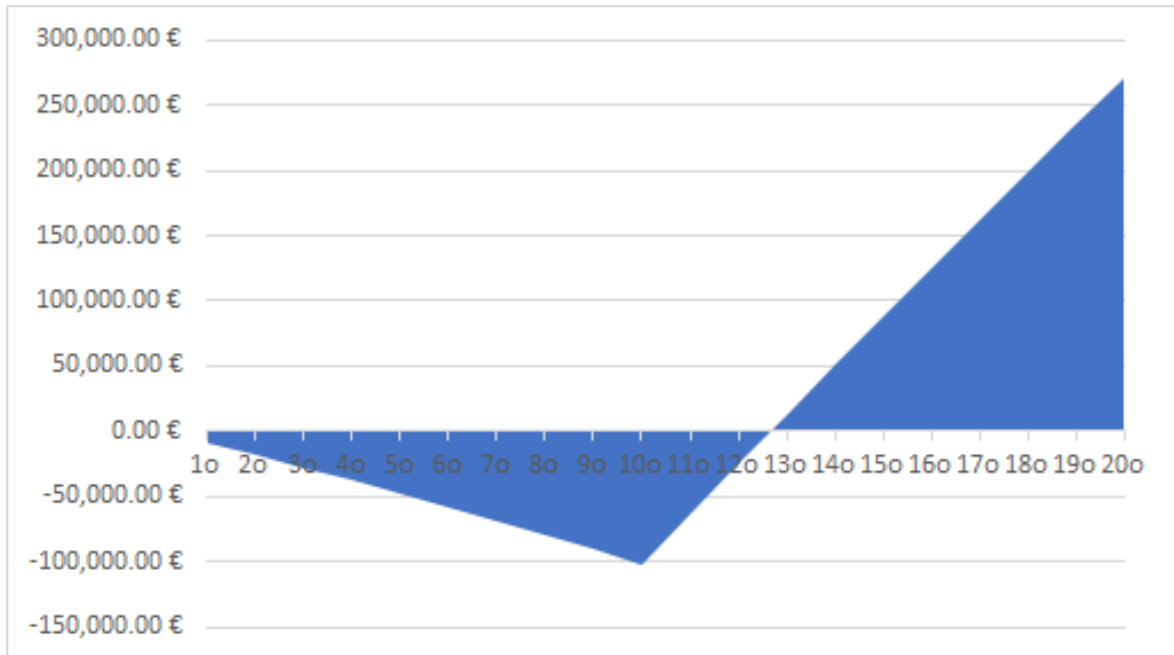
Διάγραμμα 12: Έσοδα- έξοδα για κάθε έτος της επένδυσης.



Διάγραμμα 13: Ταμειακές ροές σε κάθε φάση του έργου



Διάγραμμα 14: Αθροιστικές ταμειακές ροές.



Καλλιέργειες

Στον Θεσσαλικό Κάμπο, η πιο διαδεδομένη καλλιέργεια είναι αυτή του βάμβακα. Ωστόσο, ζητούμενο αποτελεί η διερεύνηση του ανταγωνισμού της φωτοβολταϊκής δραστηριότητας με αυτήν των τροφίμων σε επίπεδο πρωτογενούς παραγωγής. Για το λόγο αυτό, κρίνεται αναγκαία η επιλογή επένδυσης σε βρώσιμες καλλιέργειες. Στο πλαίσιο αυτό, αναλύεται το πλάνο επένδυσης σε δύο καλλιέργειες: το σκληρό σιτάρι και τα ακτινίδια. Οι πληροφορίες για τις διάφορες τιμές που χρησιμοποιούνται για τις εξεταζόμενες καλλιέργειες πηγάζουν από Αναπτυξιακό Κέντρο Θεσσαλίας (ΑΚΕΘ).

Οι αγροτικοί παραγωγοί συνήθως δεν δεσμεύονται με την ενασχόλησή τους με ένα είδος καλλιέργειας. Οι κυμαινόμενες τιμές της αγοράς, σε συνδυασμό με την ανταγωνιστικότητα και τη ζήτηση των παραγόμενων προϊόντων, αλλά και με τις κρατικές ενισχύσεις, επιβάλλουν την άενη ενημέρωση και εκσυγχρονισμό των αγροτών, προκειμένου ο κόπος τους να επιφέρει κέρδη. Έτσι, πολλές φορές επιλέγουν να αλλάζουν καλλιέργειες, με αποτέλεσμα σε διάρκεια χρόνων τα εδάφη τους να εξυπηρετούν διαφορετικές παραγωγές. Ωστόσο, προκειμένου να γίνει εφικτή η

οικονομική σύγκριση τα μεγέθη παρουσιάζονται σε ετήσια βάση, και στη συνέχεια θεωρείται ότι οι καλλιέργειες έχουν 20ετή εκμετάλλευση. Επίσης, θεωρείται ότι η έκταση της κάθε καλλιέργειας ανέρχεται στα 13 στρέμματα, ώστε να ταυτίζεται με την έκταση που απαιτεί μία κινητή φωτοβολταϊκή εγκατάσταση, ίσης ισχύος με αυτήν που εξετάστηκε προηγουμένως.

Επένδυση σε σκληρό σιτάρι

Ο σκληρός σίτος είναι το κυρίως καλλιεργούμενο σιτάρι, στην Ελλάδα αλλά και στην Περιφέρεια Θεσσαλίας. Ανάλογα τις κλιματικές συνθήκες, την εδαφοϊκανότητα του χωραφιού και την κλίση του εδάφους, η καλλιέργεια μπορεί να είναι ξηρική ή ποτιστική. Η ποτιστική βελτιώνει έχει ελαφρώς βελτιωμένη απόδοση σε σχέση με την ξηρική.

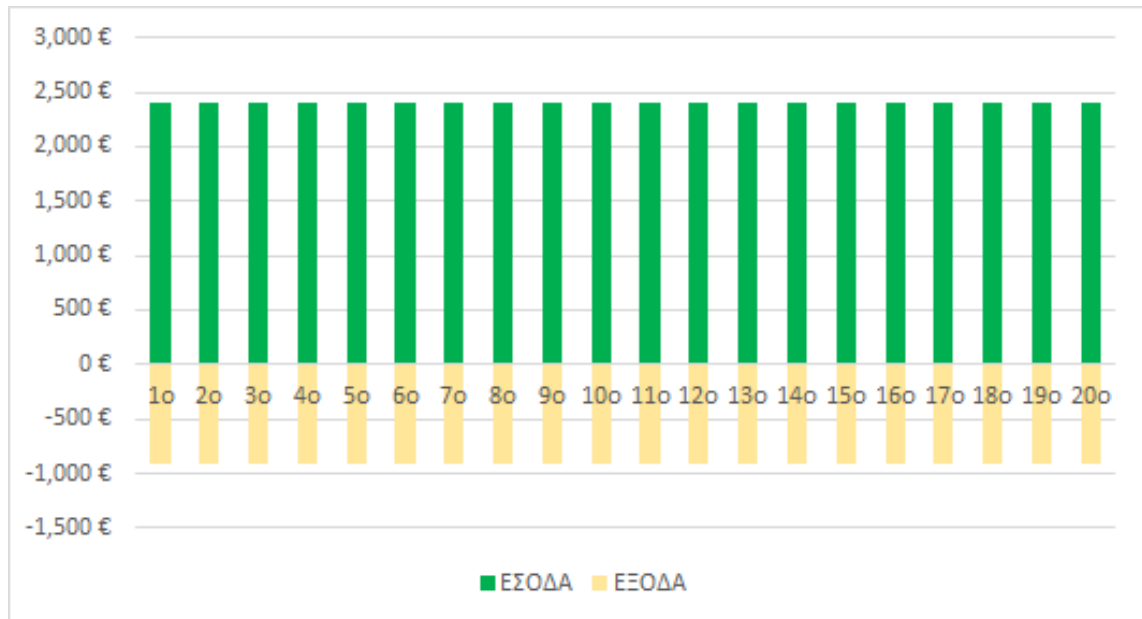
Σύμφωνα με τα στοιχεία που δόθηκαν από το ΑΚΕΘ η τρέχουσα τιμή για την πώληση σκληρού σίτου είναι 0,20-0,22 €/kg. Επίσης, η ετήσια στρεμματική απόδοση για ποτιστικές καλλιέργειες σκληρού σίτου στο Θεσσαλικό Κάμπο είναι γύρω στα 700kg. Οι εισπράξεις και οι δαπάνες του συγκεκριμένου τύπου σιταριού παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα και αντιστοιχούν σε τιμές για την καλλιέργεια ενός στρέμματος.

Πίνακας 16: Έσοδα- έξοδα καλλιέργειας σκληρού σιταριού ετησίως.

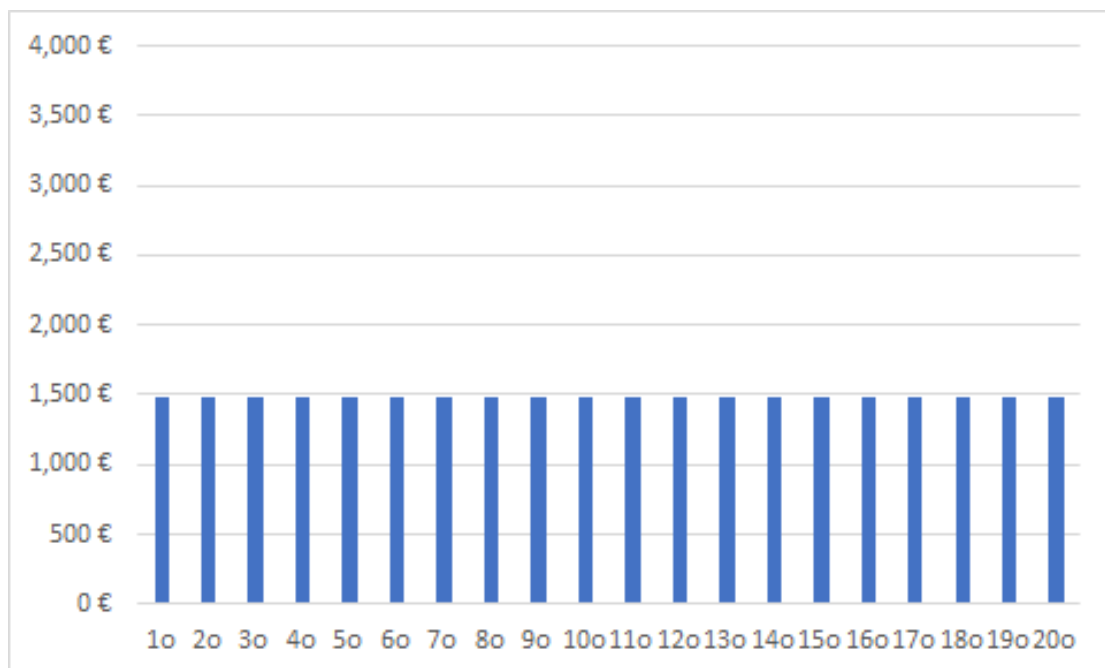
ΕΣΟΔΑ		ΕΞΟΔΑ	
Εισπράξεις από πώληση	154.00 €	Σπόροι, Εργατικά κ.ά.	40.00 €
		Νερό	10.00 €
Επιδότηση	30.00 €	Μηχανήματα	20.00 €
ΣΥΝΟΛΟ	184.00 €	ΣΥΝΟΛΟ	70.00 €

Επομένως, τα κέρδη για τον αγρότη ανέρχονται περίπου στα 114€ ανά στρέμμα καλλιέργειας. Με την υπόθεση ότι καλλιεργούνται 13 στρέμματα σκληρού σίτου, τα ετήσια κέρδη του παραγωγού θα είναι 1.482 €. Συνεπώς, στην εικοσαετία κερδίζει 29.640 €.

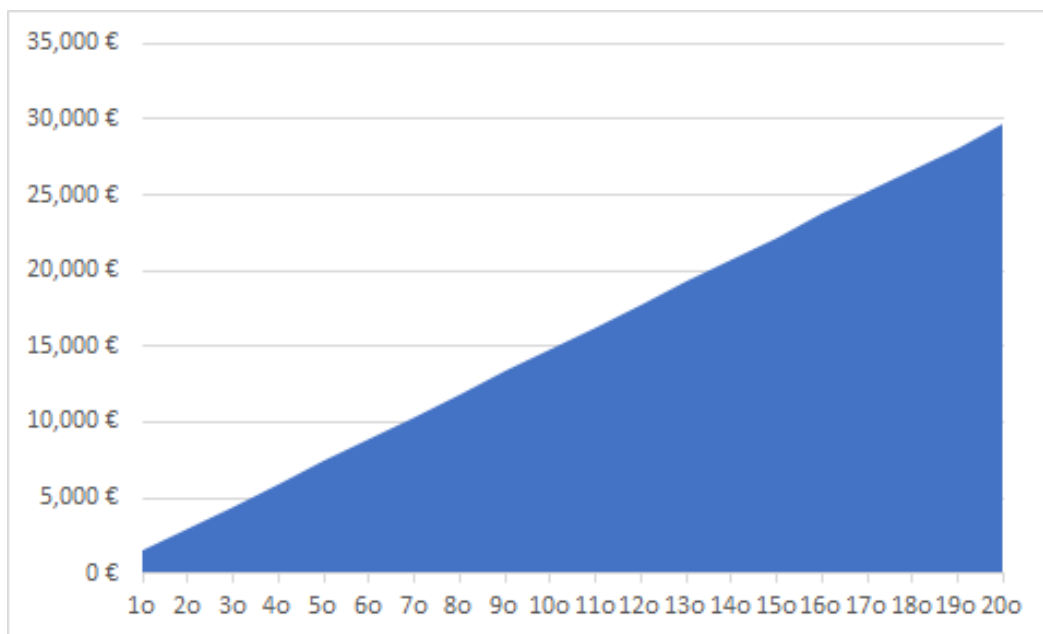
Διάγραμμα 15: Έσοδα- έξοδα καλλιέργειας σκληρού σίτου.



Διάγραμμα 16: Ταμειακές ροές καλλιέργειας σκληρού σίτου.



Διάγραμμα 17: Αθροιστικές ταμειακές ροές καλλιέργειας σκληρού σίτου.



Επένδυση σε ακτινίδια

Η καλλιέργεια ακτινιδίων στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια έχει σημειώσει υψηλή ανάπτυξη. Αίτια της ανάπτυξης αποτελούν η καλή στρεμματική απόδοση μέσω βελτιωμένων καλλιεργητικών μεθόδων, το υψηλό εμπορικό ενδιαφέρον που εκδηλώνεται στις παγκόσμιες αγορές, καθώς και η συμφέρουσα για τους παραγωγούς τιμή πώλησης. Πρόκειται για δεντρική καλλιέργεια, η οποία χρειάζεται πολύχρονη διαδικασία για να αποδώσει. Συγκεκριμένα, απαιτεί τρία χρόνια προετοιμασίας και αποδίδει καρπούς από το τέταρτο έτος και έπειτα, δηλαδή μετά την διαμόρφωση του δέντρου.

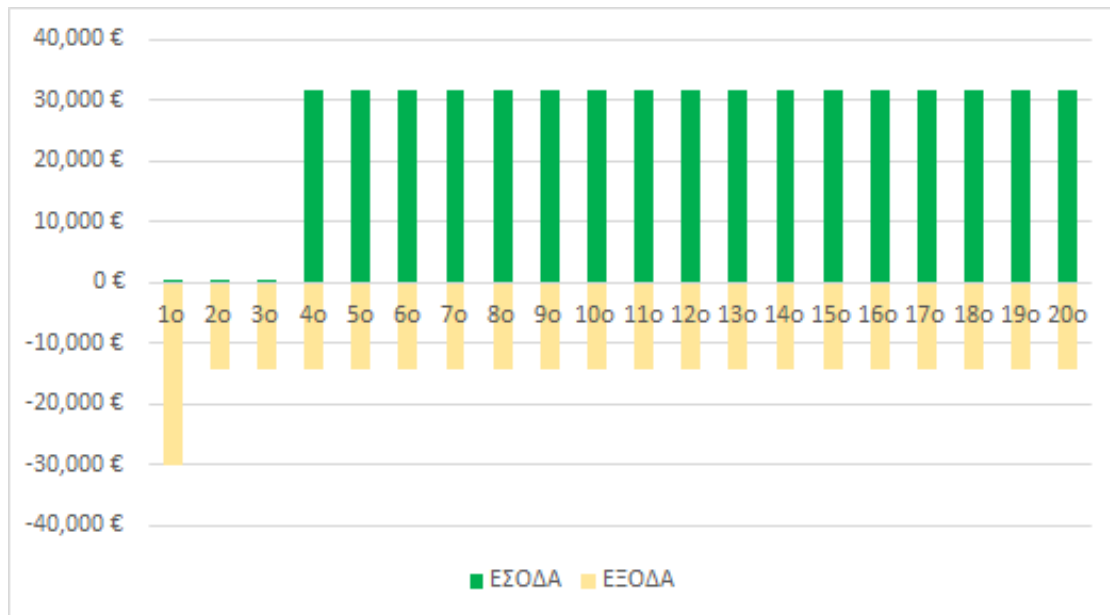
Η ετήσια παραγωγή ακτινιδίου ανά στρεμματική επιφάνεια αγγίζει τους 4 τόνους. Η τρέχουσα τιμή του κιλού ακτινιδίου στην Περιφέρεια Θεσσαλίας ανέρχεται στα 0,60€. Στον παρακάτω πίνακα δίνεται η διαμόρφωση των ταμειακών ροών της επένδυσης σε ακτινίδιο για τα πρώτα πέντε χρόνια και αφορούν επιφάνεια ενός στρέμματος.

Πίνακας 17: Έξοδα-έσοδα καλλιέργειας ενός στρέμματος ακτινιδίου για τα πρώτα 5 έτη.

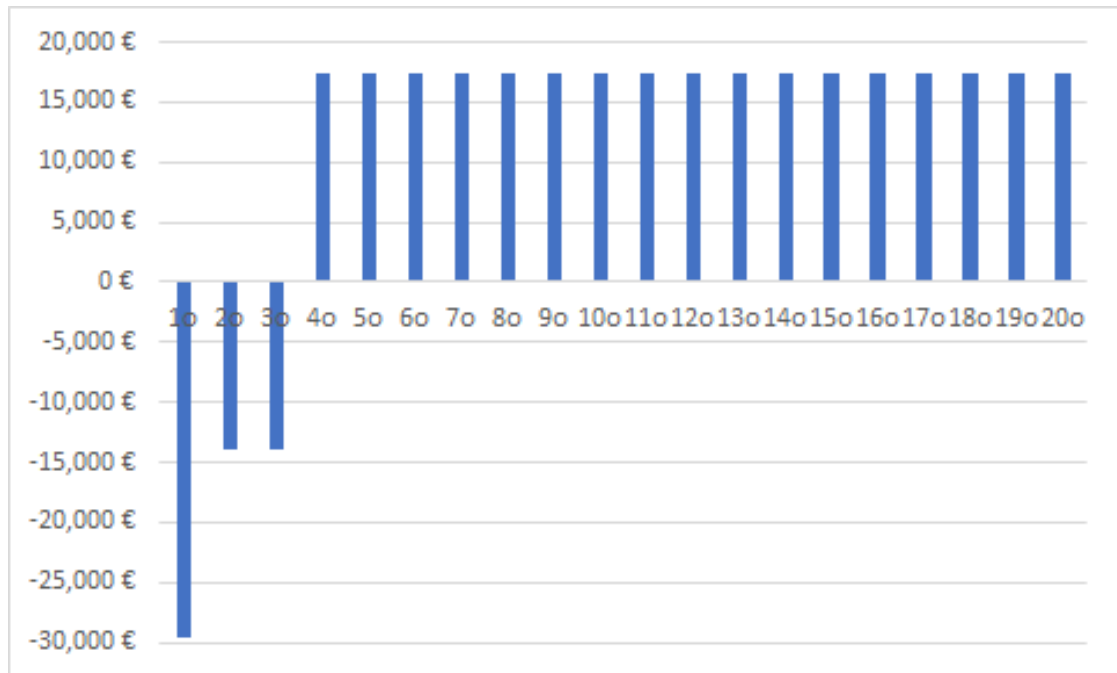
Έτος Εκμετάλλευσης	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο
ΕΣΟΔΑ					
Εισπράξεις από πώληση	0 €	0 €	0 €	2,400 €	2,400 €
Επιδότηση	30 €	30 €	30 €	30 €	30 €
Σύνολο	30 €	30 €	30 €	2,430 €	2,430 €
ΕΞΟΔΑ					
Κόστος Εγκατάστασης	1,200 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Νερό	100 €	100 €	100 €	100 €	100 €
Άλλα πάγια έξοδα	1,000 €	1,000 €	1,000 €	1,000 €	1,000 €
Σύνολο	2,300 €	1,100 €	1,100 €	1,100 €	1,100 €

Όπως προαναφέρθηκε η κάλυψη των επενδύσεων είναι 13 στέμματα και με τη θεώρηση ότι η επένδυση ακτινιδίου είναι εικοσαετίας, τα συνολικά καθαρά κέρδη από την καλλιέργεια ακτινιδίου ανέρχονται στα 236.600 €. Τα ισοδύναμα ετήσια κέρδη είναι 11.800 €.

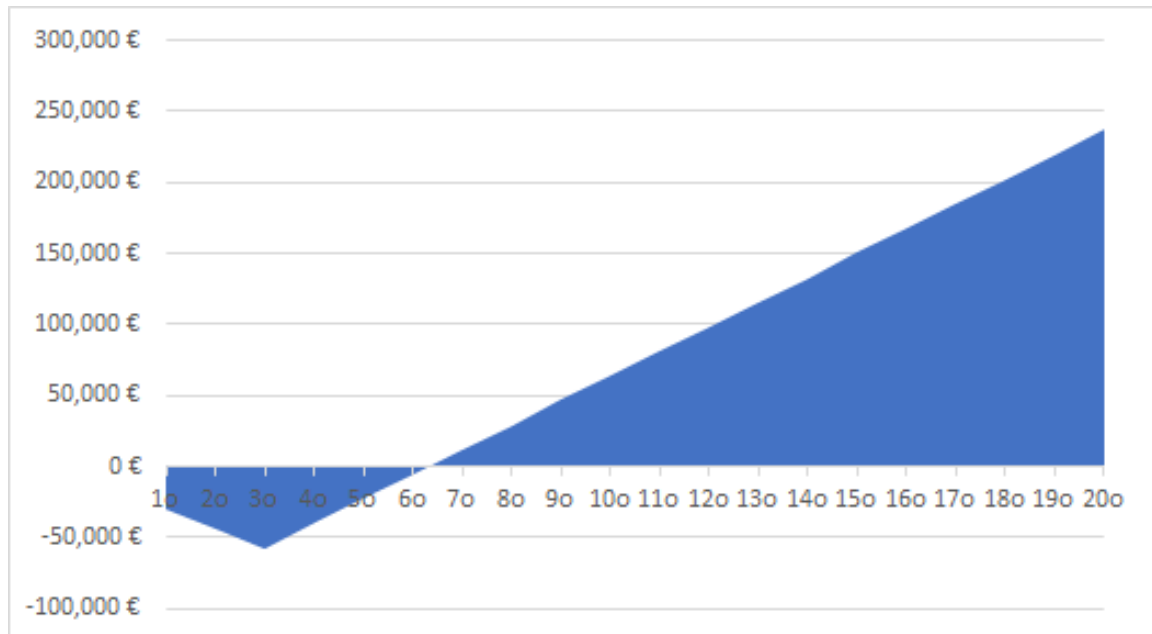
Διάγραμμα 18: Έσοδα-έξοδα επένδυσης σε ακτινίδια.



Διάγραμμα 19: Ταμειακές ροές καλλιέργειας ακτινιδίου.



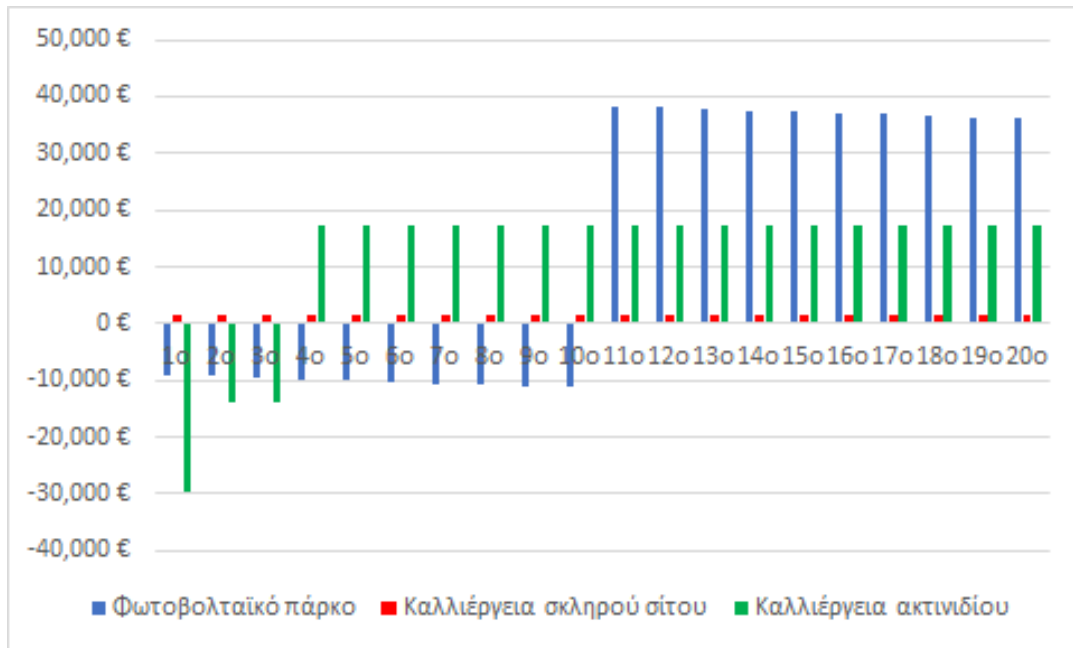
Διάγραμμα 20: Αθροιστικές ταμειακές ροές καλλιέργειας ακτινιδίου.



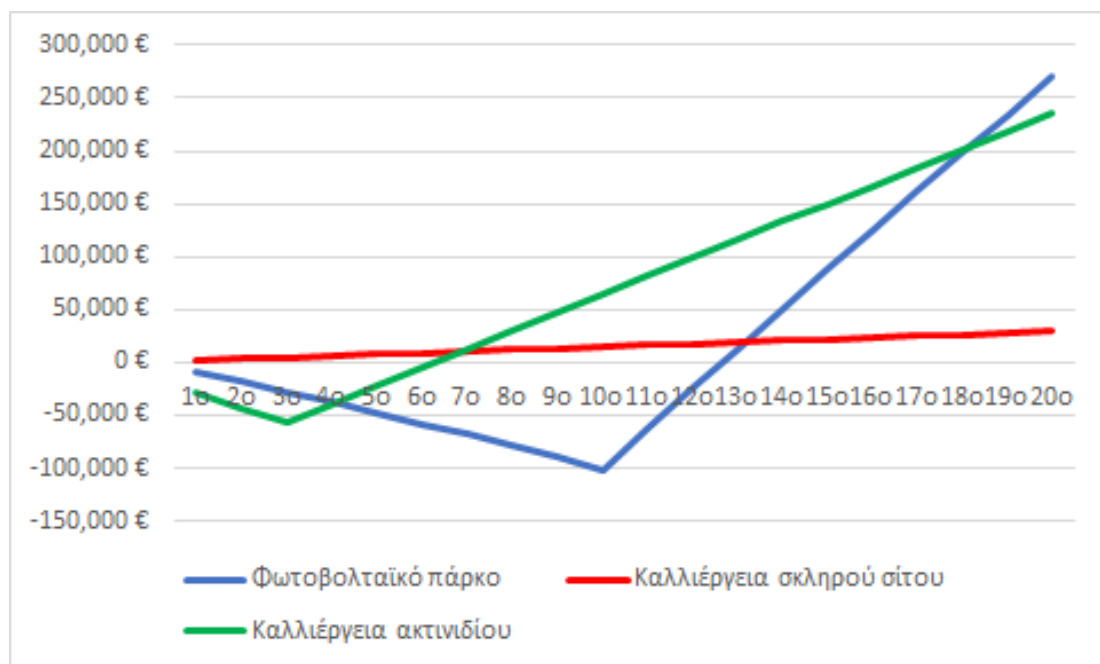
Συγκριτικά Αποτελέσματα

Η αντιπαράθεση των ισοδύναμων ετήσιων κερδών της ενεργειακής και της αγροτικής επένδυσης επιδεικνύει την οικονομική υπεροχή της πρώτης. Στο παρακάτω διάγραμμα τοποθετούνται οι ταμειακές ροές τους, θεωρώντας περίοδο εκμετάλλευσης 20 χρόνων.

Διάγραμμα 21: Σύγκριση ταμειακών ροών των επενδύσεων.



Διάγραμμα 22: Σύγκριση αθροιστικών ταμειακών ροών των επενδύσεων.



Ωστόσο, είναι αναγκαίο να σημειωθεί ότι η επιτυχία τους ή αποτυχία τους είναι συνάρτηση πολλαπλών εξωτερικών παραγόντων, όπως της μεταβλητότητας των τιμών, των κλιματολογικών συνθηκών και των κρατικών αποφάσεων. Επιπρόσθετα, καθεμία έχει τους δικούς της περιορισμούς. Η επένδυση σε φωτοβολταϊκό πάρκο απαιτεί υψηλό αρχικό κεφάλαιο για να υλοποιηθεί και ορθή αξιολόγηση των παραμέτρων που επηρεάζουν τις τιμές, ώστε να μην καταλήξει επιζήμια. Από την άλλη, οι καλλιέργειες προϋποθέτουν συνήθως ιδιόκτητα αγροτικά εδάφη, γεωργικές γνώσεις και τον προσωπικό μόχθο του παραγωγού, για να αποκτήσουν μία βιώσιμη αγροτική εκμετάλλευση.

5.4.3. Προσέγγιση Υδατικών Αναγκών

Η προσέγγιση των υδατικών αναγκών των επενδύσεων έγινε λαμβάνοντας υπόψη τις ετήσιες απαιτήσεις νερού κατά την εκμετάλλευσή τους. Το φωτοβολταϊκό πάρκο έχει μηδενικές υδατικές ανάγκες κατά τη λειτουργία του. Από την άλλη, όλες οι καλλιέργειες χρειάζονται νερό και η απόδοσή τους βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην ποσότητα και ποιότητα των υδατικών πόρων που χρησιμοποιούνται, καθώς και από τη μέθοδο ποτίσματος που εφαρμόζεται. Η απαίτηση νερού ποικίλει με το είδος του καλλιεργούμενου φυτού, την περιοχή και την εδαφοϊκανότητα του αγροτεμαχίου. Οι βροχοπτώσεις αποτελούν τον βασικό φυσικό παράγοντα παροχής νερού στις καλλιέργειες, αλλά συνήθως δεν είναι ικανές να καλύψουν τις συνολικές υδατικές ανάγκες. Για το λόγο αυτό, οι απαιτήσεις καλύπτονται με την άρδευση.

Το σκληρό σιτάρι δεν απαιτεί συγκριτικά με άλλα φυτά μεγάλες ποσότητες νερού, γεγονός που επιτρέπει την ξηρική καλλιέργειά του. . Όπως προαναφέρθηκε, τα έξοδα νερού για ένα στρέμμα ποτιστικού σκληρού σίτου στη Θεσσαλία ανέρχονται στα 10€ ετησίως. Το συνολικό κόστος του αδιύλιστου νερού άρδευσης ανέρχεται στα 0,336 € ανά m³ [69]. Επομένως, το νερό για το πότισμα του σκληρού σίτου διαμορφώνεται στα 29,76 m³/στρέμμα.

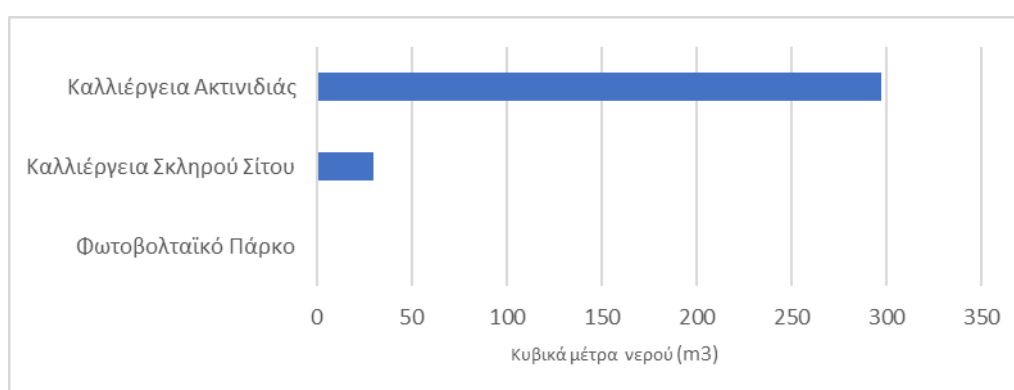
Το ακτινίδιο είναι ένα φυτό που για την καλλιέργειά του χρειάζεται σταθερή υγρασία και κατ' επέκταση συχνό πότισμα. Για το λόγο αυτό, τα έξοδα νερού για την ακτινιδιά

στην Θεσσαλία διαμορφώνονται στα 100 € ανά στρέμμα, τα οποία αντιστοιχούν σε 297,6 m³.

Πίνακας 18: Αρδευτικές ανάγκες των επενδύσεων ανά στρέμμα, ετησίως.

Περιγραφή	Κυβικά μέτρα (m ³) αρδευτικού νερού ανά στρεμματική επιφάνεια
Φωτοβολταϊκό Πάρκο	0
Καλλιέργεια Σκληρού Σίτου	29,76
Καλλιέργεια Ακτινιδιάς	297,6

Διάγραμμα 23: Απαιτούμενα κυβικά μέτρα νερού ανά στρέμμα ετησίως.



5.4.4. Ενεργειακή Προσέγγιση

Οι οικονομικές απολαβές και ο βιοπορισμός αποτελούν τον κύριο λόγο δραστηριοποίησης του πληθυσμού στην παραγωγή φωτοβολταϊκής ενέργειας ή τροφίμων. Εντούτοις, η κρισιμότητα αυτών των δραστηριοτήτων έγκειται στην ικανότητά τους να ικανοποιούν ενεργειακές ανάγκες. Τα φωτοβολταϊκά πάρκα παράγουν ηλεκτρική ενέργεια, ενώ τα τρόφιμα αποτελούν την ενεργειακή πηγή της ανθρώπινης ύπαρξης.

Φωτοβολταϊκό Πάρκο

Η ενέργεια που παράγεται από τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς μετριέται σε κιλοβατώρες (kWh). Μία κιλοβατώρα ισοδυναμεί με 3.600.000 J (Joules), δηλαδή 3,6 MJ. Το φωτοβολταϊκό πάρκο που εξετάστηκε, ισχύος 500kW, στην συγκεκριμένη περιοχή, τεχνολογίας μονοαξονικών κινητών πάνελ, παράγει ετησίως 853.875kWh,

ενώ κάθε χρόνο η απόδοσή του μειώνεται κατά 0,5%. Έτσι, στη διάρκεια εικοσαετίας η παραγόμενη ενέργεια της φωτοβολταϊκής μονάδας ανέρχεται στις 16.290.145 kWh, οι οποίες αντιστοιχούν σε 58.644,5 GJ.

Κατά την ανάλυση κύκλου ζωής του εξοπλισμού ενός φωτοβολταϊκού σταθμού 1 MW, βρέθηκε ότι η συνολική ενεργειακή ζήτησή του είναι 7.286,4 GJ [70]. Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της ενσωματωμένης ενέργειας κατέχουν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια και οι inverters. Έτσι, γίνεται η παραδοχή για τον σταθμό των 500 kW, ότι η ενσωματωμένη του ενέργεια είναι η μισή από αυτήν του 1 MW, δηλαδή 3.643,2 GJ. Επομένως, κατά την 20ετή λειτουργία της φωτοβολταϊκής μονάδας, η ενέργεια που παράγεται καλύπτει περίπου 16 φορές την ενέργεια που έχει καταναλωθεί για να ολοκληρωθεί η εγκατάστασή της.

Το 2019, η μέση ετήσια κατά κεφαλήν κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα ήταν 5 MWh [71]. Η μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας του φωτοβολταϊκού πάρκου ισχύος 500 kW, στη Λάρισα, προέκυψε σχεδόν 815 MWh. Το μέγεθος αυτό υποδηλώνει ότι ο φωτοβολταϊκός σταθμός καλύπτει τις ετήσιες ανάγκες ηλεκτρισμού 163 ανθρώπων.

Καλλιέργειες

Τα τρόφιμα αποτελούν πηγή διαφόρων θρεπτικών συστατικών. Τα θρεπτικά συστατικά που προσλαμβάνονται κατά την κατανάλωση των τροφίμων μεταβολίζονται μέσω βιοχημικών αντιδράσεων των κυττάρων, με τις οποίες επιτυγχάνεται η απελευθέρωση και αποθήκευση ενέργειας στο ανθρώπινο σώμα. Η τροφή κατά την πέψη διαχωρίζεται σε μικρότερα μόρια, όπως πρωτεΐνες και λίπη, τα οποία όταν εισέλθουν στην κυκλοφορία του αίματος γίνεται η μετατροπή της χημικής ενέργειάς τους σε θερμική, συμβάλλοντας στην σταθερή θερμοκρασία του σώματος. Επίσης, μπορεί να μετατραπεί σε μηχανική ενέργεια, με την οποία διεξάγονται οι κινητικές λειτουργίες. Η ενέργεια που αποδίδει η τροφή στον ανθρώπινο οργανισμό μετρείται σε θερμίδες (kcal). Μία θερμίδα ισούται με 4.184 J. Η πρόσληψη θερμίδων διαφοροποιείται ανάλογα με το φύλο και τη σωματοδομή του κάθε ανθρώπου. Θεωρείται ότι η μέση ημερήσια κατανάλωση θερμίδων είναι 2.500 kcal, ενώ η ετήσια 912.500 kcal.

Καλλιέργεια Σκληρού Σιταριού

Το σκληρό σιτάρι αποτελεί δημητριακό υψηλής αξίας για τη διατροφή των ανθρώπων. Το κύριο παράγωγό του, που δημιουργείται με την άλεσή του, είναι το σιμιγδάλι, από το οποίο δημιουργούνται τα ζυμαρικά. Η ενεργειακή πυκνότητα του σιμιγδαλιού ανέρχεται στις 360 kcal ανά 100 γραμμάρια. Η καλλιέργεια σκληρού σίτου στη Θεσσαλία στο αγροτεμάχιο 13 στρεμμάτων μπορεί να αποδώσει έως και 9.100kg ετησίως. Αυτή η ποσότητα μεταφράζεται σε 32.760.000kcal, που ισούνται με 137.067,84 MJ. Η παραγωγή αυτή μπορεί να ικανοποιήσει την απαραίτητη ποσότητα θερμίδων που καταναλώνουν ετησίως σχεδόν 36 άνθρωποι.

Για την παραγωγή σκληρού σίτου, όπως και για τις περισσότερες καλλιέργειες, οι συνολικές δαπάνες ενέργειας διαφέρουν ανάλογα με το έδαφος, το κλίμα και τις πρακτικές καλλιέργειας. Στην Ελλάδα, η καλλιέργεια σκληρού σιταριού καταναλώνει 19,9 GJ/ha [72]. Η προσαρμογή του μεγέθους αυτού στην παρούσα μελέτη δίνει ότι επένδυση στο σκληρό σιτάρι καταναλώνει ετησίως 25,87 GJ.

Καλλιέργεια Ακτινιδίου

Από την άλλη, το ακτινίδιο αποτελεί ένα φρούτο υψηλής διατροφικής αξίας για τον άνθρωπο. Η ενεργειακή του πυκνότητα είναι 60 kcal ανά 100 γραμμάρια. Η καλλιέργεια του ακτινιδίου στην περίπτωση που εξετάστηκε μπορεί να αποφέρει έως και 52 τόνους σε ένα έτος, οι οποίοι αναλογούν σε 130.540,8 MJ ή διαφορετικά 31.200.000 kcal, ποσότητα που ισούται με την αναγκαία πρόσληψη θερμίδων για περίπου 34 ανθρώπους.

Σύμφωνα με μελέτη που διεξάχθηκε για 86 φάρμες στο Ιράν, ο μέσος όρος της ενεργειακής εισροής στην παραγωγή ακτινιδίων ήταν 30.285,62 MJ/ha [73]. Επομένως, για τα 13 στρέμματα καλλιέργειας ακτινιδίου οι ενεργειακές ανάγκες ανέρχονται περίπου στα 39,37 GJ ανά έτος καλλιέργειας. Η παραγωγή ακτινιδίου απαιτεί αρκετά μεγαλύτερες εισροές ενέργειας από το σκληρό σιτάρι, καθώς η καλλιέργειά του προϋποθέτει εντατική χρήση νερού και λιπασμάτων.

Συγκριτικά αποτελέσματα

Ο φωτοβολταϊκός σταθμός 500 kW καλύπτει τις ετήσιες ανάγκες ηλεκτρισμού 163 ανθρώπων. Η ετήσια παραγωγή της καλλιέργειας σκληρού σίτου και του ακτινιδίου, στην ίδια έκταση γης που καταλαμβάνει η φωτοβολταϊκή μονάδα, μπορεί να ικανοποιήσει τις ανάγκες τροφίμων 34 και 36 ανθρώπων αντίστοιχα, με τη θεώρηση ότι οι άνθρωποι καταναλώνουν μόνο το συγκεκριμένο ανά περίπτωση τρόφιμο.

Πίνακας 19: Κάλυψη ετήσιων αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας και τροφίμων (σε ισοδύναμες θερμίδες).

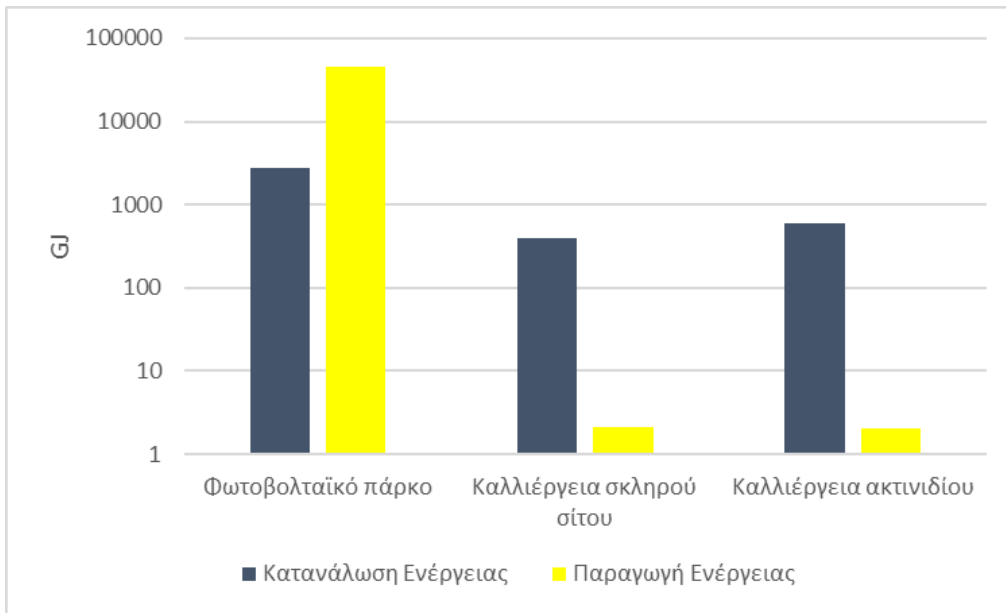
Περιγραφή	Κάλυψη ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (σε άτομα)	Κάλυψη ζήτησης τροφίμων (σε άτομα)
Φωτοβολταϊκό Πάρκο	163	
Καλλιέργεια Σκληρού Σίτου		36
Καλλιέργεια Ακτινιδιάς		34

Η αντιπαράθεση των ενεργειακής ζήτησης και απόδοσης των επενδύσεων επιδεικνύει ότι το φωτοβολταϊκό πάρκο συνεπάγεται πολύ υψηλότερα ποσά παραγόμενης, αλλά και καταναλισκόμενης ενέργειας. Αν και η απαίτηση ενέργειας για το φωτοβολταϊκό πάρκο προκύπτει κατά τη φάση κατασκευής του, είναι αρκετά μεγαλύτερη των συνολικών ενεργειακών αναγκών των καλλιεργειών για 20 χρόνια. Ωστόσο, η απαίτηση αυτή εξισορροπείται από την παραγωγή ενέργειας μέχρι και τον δεύτερο χρόνο λειτουργίας του. Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά οι ενεργειακές εισροές και εκροές των επενδύσεων, για την εικοσαετή εκμετάλλευσή τους.

Πίνακας 20: Ενεργειακές εισροές-εκροές για επιφάνεια 13 στρεμμάτων για την 20ετία.

Περιγραφή	Κατανάλωση Ενέργειας (GJ)	Παραγωγή Ενέργειας (GJ)
Φωτοβολταϊκό πάρκο	3643.2	58644.5
Καλλιέργεια σκληρού σίτου	517.4	2.74
Καλλιέργεια ακτινιδίου	787.4	2.62

Διάγραμμα 24: Ενεργειακές εισροές- εκροές επιφάνεια ενός ha για για 20 χρόνια.



6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά τη διεξαγωγή της παρούσας μελέτης προέκυψαν ορισμένες παρατηρήσεις, οι οποίες συνοψίζονται ακολούθως.

- Έως και σήμερα, υπάρχει ελάχιστη ελληνική βιβλιογραφία για το ΠΝΤΕ. Επίσης, κατά τη διάρκεια της έρευνας, δεν εντοπίστηκε ο όρος του Πλέγματος από αντίστοιχους αρμόδιους πολιτικούς φορείς λήψης αποφάσεων στην Ελλάδα, γεγονός που καταδεικνύει ότι δεν έχει αναγνωριστεί ακόμα σε εθνικό επίπεδο η αναγκαιότητά του.
- Η επέκταση των φωτοβολταϊκών συστημάτων αυξάνεται με εκθετικούς ρυθμούς. Το 2019 η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών συστημάτων επί εδάφους ήταν 2.255 MW. Η συνολική ισχύς των αδειοδοτήσεων της ΡΑΕ για τη Θεσσαλία ανέρχεται στα 1.711 MW, πολλές εκ των οποίων εγκρίθηκαν από το 2019 κι έπειτα.
- Στην περιοχή μελέτης, παρά την εξαιρετική εδαφοϊκανότητα και τις κατάλληλες κλιματολογικές συνθήκες για την παραγωγή τροφίμων, το 50% των καλλιεργειών της Θεσσαλίας, αφορούν καλλιέργειες μη βρώσιμες, όπως το βαμβάκι.
- Οι εκτάσεις των αδειοδοτημένων φωτοβολταϊκών της ΡΑΕ για την Θεσσαλία προέκυψαν γύρω στο 1% των καλλιεργούμενων εκτάσεων. Το ποσοστό αυτό θεωρείται ότι δεν υποβαθμίζει την παραγωγή τροφίμων. Οι εκτάσεις που μετρήθηκαν σε σύγκριση με την συνολική ισχύ, υποδεικνύουν ότι καταλαμβάνουν μεγαλύτερο χώρο από αυτόν που απαιτείται. Η διαφορά αυτή πιθανώς οφείλεται στο γεγονός ότι τα στοιχεία της ΡΑΕ περιλαμβάνουν το αγροτεμάχιο στο οποίο είναι δηλωμένο το φωτοβολταϊκό και δεν αφορά την πραγματική κάλυψη των συστοιχιών. Επίσης, σύμφωνα με τον νέο νόμο 4643/2019 η Π.Ε. Μαγνησίας ενδεχομένως να έχει φτάσει στα όρια της μέγιστης επιτρεπόμενης ισχύος στις αγροτικές της εκτάσεις.
- Τη δεδομένη χρονική περίοδο, κατά την αξιολόγηση των οικονομικών ευκαιριών της επένδυσης σε φωτοβολταϊκά συστήματα και στην καλλιέργεια σε σκληρό σίτο

και ακτινίδια, για την ίδια επιφάνεια εδάφους, προέκυψε ότι η πρώτη είναι η πλέον συμφέρουσα. Ωστόσο, το αρχικό κεφάλαιο που απαιτείται είναι αρκετά υψηλό και η δανειοδότηση στην Ελλάδα είναι δυσεπίτευκτη εξαιτίας της οικονομικής κρίσης. Τα οικονομικά κέρδη από την επένδυση σε ακτινίδια μπορούν να ανταγωνιστούν το φωτοβολταϊκό πάρκο, αλλά προϋποθέτει χρόνια προετοιμασίας πριν αποδώσει καρπούς, καθώς και την εκπαίδευση και εξοικείωση με σύγχρονες γεωργικές τεχνολογικές γνώσεις και εφαρμογές. Το σκληρό σιτάρι είναι πλέον μία όχι τόσο συμφέρουσα επιλογή, αφού ο γεωργός μπορεί να εξασφαλίσει ίσα ή και περισσότερα κέρδη μόνο από την ενοικίαση του αγροτεμαχίου του, σε κάποιον επενδυτή ηλιακής ενέργειας.

- Η ενέργεια που παράγεται από τις φωτοβολταϊκές συστοιχίες του δεδομένου πάρκου 500 kWh έχει τη δυνατότητα να καλύψει τις ετήσιες ηλεκτρικές ενεργειακές ανάγκες 163 ανθρώπων. Στην ίδια έκταση γης, η ετήσια παραγωγή της καλλιέργειας σκληρού σίτου και του ακτινιδίου μπορεί να εξασφαλίσει την επισιτιστική ενέργεια που χρειάζονται 36 και 34 άνθρωποι αντίστοιχα (σε ισοδύναμες θερμίδες κατανάλωσης).
- Το φωτοβολταϊκό πάρκο, μόνο κατά τη φάση κατασκευής του, απαιτεί μεγαλύτερες ενεργειακές εισροές από αυτές που απαιτεί η 20ετής καλλιέργεια σίτου ή ακτινιδίου.

Ορισμένες από τις προτάσεις που αναδύονται για την βέλτιστη αξιοποίηση της γης, στα πλαίσια του ΠΝΤΕ και πιο συγκεκριμένα της διασύνδεσης των φωτοβολταϊκών συστημάτων με την αγροτική παραγωγή, είναι οι εξής:

- Απλοποίηση των διαδικασιών παραχώρησης ημιορεινών εκτάσεων, χωρίς δασική βλάβηση, που παρουσιάζουν τις κατάλληλες προδιαγραφές για την ίδρυση φωτοβολταϊκών σταθμών από το Δημόσιο σε ενδεχόμενους επενδυτές και ίδρυση μιας «Τράπεζας Γης», στην οποία το Δημόσιο θα εκμισθώνει τις άγονες εκτάσεις για ενεργειακές εγκαταστάσεις.
- Παροχή ειδικών επιδοτήσεων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων σε εκτάσεις που δεν ενδείκνυνται για γεωργική παραγωγή.

- Εισαγωγή και ανάπτυξη αγροφωτοβολταϊκών συστημάτων, τα οποία συνδυάζουν την ηλεκτροπαραγωγή από φωτοβολταϊκές μονάδες με την καλλιέργεια τροφίμων, επιτυγχάνοντας την απόλυτη αξιοποίηση γης.
- Εκπαίδευση των αγροτών από τους αρμόδιους φορείς γεωργικής ανάπτυξης, περεταίρω οικονομική υποστήριξη, ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών που μπορούν να επιτύχουν αποδοτικότερες καλλιέργειες τροφίμων και παρακίνηση του επενδυτικού κλάδου μέσω ειδικών προγραμμάτων για στροφή στον πρωτογενή τομέα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- ¹ WEF Background. Available online: www.water-energy-food.org/mission (Ανάκτηση Νοέμβριος 2020).
- ² Hoff, H., Understanding the Nexus. Background paper for the Bonn2011 Nexus conference: The Water, Energy and Food Security Nexus, 2011.
- ³ Alfaro, L., Foreign direct investment: Effects, complementarities, and promotion. Partners or creditors, 21-76, 2015.
- ⁴ Saundry, P., & Ruddell, B. L. (Eds.), The Food-Energy-Water Nexus. Springer Nature, 2020.
- ⁵ UNICEF, Water, Sanitation and Hygiene, United Nations International Children's Emergency Fund (UNICEF). Available online: www.unicef.org/wash (Ανάκτηση Νοέμβριος 2020).
- ⁶ WHO, 1 in 3 people globally do not have access to safe drinking water, World Health Organization (WHO), 2019. Available online: www.who.int/news/item/18-06-2019-1-in-3-people-globally-do-not-have-access-to-safe-drinking-water-unicef-who (Ανάκτηση Νοέμβριος 2020).
- ⁷ Agenda, G. W. Water Security & the Global Water Agenda, 2013.
- ⁸ United Nations. General Assembly Resolution A/RES/64/292. The human right to safe drinking water and sanitation. Available online: http://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292 (Ανάκτηση Νοέμβριος 2020).
- ⁹ Grey, D., & Sadoff, C. W., Sink or swim? Water security for growth and development. Water policy, 9(6), 545-571., 2007.
- ¹⁰ Roger D. Hansen, Water Wheels. Available online: www.waterhistory.org/histories/waterwheels/ (Ανάκτηση Φεβρουάριος 2021).
- ¹¹ Fossil Energy Study Guide. Available online: https://www.energy.gov/sites/prod/files/Elem_Coal_Studyguide.pdf (Ανάκτηση Δεκέμβριος 2020).
- ¹² IEA, Energy security, Ensuring the uninterrupted availability of energy sources at an affordable price, International Energy Agency (IEA). Available online: <https://www.iea.org/areas-of-work/ensuring-energy-security> (Ανάκτηση Δεκέμβριος 2020).
- ¹³ Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., Van Otterdijk, R., & Meybeck, A., Global food losses and food waste, 2011.

-
- ¹⁴ Prosekov, A. Y., & Ivanova, S. A., Food security: The challenge of the present. *Geoforum*, 91, 73-77, 2018.
- ¹⁵ FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO, The State of Food Security and Nutrition in the World 2020. Transforming food systems for affordable healthy diets. Rome, FAO, 2020, <https://doi.org/10.4060/ca9692en>.
- ¹⁶ Mercy Corps, The facts: What you need to know about global hunger. Available online: <https://www.mercycorps.org/blog/quick-facts-global-hunger> (Ανάκτηση Φεβρουάριος 2021).
- ¹⁷ FAO, Declaration on world food security. World Food Summit, FAO, Rome, 1996.
- ¹⁸ General Comment No. 12 on the right to adequate food, The Committee on Economic, Social and Cultural Rights.
- ¹⁹ WEF (World Economic Forum), Global Risks 2011, Sixth Edition: An Initiative of the Risk Response Network, 2011.
- ²⁰ Simpson, G. B., The development of the Water-Energy-Food Nexus Index and its application to the Southern African Development Community (Doctoral dissertation), 2020.
- ²¹ Ferroukhi, R., Nagpal, D., Lopez-Peña, A., Hodges, T., Mohtar, R. H., Daher, B., ... & Keulertz, M., Renewable energy in the water, energy & food nexus. IRENA, Abu Dhabi, 2015.
- ²² IEA, World Energy Outlook 2012, IEA, Paris, 2012. Available online: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2012>. (Ανάκτηση Δεκέμβριος 2020)
- ²³ Water, U. N., Sustainable Development Goal 6 synthesis report on water and sanitation. Published by the United Nations New York, New York, 10017, 2018.
- ²⁴ Yang, J., & Yamazaki, A., Water and energy nexus: A literature review. *Water West, Stanford Univ*, 1, 146., 2013.
- ²⁵ Κατσανεβάκη Α., Συστήματα Αντλησιοταμείωσης- Εφαρμογή σε Υφιστάμενες Υποδομές (Λίμνη Πλαστήρα), 2018.
- ²⁶ Nikolaidis, P., & Poullikkas, A., A comparative review of electrical energy storage systems for better sustainability. *Journal of power technologies*, 2017.
- ²⁷ Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Water for Sustainable Food and Agriculture—A Report Produced for the G20 Presidency of Germany, 2017.

-
- ²⁸ Poore, J., & Nemecek, T., Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987-992, 2018.
- ²⁹ WEF Nexus Index. Available online: <https://wefnexusindex.org/> (Ανάκτηση Νοέμβριος 2020).
- ³⁰ Smil, V., *Energy transitions: global and national perspectives*. ABC-CLIO, 2016.
- ³¹ IRENA, *Global energy transformation: a roadmap to 2050*, 2018.
- ³² Βικιπαίδεια, *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*. Available online: https://el.wikipedia.org/wiki/Ανανεώσιμες_πηγές_ενέργειας (Ανάκτηση Δεκέμβριος 2020).
- ³³ UN Department of Economic and Social Affairs, *The Sustainable Development Goals Report*, United Nations, 2017. Available online: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2017/> (Ανάκτηση Δεκέμβριος 2020).
- ³⁴ Ellabban, O., Abu-Rub, H., & Blaabjerg, F., Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 748-764, 2014.
- ³⁵ Μαμάσης Ν. και Ευστρατιάδης Α., *Σημειώσεις μαθήματος: Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία*, 267 pages, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Οκτώβριος 2018.
- ³⁶ Βικιπαίδεια, *Υδροηλεκτρικό Εργοστάσιο*. Available online: https://el.wikipedia.org/wiki/Υδροηλεκτρικό_εργοστάσιο (Ανάκτηση Δεκέμβριος 2020).
- ³⁷ Felix T., What is the Walney Extension? Analysing the world's largest offshore wind farm, NS Energy Available online: www.nsenergybusiness.com/features/what-is-walney-extension-offshore-wind-farm/ (Ανάκτηση Δεκέμβριος 2020).
- ³⁸ Ritchie H., Energy Mix, Our World In Data <https://ourworldindata.org/energy-mix> (Ανάκτηση Δεκέμβριος 2020).
- ³⁹ Wikipedia, Solar Panel. Available online: https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_panel (Ανάκτηση Ιανουάριος 2021).
- ⁴⁰ Wang, Copenhagen's largest school will be powered by solar energy. (2015) Available online: <https://inhabitat.com/copenhagens-largest-school-will-be-powered-by-solar-energy/> (Ανάκτηση Ιανουάριος 2021).
- ⁴¹ Τζουβαδάκης Ι., Τσορός Σ., *Ανάπτυξη Οικονομοτεχνικής Μεθοδολογίας Για την Εκμετάλλευση Φωτοβολταϊκών Στοιχείων*, TEE, 2010. Available online: http://library.tee.gr/digital/techr/2010/techr_2010_1_31.pdf (Ανάκτηση Ιανουάριος 2021).

-
- ⁴² IEA, Renewables 2019, IEA, Paris, 2019. Available online: <https://www.iea.org/reports/renewables-2019> (Ανάκτηση Δεκέμβριος 2020).
- ⁴³ Roser M., Why did renewables become so cheap so fast? And what can we do to use this global opportunity for green growth?, Our World In Data, 2020. Available online: <https://ourworldindata.org/cheap-renewables-growth#licence> (Ανάκτηση Δεκέμβριος 2020).
- ⁴⁴ Jaeger-Waldau, A., PV Status Report 2019, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, doi:10.2760/326629.
- ⁴⁵ Luderer, G., Pietzcker, R. C., Carrara, S., de Boer, H. S., Fujimori, S., Johnson, N., ... & Arent, D., Assessment of wind and solar power in global low-carbon energy scenarios: An introduction. Energy Economics, 64, 542-551, 2017.
- ⁴⁶ Country and Regional Maps, Photovoltaic Geographical Information System, UN. Available online: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_download/map_index.html#! (Ανάκτηση Ιανουάριος 2021).
- ⁴⁷ Tselepis S., The PV Market Developments in Greece, Net-Metering Study Cases 31st EUPVSEC 2015 Hamburg 7DV.4.26.
- ⁴⁸ HELPACO, Στατιστικά στοιχεία αγοράς φωτοβολταϊκών για το 2019, Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών, 2019. Available online: https://helapco.gr/wp-content/uploads/pv-stats_greece_2019_2Apr2020.pdf (Ανάκτηση Ιανουάριος 2021).
- ⁴⁹ Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ), Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2019. Available online: www.opengov.gr/minenv/?c=27930 (Ανάκτηση Ιανουάριος 2021).
- ⁵⁰ HELPACO, Ένας πρακτικός οδηγός για επενδύσεις στα φωτοβολταϊκά, Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών. Available online: https://helapco.gr/pdf/HELAPCO_PV_Investment_Guide.pdf (Ανάκτηση Ιανουάριος 2021).
- ⁵¹ Μανιάτης Γ., Η συνεισφορά των εισροών στην αγροτική παραγωγή και το μέλλον του αγροτικού τομέα στην Ελλάδα, Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών, 2020. Available online: http://iobe.gr/docs/research/RES_05_F_21102020_REP_GR.pdf (Ανάκτηση Ιανουάριος 2021).
- ⁵² FAOSTAT, United Nations Food and Agricultural Organization (FAO). Available online: http://faostat.fao.org/static/syb/syb_84.pdf (Ανάκτηση Ιανουάριος 2021).
- ⁵³ EC, Statistical Factsheet Greece, European Commission, 2020. Available online: <https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming->

fisheries/farming/documents/agri-statistical-factsheet-el_en.pdf (Ανάκτηση Ιανουάριος 2021).

⁵⁴ Energypedia, Photovoltaic (PV) Pumping Systems for Irrigation. Available online: [www.energypedia.info/wiki/Photovoltaic_\(PV\)_Pumping_Systems_for_Irrigation](http://www.energypedia.info/wiki/Photovoltaic_(PV)_Pumping_Systems_for_Irrigation) (Ανάκτηση Ιανουάριος 2021).

⁵⁵ Bey M., Hamidat A., Benyoucef B., & Nacer T., Viability study of the use of grid connected photovoltaic system in agriculture: Case of Algerian dairy farms. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 63, 333-345, 2016.

⁵⁶ Solar Innovation: Task Unification of Ground Mount Solar Arrays, The Solar Experts, 2018. Available online: www.iconsolar.com/solar-innovation-task-unification-of-ground-mount-solar-arrays/ (Ανάκτηση Ιανουάριος 2021).

⁵⁷ ΕΛΣΤΑΤ, Απογραφή 2011, Ελληνική Στατιστική Αρχή: Available on : <https://www.statistics.gr/el/2011-census-pop-hous> (Ανάκτηση Ιανουάριος 2021).

⁵⁸ ΥΠΙΕΝ, Διαδικτυακή Πύλη Γεωχωρικών Πληροφοριών Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΙΕΝ). Available online: <http://mapsportal.ypen.gr/maps/?limit=20&offset=0> (Ανάκτηση Νοέμβριος 2020)

⁵⁹ 1η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ, ΥΔ Θεσσαλίας (EL08), Επιφανειακά και Υπόγεια Υδατικά Συστήματα, Υδάτινοι Πόροι και Περιβάλλον Θεσσαλίας (ΥΠΙΕΘΕ). Available online on : http://wfdver.ypeka.gr/wp-content/uploads/2017/12/EL08_SD LAP_APPROVED.pdf (Ανάκτηση Φεβρουάριος 2021)

⁶⁰ GEODATA, Δεδομένα. Available online: <http://geodata.gov.gr/dataset> (Ανάκτηση Ιανουάριος 2021).

⁶¹ ΕΦΑΠ, Κλιματολογικοί χάρτες ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα, Ελληνικό Δίκτυο Ηλιακής Ενέργειας, 2002-2012. Available online: <https://www.atmosphere-upatras.gr/solarmaps/Thessaly>. (Ανάκτηση Ιανουάριος 2021).

⁶² ΕΛΣΤΑΤ, Γεωργία και Κτηνοτροφία, Ελληνική Στατιστική Αρχή. Available online: <https://www.statistics.gr/el/statistics/agr/> (Ανάκτηση Νοέμβριος 2020).

⁶³ ΡΑΕ, Γεωπληροφοριακός Χάρτης, Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας. Available online: <https://geo.rae.gr/> (Ανάκτηση Νοέμβριος 2020).

⁶⁴ Καραναστάση Μ., Διερεύνηση δυνατοτήτων βέλτιστης αξιοποίησης υδρο-ενεργειακών πόρων περιοχής Αχελώου-Θεσσαλίας, Μεταπτυχιακή εργασία, 240 pages, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Φεβρουάριος 2017.

-
- ⁶⁵ Global Solar Atlas. Available online: <https://globalsolaratlas.info/map?c=39.461644,22.142944,9&s=39.374867,22.355804&m=site> (Ανάκτηση Φεβρουάριος 2021).
- ⁶⁶ Green Project. Available online: <http://www.greenproject.gr/> (Ανάκτηση Ιανουάριος 2021).
- ⁶⁷ Παπαθανασίου Στ., Σημειώσεις Οικονομικής Αξιολόγησης Επενδύσεων Ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, ΕΜΠ, 2012.
- ⁶⁸ Φορολογικές Αποσβέσεις (πίνακας). Available online: <http://www.taxhorizon.club/el/βιβλιοθήκη-9/βιβλιοθήκη-178/φορολογικές-αποσβέσεις-πίνακας-27462> (Ανάκτηση Φεβρουάριος 2021).
- ⁶⁹ Υ.ΠΕ.ΘΕ., Κοστολόγηση - Τιμολόγηση Υπηρεσιών Ύδατος, Υδατινοί Πόροι και Περιβάλλον Θεσσαλίας. Available online: <https://www.ypethe.gr/archive/kostologisi-timologisi-ypiresion-udatos> (Ανάκτηση Φεβρουάριος 2021).
- ⁷⁰ Piasecka I. et al. Eco-energetical life cycle assessment of materials and components of photovoltaic power plant. *Energies*, 13.6: 1385, 2020.
- ⁷¹ IEA, Data and Statistics, Electricity consumption per capita, Greece 1990-2019. Available online: <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=GREECE&fuel=Electricity%20and%20heat&indicator=ElecConsPerCapita> (Ανάκτηση Φεβρουάριος 2021).
- ⁷² Visser D., C. L. M., et al., State of the Art on Energy Efficiency in Agriculture, Country data on energy consumption in different agroproduction sectors in the European countries. *agrEE*, 2012.
- ⁷³ Mohammadi, Ali, et al. Energy inputs–yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. *Renewable energy*, 2010.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

ΙΣΧΥΣ ΦΒ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ (KWp):	500
----------------------------	-----

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

ΤΡΕΧΟΥΣΑ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ ΑΝΑ ΚWh (Ευρώ/ΚWh):	0.063
ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΑΠΟΔΟΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΝΑ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥ (ΚWh / KWp):	1485
ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΕΤΗΣΙΑΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΛΟΓΩ ΗΛΙΟΣΤΑΤΩΝ	15%

ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΡΓΟΥ

Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού Πάρκου	330,000.0 €
Υπηρεσίες έρευνας-μελέτης-αδειοδοτήσεων κ.ά.	15,000.0 €
Όροι Σύνδεσης	40,000.0 €
ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΡΓΟΥ :	385,000.0 €

ΚΕΦΑΛΑΙΑ

Ποσοστό ιδίου κεφαλαίου	0.00%
Ποσοστό δανεισμού	100.00%
Επιτόκιο δανεισμού	5.00%
Διάρκεια δανεισμού	10

ΛΟΙΠΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

Απώλειες Απόδοσης φωτοβολταϊκού ανά έτος:	0.50%
Συντελεστής ΜΤΑΕ (Μεταβατικό Τέλος Ασφαλιστικού Εφοδιασμού)	3.60%
Τέλος Επιτηδεύματος	1,000.00 €
Φόρος Εισοδήματος	24.00%

ΠΩΛΗΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ		ΕΤΗ																			
ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο	6ο	7ο	8ο	9ο	10ο	11ο	12ο	13ο	14ο	15ο	16ο	17ο	18ο	19ο	20ο
Ετήσια Αποδόση Ουροβλακτικού Συστήματος (Πηροφύλασο Ηλεκτρικό πεύλα)	KWh	853.875	849.606	845.358	841.131	836.925	832.741	828.577	824.434	820.312	816.210	812.129	808.069	804.028	800.008	796.008	792.028	788.068	784.127	780.207	776.306
ΑΕΙΑ ΠΩΛΗΣΕΩΝ		0,0630	0,0630	0,0630	0,0630	0,0630	0,0630	0,0630	0,0630	0,0630	0,0630	0,0630	0,0630	0,0630	0,0630	0,0630	0,0630	0,0630	0,0630	0,0630	0,0630
ΤΜΗ/ΚWh		53,794	53,535	53,258	52,991	52,726	52,463	52,200	51,939	51,680	51,421	51,164	50,908	50,654	50,401	50,149	49,898	49,648	49,400	49,153	48,907
ΕΤΗΣΙΑ ΕΣΟΔΑ																					

ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ

ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ	ΑΕΙΑ ΠΡΟΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗ	Έτος κατασκευής																				ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΟΣΒΕΣΕΩΝ
			1ο	2ο	3ο	4ο	5ο	6ο	7ο	8ο	9ο	10ο	11ο	12ο	13ο	14ο	15ο	16ο	17ο	18ο	19ο	20ο	
ΟΡΟΙ ΣΥΜΒΑΣΗΣ	10,00%	250.000,00 €	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	
ΑΝΟΙΓΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	10,00%	40.000,00 €	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	
ΣΥΝΟΛΟ	4,00%	95.000,00 €	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	
		385.000,00 €	32800	32800	32800	32800	32800	32800	32800	32800	32800	32800	32800	32800	32800	32800	32800	32800	32800	32800	32800	366000	

Επιχειρησιακός	τιμή σε €																			
	1ο ΕΤΟΣ	2ο ΕΤΟΣ	3ο ΕΤΟΣ	4ο ΕΤΟΣ	5ο ΕΤΟΣ	6ο ΕΤΟΣ	7ο ΕΤΟΣ	8ο ΕΤΟΣ	9ο ΕΤΟΣ	10ο ΕΤΟΣ	11ο ΕΤΟΣ	12ο ΕΤΟΣ	13ο ΕΤΟΣ	14ο ΕΤΟΣ	15ο ΕΤΟΣ	16ο ΕΤΟΣ	17ο ΕΤΟΣ	18ο ΕΤΟΣ	19ο ΕΤΟΣ	20ο ΕΤΟΣ
Πληθυσ (I)=ΕΣΟΔ	53794,13	53825,15	53257,53	52991,24	52726,28	52467,65	52200,34	51939,34	51679,64	51421,24	51164,14	50908,32	50653,77	50400,51	50148,50	49897,76	49648,27	49400,03	49153,03	48907,27
Κόστος Προσωπική και Ανσωληνική (ΚΜ)	10000,00	10000,00	10000,00	10000,00	10000,00	10000,00	10000,00	10000,00	10000,00	10000,00	10000,00	10000,00	10000,00	10000,00	10000,00	10000,00	10000,00	10000,00	10000,00	10000,00
ΜΤΑΕ	1936,59	1926,91	1917,27	1907,68	1898,15	1888,66	1879,21	1869,82	1860,47	1851,16	1841,91	1832,70	1823,54	1814,42	1805,35	1796,32	1787,34	1778,40	1769,51	1760,66
Έλας Επιτηδεύματος (Ε)	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00
Έλας Δαπάνης (Δ)	19290,00	17719,54	16112,55	14425,22	12853,51	10793,23	8839,92	6788,96	4653,44	2374,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Τομολογία (Τ)	49859,26	49859,26	49859,26	49859,26	49859,26	49859,26	49859,26	49859,26	49859,26	49859,26	49859,26	49859,26	49859,26	49859,26	49859,26	49859,26	49859,26	49859,26	49859,26	49859,26
Αποδόσεις (Α)	32800,00	32800,00	32800,00	32800,00	32800,00	32800,00	32800,00	32800,00	32800,00	32800,00	3800,00	3800,00	3800,00	3800,00	3800,00	3800,00	3800,00	3800,00	3800,00	3800,00
00Ρ01																				
Αποβάτωση Προ Όψεως (I=ΚΜ+ΜΤΑΕ-Ε-Δ)	-11192,46	-9921,29	-6872,29	-7141,66	-5625,37	-4019,23	-2318,80	-519,43	1383,73	3395,63	34622,23	34275,62	34030,24	33786,09	33543,16	33301,44	33060,93	32821,63	32583,52	32346,60
Όσοι εισοδήματα (Θ)									332,10	815,00	8285,33	8226,15	8167,26	8108,66	8050,36	7992,35	7934,62	7877,19	7820,05	7763,18
ΕΣΟΔ (ΚΜ+ΜΤΑΕ+Ε-Τ+Δ)	62795,85	62786,17	62726,53	62766,95	62757,41	62747,92	62738,47	62729,08	63051,82	63525,42	21127,24	21058,85	20990,79	20923,08	20855,70	20788,67	20721,96	20655,59	20589,55	20523,85
ΚΑΘΑΡΕ ΤΑΜΕΙΑΚΕ ΡΟΕ	-9001,72	-9261,01	-9519,00	-9775,71	-10031,12	-10285,26	-10538,13	-10799,74	-11377,18	-12104,18	30036,89	29849,47	29662,98	29477,43	29292,80	29109,10	28926,31	28744,44	28563,48	28383,42